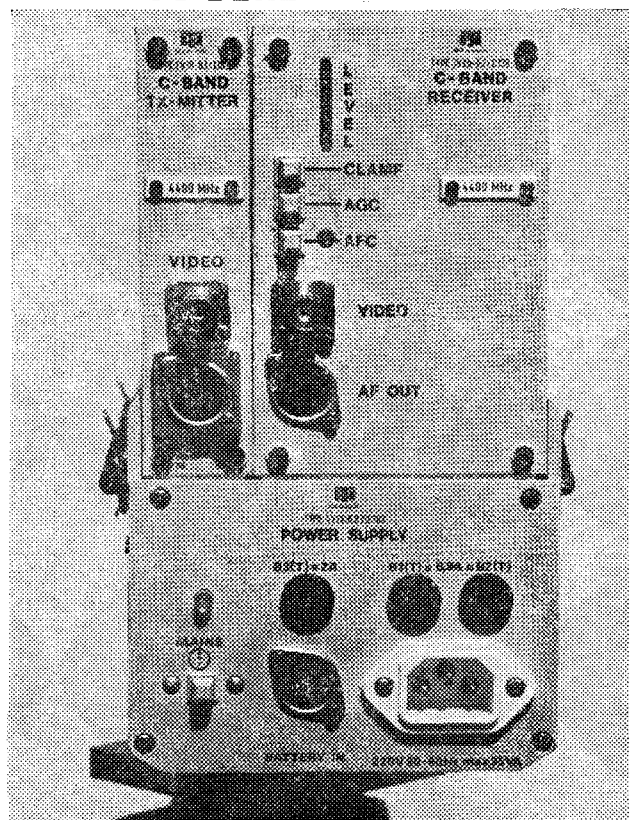


# HÍRADÁSTECHNIKA SZÖVETKEZET

1519 BUDAPEST \* PF. 268. \* TEL.: 869-522 \* TELEX: 22-6151

## 4400/4600 MHz-ES MIKROHULLÁMÚ ADÓ-VEVŐ BERENDEZÉS



1. ábra

A Híradástechnika Szövetkezetben kb. 14–15 évvel ezelőtt felmerült egy könnyű, kisméretű, könnyen telepíthető mikrohullámú adó-vevő berendezés kifejlesztésének gondolata, melynek feladata a koaxiális kábelekkel áthidalhatatlan helyeken elsősorban kép, másodsorban hangjelek átvitele két földrajzi pont között. Egy ilyen berendezés az időtájt kifejlesztésre került a Budapesti Műszaki Egyetem Mikrohullámú Tanszékkal való közös együttműködés keretében. Néhány ilyen készüléket a H.T.SZ.-ben legyártottak, de elsősorban az akkori technikai lehetőségek korlátozottsága miatt ez a téma lekerült a fő feladatok rangsoráról.

Az elmúlt 15 esztendőben mint más egyéb tudományos-technikai ágazat a mikrohullámú technika is óriási fejlődésen ment keresztül. A bipoláris félvezető technológia ma 7,5 GHz-es határfrekvenciával 100,- Ft alatti költséggel tud tranzisztorokat nagy sorozatban előállítani. Hazai gyárainkban és

fejlesztő intézetekben viszonylag olcsó mikrohullámú eszközöket fejlesztenek és gyártanak. Ilyen eszköz például a dielektromos tárcsarezonátor, amelyet a Kőbányai Porcelángyár fejlesztett ki sikerrel, és amelyet a H.T.SZ.-ben előnyösen alkalmazunk az itt ismertetésre kerülő berendezésekben.

A piacon viszonylag olcsón kapható mikrohullámú eszközök feltűnése, továbbá a régóta fennálló pont-pont közötti vezeték nélküli kép és hangjelek átvitelére való igény újból felvetette egy a réginel korszerűbb és lehetőleg olcsón előállítható minél több hazai anyagokból felépíthető berendezés kifejlesztésének szükségét. Mivel a félvezetős mikrohullámú aktív eszközök kimenő teljesítménye növekvő frekvenciával csökkenő tendenciájú, ugyanakkor az áruk pedig növekednek a frekvenciával, ezért a mikrohullámok tartományának lehetőleg az alsó részében célszerű a rendszert felépíteni a hatóságok által javasolt tartományokat figyelembevéve. A frekvenciagazdálkodással foglalkozó hatóság a legalacsonyabb sávnak a  $4400^{+20}_0$  MHz-et és a  $4600^{+20}_0$  MHz-es sávot jelölte ki. Ez a sáv gazdaságossági szempontból is optimális, mivel még több olcsó félvezető eszköz is működik ezekben a tartományokban, ugyanakkor az antennák nyereségével jelentős teljesítményredukálást lehet létrehozni. A kimenőteljesítmény 40...80 mW közötti értéken való tartásával, 22...25 dB-es antennanyereséggel 10 km-es hatótávolság jelentős fading-tartalékkal áthidalható közvetlen akadálymentes rálátással (a Fresnel-ellipszisen belül.)

További segítséget hozott a műholdvételek elterjedését előmozdító ipar által kifejlesztett és piacon már olcsón kapható alkatrészek viszonylag nagy választéka. Jelenleg egy mikrohullámú KF- és demodulátor felületszerelt (SMD) alkatrészekkel felépítve egy féltényérnyi nyomtatott áramkörtímezzen kényelmesen elfér. Az FM limiter-demodulátort egy nyolclábos tokban készítik. Ez utóbbi PLL-es változatban is kapható.

A fentiekben ismertetett szempontok és adottságok figyelembevételével készült el a 4400/4600 MHz-es adó-vevő berendezés, amely alkalmas ipari televíziós célokra fix telepítésre az egyvezetékes Cordon-rendszer kiegészítő részeként, továbbá hordozható helyszíni közvetítésekhez színes TV képeket plusz két MQ minőségű hangcsatorna (amely lehet stereo is) oda ill. visszairányú közvetítésére, valamint a TV képelemek képképzési időintervallumába beültetett soros digitális adatjelek átvi-

telére is. Ez utóbbit külön szállított adapterrel lehet megvalósítani. Digitális jelek FSK hangmodulációval a két hangcsatornán is átvihetők.

## MIKROHULLÁMÚ ADÓ

A mikrohullámú adóberendezés direktmodulációs rendszerű, a bejövő video és hangjelek közvetlenül egy, az adási frekvencián működő VCO fokozat FM modulációs bemenetére mennek. A VCO frekvenciastabilitása természetesen nem felel meg a postai nemzetközi előírásoknak, ezért egy külön frekvenciastabilizáló áramkörrel kell gondoskodni ezek betartásáról.

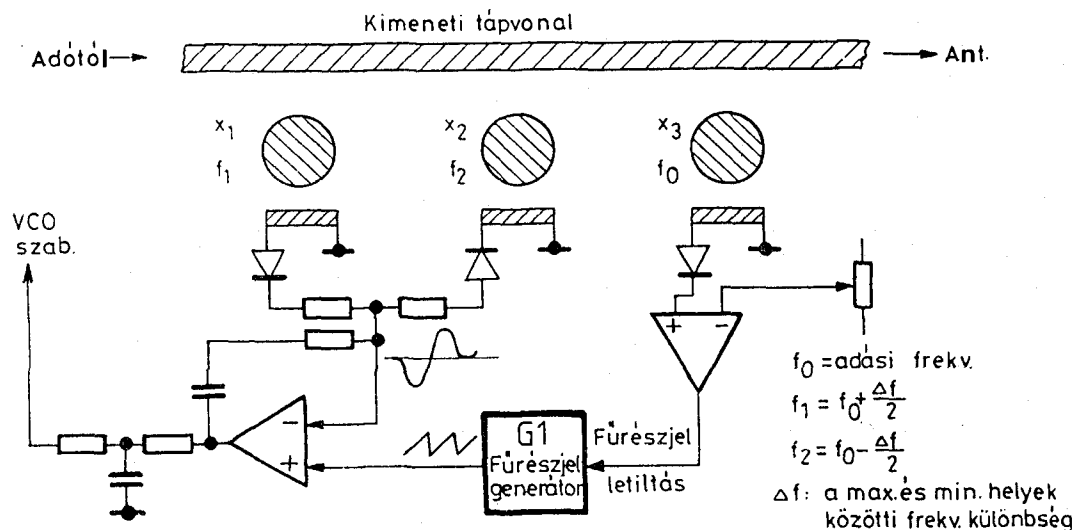
Más műszaki megoldások is lehetségesek a pontos frekvencia előállítására és az FM modulációra. Ezek egyike a fáziszárt hurkos megoldás, amely egy 1:4-es és egy 1:10-es ECL osztóval, továbbá kétfokozatú Schottky osztóval és normál TTL-es programozható osztóval valósítható meg. Ezeknek az eszközöknek az alkalmazása is felmerült, de gazdaságossági okokból nem került alkalmazásra, mivel több import anyagot tartalmaz a direkt modulációs megoldáshoz képest. Az alkalmazott frekvenciastabilizátorban három dielektromos tárcsarezonátor került felhasználásra, a 2. ábra szerinti elrendezésben.

Az  $X_1$  és  $X_2$  rezonátorok egy „Armstrong”-típusú amplitúdó diszkriminátort képeznek oly módon, hogy a fő-tápvonalból jelet csatolnak ki, a rezonátorok kicsatoló tápvonalcsontkjain detektor diódák vannak ellentétes polaritással, így pozitív és negatív rezonanciagörbét lehet detektálni azokon, ha frekvencia-karakterisztikát ábrázoltatunk. A pozitív és negatív előjelű DC jeleket egy egyszerű elleniállásos összeadóra vezetve a jól ismert „S”-görbét kapjuk meg. Mivel az alkalmazott dielektromos tárcsarezonátorok terhelt jóságú tényezője elég nagy ( $Q_t > 1000$ ), ezért az „S” görbe maximumához és minimumához rendelt frekvenciák különbsége néhányszor tíz megahertz. A frekvencia stabilizálást csak ezen két szélső érték között (valamivel keskenyebb tartományban) lehet csak megvalósítani. A VCO frekvencia vándorlása általában na-

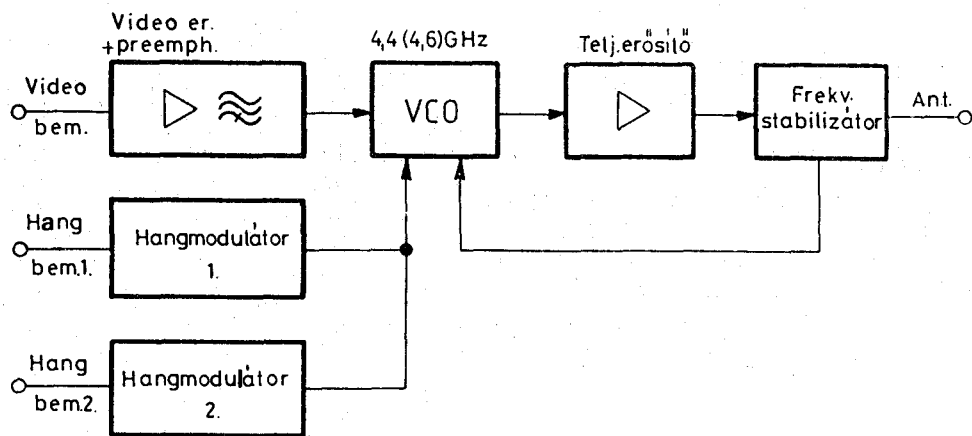
gyobb ennél az értéknél, így egy frekvenciakereső áramkörre is szükség van, amely egy fűrészfeszültséget előállító generátorból, egy leállító áramkörből és egy maximumot detektáló  $X_3$  rezonátorból, valamint hozzá csatolt detektorból áll. Amikor a VCO frekvenciája a diszkriminátor befogási tartományán kívül van, a G<sub>1</sub> generátor fűrészfeszültsége jele „végigsöpri” a frekvenciatartományt széles léptékben. Amikor a VCO frekvenciája a névleges frekvenciát eléri, akkor az  $X_3$ -hoz tartozó detektoron megjelenő pozitív DC jel egy komparátor segítségével leállítja a G<sub>1</sub>-et, a fűrészel megszűnik, és az „S” görbe szabályozási tartományán belül marad a VCO frekvenciája. A pontos frekvencia behangolás egy AFC hurok végzi, amely egy műveleti erősítővel és egy aluláteresztő szűrővel van kiegészítve, a VCO vezérlő bemenetéig. A műveleti erősítő kimenete és az invertáló bemenete között soros RC tag az AFC szervo-hurok lengését csillapítja.

Az adóberendezés frekvencia pontosságát nagymértékben az  $X_1$  és  $X_2$  rezonátorok határozzák meg. Lehetőség van arra, hogy  $X_1$  negatív  $X_2$  pozitív hőmérséklet koeficiensű anyagból készüljön, így az eredő hőmérsékleti együttható zérus legyen egy adott hőmérséklet határán belül. A jelenleg megépített berendezésben ezt nem valósítottuk meg. Az  $X_1$  és  $X_2$  rezonátorok negatív hőmérsékleti együtthatójúak és 3 MHz-en belül stabilizálják az adó frekvenciáját  $-20 \dots +50$  °C hőmérsékleti tartományban. A kimeneti aluláteresztő szűrőnek, illetve a szervo rendszernek nem szabad a videojelek alacsony frekvenciás összetevőire szabályozó hatást gyakorolnia.

Mivel az adó kimenőteljesítménye 50 mW körüli és a frekvenciaszabályozó diszkriminátor áramkör a végfokozat és az antenna kimenet között van, így detektor diódáknak igen olcsó SMD Schottky diódákat lehet alkalmazni (BAT-17). Az  $X_1$ ,  $X_2$  és  $X_3$  rezonátorok KÖPORC gyártmányúak, pontos behangolásuk hangoló csavarral történik, amelyek az üreges rekesz fedőlapjáról nyúlnak be a rezonátorok felső sík lapjai felé. A jó frekvencia stabilitás érdekében csak 1% körüli frekvencia elhangolás



2. ábra



3. ábra

van megengedve. A benyúló csavar a frekvenciát mindig felfelé hangolja, így a rezonátorokat kb. 50 MHz-el a névleges frekvenciaérték alá kell csiszolni. A diszkriminátor rendszer nagyon stabil mechanikus konstrukciót igényel, mivel minden elmozdulásra képes vagy hajlamos mechanikus alkatrész a dielektromos tárcsarezonátorok közelében frekvencia elvándorlást, instabilitást hoz létre. A teljes adóberendezés blokkválozata a 3. ábrán látható. A frekvenciában modulált VCO jele kétfokozatú erősítővel van a kimenő szintre felerősítve. Az erősítésben kerámia tokozású BFQ57 típusú tranzisztorok vannak. Ezeknél 1 dB-es kompressziós szinthez +17 dBm kimenőszint tartozik, amely elegendő az ilyen kisszintű adóberendezéseknél. A videojel a VCO-ra egy preemphasis áramkörtön keresztül van a VCO modulációs bemenetére (CCIR Rec. 405-1.) vezetve.

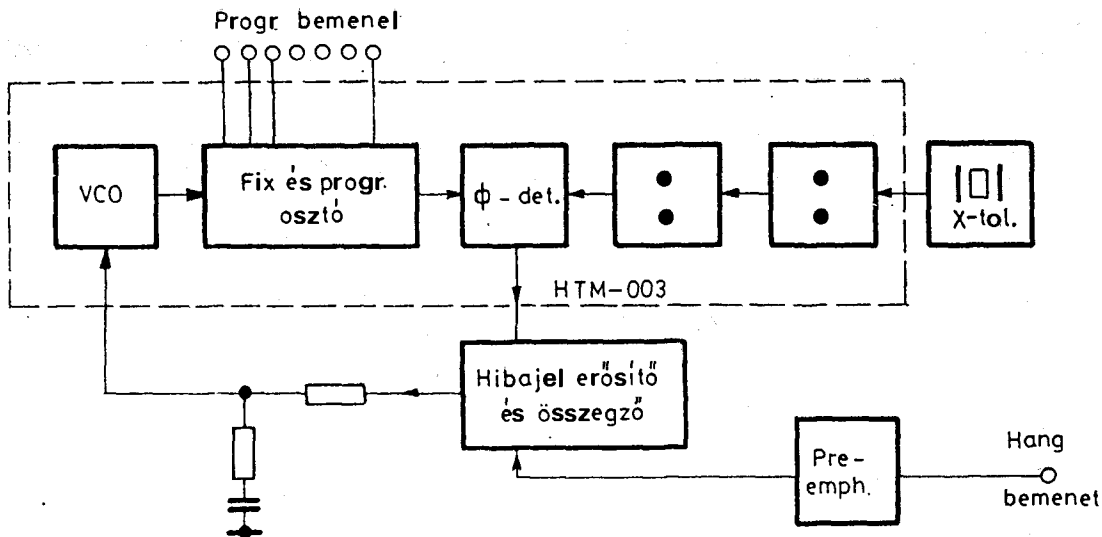
Az adóberendezésben két különböző frekvencián működő, de teljesen azonos hangmodulátor nyert alkalmazást. A két hang segédvívő frekvencia: 7,0 és 7,5 MHz, a képvívőhöz viszonyítva 30 dB-el csökkentett vívszint van beállítva. Maximális frekvencialöket 50 kHz, max. modulációs frekvencia 15 kHz. A hangmodulátor két darab HTM-003 típusú PLL áramkörös kristály-referenciával rendelkező intercarrier FM hangmodulátort tartalmaz. Ez az áramkör a TV KF modulátorok hangvívőjének előállítására készült, de ennek SMD változata már 10 MHz-ig működik. A hangmodulátor blokkválozata a 4. ábrán látható, működése az ismert PLL elv szerinti: a VCO jele alacsony frekvenciára (néhány kHz) van leosztva és ez a jel a fázisdetektor egyik bemenetére megy, a fázisdetektor másik bemenetére a leosztott kristály-referencia jel van bevezetve. A fázisdetektor kimenőjele megfelelő erősítés után hurokszűrőn át a VCO vezérlő bemenetét hajtja meg. A vezérlő hibajelhez kell hozzáadni a modulációs jelet, így a VCO kimenőjele az FM modulált hangvívót adja. Az itt ismertetett összes funkciót egyetlen LSI áramkör szolgáltatja, néhány kiegészítő alkatrész (pl. hurokszűrő, kvarckristály) hozzáadásával. Az adó VCO fokozatában olcsó SMD kivitelű bipoláris tranzisztor rezeg BFQ67, a frekvencia hangolását a bázisban elhelyezett tápvonal végén levő kapacitíven csatolt SMD kivitelű, BBY31 típusú kapacitásdióda

végzi. Az oszcillátor a hangoló elemeivel együtt teflonos nyomtatott áramköri lemezen készült. (Cu-Clad 217) igen stabil mechanikus kivitelben. A kollektorkörben kétlépcsős impedancia transzformátor biztosítja a tranzisztor kollektora és az 50 Ohm-os tápvonal közötti illesztést.

A kapacitásdióda munkapontját 2-4 V között kell beállítani a legkisebb differenciális erősítés és fázistorzításnak megfelelően. Az adóberendezés differenciális erősítéstorzítása kisebb 5%-nál, differenciális fázistorzítása kisebb mint 5°.

### MIKROHULLÁMÚ VEVŐBERENDEZÉS

A vevőberendezés teljes blokkválozata az 5. ábrán látható. Az antenna bemenet egy R40 csótápvonalból kialakított két, hangolt üreget tartalmazó sávszűrőn keresztül a gallium arzenid alapanyagból készült FET-ekkel működő kiszajú előerősítő bemenetére csatlakozik. Az erősítő erősítése 20 dB 4400 ili. 4600 MHz-en, de minden esetben az adott fix frekvenciára történik az optimalálás. Az erősítő kimenete egy 180°-os iránycsatlós keverőre csatlakozik. A keverő lokál oszcillátor bemenetére megy a helyi oszcillátor kimenőjele. A keverő KF kimenete egy kiszajú KF erősítő után egy AGC szabályozó erősítő fokozatra csatlakozik. Ez a fokozat küszöböli ki a fading és egyéb térerő változást előidéző hatásokat, így a további fokozatok jó közelítéssel azonos szinten dolgoznak. Ez nem közömbös a túl nagy jeleknél előálló AM-PM konverzió miatt különösen a KF utolsó és a limiter-diszkriminátor fokozatban. Az AFC fokozatot a KF főerősítő követi, amelyben egy hatkörös helix-szűrő biztosítja a szükséges szelektivitást. A szelektivitás 20 MHz-es elhangolásnál jobb, mint 20 dB, 200 MHz elhangolásnál pedig 60 dB alatt van. Ebben a fokozatban felületi hullámszűrőt is lehetett volna alkalmazni de erre gazdaságossági (főleg importmegtakarítás) okok miatt nem került sor. Az alkalmazott helix-szűrő igen olcsó kivitelű, közönséges kerámia trimmerekkal lehet behangolni, beiktatási vesztesége csak 4 dB, szemben a SAW-szűrők 20 dB-nél nagyobb beiktatási veszteségével. A vevő középfrekvenciája 450 MHz, a szűrő sávszélessége 20 MHz. A SAW szűrők közepes frekvenciája 479,5 MHz, mely frekvencia nem nagyon kedvező a bu-



4. ábra

dapesti TV-2-es műsort sugárzó adójának zavaró hatása miatt.

FM demodulátorként a külföldi piacon kapható SL 1452 típusú limiter diszkriminátor lett alkalmazva, ennek demodulációs jellemzői elég jók, igen jóminőségű színes TV jel demodulálását teszi lehetővé, néhány százalékos differenciális erősítés torzítás, és néhány fok differenciális fázistorzítás mellett. A multiburst átvitelben 5 MHz-nél kb. 1,5 dB szintcsökkenés figyelhető meg, azonban ez a képminőségben nem észlelhető.

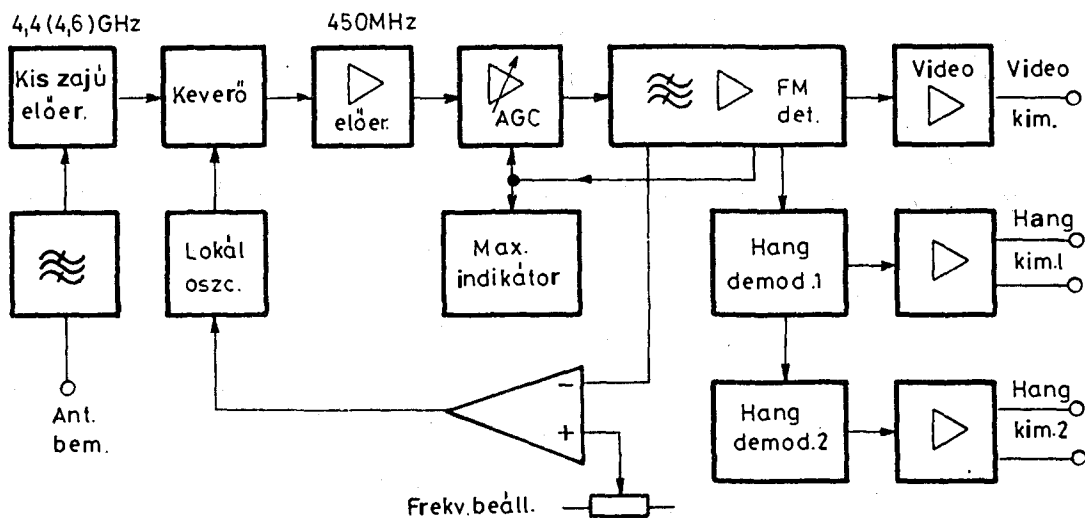
A képtartalom és a hang segédvívők közvetlenül a demodulátor után vannak szétágasztatva, a képtartalmat a szokásos deemphasis áramkör után a video erősítő erősíti fel a szabványos 1V<sub>pp</sub> szintre. A hang segédvívők pedig egy ellenállásokból felépített jelszétosztón és sávszűrőkön át közönséges CA3189 típusú hangmodulátor integrált áramkörök bemeneteit vezérlik. A vételnél is úgy, mint az adásnál, két párhuzamos, azonos alkatrészekből felépített rendszer van megvalósítva, 7,0 illetve 7,5 MHz-es segédvívőkkel.

A hangdemodulátorokban fix 50 μsec. hang deemphasist alkalmaztunk, a hangmodulátor sávszű-

rő jellegű diszkriminátor köreivel nagyobb lineartás, így kisebb torzítás valósítható meg. A demodulált hangejelet egy négyes műveleti erősítő egyik részével felerősítjük, majd ellenütemű kimenőjelet képezve vezetjük a hangfrekvencián kimenő csatlakozóra.

Az FM-demodulátor egyik kimeneti pontján a vivővel közel arányos DC jel vehető le, amelyet fel lehet használni AGC szabályozásra, továbbá szintindikálásra is led-diódás meghajtó bemenetére vezetve. Ezzel az áramkörrel az adó és vevőberendezések egymásratalálását, azaz a pontos betárolást nagyon könnyű elvégezni. Az AGC szabályozáshoz egy úgynevezett szint „késleltető” és fázisfordító áramkör is tartozik, azon célból, hogy az AGC szabályozás gyenge jeleknél még ne lépjen működésbe.

A vevőkészülékben szükség van még automatikus frekvencia szabályozásra is. Az FM képdemodulátor kimenőjele ad olyan jelet, amely kb. 2,8 V-ra szimmetrikusan ad lineáris szabályozást. Ezt a DC jelet egy műveleti erősítővel invertálva kell visszavezetni a vevő helyi oszcillátorának változó



5. ábra

kapacitást tartalmazó diódájára, hogy a vevő frekvenciáját az adó frekvenciájához „behúzza”.

## MIKROHULLÁMÚ ANTENNÁK A 4400/4600 MHz TARTOMÁNYRA:

### Narancshéj antenna

A kezdeti kísérletek elvégzéséhez kifejlesztésre került egy hengerparabola felületből kivágott úgynevezett „narancshéj”-antenna, amelynek apertúra főméretei: 640 × 220 mm. Fókuszvonalának távolsága: 300 mm. Az antenna nyeresége: 17 dB. Bemenő impedancia: 50 Ohm. Csatlakozó típusa: N.

Az antennának nem pontszerű, hanem vonalszerű a fókusza, ebben a fókuszcsonkban helyezkedik el egy félhullámú viszonylag szélesszárú dipól, reflektáló tárcsával.

### Piramidális tölcserantenna

Optimális nyereségű tölcserantenna, elsősorban mérési célokra készült, alumíniumlemezből, meghajlítva és speciális jól vezető fémgragasztóval, valamint csavarokkal összefogva. Az antennához egy R40 tápvonal méreteivel megegyező alumínium tömbből kimart hullámvezető-koaxális átmenet is tartozik, amely a tölcser torok-részéhez csatlakozik. Az antenna nyeresége 22 dB, bemenő impedanciája 50 Ohm, a csatlakozó típusa: N. Főbb méretei: 390 × 295 × 620.

### Mikroszalagvonalas antenna

Ezt az antennatípust a Budapesti Műszaki Egyetem Mikrohullámú Tanszéke fejlesztette ki 4,41 GHz-es és 4,61 GHz-es sávközépi frekvenciára. Két antennarendszer készült el egy nyomtatott áramköri lemezre egymásra merőleges polarizációval. Az antennák sáv szélessége 70 MHz, keresztpolarizációs csillapításuk 35 dB-nél jobb, az antenna nyereség 25 dB, az antennák együttes mérete 408 × 408 mm, amely adatok rendkívül jó apertúra határfokról tesznek bizonyosságot.

Ez az antenna az adó és a vevőberendezésekhez mechanikusan illeszthető, rövid tápvonalakkal csatlakoztatható.

A mikrosztrip antennákkal számos folyóiratcikk és szakkönyv foglalkozik, melyekből az irodalomjegyzékben néhány említésre kerül.

### Tápegység, konstrukciós megfontolások

A mikrohullámú adó-vevő berendezéshez telepes és hálózati üzemű tápegység is tartozik, a ± 12 V-os belső tápellátás biztosítására. A +12 V-os rész analóg, a -12 V-os pedig kapcsolós üzemű. Telepes üzemmódban kívülről csatlakoztatott 12 V-os akkumulátorról működik a berendezés.

A berendezés modulegységekből épül fel, (5. ábra) egy 130 × 225 × 30 mm-es adóból, 130 × 225 × 80 mm-es vevőrészből, 230 × 120 × 85 mm-es tápegységből. A tápegység alul helyezkedik el, majd erre lehet rádugni az adót és a vevőt. A tápellátást a tápegység és az adó-vevő között kékes csatlakozók biztosítják. Mindhárom egységet „békázás” csatlakozók csatolják egy mechanikus szerelvényre, mely szerelvényt egy háromlábú teodolit állványra lehet felcsavarozni. A mikroszalagvonalas antenna az adó-vevő ki- és bemeneti csatlakozóinak oldalán van mechanikusan felfogva, így rövid kábelekkel csatlakoztatható. Az antennát a külső környezeti hatásoktól egy „radom” védi.

### Felhasznált irodalom:

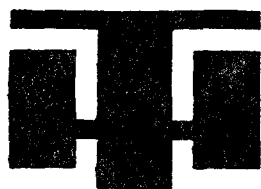
- „2700 Mc. Transceiver” Electronics 1946 sept. p. 104. ...105
- Dr. Almássy György: Mikrohullámú Kézikönyv Műszaki Könyvkiadó, 1973.
- Völgyi Ferenc, Mernyei Ferenc: MACORD „Mikrosztrip realizációjú, C sávú adó-vevő antenna” Budapesti Műszaki Egyetem Mikrohullámú Híradástechnikai Tanszék. 1987. november
- Völgyi Ferenc: „Nagynyereségű mikrosztrip antenna a Híradástechnika, XXXVI. évf. 6., 1985. 266-281. oldal
- T. Milligan: Modern Antenna Design Mc Graw-Hill Book Co. New York 1985.

Hajder Tibor

---

Az ismertett készülő folyamatban van, bármely alkalmazástechnikai kérdésben a Híradástechnika Szövetkezet Vevőszolgálatára készséggel áll felhasználóink rendelkezésére (telefon: 869-522).

---



# HÍRADÁSTECHNIKA SZÖVETKEZET