

Főszerkesztő: HORVÁHT IMRE

Szerkesztő: ANGYAL LÁSZLÓ

SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG

BHG

Berez Frigyes
Bernhardt Richárd
Eisler Péter
Dr. Gosztony Géza
Honti Ottó
Klug Miklós
Tölgyesi László

ORION

Jakubik Béla
Baracs Sándor
Csernoch János
Froemel Károly
Sass Károly
Szabó Károly

TERTA

Bánsághi Pál
Baján Tibor
Benedek Elek
Egerszegi Béla
Hutter Mihály

BHG ORION TERTA

MŰSZAKI
KÖZLEMÉNYEK

XXVI. évfolyam

1980.

6. szám

Új LC szűrőkkel felépített csatornamodem

BÁLINT JÁNOS
TERTA

A vivőfrekvenciás rendszerekben a berendezések jelentős részét a csatornamodemhez tartozó berendezések alkotják.

Ebből következik, hogy a csatornamodem helyszükséglete, energiafogyasztása, gyártásának gazdaságossága, megbízhatósága és üzemeltethetősége, az egész berendezés szempontjából döntő jelentőségű. Az átviteltechnikai gyárak a csatornamodem-fejlesztést kiemelten kezelik. Indokolja ezt a fent említett meghatározó jellegesen túlmenően a viszonylag magas ár és a nagy darabszám. Érthető tehát, hogy a fejlesztőmunka a nagy sorozatú gyártás gazdaságossága és zavartalan lebonyolítása érdekében a legapróbb részletekre is kiterjed. Ez természetesen megnöveli a fejlesztési költségeket és a felhasznált időt. A lehetséges változatok közül az optimális megoldás kiválasztásával, valamint a tervezett alkatrészmeny-nység felülvizsgálatával elérhető megtakarítások a nagy darabszám miatt igen jelentősek. Ezért gazdaságos a mindenre kiterjedő részletes fejlesztés, aminek többletköltségei a gyártás folyamán többszörösen megtérülnek. Különösen igaz ez a csatornamodem legnagyobb darabszámú és legbonyolultabb egységére, a csatornaegységre.

A csatornamodem 12 hangfrekvenciás csatornát transzponál az alapsoportsávba és viszont. Tartalmazza az összeköttetések létrehozására, ellenőrzésére és lebontására szolgáló jelzésátvitel elemeit is. A modulációs séma kiválasztásánál, a szükséges vivőfrekvenciák előállítása, a csatornasávszűrő megvalósítási lehetőségei, valamint a konstrukció és gyárt-hatóság játszik döntő szerepet. A legegyszerűbbnek tűnő direktmodulációs rendszer a hangfrekvenciás sávot közvetlenül az alapsoportsávba transzponálja. A hasznos alsó oldalsáv kiválasztásához 12 különböző csatornaszűrő szükséges. A szűrőkkel szemben támasztott csillapításkövetelmények kristálysűrőkkel vagy mechanikus szűrőkkel valósíthatók meg.

Kevesebb szűrőváltozatot és vivőfrekvenciát igényel az alapsoportot két modulációs lépésben létrehozó előcsoport-modulációs rendszer. A csatornák hármásával, háromféle vivőfrekvencia felhasználásával az előcsoport sávba, majd innen újabb négy vivővel az alapsoport sávba kerülnek.

Az előmodulációs rendszerben az alapsoport ugyancsak két modulációs lépésben, 13 vivőfrekvencia felhasználásával épül fel. A rendszer nagy előnye, hogy a csatornasávszűrők egymással azonosak. A csatornamodem gyártásánál ez a modulációs rendszer felel meg pillanatnyilag legjobban, a nagy darabszámú sorozatgyártás feltételeinek. A csatornasávszűrő bonyolult, de csak egyféle típus kell gyártani, a 13-féle vivőfrekvencia előállítása pedig a mai korszerű analóg és digitális integrált áramkörök alkalmazásával problémamentesen és gazdaságosan megoldható.

Több cég előmodulációs rendszerű csatornamodem berendezésében elektromechanikus csatornasávszűrőt alkalmaz. Az ilyen szűrők kifejlesztése jelentős anyagi ráfordítást igényel, továbbá feltételezi a kapcsolódó területek igen magas technikai színvonalát. Az elektromechanikus csatornasávszűrők kifejlesztése és gyártása csak akkor lehet gazdaságos, ha igen nagy mennyiséget állítanak elő. Ezért a gyártó cégek saját igényeik kielégítésén kívül általában piacra is termelnek.

A Telefongyár korábban fejlesztett csatornamodem berendezésében szintén elektromechanikus csatorna- és jelzőszűrőt alkalmaz, amelyek a Siemens gyár termékei.

Az új csatornamodem fejlesztésénél a Telefongyár a hazailag gazdaságosan gyártható alkatrészek felhasználását tűzte ki egyik fő céljaul. Az adott körülmények között korszerű LC elemekből felépített szűrők jöhetnek számításba. A szigorú átviteli követelmények csak bonyolult sok elemet tartalmazó szűrővel valósíthatók meg. A rendelkezésre álló geometriai tér korlátai megkötik a felhasználható LC elemek maximális méretét, ami a veszteségek magas értékét vonja maga után. Ez a tény veszteségkompenzált szűrő alkalmazását teszi szükségessé.

A veszteségkompenzált szűrők elemtolerancia-érzékenysége azonban nagy, ezért a sok elemet tartalmazó csatornasávszűrők veszteségeinek hatását célszerű egy egyszerűbb korrekttal kompenzálni, majd a még fennmaradó hibát a szűrő approximációjánál figyelembe venni.

A Telefongyárban kidolgozott LC elemekkel felépített csatornasávszűrőkkel és jelzőszűrőkkel sike-

rült kiváltani az elektromechanikus szűrőket, a geometriai méretek növelése, valamint a villamos paraméterek számottevő lazítása nélkül.

Az új csatornamodem három különböző típusú egységet tartalmaz. Az új csatorna-, csoport- és pilotvevő egység fejlesztésének alapját a korábban fejlesztett és már gyártásban levő berendezések képezik. Lényeges eltérés a csatorna- és a csoportegységben van, míg a pilotvevő közel azonos a korábbi változatokkal.

A csatornamodem kialakítása lehetőséget biztosít két vagy három csatorna frekvenciasávjában, zene vagy programcsatorna duplex átvitelére. Ebben az esetben az elmaradó csatornák vivőfrekvenciáinak kikapcsolását, a zenecsatorna transzponálásához szükséges vivőfrekvencia előállítását, valamint a zenecsatorna és az alapszoport egyesítését további egységek végzik.

Konstrukció

Az LC szűrőkkel felépített csatornamodem konstrukciós szempontból azonos a mechanikus szűrős változattal. A csatornamodem egységekre bontásának irányelvei is változatlanok, így az egyik változat helyettesítése a másikkal minimális módosítással megoldható. A csatornamodem egységei a rendelkezésre álló kevés hely miatt igen tömör felépítésűek. A felhasznált alkatrészek nagy megbízhatóságú ipari típusok, alkalmazásukat a berendezéssel szemben támasztott szigorú megbízhatósági és élettartam-követelmények teszik szükségessé.

Modulációs séma

Az alapszoport felépítése 24 kHz-es előmodulációval és 88...132 kHz-es csatornamodulációval valósul meg. A hangfrekvenciás csatornákat az előmodulációs vivő az előmodulációs sávba transzponálja. A modulációnál keletkezett alsó oldalsávot a csatornasávszűrő nyomja el. A modulációs rendszer ilyen megválasztását az indokolja, hogy a csatornasávszűrő — figyelembe véve a rendelkezésre álló alkatrészválasztékot, a villamos követelményeket, valamint a geometriai méretek korlátait — 24 kHz-es elő-

modulációs vivő alkalmazása esetén realizálható optimálisan.

Szűrés után a sávkorlátozott 24–28 kHz-ig terjedő egyenesállású előmodulációs sávokat a csatornavivők transzponálják az alapszoportsávba, fordított fekvésben. A csatornamodulációnál keletkező felső oldalsávot az ugyancsak LC elemekből felépített csoportszűrő nyomja el. Mivel a 88...108 kHz-es csatornavivők az alapszoportsávba esnek, a kétszeresen kiegyenlített csatornamodulátorok alkalmazása ellenére a vivőszivárgás miatt az adásirányú csoportszűrőt három részre kellett bontani. A szűrők bemeneteire 4–4 paralelkötött csatorna kapcsolódik. A 60–108 kHz-es sávkorlátozott alapszoport a szűrők hibriddel egyesített kimenetén jelenik meg.

Vételirányban a csoportegység egy alapszoportszűrőt tartalmaz, melynek kimenetére a csatornaegységek paralelkötött vétel bemenetpontjai csatlakoznak.

A demoduláció az adásirány frekvenciaátvételeinek fordítottja. A modulációs séma az 1. ábrán látható.

A csatornamodem elektromos felépítése

A csatornamodem 12 egymással csereszabatosan azonos csatornaegységből, valamint egy csoport- és egy pilotvevő egységből áll. A működéshez szükséges vivőfrekvenciákat egy alaposzcillátorral vezérelt harmonikus generátor spektrumából, szelektív vivőerősítők állítják elő.

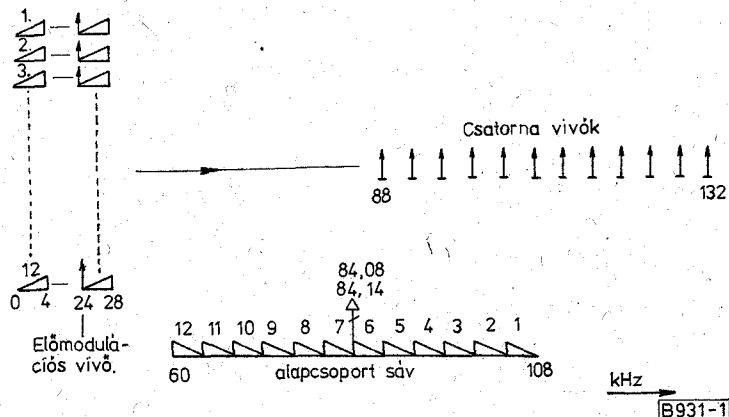
A jelző-, pilot- és segédfrekvenciákat önálló kvarcoszcillátorok biztosítják.

A csatornamodem blokkismája a 2. ábrán látható.

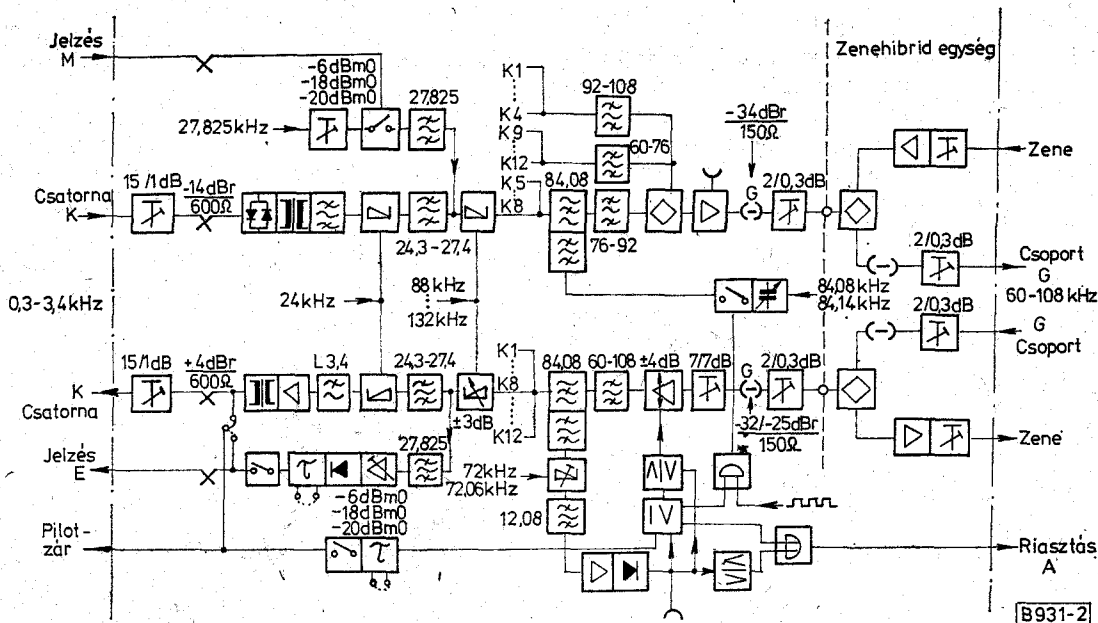
A csatornamodem legegyszerűbb egysége a csatornaegység, amely az alapszoport felépítéséhez szükséges modulátorokat és demodulátorokat, adás- és vételirányban egy-egy csatornasávszűrőt, valamint a jelzésátvitel áramkörét tartalmazza.

Jelátvitel

A csatornaegység adásbementi pontjaira adott hangfrekvenciás jel egy 15/1 dB-es csillapítótagon és egy mérőmegszakítón keresztül jut a bemenet a további áramköröktől galvanikusan elválasztó bemenő transzformátorra. A csillapítótág csillapításértékei átforrasztással állíthatók be. A mérőmeg-



1. ábra. Modulációs séma



2. ábra. A csatornamodem blokkismája

szakító a központ-, illetve a csatorna modem irányú méréseket teszi lehetővé. A továbbmenő jel szintjének korlátozását a bemenő transzformátorhoz csatlakozó zenerdiódákkal kialakított híd típusú limiter biztosítja. A limiter forrcsúcsátkötés megbontásával kiiktatható. A bemenőtranszformátor része az öt követő felül-, illetve aluláteresztő szűrőkombinációnak. Ez a bemeneti sávszűrő az adásirányú csatorna szűrő zárótartományával együttesen adja az adásirányban szükséges elnyomást, a sáv alatti, illetve sáv feletti zavarokra. A sávszűrőt egy monolit integrált áramkörrel kialakított, kétszeresen kiegyenlített aktív modulátor követi. A modulátor kapcsoló tranzistorainak egyenáramú előfeszítését a csoportegység biztosítja. A 24 kHz-es előmodulációs vivő az előfeszítésre szuperponálva jut a modulátorra. A kimeneten megjelenő modulációs termékek közül a felső oldalsávot nyolc tekercsből és tizenöt kondenzátorból álló csatornasávszűrő választja ki. Az áteresztő tartományban a veszteségek hatását a második modulátorba épített, de a csatornaszűrőhöz rendelt két tekercsből és két kondenzátorból álló korrekter kompenzálja.

A szűrő és a korrekter L és C elemei egymás hőmérsékletfüggő változásait kompenzálják, így az üzemi hőmérséklet-tartományban az átviteli karakterisztika stabilitása biztosítva van. Egy ilyen bonyolult szűrő behangolása hagyományos módon szinte megoldhatatlan, ezért a beállítás új módszerek alkalmazását tette szükségessé.

A csatornaszűrő beállítása egy gondosan megépített etalonszűrőhöz történő reflexió-wobblerezéssel kezdődik. A maximális reflexió csillapítás körönkénti beállítása után a bemenő impedanciák közelazonossága biztosítja az átviteli karakterisztikák minimális eltérését. A reflexióra behangolt csatornaszűrő, valamint a még névértéken levő korrekter tekercseinek finomhangolásával állítható be a végleges karakterisztika.

A csatornasávszűrő kimenetét a második modulátor zárja le. A modulátor bemenetének kialakítása

biztosítja a sávon kívüli jelzőfrekvencia becsatolását.

A csatornamodulátorok kimenete a három adásirányú csoportszűrőre csatlakozik. A csoportszűrők hibriddel egyesített kimenetét a csoporterősítő illeszti az adáskimeneti pontokra.

Vételirányban a csoportegység vétel bemenet pontjaira adott jel a vételirányú csoporterősítőre jut, melynek erősítése automatikusan szabályozható.

A szabályozást a vett csoportpilot jel szintjének figyelése biztosítja. A pilotjel szintjének adott háttáron belül történő megváltozása esetén a pilotvevő egység által előállított hibajel a csoporterősítő erősítését addig szabályozza, amíg a pilotjel szintje vissza nem áll a névleges értékre.

A szabályozás egy induktív osztó osztásarányának módosításával valósul meg. Az osztó egyik tagja a vételirányú csoportszűrő eleme, a másik tag — melynek induktivitása hangolómaggal változtatható — a szabályzómu része. Ezzel a tekercsel közös csévesten helyezkedik el a szabályzómu egyenáramú tekercse, melyet a pilotvevő által előállított hibajel vezérel. A szabályzómu egyenáramú tekercsén átfolyó, a hibajel polaritásától és mértékétől függő áram, egy permanens mágnesrudat mozgat, ami együtt mozog az osztóhoz tartozó tekercs hangolómagjával, változtatva az osztásarányt a hibajelnek megfelelően. A szabályzás sebességét speciális olaj állítja be.

Nagymértékű, hirtelen szintváltozás esetén a szabályzás blokkolódik. A csoporterősítőt a vételirányú csoportszűrő követi, melynek kimenetére a csatornamodulátorok csatlakoznak. A demodulátorok bemenetének előfeszítése, a csoportegységben előállított és a vételirányú csoportszűrő kimenőtranszformátorának középleágazására adott egyenfeszültség történik.

A csatornamodulátor erősítése folyamatosan szabályozható. A kimenetre a csatorna és a jelzőszűrő kapcsolódik. A csatornaszűrő azonos az adásirányban alkalmazottal. A hangfrekvenciás sávba való

transzponálást az elő-demodulátor végzi. A keletkező felső oldalsáv és szivárgó előmodulációs vivőfrekvencia elnyomására a demodulátort követő aluláteresztő szűrő szolgál. Az aluláteresztő szűrő az előmodulációs vivő frekvenciáján csillapításpólussal rendelkezik. A szűrőt követő csatornaerősítő a szükséges kimenőszintet és kimenő impedanciát biztosítja. A csatornaerősítő monolit integrált műveleti erősítővel van felépítve, mely kombinált áram- és feszültség-visszacsatolást tartalmaz.

A hangfrekvenciás kimenet illesztésére, galvanikus elválasztására és szimmetrizálására a csatornaerősítő kimenőtranszformátora szolgál. A transzformátor szórt inductívításával kialakított aluláteresztő szűrő a felső oldalsáv további elnyomását biztosítja. A mérőmegszakítót követő csillapítótag-sor segítségével a kimenőszint széles határok között beállítható.

Jelzésátvitel

Az új csatornaegységeknek kétféle változata van attól függően, hogy a jelzőfrekvencia sávon belüli vagy sávon kívüli.

A sávon kívüli jelzés kis- vagy nagyszintű lehet munkaáramú üzemmódban és kisszintű szünetáramú üzemmódban, ami megfelel a CCITT R2 típusú jelzésátviteli rendszerének. A sávon belüli jelzésátvitel nagyszintű munkaáramú üzemmódban.

A jelzésbetáplálás mindkét változatnál az előmodulációs frekvenciasávban valósul meg. Adásirányban a jelzőfrekvencia billentyűzésére statikus modulátor szolgál. Sávon kívüli jelzésnél a keletkező oldalsáv-frekvenciák kiszűrését LC elemekből felépített negyedfokú jelzőszűrő végzi, aminek kimenete a csatornamodulátor összegző bemenetére csatlakozik.

Sávon belüli jelzésátvitelnél a jelzés egyesítése a beszédággal a csatornasávszűrő bemenetén történik, így külön spektrumkorlátozó szűrőre nincs szükség.

Vételirányban sávon kívüli jelzésnél a jelzőfrekvenciát szintén negyedfokú LC elemekből felépített jelzőszűrő választja ki az előmodulációs sávból. A szűrőről a jel egy monolit integrált áramkörrel felépített erősítőfokozatra jut. Az erősítő erősítése a vett jelzésszintnek megfelelően beállítható úgy, hogy az erősítő kimenetén azonos szint jelenjen meg akár kisszintű, akár nagyszintű üzemmódban.

Az erősítőt egy torzítás-kompenzált demodulátor és trigger áramkör követi. A CCITT R2 típusú jelzésátviteli rendszerének megfelelő üzemmód esetén a pilotzár működési idejéhez illeszkedő jelátviteli időt a triggerfokozat kimenetére köthető késleltető tag állítja be. A késleltetés miatt torzult impulzusokat négyszögesítő fokozat regenerálja, aminek bemenetén a munkaáramú, illetve szünetáramú üzemmódnak megfelelő fázisforgatás átkötéssel beállítható.

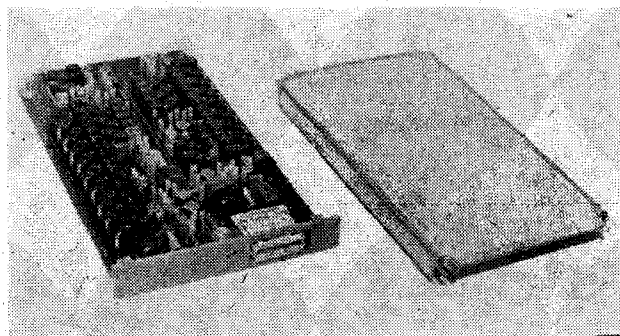
A négyszögesítő fokozat a nagyfeszültségű kapcsoló tranzisztorokkal felépített kimenő áramkört vezérli. A tranzisztorokat a központ felől érkező, elsősorban induktív terhelésből adódó feszültségcsúcsoktól korlátozó dióda védi.

Sávon belüli jelzésátvitelnél vételirányban a jelzékicsatolás a csatornaerősítő kimenő transzformátoráról, hangfrekvencián történik. A kapcsolás biztosítja, hogy a központ felől a vétel kimeneti pon-

tokra jutó esetleges zavaró jelek a jelzésvevő bemenetére nagy csillapítással juthassanak, s így téves működést ne okozhassanak.

Erősítés, majd demodulálás után az egyáramú jelzőimpulzusokat diszkrét tranzisztorokkal felépített trigger áramkör állítja elő. A jelzésvevő beszédáramokból adódó téves jelzéseinek kizárását szelektív védőáramkör biztosítja.

A csatornaegység fényképe a 3. ábrán látható.



3. ábra. A csatornaegység fényképe

Pilot

Az új csatornamodemben alkalmazott pilottechnika, valamint a pilotvevő egység azonos az elektro-mechanikus szűrőkkel megépített változatban alkalmazottal.

A csoportpilot-frekvenciát tekintve a csatornamodem kétféle változatban készül attól függően, hogy a pilotfrekvencia 84,08 kHz vagy 84,14 kHz.

A 84,08 kHz-es pilotfrekvenciával működő változatnál a 6. csatorna sávonkívüli jelzőfrekvenciájából adódó zavarok kiszűrését, a pilotjel becsatolását, illetve vételirányban a pilotjel elnyomását, az alapcsoportszűrővel, valamint egy keskenysávú kristálysűrővel kialakított áramkör biztosítja.

A 84,14 kHz-es pilotfrekvencia sávon belüli jelzésátvitel esetén alkalmazható, így a fent említett szűrőkombinációra ebben az esetben nincs szükség.

Vételirányban a kicsatolt pilotjel a pilotvevő egység bemenetére kerül, ahol egy kétszeresen kiegyenlített aktív modulátor transzponálja a pilotszűrő sávjába. A transzponálás 84,08 kHz-es változat esetén 72 kHz-zel, — 84,14 kHz-es pilotjel esetén — 72,06 kHz-zel történik. Szűrés és erősítés után a pilotvevő a pilotszinttel arányos egyenfeszültséget állít elő, ami egyrészt biztosítja a vételi pilotszint külső műszerrel való ellenőrzését, másrészt működteti a pilotszintnek a névleges értéktől való eltérését figyelő áramköröket.

Ezek az áramkörök állítják elő a csoportegység szabályozóműve számára a hibajelet, biztosítják a pilotszint nagymértékű csökkenése esetén a szabályzás blokkolását, valamint a pilotszint 4 dB-nél nagyobb csökkenése, illetve szaggatott pilotjel vétele esetén a riasztást.

A CCITT R2 típusú jelzésátviteli rendszerének alkalmazásakor az átviteli út megszakadásából keletkező hibás jelzés hatástalanítására a pilotvevő csoportpilotzár áramköre a központot föld adásával blokkolja, továbbá biztosítja a megszakadt összeköttetések elbontását. Ez utóbbi funkció munka-

áramú jelzésrendszerek esetén is biztosítható, késleltetett működéssel.

A csoportpilotzár adásával egyidejűleg a pilotvevő az ellenállomást az adásirányban betáplált pilotjel szaggatásával informálhatja.

Műszaki adatok

Frekvenciatartományok

Csatornánként elfoglalt névleges sáv szélesség

4 kHz

Ténylegesen átvitt frekvenciasáv

0,3–3,4 kHz

Az alapsoport névleges frekvenciasávja

60–108 kHz

Névleges szintek

A csatorna hangfrekvenciás kapcsolain adásirányban

–14...0 dBr

vételirányban

+4...–10 dBr

Az alapsoport kapcsolokon adásirányban

–36 dBr

vételirányban

–30 dBr

vagy

–23 dBr

Névleges impedanciák

A csatorna hangfrekvenciás kapcsolain

600 ohm szimmetrikus

Az alapsoport kapcsolokon

150 ohmszimmetrikus

Jelzésátvitel

Sávon kívüli jelzés

jelzőfrekvencia

3825 Hz

Névleges jelzésszintek

kisszint

–18 vagy

–20 dBmO

nagyszint

–6 dBmO

Sávon belüli jelzés

jelzőfrekvencia

2100, 2280 vagy
2600 Hz

Névleges jelzésszint

–6 dBmO

Csoportpilot adás–vétel

pilotfrekvencia

84,08 vagy
84,14 kHz

Névleges pilotszint

84,08 kHz-en

–20 dBmO

84,14 kHz-en

–25 dBmO

Automatikus szintszabályozás

min. ±4 dB

Vivőfrekvenciák

Előmodulációs vivőfrekvencia

24 kHz

Csatornavivók frekvenciája

88, 92, 96, 100, 104,
108, 112, 116, 120,
124, 128, 132 kHz

Segédfrekvenciák

84,08 kHz pilot vételéhez

72 kHz

84,14 kHz pilot vételéhez

72,06 kHz

Csillapítástorzítás

a CCITT G.232.
ajánlás
2A, 2B és 2C ábra
tűrésének 1/2-e

Érthető áthallás-védettség

bármely két csatorna között

min. 74 dB

bármely csatorna adás- és vételiránya között

a hangfrekvenciás oldalon

min. 68 dB

csoporthangfrekvenciás oldalon

min. 62 dB

Nem érthető áthallás-védettség

bármely kombinációban

min. 60 dB

Üres zaj

max. 50 pWOp

terhelt zaj

max. 200 pWOp