

# GTT 2/1020-34 típusú hibrid mikrohullámú rádiórelé rendszer

DENK ATTILA

Orion

## Összefoglalás

A szerző olyan 2 GHz-es sávban működő hibrid rádiórelé rendszert ismertet, melynek adó-vevői az átvitt információtól ill. modulációtól függetlenül azonos felépítésűek és 1020 FDM telefoncsatorna, vagy színes TV és kísérő zenecsatornák, sávfeletti 2 Mbit/s multiplex, vagy 34 Mbit/s-os jelfolyam átvitelét biztosítják. A cikk a rendszer egyes berendezéseinek ismertetésén túl áttekintést ad a rendszertervezés és típusmérés eredményeiről is.

## 1. Bevezetés

A mikrohullámú rádiórelé rendszerek területén az 1990-es években telefonátvitel céljára egyeduralgóvá válnak a digitális modulációjú berendezések. A televízió jel átvitelét professzionális módon csak a 140 Mbit/s sebességű rendszerek biztosítják. Ezek a nagykapacitású rendszerek 1920 PCM csatorna átvitelére a gerinchálózatban kerültek felhasználásra. Körzeti hálózatokban az átviteli kapacitás igény TV és 1x480 vagy 2x480 PCM csatorna. Így a felhasználói igény várhatóan hosszú ideig fenn fog állni a cikk szerinti egyes rendszerek telepítésére és Üzemeltetésére.

## 2. A rendszer alkalmazása, szolgáltatásai

A GTT 2/1020-34 rendszer berendezései a 2 GHz-es sávban működnek és az egyes vonalakon max. 5 duplex üzemi rádiócsatornával, valamint a hozzá tartozó közös tartalékcsatornával kerülnek kiépítésre. A rendszer berendezései állandó telepítésre készültek és az alábbi információk átvitelére alkalmasak:

- vagy max. 1020 FDM telefoncsatorna, a hozzá tartozó 4 szolgálati és 48 kiegészítő csatorna továbbá egy sávfeletti (7,3 MHz-es vagy 10,3 MHz-en) 2 Mbit/s-os jelfolyam
- vagy színes televízió műsor max. 4 db analóg (0,04...15 kHz) hangsegédvívóval és/vagy 10,3 MHz-es vívójú zenecsatorna multiplexerrel.
- vagy egy 34 Mbit/s-os főcsatorna és 4 szolgálati csatorna

A közös tartalékcsatorna bármelyik információ fajta átvitelére alkalmas, akár "saját műsor"-ként is. A berendezések fő alkalmazási területe a körzeti ill. leágazó vonalak információellátása. Ehhez az alkalmazáshoz illeszkednek a referencia hálózati előírások. FDM telefonüzemben 2500 km-re, TV üzem esetén 840 km-re, míg tisztán digitális átvitel esetén 2 /egyenként



DENK ATTILA

Orion

A BME Villamosmérnöki Karán mikrohullámú ágazaton szerzett diplomát 1969-ben. Kezdetben a TKI fejlesztési mikrohullámú áramkörök honosításában vett részt, majd 1973-tól rendszertechnikai feladatokkal bízták meg. 1974 vége óta mint rendszertechnikai fejlesztési osztályvezető az Orion fejlesztési berendezések tervezését irányítja. Legfontosabb korábbi munkái: 7 és 8 GHz-es 960 TF/TV rádiórelé-berendezés család. RRM-8 kiscsatornaszámú berendezés. RP 2/120T rendszer. Több folyóiratcikkre jelent meg. Számos előadást tartott Magyarországon illetve külföldön.

max. 3 regenerátlan szakaszt tartalmazó/ regenerált vonalra, összesen 280 km-re teljesülnek a CCIR vonatkozó előírásai. A nagy megbízhatóság érdekében a berendezések teljesen félvezető, harmadik generációs felépítésűek. A tartalékolás 1-2-3 szakaszos, szakasz-tartalékolással középfrekvencián működő kapcsolókkal van megvalósítva. Az ismétlőállomások információ fajtától függetlenül 70 MHz-es középfrekvencián vannak átkötve és személyzet nélkül üzemeltethetők. A csatornatartalékoló, szolgálati távbeszélő és távellennőző jelek átvitele a sokcsatornás FDM hasznos sávja alatt, illetve a 34 Mbit/s-os jelfolyamot vivő csatorna alsó sávjában történik a 0,3-30 kHz tartományban. A szakasztartalékolás végén ill. bármely ismétlőállomáson lehetséges a TV kép és hangjelek leágasztása. A szolgálati információ kivétele ill. beiktatása valamennyi állomáson történik. A berendezések adója járulékos távbeszélő csatornák átvitelét is lehetővé teszi, melyek alapsávja bármely állomáson hozzáférhető.

## 3. A rendszer berendezéseinek áttekintése:

A GTT 2/1020-34 rendszer berendezései slim-rack felépítésűek és az egyes funkcionális blokkok egymáshoz a keretkábelezésen keresztül kapcsolódnak.

### - Adó-vevő berendezés

Az univerzális 70 MHz-es bemenetű adó ill. 70 MHz-es kimenetű vevő áramköreit, valamint a hozzátartozó tápegységeket, szűrőváltókat és adó-vevő váltót tartalmazza.

### - Modulátor szubrek és demodulátor szubrek /FDM.berendezéshez/

Beérkezett: 1990. III. 9. (\*)

- Az alapsávi összefogott bemenőpont – KF kimenőpont és KF bemenőpont - összetett alapsávi kimenőpont közötti berendezéseket tartalmazza.
- *Televízió kép ill. hangcsatorna adó és vevő oldali szubrekjei*  
A képcsatorna ill. hangcsatornák összegzését és szétosztását végzik.
- *34 Mbit/s-os modem*  
Az OK-QPSK modulátor az alapsávi digitális végberendezés és az adó bemenet ill. a vevő kimenet és alapsávi digitális végberendezés közötti jelátvitelt biztosítja.
- *Digitális végberendezés*  
A bemeneti HDB-3 pont és a modulátor bemenete ill. a demodulátor kimenete és a tercier multiplexhez csatlakozó HDB-3 pont közötti kapcsolatot létesíti.
- *Csatomataralékoló berendezés*  
Az automatika kezelését, vezérlését biztosító áramköröket, a KF kapcsolót és KF osztót tartalmazza.
- *Távellenőrző központ*  
Az egyes állomások állapotának kiértékelését biztosító berendezés
- *Szolgálati szubrek*  
Az 1.....4 szolgálati telefonsáv összerendezését /0,3...16 kHz/ és szétosztását végzi.
- *Szolgálati demodulátor*  
A szolgálati ill. kiegészítő sáv demodulálását végzi.
- *Sávfeletti OK-QPSK modem digitális végberendezéssel*  
A 7,3 MHz-es vagy 10,3 MHz-es segédvívó digitális modulációját és demodulációját ill. a sávfeletti és az alapsávi információ összegzését és szétosztását végzi. 4.

## Rendszertechnikai kérdések

Egy korábbi cikkünkben ismertettük a rendszertechnikai tervezés célkitűzéseit, jelen cikkünk már a realizált, típusvizsgálaton átesett berendezés főbb specifikumait írja le.

### 4.1. A 2 GHz-es sávból adódó feladatok

- A mintavonalak konkrét telepítési igényei igazolták, hogy jelentős antennamagasságokkal kell számolni, ezért  $\varnothing 4$  m-es antennákat, hosszú és kiscsilapítású kábeleket kell alkalmazni.
- Nagy hátrasugárzási csillapítású antennák tervezése és realizálása nagyon nehéz ebben a frekvenciasávban, ezért hibrid átvitelnél csak négyfrekvenciás frekvenciatervet alkalmazhatunk, míg tisztán digitális átvitel esetén lehetséges a kétfrekvenciás frekvenciaterv alkalmazása is.
- A relatíve széles sávban ( $> 20\%$ ) csak  $r \leq 1,15$  antenna bemeneti állóhullámarány valósítható csak

meg. Ezáltal a FDM átvitelnél kritikus echo zaj bizonyos mértékben megnő.

- Analóg átvitelnél az idő nagy százalékában ( $\geq 80\%$ ) teljesíthető összes zaj értékét a fenti tényezők megnövelik, ezért a szakasztávolságot nem célszerű 50 km fölé növelni és speciális, kis csillapítású kábeleket - tápvonalakat kell alkalmazni.

### 4.2 Ferritek és csatlakozások nemlinearitásai

A rádiófrekvenciás adónként specifikált 2W (tip.3W) kimenőszint jelentős mértékű harmad-, és ötödrendű intermodulációs terméket hoz létre a jel útjában lévő nemlinearitásokon. Ezek a modulált zavarjelek az azonos állomáson felépített vevők átviteli sávjába kerülve rontják azok specifikációs jellemzőit. Ezek a hamis jelek tisztán digitális átvitel esetén is lerontják a rendszer fadingtartalmát, azonban analóg átvitel esetén katasztrófális hatásúak. Azt a megoldást választottuk, hogy csak a szűrőváltó rendszert építettük ki cirkulátorral, míg a szokástól eltérően az adó-vevő váltó szűrős (diplexer) kialakítású. Az adók és vevők közötti elválasztás 25 dB, mely megfelel a hagyományos elválasztásnak, azonban az antennához legközelebb lévő adó cirkulátorban létrejött keveredményekre járulékos 25 dB elválasztást biztosítunk.

### 4.3 Lokálfrekvenciák választása

A lokálfrekvenciákat úgy kell megválasztani, hogy a lokálgenerátor a lehető legegyszerűbb kialakítása mellett biztosítsa a rendszeren belüli minimális interferenciát. Ezt a két egymásnak ellentmondó követelményt egy közös adó-vevő lokálgenerátorral biztosítottuk 2 GHz-en.

Annak érdekében, hogy TV átvitel esetén az üzemi csatornák és a tartalék csatorna azonos polaritású legyen, az adóoldali 2. KF modulációjánál felső keverést alkalmaztunk.

Mindezek figyelembevételével az alsó félsávban alsó keverést, a felső félsávban felső keverést alkalmazunk. Ezáltal a saját adók nem esnek a saját vevők tükör- és más érzékeny tartományaira.

### 4.4 Modulációs mód választása

Tervezéskor a minimális fogyasztás és középfrekvenciás, lineáris ismétlés követelménye alapján olyan modulációs módot választottunk, melynek - a C osztályú végerősítés miatt előálló - spektrumkiterjedése kedvezőbb, mint a QPSK moduláció. A megvalósított rendszer igazolta a várakozást és az OK-QPSK modulációs átvitel alkalmasnak bizonyult mindkét fenti követelmény teljesítésére.

4.5 Középfrekvenciás ill. direkt regeneráló ismétlések.  
Mindkét ismétlő típus kialakítása megtörtént és a várakozásnak megfelelően a direkt regenerálás minőségben a KF-es ismétlés és a hagyományos vivő és órahelyreállítással rendelkező ismétlő állomás minősége között van.

#### 4.6 Sávfeletti 2 Mbit/s-os átvitel.

Az analóg átviteli út (adó KF bemenettől vevő KF kimenetig) úgy lett tervezve, hogy az 1020 FDM csatorna, vagy a színes TV csatorna felett 7,3 MHz ill. 10,3 MHz-es vivővel 2,048 Mbit/s jelfolyamot is átvigyünk. Ebben az esetben a két fajta (TF és TV) analóg információ azonos rádiófrekvenciás-középfrekvenciás sáv szélességet igényel, (tehát a TV-nek megfelelő nagyobb). A 29 MHz-es raszter az elfogadható belső interferenciát figyelembevéve ezáltal korlátozza az analóg ismétlődő állomások maximális számát háromra.

Az így kialakított 2 Mbit/s sávfeletti átvitel,

- mely vagy 6 db zenecsatorna digitális jelfolyama, vagy egy 30 beszédcsatornás PCM berendezés jelsora
- 280 km-es (2 modem szakaszos) referenciahálózatnak felel meg. A segédvívök lökete 7,3 MHz esetén 500 kHz<sub>eff</sub> 10,3 MHz esetén 700 Hz<sub>eff</sub> a moduláció offset QPSK. Az elméleti értékhez képest a BER romlás max. 5 dB.

#### 4.7 Szolgálati információ átvitele.

Az FDM nyálábólású szolgálati információk átvitelét az adó 353 MHz-es első lokáloszcillátornak modulációja biztosítja a 300 Hz.....27 kHz-es frekvenciasávban.

Ebben a teljes tartományban kerülnek átvitelre

- a csatornatartalékolás hiba- és helyzetjelei
- a távellenőrzés távjelző információi
- omnibusz telefoncsatorna
- expressz telefoncsatorna
- az egyes állomások minőségromlását jelző zajgenerátor jelei.
- a TV leágazás-vezérlés automatika jelei.

4.8 A csatornatartalékoló rendszer feladata a berendezés hibából ill. az átviteli út fadingjéből adódó megszakadások számának csökkentése. A tartalékolás középfrekvencián történik adó és vevő oldalon egyaránt. Egy kapcsolt szakasz maximum 3 rádiófrekvenciás szakaszt foglalhat magában. Az automatika ill. a KF kapcsolók és figyelő áramkörök végállomásokon vagy főállomásokon helyezhetők el. Ezen végpontok közötti kapcsolatot a duplex segédcsatorna biztosítja, melynek frekvenciasávja a 0,3-3,4 kHz-es tartomány, ahol a tartalékolás hiba- és igazoló jeleinek átvitele történik. A megszakadás és minőség romlás jelei az alábbi módon generálódnak:

a.) Megszakadás jel kritériuma

- Az AGC feszültség adott szint alá csökkenése (állítható)
- vagylagosan a bejövő KF jel ill. 8,75 MHz-el modulált 70 MHz-es helyettesítő oszcillátor

b.) Zaj riasztás kritériuma:

- Az AGC feszültség adott határ alá csökkenése (állítható). A zaj riasztás információ átvitele a 16-27 kHz sávban, 1 kHz-es osztásban a zaj

generátorokkal történik, melyek a kapcsolt szakasz végén jelzik az automatika részére a minőségromlást.

A tartalékoló rendszer része a TV leágaztató automatika, mely a szolgálati sávban 3764 Hz-en, ASK modulációval átvitt kapcsolási jelek segítségével egy, vagy két kétirányú TV csatorna leágaztatását biztosítja KF síkon. Egy adott RF csatorna meghibásodása esetén a KF kapcsoló a tartalék csatornán érkező TV jelet juttatja a demodulátorra.

#### 5. Konstruktív felépítés

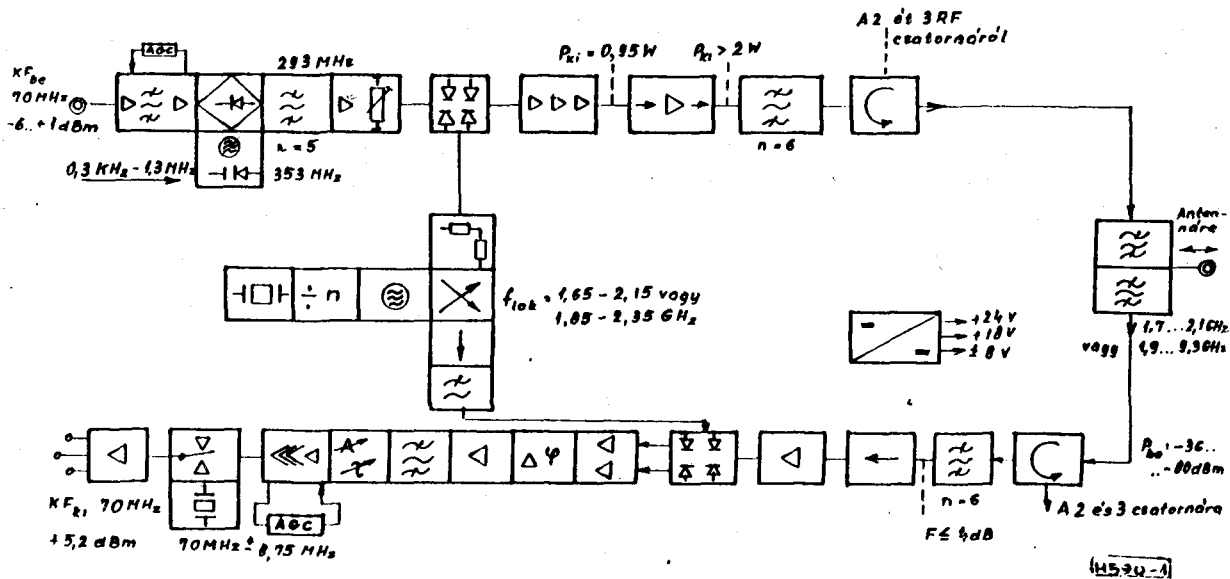
A jelátviteli berendezések egységes slim-rack konstrukciós elv szerint készültek. A 120 mm-es osztású vázrendszer blokkjai 2xEurópa vagy 1xEurópa méretű elektronikus áramköröket tartalmaznak. A mikrohullámú aktív áramkörök mikrosztríp realizálásában készültek és egy ill. kétoldalról márt dobozokban foglalnak helyet. A blokkok közötti összeköttetéseket semirigid kábelek biztosítják. Az állomásokon minden adó-vevőnek a hozzátartozó tápegységekkel együtt egy oszlop felel meg, míg az adó-vevő oszlopok száma a kiosztott frekvenciák szerint balra vagy jobbra bővíthető, végállomáson összesen max. 6-ra.

#### 6. Univerzális adó-vevő

Felépítése az 1. ábrán látható

A főbb rendszertechnikai alapelveket az alábbiakban foglaljuk össze:

- Az adó invariáns a különböző modulációs módokra,
- Közös lokálgenerátor kerül alkalmazásra
- A tolófrekvenciát biztosító második oszcillátor az adóban kerül elhelyezésre, így biztosítható relatíve nagy csatornaszámú ismétlődő állomási moduláció (0,3....1300 kHz sávban)
- A közös lokáloszcillátor kiszajú felépítése járulékos zajsűrű üreg alkalmazása nélkül biztosítja az alacsony szintfüggetlen zajokat.
- Mind az adó oldalon, mind a vevő oldalon a keverők kétszeresen kiegyenlítették. Így felesleges az adóoldali oldalsáv-sűrű a járulékos izolátorral vagy erősítővel, míg a vevőoldalon a tükörsűrűt és a járulékos izolátort vagy erősítőt teszi feleslegessé.
- Az adóoldali kisszintű fokozatok feleslegessé teszik a fokozatok közötti elválasztó izolátorok alkalmazását.
- A nagyszintű fokozat "C" osztályú, így a domináns teljesítményfelvétel jó hatásfokú.
- A sűrűváltó sűrűk járulékos pólusa keresztpolarizációs kiépítésnél ad további védelmet a zavart FDM átvitelre.
- A szélessávú korrigált vivőhullámú sáv szélesség garantálja a min. 3 szakaszos interferenciamentes KF-es ismétlést digitális átvitel esetén is.



1. ábra. Univerzális adó-vevő felépítése

- Jelentős futási idő torzítás a C osztályú erősítő előtt nincs, így a szakaszos korrekcióra elegendő a vevő oldali 3 körös A és  $\tau$  korrektor.
- Az adó oldalon nem kerül alkalmazásra külön KF limíter, ezt a feladatot a nemlineáris végerősítő látja el.
- A vivő megszűnését a vevőben detektáljuk és itt kapcsolódik be a 8,75 MHz-el modulált 70 MHz-es helyettesítő oszcillátor.

Az 1. ábra jelútját követve látható, hogy a digitális vagy analóg modulátorról érkező széles szinttartományban változó KF szint AGC-zés, szintillesztés és sávszűrés után az első keverőbe jut. Ezután a kombinációs termékek kiszűrése és az optimális szintbeállítás történik a 2., kiegyenlített keverő számára. A 2. keverő lokáljelét egy kristály - stabilizált szintézeres oszcillátor biztosítja. A jel többfokozatú lineáris erősítőlánc után a végerősítőre jut, majd a szűrőváltó rendszeren át a diplexerre.

Vevőoldalon a szűrőváltó után a jel egy kiszajú előerősítőre, majd kétszeresen kiegyenlített vevőkeverőre jut. A közös lokáloszcillátor megfelelő elválasztással, nagy szinten pumpálja a keverőt. A KF szűrő és  $\tau$  ill.

A korrektor után az AGC-zett főerősítő, a helyettesítő oszcillátor és KF végerősítő a jel útja.

Ismétlőállomáson az eredő 3 dB-es sávzélesség  $\pm 18$  MHz, mely a KF-es ismétlést biztosítja.

Demoduláló állomáson az egyes analóg ill. digitális csatorna demodulátorok előtt az információ fajtára optimálisra korrigált KF sávszűrő található, mely pld. 34 Mbit/s esetén  $\pm 10$  MHz sávzelességű.

A kapcsoló üzemi tápegységek jó hatásfokkal biztosítják az adó-vevőre előírt 40 W-os fogyasztást tipikusan 3 W kimenő teljesítmény mellett.

## 7. Típusvizsgálati eredmények

A rendszert az alábbi klímaviszonyok mellett vizsgáltuk:

Szárazmeleg állóság	+ 55 °C
Hidegállóság	- 10 °C
Ciklikus nedvesmeleg állóság	25-40°C/95 %
Tartós nedves meleg állóság	40 °C/95 %

A mérések kezdetén 25 °C-os induló adatokat, majd befejezéskor a záró adatokat rögzítettük. A rendszer teljesítette a Műszaki Feltételekben előírányzott paramétereket mind analóg, mind digitális átvitel esetén.