

INTERCSAT-csatornaképző berendezés műholdas hírközléshez

DR. BARANYI ANDRÁS—UHERECZKY LÁSZLÓ—DR. HENK TAMÁS—
KOLUMBÁN GÉZA—DR. SÁRKÁNY TAMÁS—KASZAVITZ IVÁN—
PÁPICS JÓZSEF—DR. FÜRJES LAJOS
Távközlési Kutató Intézet



ÖSSZEFOGLALÁS

Műholdon keresztül történő beszédátvitelre alkalmas SCPC-PSK típusú csatornaképző berendezés kidolgozásáról számolunk be. A működési elv és a felépítés ismertetése után a kritikus részegységek megvalósítási problémáit tárgyaljuk, majd a berendezés konstrukcióját mutatjuk be és az első műholdas vizsgálatok eredményeit ismertetjük.

1. Bevezetés

Az elmúlt évtizedben a geostacionárius műholdakon keresztül történő beszédátvitel egyre nagyobb szerepet kapott a nemzetközi távbeszélő forgalomban. A több mint száz országra kiterjedő INTELSAT-hálózatban már a nyolcvanas évek elején 200 földi állomás működött, és a forgalom bővülésére évi 25%-os növekedés jellemző [1—2].

A nagyszámú, viszonylag kis forgalmú földi állomásokból álló, többszörös hozzáférésű műholdas rendszerekben az SCPC (*single channel per carrier*) rendszerek terjedtek el a műhold retranszlátor sávzélességének és teljesítményének optimális kihasználása céljából. E rendszerekben az elnevezésnek megfelelően minden egyes távbeszélő összeköttetéshez külön vivőhullámot használnak, és ily módon a földi állomás berendezései rugalmasan illeszthetők és könnyen továbbfejleszthetők a hálózat változó forgalmi igényeinek megfelelően. Az INTELSAT-rendszerhez hasonlóan SCPC-elven alapuló globális hírközlő rendszert alakított ki a szocialista országok által létrehozott INTERSZPUTNYIK-szervezet is, melynek hazánk is egyik alapító tagja. Az INTERSZPUTNYIK-rendszer minőségi jellemzőinek javítására és a hálózat bővítésére 1982-ben a Távközlési Kutató Intézet a moszkvai NIIR kutatóintézettel együttműködve, új csatornaképző berendezés, az INTERCSAT-berendezés fejlesztését kezdte meg [3]. E feladattal a magyar híradástechnika jelentős szerepet kapott az INTERSZPUTNYIK-rendszer továbbfejlesztésében.

2. Rendszerteknikai jellemzők

Az SCPC-elven működő földi állomások két fő részből, magából a csatornaképző berendezésből és a mikrohullámú adó-vevőből állnak. A csatornaképző berendezés fogadja a távbeszélőközpontból érkező vonalakat, és a 70 ± 18 MHz-es KF sávban csatlakozik a műholddal kommunikáló mikrohullámú adó-vevőhöz. A műszaki feladatnak megfelelően az INTERCSAT-berendezés egyrészt önállóan alkalmazható a műhold-retranszlátorok szabványos 36 MHz-es frek-

DR. BARANYI ANDRÁS

1960-ban szerzett villamosmérnöki oklevelet a Budapesti Műszaki Egyetemen. 1960 óta a Távközlési Kutató Intézetben dolgozik. Kezdetben mikrohullámú rádióberendezések elektronikus áramköreinek tervezésével és FM-rendszerek torzítási problémáival foglalkozott. 1973 és 1976 között adatátviteli modemek

fejlesztését irányította. 1982 óta műholdas távbeszélő összeköttetések fejlesztésével foglalkozik. 1965 óta tart előadásokat a Budapesti Műszaki Egyetem szakmérnöki oktatása keretében. 1970-ben a Marylandi Egyetemen, 1981-ben a Berkeley Egyetemen dolgozott vendégkutatóként. Kutatási területe a nemlineáris hálózatok elmélete. 1976-ban ebben a témakörben szerzett kandidátusi fokozatot.

venciasávjában, másrészt már üzemben levő szovjet berendezésekkel is együttműködhet a sáv egy szabad tartományában.

Az INTERCSAT-berendezésben a távbeszélő csatornák átvitele analóg-digitális átalakítás után digitális/fázismodulációval történik. Az átviteli igényeknek megfelelően kétféle moduláció között lehet választani; a lehetséges üzemmódok: PCM/PSK-4 vagy ADM/DPSK-2. A modulációs sebesség mindkét esetben 32 kbaud. A szomszédos vivőhullámok frekvenciátávolságának minimális értékét a modulációs spektrum szélessége szabja meg; 32 kbaud sebességű moduláció esetén a megvalósítható legkisebb csatornatávolság 45 kHz. Ezt a csatornatávolságot alkalmazzák az INTELSAT-rendszerben [4—5], és az INTERCSAT-berendezés kidolgozása során is ugyanezt a csatornarendszert választottuk a két rendszer kompatibilitása érdekében. Így a rendelkezésre álló 36 MHz-es sávban maximálisan 400 duplex távbeszélő-csatorna kiépítésére van elvi lehetőség. A gyakorlatban kihasználható csatornkapacitást a műhold-retranszlátor teljesítményviszonyai és az alkalmazott moduláció is befolyásolja [6]. Ismeretes, hogy a retranszlátor adóteljesítményéből adódó korlátozás enyhíthető, ha a távbeszélő-kapcsolat beszédszüneteiben lekapcsoljuk a vivőhullámot. A retranszlátor terhelésének csökkentésére az INTERCSAT-berendezésben a beszédátvitelnek ezt az ún. *burst-üzemmódját* alkalmazzuk.

A csatornaképző berendezés bemenetére érkező vivőhullámok szintje és frekvenciája a terjedési viszonyok és az egyes adó-vevő paraméterek változása miatt ingadozhat. A jó minőségű demodulációhoz viszont állandó szintű és frekvenciájú vivőhullám szükséges, ezért a szint- és frekvenciaingadozások kiküszöbölésére a sáv közepén elhelyezkedő 70 MHz-es pilotjelet alkalmazunk. A pilotszabályozással nem korrigálható szint- és frekvenciaeltérést az egyes csatornavevőkben alkalmazott AGC és vivő visszaállító áramkörök egyenlítik ki.

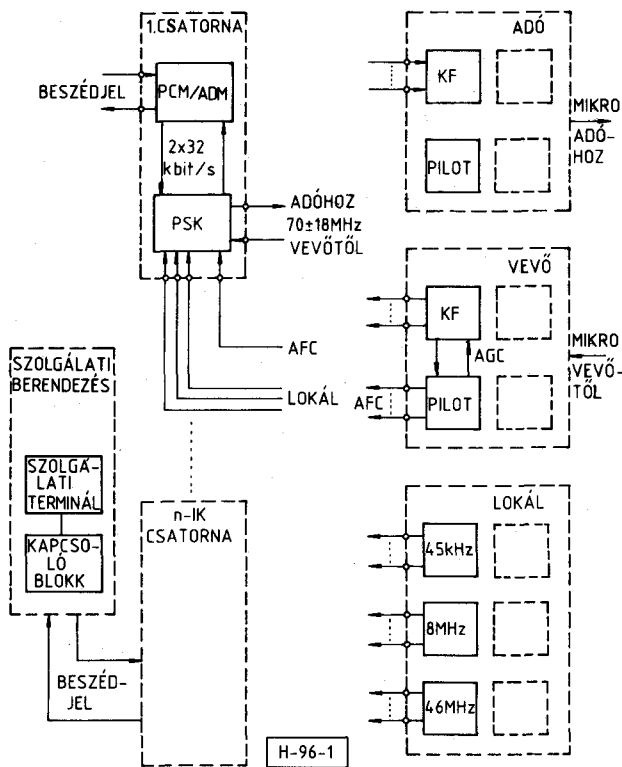
Beérkezett: 1985. VII. 22. (□)

A pilotjelet egy központi pilotállomás sugározza ki, és a földi hálózat valamennyi állomásán a vételi pilot-szint és pilotfrekvencia alapján történik az automatikus szint- és frekvenciaszabályozás. Emellett a pilotjelet a földi állomás antennájának irányítására is felhasználjuk.

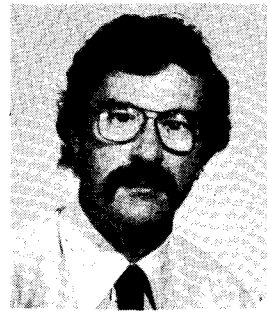
A pilotjel kimaradása esetén a teljes földi hálózat működésképtelenné válnék, ezért a központi pilotállomás tartalékolva van egy segéd pilotállomással. Ez azonban nem 70 MHz-es, hanem valamilyen f_s frekvenciájú pilotjelet sugároz, melyet csak a két pilotállomás vesz. Ha a segéd pilotállomáson megszűnik a 70 MHz-es pilotjel vétele, miközben az f_s frekvenciájú saját pilotjel vétele folytatódik, ez azt jelenti, hogy megszűnt a központi pilotállomás 70 MHz-es pilotjelenek sugárzása. Ekkor a segéd pilotállomás automatikusan átvált az f_s frekvenciájú pilotjel helyett a 70 MHz-es pilotjel adására. Az átváltás max. 4 másodpercen belül megtörténik, miközben a földi hálózat valamennyi pilotvevője megtartja a kiesés előtt beállt AGC, AFC és antenna irányító feszültséget. Ezután a pilotvevők üzeme a segéd pilotállomás által sugárzott 70 MHz-es pilotjel vételével folytatódik.

3. A berendezés felépítése

A teljes INTERCSAT-berendezés vázlatos felépítését az 1. ábra mutatja. A csatornaegységek feladata a beszédjellel modulált KF vivőhullám előállítására, illetve a KF vivőhullám demodulációja útján a beszédjel helyreállítása. A földi állomásokon annyi csatornaegység van, ahány beszédcsatorna továbbítására az állomás ki van építve; egy állomáson maximálisan 64 csatorna telephető. A csatornablokk PCM/ADM jelű egysé-



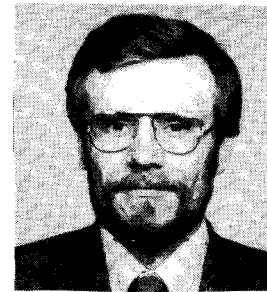
1. ábra. Az INTERCSAT-berendezés felépítése



UHERECZKY LÁSZLÓ

A BME híradástechnika szakán szerzett diplomát 1966-

ban. 1966—1977 között a Telefongyárban dolgozott a fejlesztésben, 1973-tól a Számítástechnikai Fejlesztési Főosztály vezetőjeként. 1977-től a TKI-ban dolgozik, jelenleg tudományos osztályvezető. 1970-ben ösztöndíjjal Japánban a Fujitsu Ltd.-nél és a Tokió Egyetemen folytatott tanulmányokat. 1978—79-ben a National Physical Laboratoryban Angliában vendégkutatóként adatátviteli protokollok jellemzőinek vizsgálatával foglalkozott. Szakmai érdeklődése: számítógépes kommunikáció, mikroprocesszoros rendszerek.



DR. HENK TAMÁS

1973-ban végzett a BME Villamosmérnöki Karán. Azóta

a TKI-ban az adatátviteli modernizálódó számítógéppel segített tervezés és az INTERCSAT-berendezés kidolgozásában vett részt. Kutatási területei: lineáris és nemlineáris hálózatelmélet, adatátvitel, digitális jelfeldolgozás. 1977-től 1979-ig a Dublini Egyetemen volt ösztöndíjas szűrőtervezés témakörében. 1980-ban kapta egyetemi doktorátusát adatátvitelből, és 1985-ben elnyerte a műszaki tudományok kandidátusa fokozatot szűrőtervezés témaköréből.

ge a beszédjelet 2×32 kbit/s sebességű digitális jelsorozattá alakítja át, illetve a beérkező jelsorozatból helyreállítja a beszédjelet. Az INTERCSAT-berendezésben a beszédjel feldolgozására az analóg-digitális konverzió két változatát fejlesztették: a PCM változatot a TKI-ban, az ADM változat mintáját a moszkvai NIIR intézetben dolgozták ki [3]. A PSK egység feladata az, hogy a bemeneti 2×32 kbit/s-os jelsorozatból a 70 ± 18 MHz-es sávba eső PSK-jelet állítson elő, illetve a vett PSK-jelet demodulálja.

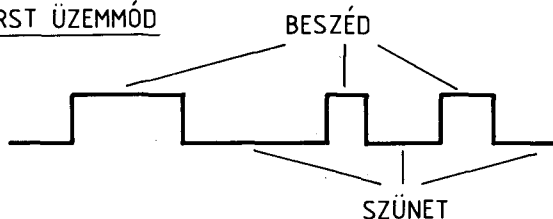
Az ábra jobb oldalán a berendezés ún. közös egységeit tüntették fel. Az adó blokk funkciója a PSK modulációt hordozó KF vivőhullámok összegzése, erősítése és a mikrohullámú adó KF bemenetéhez való csatlakoztatása. Pilotállomáson ezenkívül az adó blokkban történik a pilotjel előállítására. A vevő blokk feladata a mikrohullámú vevőből érkező KF jelek erősítése, szűrése és szétosztása a csatornaegységek számára. A vevő blokkban történik ezeken kívül a pilotjel demodulációja, és ezáltal az AGC, AFC és antenna irányító jelek előállítására.

A nagystabilitású lokáljelek előállítására külön lokál blokk szolgál, amely három jellegzetes frekvenciát állít elő. A 45 kHz-es jel az említett frekvencia rasternek felel meg, és a csatornavivők beállításához szükséges. A 8 MHz-es jelet a csatornaegységekben használjuk a digitális jelek előállításához és feldolgozásához, a 46 MHz-es jelet pedig a PSK egységben transzponálásra alkalmazzuk. A közös berendezések hibája valamennyi csatorna egyidejű megszakadását és így az állomás üzemképtelenségét eredményezné,

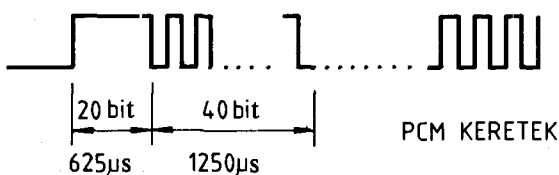
A/D KONVERZIÓ



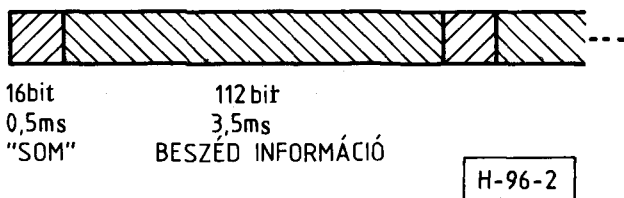
BURST ÜZEMMÓD



BURST KEZDETÉN ELŐKÓD



PCM KERETEK



2. ábra. PCM beszédátvitel jellemzői

ezért a közös berendezéseket tartalékkal látjuk el. Erre utalnak az ábrán szaggatottan jelölt blokkok.

Az INTERCSAT-berendezésben a szolgálati összeköttetések létesítésére két vivőfrekvenciapár szolgál, ennek megfelelően a forgalmi csatorna blokkokon kívül minden állomáson két szolgálati csatorna blokkot telepítünk. Ezek vezérlését a kapcsoló blokkból és a szolgálati terminálból álló szolgálati berendezés biztosítja. A szolgálati berendezés nemcsak távbeszélő összeköttetés, hanem távgépíró összeköttetés létesítésére is használható; részletes felépítését, működési módját és speciális szolgáltatásait külön cikk ismerteti [7].

3.1. Csatornaegység

Az INTERCSAT-berendezés megvalósításának nehézségei elsősorban a csatornaegység kidolgozása során jelentkeztek, ezért a csatornaegység működését és az alkalmazott áramköri megoldásokat kicsit részletesebben tekintjük át.

A 2. ábra a PCM átvitelrel kapcsolatos jellemző adatokat foglalja össze. Az analóg beszédjelet az INTERCSAT-berendezésben 7 bites kódszavakból álló PCM-jellé alakítjuk át. A szokásos 8 kHz-es mintavétellel így a kódolt jel sebessége 56 kbit/s. Mint



KOLUMBÁN GÉZA

1976-ban villamosmérnöki, 1977-ben mérnök-tanári oklevelet szerzett a Budapesti Műszaki Egyetemen. 1976 és 1980 között mikrohullámú rá-

diórelé berendezések lokálgenerátorainak fejlesztésével foglalkozott a Finommechanikai Vállalat Fejlesztési Intézetében. 1980-ban ösztöndíjas aspiránsként került a Távközlési Kutató Intézetbe, amelynek 1983 óta tudományos munkatársa. 1982-ben intenzíven bekapcsolódott az INTERCSAT műholdas hírközlő berendezés lokállátó rendszerének fejlesztési munkájába, és a rövid frekvenciaváltási idejű szintetizátorok kutatásába. Szakmai érdeklődési köre: a nemlineáris, szakaszos működésű szabályozó rendszerek elmélete. Jelenleg kandidátusi értekezésén dolgozik, amelynek témája az indirekt típusú, szakaszos működésű lokálgenerátorok elmélete.



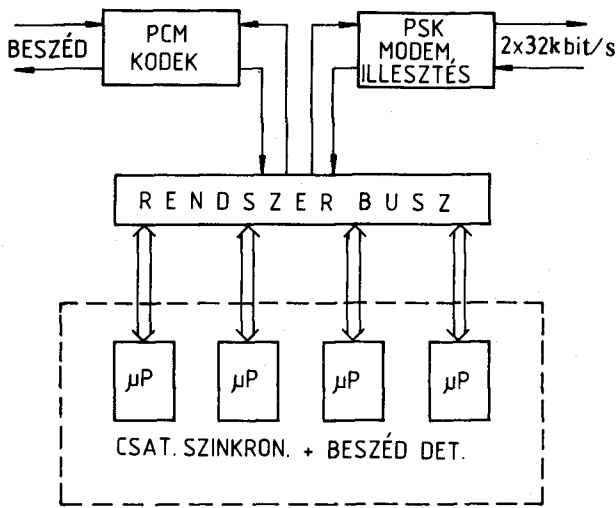
DR. SÁRKÁNY TAMÁS

A Pázmány Péter Tudományegyetemen szerzett fizika—matematikai doktorátust, majd 1950 óta a Távközlési Kutató Intézet alapító tagja, jelenleg tudományos tanácsadója. A TKI-ban számos elektronikus műszert fej-

lesztett ki, közreműködött rádiórelé berendezések kidolgozásában, és foglalkozott az intézet és vezető külföldi műszergyárak kapcsolatainak kialakításával. Jelenleg az INTERCSAT műholdas átviteli berendezés dokumentációs munkáját irányítja. Számos előadást tartott külföldi konferenciákon és a budapesti mikrohullámú kollokviumokon. A műszaki tudományok kandidátusa, a Gépipar Kiváló Dolgozója és a Virág—Pollák-díj tulajdonosa. Szerzője, illetve társszerzője több mint 20 publikációnak és 13 szabadalomnak. Mint az IEC egyik munkacsoportjának magyarországi tagja, több vázlatanyagjal járult hozzá nemzetközi szabványok kidolgozásához mikrohullámú rendszerek mérőműszereire vonatkozólag.

már említettük, a beszédátvitelhez burst-üzem módot alkalmazunk, tehát a beszéd szüneteiben nem jön létre vivőhullám. Ennek megvalósítására beszéd detektor használunk, melynek feladata a beszédjel észlelése alapján a vivőhullámot kapcsoló jel előállítása. A burst üzemmód az a nehézsége, hogy minden burst kezdetén a vevőoldalon újra kell szinkronizálni a demodulációhoz szükséges vivő- és órajelet. Ennek biztosítására a burst kezdetén előkód szolgál: 20 bit ideig folyamatos 1-es, majd 40 bit ideig váltakozó 1—0—1—0 sorozatot adunk a szinkronizmus felépítéséhez.

Az INTERCSAT-berendezésben PCM üzemmód esetén PSK modulációt alkalmazunk a megszokottabb DPSK moduláció helyett. Ez bizonyos zajcsökkenést eredményez, azonban fázisbizonytalansággal jár együtt. Ennek kiküszöbölésére, valamint a PCM-jelek keretszinkronizálására az 56 kbit/s-os beszédjel sorozatba 4 msec-onként 0,5 msec-ig tartó szinkronszavakat illesztünk; ezek az ún. SOM (start of message) jelek, amelyek beiktatásával az eredő jelsorozat



H-96-3

3. ábra. A PCM jelfeldolgozás funkcionális felépítése

sebessége 64 kbit/s-ra nő meg. E jelsorozat csatlakozik a PSK modulátor bemenetére.

A 3. ábra a PCM jelfeldolgozás funkcionális felépítését mutatja. A jelfeldolgozást korszerű multimikroprocesszoros struktúrával valósítottuk meg, melynek feladata a PCM kodek felé az adatok bevételezése és kiadása, a vonali keret összeállítás, a beszéd-detekcióval kapcsolatos funkciók ellátása, valamint a vevőoldalon a fázisbizonytalanság feloldása [8]. A megoldás újszerűsége az, hogy a beszéd-detekció adaptív küszöb beállítással működik, így a vivőhullám be- és kikapcsolása mindenkor vonali zajszintnek megfelelően történik [9]. A beszédjel kódolására és dekódolására nagyintegráltságú PCM kodeket használunk.

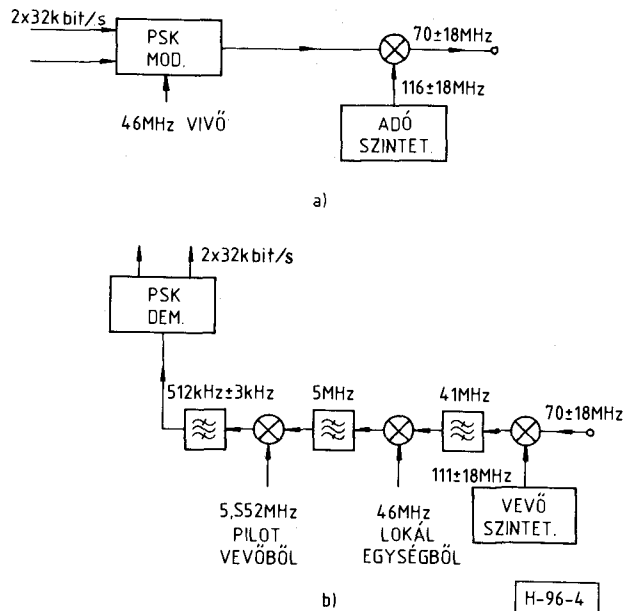
Vizsgáljuk ezután a PSK rész működését a 4. ábra alapján. Adóoldalon a beérkező 2×32 kbit/s sebességű jelsorozat valamennyi csatornaegységben azonos, kb. 46 MHz frekvenciájú vivőhullámot modulál. A PSK modulációt hordozó jel frekvenciáját az adóoldali csatorna szintetizátor transzponálja a 70 ± 18 MHz-es KF sáv megfelelő frekvenciájára. A szintetizátor frekvenciája az ismertetett raszternek megfelelően 800 különböző értékre állítható be.

Vevőoldalon a 70 ± 18 MHz-es KF sávban érkező vivőhullámok közül háromszoros transzponálással választjuk ki a demodulálandó vivőhullámot. A harmadik középfrekvencia értéke 512 kHz, ezen a frekvencián történik a demoduláció. A transzponálás során fokozatosan csökkentjük a sáv szélességet, így a demodulátor bemenetén lényegében csak a kiválasztott vivő jelenik meg, és a szomszédos csatornák interferenciája elhanyagolható értékre csökken. Az első transzponáló jelet a vevőoldali csatorna szintetizátor szolgáltatja, amely az adóoldali szintetizátorhoz hasonlóan 800 különböző frekvenciára állítható be. A második transzponáláshoz a lokál ellátó bloktól érkező kb. 46 MHz-es jelet használjuk, míg a harmadik transzponálás a pilotvevő által szolgáltatott 5,552 MHz-es jellel történik, melynek frekvenciája jó közelítéssel követi a bejövő pilotjel frekvencia inga-



KASZAVITZ IVÁN

A Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karán a műszer- és szabályozástechnikai ágazaton végzett 1972-ben. 1973 óta a Távközlési Kutató Intézetben dolgozik. Az első években egy kvázi-elektronikus kísérleti telefonközpont digitális vezérlő áramkörének fejlesztésében vett részt. Ezt követően adatátviteli modemekhez kapcsolható automatikus hívóberendezés logikai vezérlésének kidolgozása és áramköri megvalósítása volt a feladata. 1982 óta az INTERCSAT csatornaképző berendezés fejlesztésén dolgozik. Feladata a demodulátor órajel-visszaállító áramkörének kifejlesztése volt. Emellett fontos szerepet vállalt a csatornablokk, majd a teljes berendezés rendszer-mérési feladataiban.

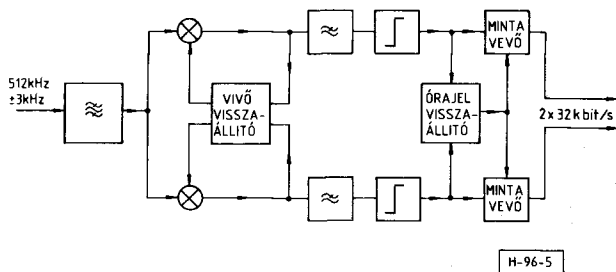


H-96-4

4. ábra. A PSK egység felépítése. a) PSK adó, b) PSK vevő

dozásait. Így a transzponálás után a műszaki feladatban megengedett ± 60 kHz-es frekvenciahiba nagy része kiesik, és csak a pilotvevő által nem követhető járulékos hibák maradnak meg. Ezek nagyságrendje a rendszerterv szerint maximálisan ± 3 kHz [10], ami még mindig számottevően nagyobb a hasonló berendezések szokásos értékéhez képes [4-5], és lényegesen megnehezíti a jó minőségű demoduláció megvalósítását.

Az 512 kHz-es PSK-jelet PSK demodulátor demodulálja, melynek felépítését az 5. ábra mutatja. A négyállapotú PSK-jel demodulációjához kétutas koherens kvadratúra demodulátort alkalmazunk; a koherens demodulációhoz szükséges vivőhullámot vivővisszaállító állítja elő, amely a szokásosnál lényegesen bonyolultabb analóg PLL-hurkot tartalmaz. A szorzó demodulátorokat alapsávi szűrők, komparátorok és mintavételező áramkörök követik. A mintavételezéshez szükséges órajelet digitális PLL-áramkörrel megvalósított órajel helyreállítóval képezzük. A demodu-



5. óra. Koherens PSK demoduláció

látor elrendezés lényeges újdonsága az, hogy a jelfeldolgozási funkciók nagy része az alapsávban van megvalósítva. Ezt az előzőekben említett viszonylag nagy bemeneti frekvenciahiba indokolja, amely az alapsávi feldolgozás során teljes mértékben kiküszöbölhető.

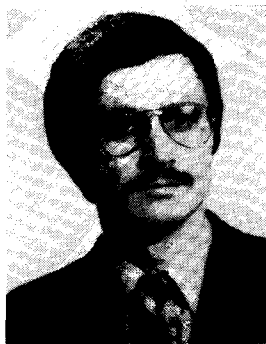
Külön megfontolást igényelt a szűrési funkciók megvalósítása. A szűrés feladata kettős: egyrészt el kell nyomni a szomszédos csatornák vivőhullámait, másrészt biztosítani kell a torzításmentes átvitelhez szükséges Nyquist-követelmények kielégítését. Szokásos esetben mindkét feladatot egyetlen szűrő látja el. Az INTERCSAT-berendezés demodulátorában a zavarinterferenciák elnyomását a bemeneten levő 512 kHz-es sávszűrővel a vivőfrekvenciás sávban valósítjuk meg, a Nyquist-karakterisztika kialakítása viszont az alapsávban történik, a komparátor előtt elhelyezett aluláteresztő szűrővel [11].

A PLL-hurkot tartalmazó vivő és órajel visszaállító áramkörök átkapcsolható sávzélességű hurokszűrőkkel vannak megvalósítva. A burst elején, az előkód ideje alatt a gyors felszinkronizálás érdekében mindkét áramkör gyors működését nagy sávzélességű beállítás teszi lehetővé, míg a beszédátvitel ideje alatt a szükséges zavarvédeltséget kis sávzélességű szűrők bekapcsolásával biztosítjuk.

3.2. Közös egységek

Az adó, vevő és lokálegységek „közös” egységek, mivel ezeket az állomás valamennyi csatornaegysége közösen hasznosítja. Míg a csatornaegységek hibája csupán a szóban forgó csatorna megszakítását eredményezi, a közös egységek hibája a teljes állomást üzemképtelenné tenné. Ezért a fokozott megbízhatóság érdekében a közös egységeket tartalékoljuk: két azonos („A” és „B” jelű) egységet alkalmazunk, és bármelyik hibája esetén automatikus átkapcsolás történik a tartalékegységre. Az átkapcsolót az adó blokk esetében egy KF sávon kívüli folytonossági pilotjel, a vevő blokk esetében a vételi pilotjel kimaradása vezérli. A lokál blokkban a vezérlő áramkör mindhárom előállított lokáljel szintjét és frekvenciáját figyeli, és bármelyik lokáljel hibája esetén a három kimeneti pont egyidejűleg kapcsolódik át a tartalékáramkörre.

Az adó blokk funkciója a csatornaadóktól származó csatornajelek összegzése, az összegzett jelspektrum erősítése és a mikrohullámú adó KF bemenetére való csatlakoztatása (6. ábra). A csatornaadóktól származó KF-jelek passzív jelösszegzés után sávszűrőn haladnak át, melyeknek funkciója a csatornaadókban alkalmazott transzponálás nemkívánatos oldalsáv ter-



PÁPICS JÓZSEF

1979-ben végzett a BME Villamosmérnöki Kar B oktatási



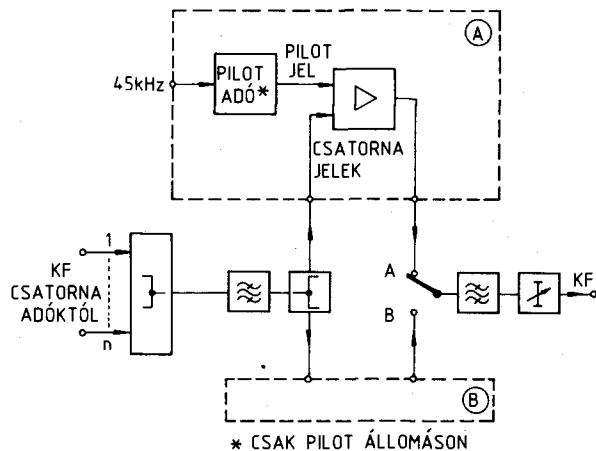
DR. FÜRJES LAJOS

forma rendszertechnika ágazatán, kitüntetéses oklevéllel. Azóta a TKI-ban dolgozik, jelenleg tudományos munkatársi beosztásban. Belépése után mikrohullámú nemlineáris áramkörökkel foglalkozott, majd 1983 óta az INTERCSAT csatornaépítő berendezés kidolgozásában vesz részt; szűkebb tématerülete a PSK demodulátor vivővisszaállító áramköre és a rendszer-mérések. 1983-ban kitüntetéses szakmérnöki oklevelet szerzett a BME Villamosmérnöki Kar rádióhírközlés szakmérnöki szakán.

Villamosmérnöki diplomáját 1975-ben, szakmérnöki diplomáját a nappali szakmérnöki képzés keretében 1976-ban szerezte a Budapesti Műszaki Egyetemen. 1977-ben vétele meg műszaki doktori értekezését. 1976 óta dolgozik a Távközlési Kutató Intézetben. Kutatási területe nemlineáris áramkörök frekvencia-tartománybeli periodikus analízise. Az INTERCSAT-berendezés fejlesztésében 1982 óta áramköri, hőtechnikai és konstrukciós kérdések megoldásában vesz részt.

mékeinek elnyomása. Ezután az összegzett KF-jel hibrides elágazáson át az A és B ág KF adóerősítőjének bemenetére csatlakozik. A KF erősítők szélessávú kistorzítású áramkörök, melyeknél az intermodulációs torzítás csökkentését összetett visszacsatoló hálózat biztosítja [12].

A két KF-erősítő kimenete átkapcsolón, sávszűrőn és szintszabályozón át csatlakozik a mikrohullámú adó bemenetéhez. A szintszabályozóval az adóoldali KF-szintet a földi állomás földrajzi elhelyezkedésének



H-96-6

6. ábra. Az adó blokk felépítése

és az antenna nyereségének megfelelően lehet beállítani.

A két kijelölt pilotállomáson az adó blokk további funkciója a pilotjel előállítása és a csatornajelekkel történő összegzése. A pilotjeleket két szintetizátor jeleinek keverésével állítjuk elő, így a pilotfrekvencia a két szintetizátor frekvenciájának különbségként adódik (8a ábra). A pilot-szintetizátor a 2. pontban vázolt tartalékolási rendszernek megfelelően két különböző frekvenciára kapcsolható, felépítése hasonló a csatornaegységben alkalmazott szintetizátorokhoz. A másik szintetizátor rögzített, 46,1 MHz frekvenciájú jelet állít elő, amely fél csatornarazsponálással használt 46,1225 MHz-es frekvenciától; így adódik a rendszertechnikai követelményeknek megfelelő 70 MHz, illetve f_s frekvenciájú pilotfrekvencia. A két szintetizátor fázisemlev kapcsolatban van, minthogy mindkettőt a lokállandó 45 kHz-es referens jele vezérli. A 6. ábra szerinti adó blokk kimeneti sávszűrője a pilotadó nemkívánatos keverési termékének, továbbá a KF-erősítő figyelmére használt, sávon kívüli folytonossági pilotjelnek elnyomására szolgál.

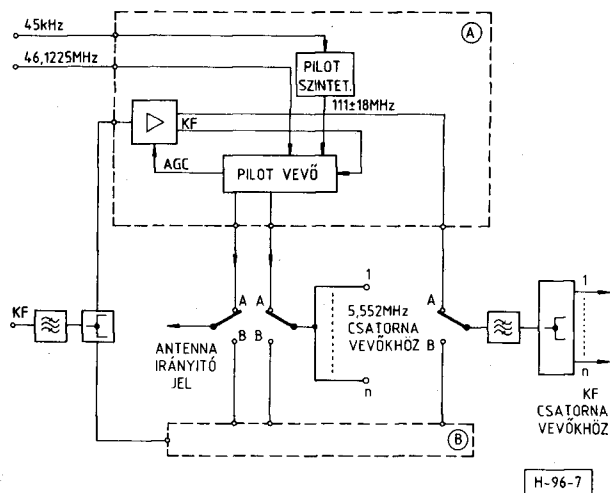
A vevő blokk fő feladata a mikrohullámú vevő KF-kimenetéről érkező csatornajelek erősítése, szűrése és az egyes csatornavevők számára történő szétosztása. A vevő blokkban külön egység szolgál a pilotjel vételére és feldolgozására. A pilotjel feldolgozásával állítjuk elő:

- a vevő blokk KF-erősítőjét szabályozó AGC feszültséget,
- a csatornavevők frekvenciájának szabályozásához szükséges kb. 5 MHz frekvenciájú transzponáló jeleket,
- a földi állomás antennájának vezérléséhez szükséges antenna irányító jelet.

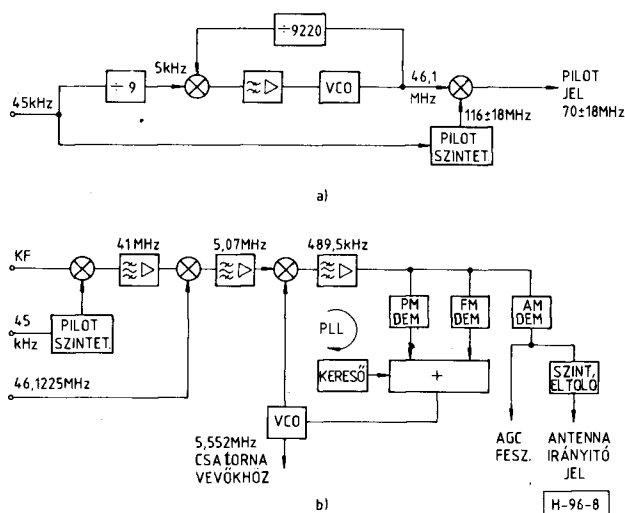
A vevő blokk 7. ábrán látható egyszerűsített blokkdiagramja szerint a mikrohullámú vevőtől érkező KF-jel a vevő tükörszelektivitását biztosító sávszűrőn halad át, majd hibrides elágazón át jut az A és B ág vevő KF-erősítőjére. A vevő blokk KF-erősítőinek különösen szigorú torzítási követelményeket kell kielégíteniük, miután 400 csatornavívővel történő kivezérésre kell számítani (szemben az adó-blokk KF-erősítőinek max. 64 csatornás kivezéréssel). A linearitásra jellemző kimeneti „intercept” pont értéke 25 dBm.

A vevő blokk KF-erősítőinek két kimenete van. Az egyik kimenet átkapcsolón, sávszűrőn és elágazó hálózatán át a csatornavevőket táplálja. A másik kimenet a pilotvevőhöz csatlakozik, amelynek részletes blokkdiagramját a 8b ábra mutatja. Az ábra szerint a pilotvevő a csatornavevőkhöz hasonlóan három transzponálást tartalmaz. A harmadik transzponálás 5,552 MHz névleges frekvenciájú VCO jelével történik, amelynek fázisát PLL-hurok szabályozza úgy, hogy a VCO frekvenciája a vételi pilotjel frekvenciájának max. ± 60 kHz-es változását kövesse; így biztosítjuk, hogy a csatorna demodulátorra jutó jel frekvenciája ± 3 kHz-en belül állandó legyen.

A műszaki követelmények szerint a pilotvevőnek nagy zajszint mellett is biztosítania kell a pilotjel nagy megbízhatóságú vételét, továbbá a pilotjel kimaradása esetén a 2. szakaszban már említett tartási funkciót; ezt kellő zavarvédeltséget biztosító szelektivitással és kereső áramkör alkalmazásával biztosítjuk. Ha



7. ábra. A vevő blokk felépítése



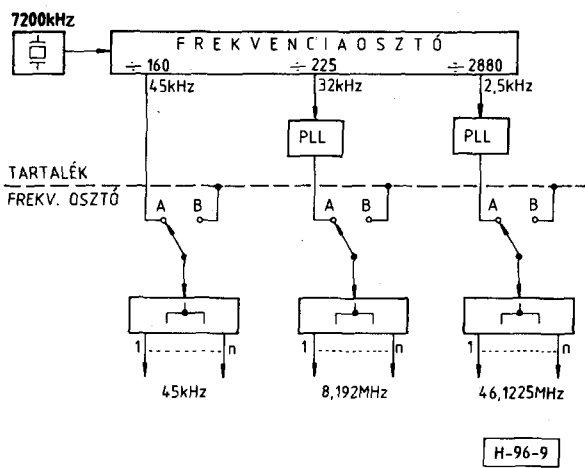
8. ábra. Pilotblokk-diagramok a) pilotadó (csak pilotállomáson), b) pilotvevő

nincs pilotvétel, a kereső áramkör ± 60 kHz-es tartományban söpörteti a VCO frekvenciáját, majd a pilotjel befogása után egy FM-demodulátor olyan szabályozó jelet ad, hogy a VCO frekvenciája a harmadik középfrekvencia névértékének kellő megközelítését, és ily módon a PLL-hurok záródását eredményezze. Az említett AGC és antenna irányító feszültséget külön AM demodulátor szolgáltatja.

Az INTERCSAT-berendezés harmadik közös egysége a lokállandó, amelynek funkciója a következő jelek szolgáltatása:

- 45 kHz-es referens jele a csatornaegységek szintetizátorai, továbbá a pilotadó és pilotvevő szintetizátorai számára;
- 8,192 MHz-es órajel a PCM kodek, ADM kodek és órajel helyreállító egységek számára;
- 46,1225 MHz-es transzponáló jele a csatornaadó, csatornavevő és pilotegységek számára.

A lokállandó felépítését a 9. ábra mutatja. A különösen szigorú, 10^{-7} értékű frekvenciastabilitás biztosításához a lokáljeleket termosztátban elhelyezett 7200 kHz-es kristályoszillátorból származtatjuk. A



9. ábra. A lokál blokk felépítése

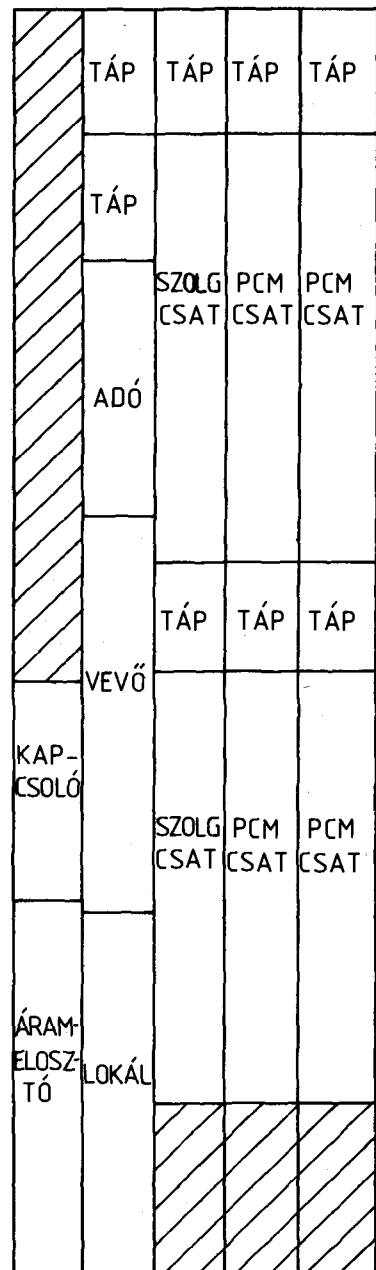
45 kHz-es jelet egy digitális frekvenciaosztó közvetlenül szolgáltatja, míg a 8,192 MHz-es és 46,1225 MHz-es jeleket PLL-áramkörrel szabályozott oszcillátorok állítják elő. A lokáljelektől megkövetelt nagy jeltisztaságot a PLL-hurkok optimális sáv szélessége biztosítja. Minthogy a 45 kHz-es referenciajel zavarmentességére különösen szigorú követelmények vannak és a szintetizátorok frekvenciáját a referenciajel nullátmenetei szabják meg, a fázis-jitter csökkentésére referenciaként meredek négyszögjelet alkalmazunk.

Az előzők szerint az INTERCSAT-berendezésben mint a csatornaegység, mind a közös adó és vevő egység frekvencia szintetizátorokat hasznosít a csatorna jelek, illetve a pilotjel transzponálására.

A szintetizátorok digitális frekvenciaosztót tartalmazó PLL-áramkörrel vannak megvalósítva. A szintetizátor áramkörök kidolgozásában a viszonylag széles frekvenciaátfogás, továbbá a termikus zajra és a periodikus zavarokra vonatkozó szigorú előírások teljesítése jelentett problémát, melyet a huroksáv szélesség optimalizálásával és speciális fázisdetektor alkalmazásával oldottunk meg. A szintetizátorokat külön cikk ismerteti [13].

3.3. Állomás elrendezés

Az INTERCSAT-berendezés mintaállomása „SLIM RACK” típusú oszlopokból épül fel, melyek funkcionális berendezésrészeket tartalmazó blokkokra tagozódnak. A 10. ábra példaként hat csatornára kiépített INTERCSAT-állomás oszlopelrendezését mutatja. A jobb oldali három, ún. csatornaoszlop mindegyikében két-két csatornablokk helyezkedik el, a hozzájuk tartozó tápegységekkel együtt, míg az ún. közös oszlopban található az adó, vevő és lokálblokk, az ezeket ellátó tartalékoló tápegységekkel. A bal oldali ún. szolgálati oszlop tartalmazza a szolgálati berendezés kapcsoló blokkját, továbbá az egyes tápegységek áramellátását biztosító áramelosztó blokkot. Valamennyi kezelőszerv és indikáló eszköz az előlapokon van elhelyezve. A hibaelhárítást könnyíti, hogy a blokkok és ezeken belül az egységek egyszerűen cserélhetők. A vonalkázott részekbe fognak majd kerül-



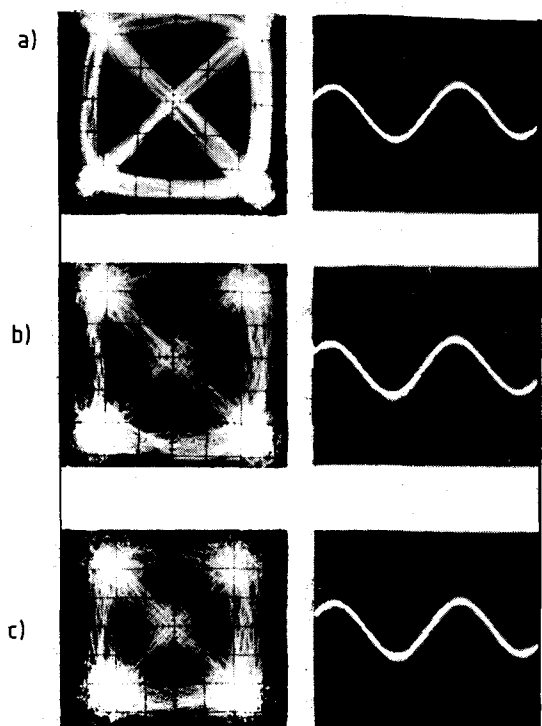
SZOLGÁLATI
TERMINÁL

10. ábra. INTERCSAT-állomás elrendezése 4 forgalmi és 2 szolgálati csatorna esetén

ni a további fejlesztés során elkészülő üzemviteli műszerek. További csatornaoszlopok utólagos telepítésével az állomás csatornkapacitása egyszerűen bővíthető.

4. Záró megjegyzések

Az INTERCSAT-berendezés egységeinek első labor-mintái 1984-ben készültek el; ezekkel az év végén a *taliándörögdi magyar és a dubnai szovjet földi állomás között sikeres összeköttetést valósítottunk meg. Az állomásokon végzett mérések a műszaki követelmé-*



H-96-11

11. ábra. Vételi fázorábra és 840 Hz-es szinuszjel oszcillogramja KF rövidzárban. a) szomszéd csatorna és termikus zaj nélkül, b) átvéletlen jellel modulált szomszéd csatornával, +7 dB szinten a mért csatornához képest, termikus zaj nélkül, c) 10^{-6} hibaaránynak megfelelő termikus zajjal ($S/N \sim 13$ dB, $S/N_0 = 60,3$ dBHz), szomszéd csatorna nélkül

nyek teljesítésén kívül azt is igazolták, hogy a berendezés beszédátvitel szempontjából együttműködhet nyugati gyártmányú SCPC-berendezésekkel. 1985-ben elkészült az INTERCSAT-berendezés két négycsatornás mintaállomása. Az egyik mintaállomást 1985 őszen Dubnába telepítettük, a másik állomást pedig Taliándörögdre fogjuk szállítani a két mintaállomás közötti próbaüzem megindításához.

Az INTERCSAT-berendezés fejlesztése során a szigorú műszaki követelmények teljesítését nagyszámú precíziós mérés ellenőrizték; ezek közül legfontosabbnak bizonyult a nagy felbontóképességgel és dinamikai tartománnyal rendelkező spektrumanalízis, továbbá a hibaarány mérése. Példaként a 11. ábra a dubnai mintaállomással nyert oszcillogramokat mutatja be, melyeket az adó és vevő blokk KF rövidzár hurokjával nyertük, a műholdas átvitelt szimuláló zaj hozzáadásával. A bal oldali fázorábrákon jól látható a 4PSK átvitel során szuperponálódott zaj és szomszéd csatorna interferencia hatása, míg a jobb oldali

vizsgálójel ábrák a beszédátvitel zaj- és interferencia-tűrését szemléltetik: a szóban forgó jel/zaj-viszony és interferencia esetében nem lép fel észlelhető jeltorzulás.

5. Köszönetnyilvánítás

Köszönet illeti mindazokat a kollégáinkat, akik rendszertechnikai kérdések tisztázásával és részegységek kidolgozásával az INTERCSAT-berendezés fejlesztéséhez értékes segítséget nyújtottak. Munkájukról az 1985 januárjában megtartott Mikrohullámú Szemináriumon számoltak be. A berendezés mintapéldányának kidolgozásában jelentős szerepe volt a szerkesztő és kivitelező kollektívák segítségének. A fejlesztési program kidolgozásának kezdeményezéséért a TKI vezetőségét, elsősorban dr. Tófalvi Gyula tudományos igazgatót és dr. Rákosi Ferenc főmérnököt illeti köszönet, akik állandó figyelmükkel és támogatásukkal segítették munkánkat. A berendezés fejlesztéséhez alapvető segítséget kaptunk a moszkvai NIIR kutatóintézet L. J. Kantor által vezetett tudományos kollektívájától is.

IRODALOM

- [1] K. Feher, Digital communications: satellite/earth station engineering, Prentice-Hall, 1983
- [2] Л. Я. Кантор, СПИРАВОННИК по спутниковой связи и радиосвязи, Москва «Радио и связь», 1983
- [3] L. J. Kantor, V. M. Dovghejev, V. I. Djacskov, V. V. Loginov (NIIR-SZU), Baranyi András, Uherezky László, Henk Tamás, Rákosi Ferenc (TKI-MNK): INTERCSAT-csatornaképző berendezés az INTERSZPUTNYIK nemzeti közeli hírközlő rendszerhez, Híradástechnika, megjelenés alatt
- [4] Intelsat system data, SCPC/PSK (40) and SCPC/PCM/PSK (40) system specification, BG-9-21E (Rev. 3), 31 March 1982
- [5] SPADE system progress and application, Comsat Technical Review, Vol. 2. No. 1., Spring 1972
- [6] Pribelszky György, Műhold retranszlátor csatornakapacitása homogén SCPC rendszerekben, Híradástechnika, megjelenés alatt
- [7] Esztó Péter, Abrusán György, Tóth István, Az INTERCSAT-berendezés szolgálati összeköttetése, Híradástechnika jelen száma
- [8] Bács Ernő, Gubányi Mihály, Hanzó Lajos, Hinsenkamp László, Uherezky László, Az INTERCSAT-rendszer PCM csatornaképző egységének rendszertechnikai és realizálási problémáiról, Híradástechnika jelen száma
- [9] Bács Ernő, Hanzó Lajos, Uherezky László, Beszéddetektorok SCPC rendszerekben, Híradástechnika,
- [10] Műszaki Feladat az INTERCSAT-csatornaképző berendezés számára, 1982. április
- [11] Találmány, bejelentés alatt
- [12] Farkas János, Nagylineáritású KF áramkörök az INTERCSAT-berendezésben, Mikrohullámú Szeminárium Közleményei, Budapest, 1985. január, p. 130.
- [13] Kolombán Géza, Krasovits Miklós, Szarka Gábor, Frekvenciaszintetizátorok az INTERCSAT műholdas hírközlő rendszerben, Híradástechnika, megjelenés alatt.