

# RP 04/32-LC típusú digitális rádiórelé rendszer

GERGELY LÁSZLÓ

ORION Rádió és Villamossági Vállalat



## ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk az RP 04/32—LC típusú 400 MHz-es sávban üzemelő, 2 Mbit/s kapacitású digitális rádiórelé rendszert mutatja be. A rendszer rövid, általános ismertetése után az új fejlesztésű, kisfogyasztású RF-berendezés részletes tárgyalása következik, kitérve a modulációs rendszerrel kapcsolatos tervezési megfontolásokra. A cikket egy RF-szakasz példaszámítása zárja.

## Bevezetés

Az RP 04/32—LC típusú rádiórelé rendszer a 400 MHz-es frekvenciasávban 30 telefoncsatorna, valamint az üzemi csatornáktól független szolgálati csatorna, és a távellenőrző jelek átvitelére szolgál. A rádiófrekvenciás berendezéshez (DRF 04/2—LC) PCM-multiplex, jelzésillesztő és távíró multiplex csatlakozik. A rendszeren max. 3 távbeszélő csatorna helyén egyenként 30 távírócsatorna is átvihető a távírómultiplex segítségével. 16 távíró csatorna átvitelét — külön multiplex nélkül — a jelzésillesztő biztosítja (1. ábra).

A tervezésnél az egyik leglényegesebb szempont volt új kisfogyasztású berendezés létrehozása. Az új RF-berendezés, a DRF 04/2—LC végállomási változata, a korábban gyártott változat 150 W-os teljesítmény igényével szemben 40 W teljesítményt fogyaszt. Ezt több korszerűsítéssel értük el:

- offszet-QPSK-moduláció,
- kisfogyasztású CMOS IC-k használata,
- áramköri egyszerűsítések.

Ezekkel a megoldásokkal azt kívántuk elérni, hogy az ismétlőállomások — általában hálózat-hiányos helyeken — autonóm tápellátó rendszerekkel, természeti erőforrások felhasználásával, például naptelepekkel lehessen üzemeltetni. Jelentős méret- és súlycsökkenést értünk el áramköri egyszerűsítésekkel, valamint új fejlesztésű — réz alapanyag helyett — alumíniumból készült interdigitális szűrőkkel.

A rendszerben az RF-berendezés az úgynevezett DRF-keretben, a primer PCM-multiplex, a jelzésillesztő és a távíró multiplex közös hordkeretben vannak elhelyezve. A berendezések távellenőrzését szolgáló távellenőrző központ önálló dobozban foglal helyet. A rádiófrekvenciás kerethez csatlakozik a rendszerhez ajánlott négyelemes panel antenna.

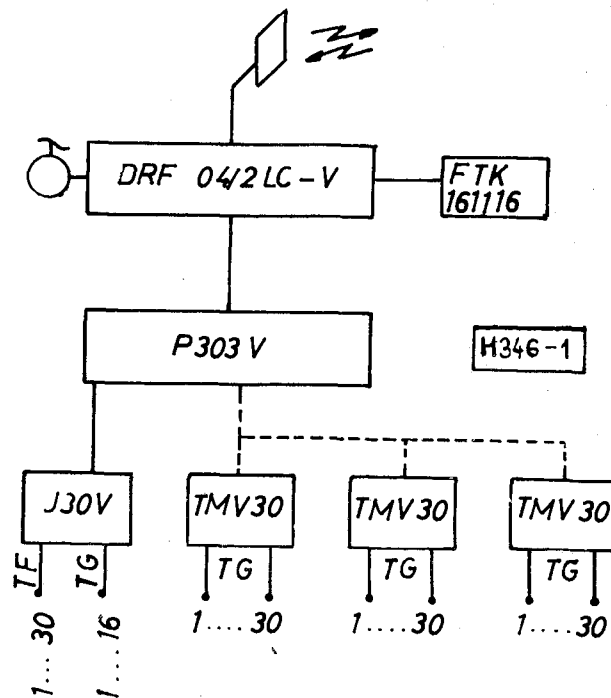
Ipari zavarokkal különösen nagymértékben „fertőzött” szakaszokon nagynyereségű parabola antenna alkalmazása is indokolt lehet.

Beérkezett: 1987. VI. 3. (\*)

## GERGELY LÁSZLÓ

1984-ben végezte a győri Közlekedési és Távközlési Műszaki Főiskola vezetéknélküli távközléstechnikai szakát. Azóta az ORION

dolgozója. 1984-ben második díjat nyert a Híradástechnikai Tudományos Egyesület szakdolgozat pályázatán. Az ORION-ban jelenleg digitális rádiórelé berendezések rendszertechnikai kérdéseivel foglalkozik.



1. ábra. RP 04/32—LC rendszer blokkvázlata

A berendezések zárttéri felhasználásra készültek, 0—+50 °C hőmérsékleti tartományban, és maximum 95% relatív légnedvesség mellett üzemeltethetők. A berendezésekből kialakítható végállomás ismétlő, leágazó, és elágazó típusú állomás. Az ismétlőállomás alapváltozata regeneráló típusú, tehát a többszöri ismétlés sem okoz számottevő minőségromlást.

A tervezett berendezésválasztékban nem regeneráló ismétlőállomás is szerepel, amely főleg olyan helyekre ajánlott, ahol leágazási igény nincs, de elsőrendű szempont a kis teljesítményfelvétel (pl. napelemes táplálás).

A leágazó állomáson egy irányból maximum 14 távbeszélő csatorna ágaztatható le, amelyek helyére új információ illeszthető a digitális jelsorba. Az RP 04/32—LC-rendszer a multiplex berendezés-

tői függetlenül a rádiófrekvenciás kerethez rendelt omnibusz típusú szolgálati csatornával rendelkezik. A szolgálati csatornán az állomások egymást szelektíven és körözzvény jellegűen hívhatják. A szolgálati csatornán egyidejűleg egy beszélgetés folytatható.

Az RP 04/32—LC berendezés riasztási rendszere a szükséges paraméterek figyelésével folyamatosan kijelzi a berendezés hibátlan működését. Hiba esetén a rendszer:

- optikai jelzést ad,
  - kiadja a szükséges jeleket a távellenőrző rendszer számára,
  - AIS-jel kiadását vezérli a berendezés digitális csatlakozási pontjain a szükséges esetekben.
- A hibabehatárolás megkönnyítése érdekében a DRF berendezéshez, mérőegységen keresztül speciális, a gyártmány részét képező digitális kijelzésű műszer csatlakoztatható, amellyel szintet, feszültséget, üzem közben hibaarányt lehet mérni.

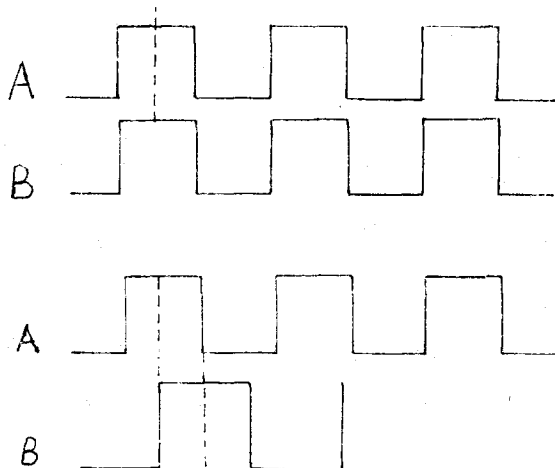
Az RP 04/32—LC rendszer keretei a szolgálati csatorna segítségével a felügyelő állomásról távellenőrizhetők. A felügyelő állomáson elhelyezett távellenőrző központ maximum 16 rádiófrekvenciás keret, és a hozzá tartozó multiplex keretek távellenőrzését tudja biztosítani. A távellenőrző központ kijelzősávjáról a meghibásodott állomás, és a meghibásodás jellege is megállapítható. A távellenőrző központ, a felügyelete alá tartozó rendszer bármelyik állomására elhelyezhető.

Az RP 04/32—LC rendszer berendezései — 20... — 72 V DC feszültségről működnek.

#### A rendszer általános ismertetése

#### RÁDIÓFREKVENCIÁS ADATOK

Frekvenciasáv	(MHz)	390—470
Elvi csatorna raszter	(kHz)	10
Összerendelt adó-vevő távolság	(MHz)	40
Vevő sávszélesség	(MHz)	1,5



H346-2

2. ábra. QPSK és O-QPSK moduláció vektorábrája

#### ANTENNA

Ajánlott típus	PR/722/200/5 (négyelemes panel)
Nyereség	min. 15 dB
Polarizáció	lineáris (V/H)

#### TÁPVONAL

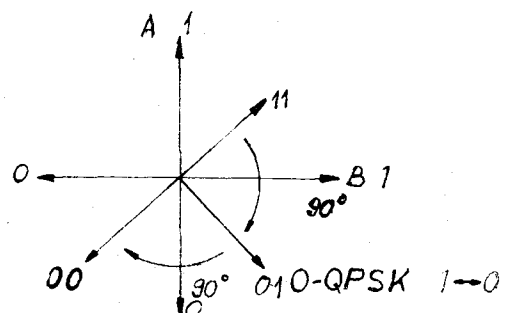
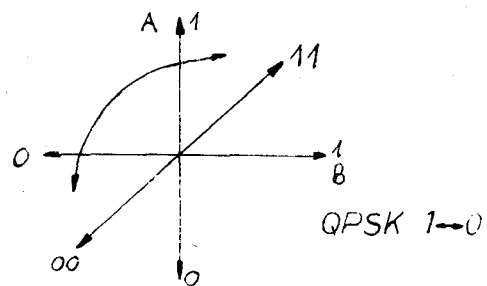
Típus	koaxiális
Impedancia	(ohm) 50
Veszteség	(dB/m) 0,05

#### RF BERENDEZÉS FŐBB ADATAI

Moduláció	offszet-QPSK
Adó teljesítmény	(W) 2,5 opcionálisan 7
Vevő zajtényező	(dB) 4
Lokálfrekvencia stabilitás	$2 \cdot 10^{-5}$
Vevő felépítése	kettős heterodin
Demoduláció	Koherens
Vevő küszöbszint (BER = $10^{-3}$ )	(dBm) -91,5
Diplexer veszteség	(dB) 6
Tükörelnyomás	(dB) 100

#### SZOLGÁLATI CSATORNA

Moduláció	FM
Frekvenciasáv	(kHz) 0,3—4
Beszédsáv	(kHz) 0,3—2,7
Névleges bemenő szint	(dBm) 0/600 Ohm szimm
Névleges kimenő szint	(dBm) -7/600 Ohm szimm
Jel/zaj egy RF szakaszon	(dB) 45
Telefonkészülék csatlakozás	hathuzalos
Hívás	szelektív
Hívófrekvencia	(Hz) 3825
Jelátvitel modulációja	ASK
RF jel lökete névleges moduláló jel hatására	(kHz) $\pm 10$



Távírócsatornák közepes frekvenciája	(Hz)	3360 és 3600
Moduláció		FSK
Frekvencialöklet	(Hz)	$\pm 60$
Jelsebesség	(Baud)	100

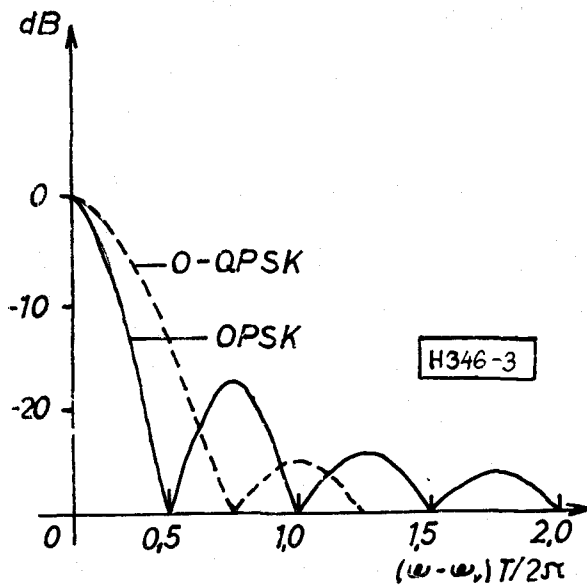
### Az offszet-QPSK moduláció ismertetése

Az alkalmazott modulációs rendszernél a moduláló jelsor két — az eredetihez képest — félssebességű, sávkorlátolt úgynevezett díbit jelsor. Ez a módszer felezi a kisugárzott spektrum szélességét. QPSK modulációúál, ha a két jelsor egyszerre vált 1-ből 0-ba, vagy fordítva, ( $180^\circ$ -os váltás a vektorábrán) akkor a vivő pillanatnyi értéke 0 lesz, ami megfelel 100%-os AM-nak (2. ábra). Ez az üzembiztos demodulálás érdekében nagy linearitású RF erősítőket kíván, amely az áramköri bonyolultságot és a költségeket növeli.

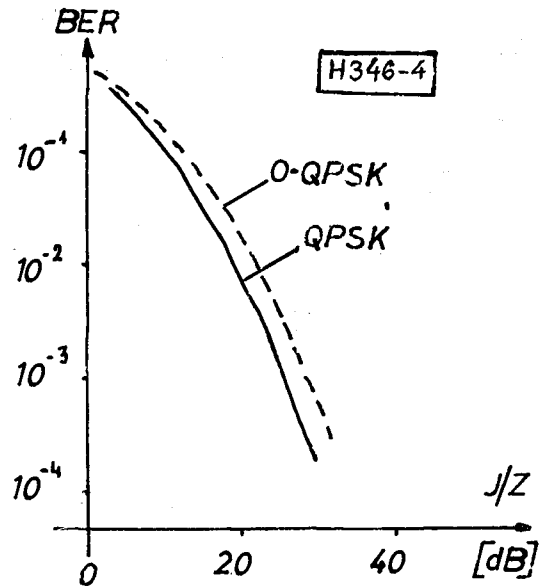
Ennek elkerülése és még néhány előnyös tulajdonsága miatt alkalmazzák — mint esetünkben is — az offszet-QPSK modulációt.

Az offszet-QPSK moduláció lényege, hogy a két díbit jelsort egymástól fél bitidővel eltoljuk. Ennek révén a  $180^\circ$ -os váltást két  $90^\circ$ -os lépésre bontottuk (2. ábra). Ezzel a változtatással 100%-os AM helyett csak 30%-os AM jön létre, ami nem igényel nagy linearitású RF erősítőket. Esetünkben C osztályú erősítő alkalmazható, ami a jó hatásfoka miatt a kis fogyasztás elérését is segíti.

Kimutatható, hogy az offszet-QPSK moduláció spektruma megegyezik a QPSK spektrumával, azonban szűrőn és az elkerülhetetlen nemlineáris elemeken átvezetve a jeleket a teljes spektrum kiszélesedés sokkal kisebb mértékű az O-QPSK-nál mint a QPSK-nál (3. ábra). Ez a tény az interferenciás zavarok szempontjából igen fontos. A kódoló és dekódoló egyszerűbb felépítésű lehet. Megjegyzendő, hogy offszet-QPSK moduláció esetében, azonos jel/zaj viszony esetén valamivel rosszabb bithibaarány, mint a QPSK-nál (4. ábra).



3. ábra. QPSK és O-QPSK modulált jel spektruma



4. ábra. QPSK és O-QPSK moduláció bithibaaránya a jel/zaj függvényében

A rendszer differenciális kódolást is tartalmaz azért, hogy a vételoldalon a koherens demoduláláshoz szükséges referenciajel fázisát biztonságosan vissza lehessen állítani a vivőt egyébként nem tartalmazó modulált jeltől.

### DRF 04/2—LC berendezés működési leírása

#### Adó

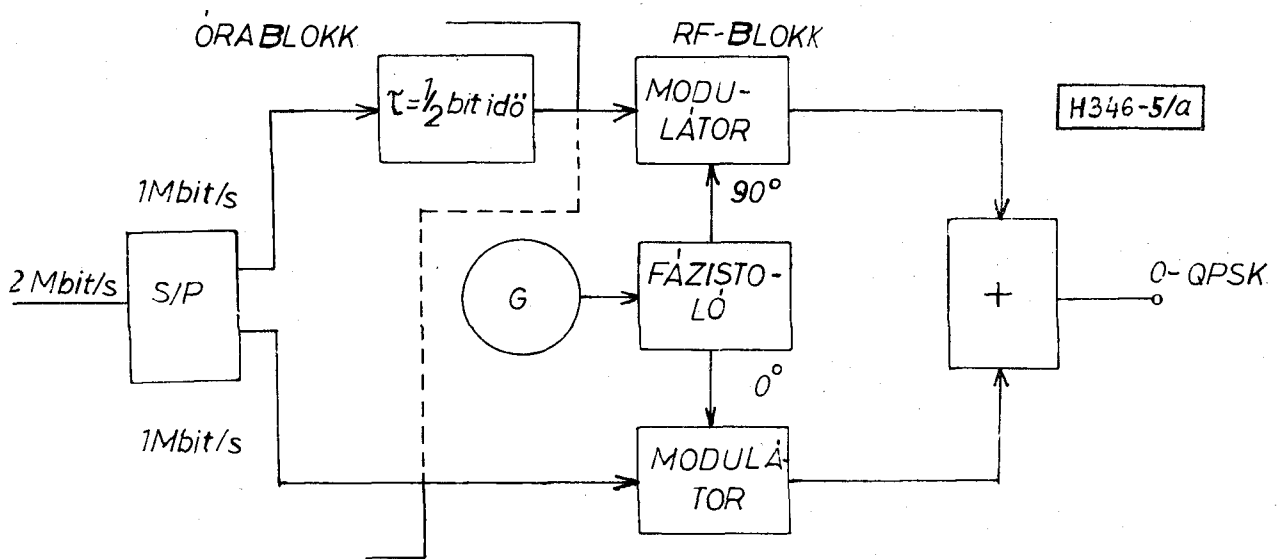
A primer multiplex berendezés és a DRF 04/32 — LC rádiófrekvenciás keret között a jel átvitele a CCITT G. 703. ajánlás szerint HDB-3 kódban történik, 75 Ohm-os aszimmetrikus érpáron.

A jelet a HDB-3 illesztő egység fogadja adás irányban. Az egység feladata a bejövő jelek illesztése, HDB-3 dekódolás, órajel kinyerése a jelsorból, valamint az AIS jelsor figyelése. AIS jel érkezésekor azt tovább küldi a kód-felismerő egység felé, ahol az szolgáltatáskimaradási riasztást hoz létre.

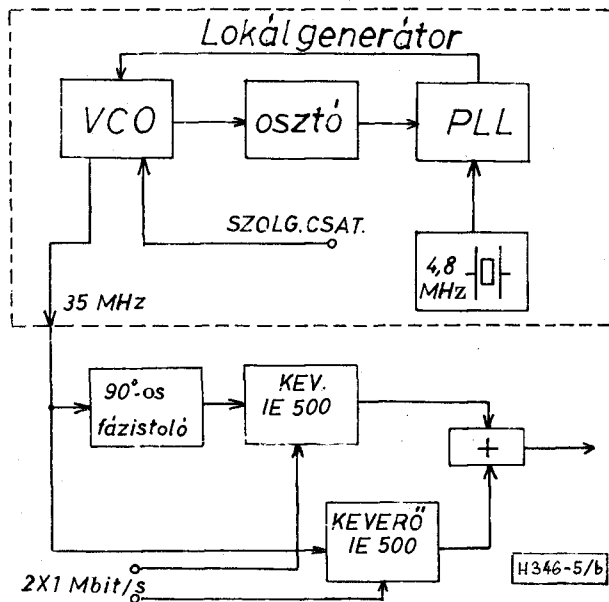
A HDB-3 dekódolóból adás irányban az óragenerátor egységbe jutnak a jelek, ahol az információ egy szkremblerre kerül.

A szkrembler feladata, hogy a jelsorozatot az információtól független álvéletlen jelfolyammá tegye, amiben az 1 és 0 előfordulási valószínűsége azonos. Ez azért fontos, mert így a kisugárzott spektrumban diszkrét spektrumvonalak — amelyek interferencia forrást jelentenek — nincsenek. Az áramkör  $2^{15}$ —1-es periódusú álvéletlen jelsort hoz létre.

A szkrembler órajele a HDB-3 dekódolóból érkező dzsitteres órajel. Ezután a jel egy dzsittertűrést növelő, négybites rugalmas tárba kerül. A rugalmas tár alkalmazásának lényege, hogy a dzsitteres jelsor négy bitjét, a negyedére leosztott dzsitteres órajellel beolvassuk egy tárolóba, majd a regenerált, dzsittermentes órajel negyedével átírjuk egy másik tárolóba, amiből már a dzsittermentes órajellel olvassuk ki. A négybites rugalmas



5/a. ábra. O-QPSK moduláció elvi megvalósítása



5/b. ábra. O-QPSK modulátor felépítése

tár közel 4 UI dzsittertűrést tesz lehetővé. A rugalmas tár kimenetén már a dibit jelsor áll a rendelkezésünkre, azaz a páros és páratlan bitek két különálló fele sebességű jelsorban vannak. A dibit jelsort differenciális kódoló alakítja tovább. A kódoló kimenetén rendelkezésre áll az offszet-QPSK modulátor meghajtására alkalmas, egymástól fél bittel eltolt két dibit jelsor.

Az egység a bejövő órajelből dzsittermentes órajelet állít elő. A fázishelyes órajele előállításához PLL áramkör adja a vezérlőjelet a VCO számára. Az órablokkban levő figyelő egység az összeköttetés állapotát figyeli, és a távellenőrzés, valamint a kijelző egység számára állít elő meghajtójeleket. Az egységben egy tévesztésszámlálót találunk. Ez kétféle tévesztést számol:

— üzem közben folyamatosan figyelik a tévesztéseket;

— távellenőrzéskor (AIS jel vételekor) a pontos hibaarány megállapítását végzi.

Mindkét hibajel az óraregenerátor egységéből érkezik. A számláló kimenetén BCD kódban 1—7-es számjegy jelenik meg, amely számok a hibaarány nagyságrendjét mutatják. A figyelő dekódolja ezeket, és ha a hibaarány  $10^{-3}$  alá csökken, akkor vételminőségi hibát jelez a távellenőrzés, a kijelző egység, és az óraregenerátor felé. Az egységben található kapuáramkörök a keret különböző egységeiről érkező hibajeleket összefogják és vezérlik a kijelző egység LED-jeit. Adásirányban a dibit jelsor az órablokkból az RF egységekbe kerül. A modulátor feladata az offszet QPSK moduláció végrehajtása 35 MHz-en (5a., 5b ábra).

A 35 MHz-es vivő stabilitását egy PLL áramkör biztosítja, amely egy 4,8 MHz-es kvarckristály és a VCO leosztott jelének összehasonlításával vezérli a VCO-t. A szolgálati csatorna jelével a 35 MHz-es vivőt moduláljuk.

A 35 MHz-es offszet-QPSK KF jel az adókeverőbe kerül. A vivőfrekvenciát szintézer állítja elő. A keretben beállítható frekvenciákat egy EP-rom tartalmazza. A frekvenciák beállítása 9 rövidzárral történik. A KF jel egy 35 MHz-es AGC-zett erősítő után kerül a tükörelnyomás, kiegyenlített keverőbe. A 400 MHz-es sávba transzponált információ 5—10 mW szinten jelenik meg az egység kimenetén.

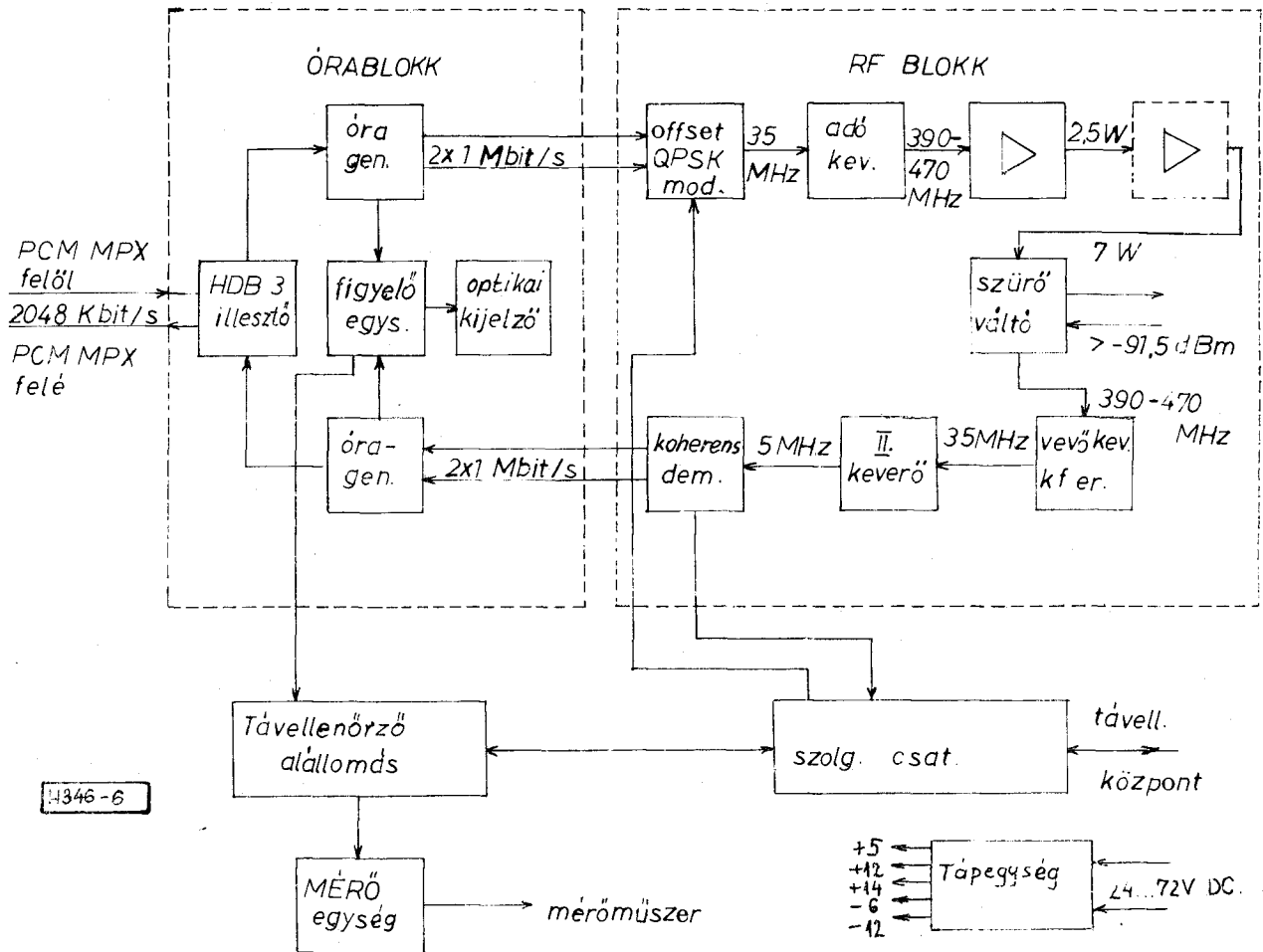
Az 5—10 mW-os jelből az adóerősítő 2,5 W-ot állít elő.

Opcionként egy 7 W-os kimenő teljesítményű egység is csatlakoztatható a berendezéshez.

A szűrőváltóról az antennakábelben jut az RF-jel az antennára.

#### Vevő

Az antennára érkező 400 MHz-es jel az antennakábel és a szűrőváltó után a vevőkeverő és első KF erősítő egységre jut. Ennek az egységnek a felépítése az adókeverőhöz hasonló. A vett jelet a



6. ábra. DRF 04/32-LC berendezés blokkvázlata

35 MHz-es I. KF-re keveri. A vivő előállítása a vevőoldalon is szintézeres

A 35 MHz-es jelet a következő egység a második KF-re, 5 MHz-re keveri le. 5 MHz-en erősítés történik, majd a jel a koherens demodulátorba kerül, melynek a kimenetén a demodulált díbit jelsor jelenik meg. A díbitek az RF blokkból az órablokkba jutnak. A regenerátor és dekódoló egység a bejövő dzsitteres differenciálisan kódolt jelsorból előállítja az órajelet és az információs jelet. A jelsor a dekódoló után a deszkremblerre kerül, melynek a feladata az álvéletlen jelsorból az eredeti jel előállítása. A felépítése azonos a deszkremblerével. A kimeneten rendelkezésre áll a visszanyert információ.

A regenerátor a tévesztések ellenőrzéséhez időzítő áramkörökkel kijelölt egy olyan „ablakot” az információs bitek közepén, ahol csak tévesztések esetén van átmenet, és ezeket az átmeneteket adja ki hibajelként. Ezeket a figyelő egység számolja, és így a tévesztésre jellemző adatot kap. Az órablokk kimenetén már a CCITT G. 703 ajánlásnak megfelelő HDB-3 kódolású 2048 Kbit/s-os jelsor van, amely a primer PCM-berendezésbe jut (6. ábra).

RF-szakasz számítási példa

ÁTIVELI KAPACITÁS	C	2048 Kbit/s
ADÓTELJESÍTMÉNY	P	3,94/8,45 dBW
PASSZÍV ELEMEEK CSILLAPÍTÁSA (ADÓ-VEVŐ)	L1	6 dB
TÁPVONALVESZTESÉG	L2	5 dB
ANTENNA NYERESÉG	2G	30 dB
SZABADTÉRI CSILLAPÍTÁS	a1	118,4 dB
SZAKASZCSILLAPÍTÁS	a2	99,4 dB
VÉTELI SZINT	S	-95,4/-91 dBW
VEVŐ ZAJSZINT	N	-108 dBm
VEVŐ JEL/ZAJ IGÉNY	S/N	16,5 dB
VÉTELI KÜSZÖB	S min	-91,5 dBm
FADING TARTALÉK	Af	26,1/30,55 dB
HATÁRSZAKASZ CSILL.		125,5/130 dB