

Járulékos adatátvitel amplitúdómodulált mősorszóró adókkal

ÖSSZEFOGLALÁS

A közép- és hosszúhullámú mősorszóró adók járulékos adatátvitelre való felhasználása érdekében szerte a világon kutatások folynak. Hazánkban a "Széchenyi István" Közlekedési és Távközlési Műszaki Főiskolán egy ilyen rendszert dolgoztak ki, amely alkalmas kis sebességű adatjelek továbbítására. A cikk az átviteli lánc rövid ismertetésén túl részleteket közöl a moduláció, demoduláció lehetőségeiről, valamint az átvitel biztonságáról. A rendszer jelenleg folyamatosan üzemel.

Mint ismeretes, az amplitúdómodulált rendszerű adóknál a vivő állandóan kisugárzásra kerül. Ezt a sok szempontból nézve hátrányos tény azonban előnnyé is lehet fordítani, mégpedig úgy, hogy a mindig jelen lévő vivő szögmodulációjával az eredeti információ továbbítását biztosító AM-csatornától független, azzal kompatibilis, új kisebbességű adatcsatornát hozhatunk létre. A cikkben egy ilyen rendszer rövid ismertetésére kerül sor.

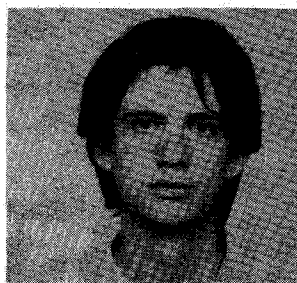
A járulékos szögmodulációt alkalmazó rendszerekkel már számos országban foglalkoznak, köztük az NDK-ban, NSZK-ban és Nagy-Britanniában [1]; [2]; [3]; [4]; [5]; [6]. Hazánkban a Széchenyi István Közlekedési és Távközlési Műszaki Főiskola és Automatizálási Intézet Vezeték nélküli Távközlési Tanszékén a Magyar Postával karöltve folynak kutatások a rendszerrel kapcsolatban. [7]. A jövőbeni hasznosításra vonatkozó néhány elképzelés:

- automatizált program és adó-azonosító rendszer
- távműködtetésű kapcsolók vezérlése
- időjárás, vízállás-előrejelzés a mősorsugárzás alatt
- pontosidő-szolgálat szinkronizáló jelek továbbítása segítségével
- rádiótext rendszer
- adó-távellenőrzés kibővítése.

Az első két felhasználás kipróbálására jelenleg kísérletek folynak, a rádiótext rendszer pedig az NDK Posta egyik hosszúhullámú adójának segítségével került kipróbálásra [2].

Az adatátviteli rendszer főbb műszaki paraméterei

- Maximális adatátviteli sebesség: 100 bit/s
- Jelformátum: NRZ, TTL
- Moduláció módja: lineáris fázismoduláció
- Fázislököt: $\pm \pi/4$ - Frekvencialököt ± 40 , Hz (50 bit/s-nél)
- Az ellátottsági határ számítások alapján, mérésekkel is alátámasztva, nagyobb a hangmősor ellátottsági határánál.



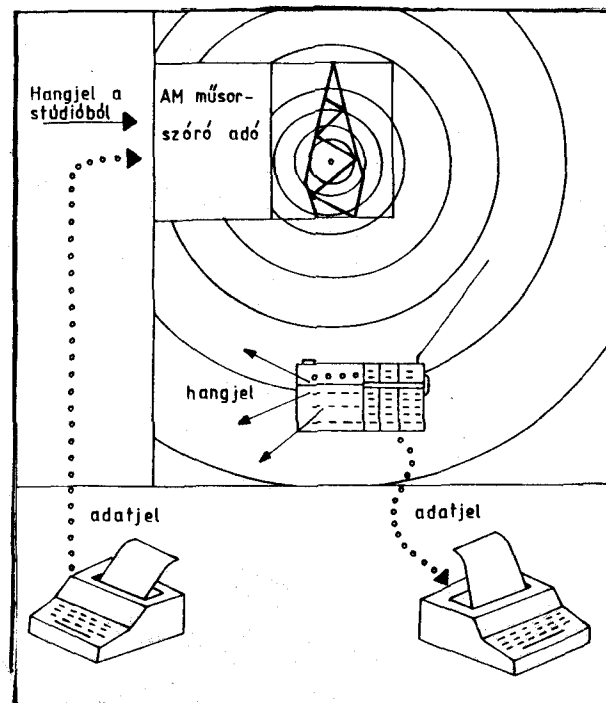
SZVÉTECZ RÓBERT

Az átvitel elve, műszaki megoldások

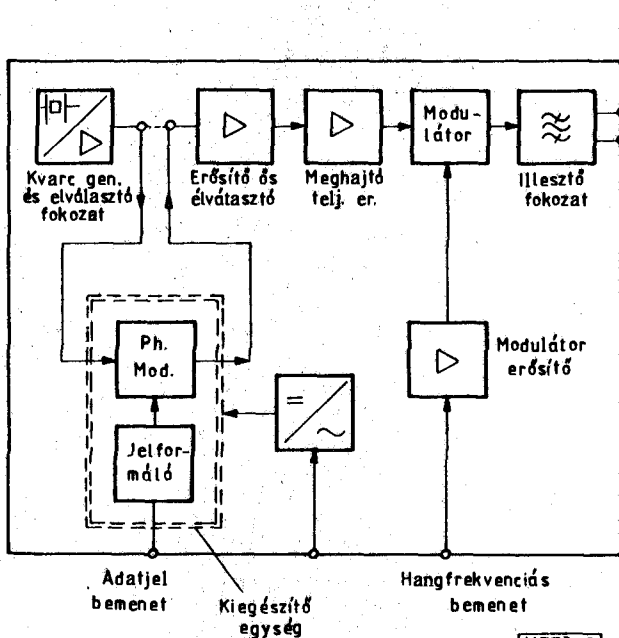
A jelátvitel az 1., 2., 3., 5. ábrán követhető nyomon. A rendszerben moduláló jelként TTL szintű NRZ kódolású formált adatjeleket használunk. Az adatjelek adóoldali formálására, azaz szűrésére a kimenő sáv szélesség csökkentése, végső soron a kompatibilitás biztosítása érdekében van szükség.

A modulátoráramkör megvalósításának lehetőségei

A modulátoráramkört, mint az a 2. ábrán látható, az adó oszcillátorfokozata után kapcsolhatuk. Az áramköri megoldások közül kettő bizonyult jól használható-



H576-1



H576-2

2. ábra. Adatjelek adására alkalmassá tett AM adó tömbvázlata

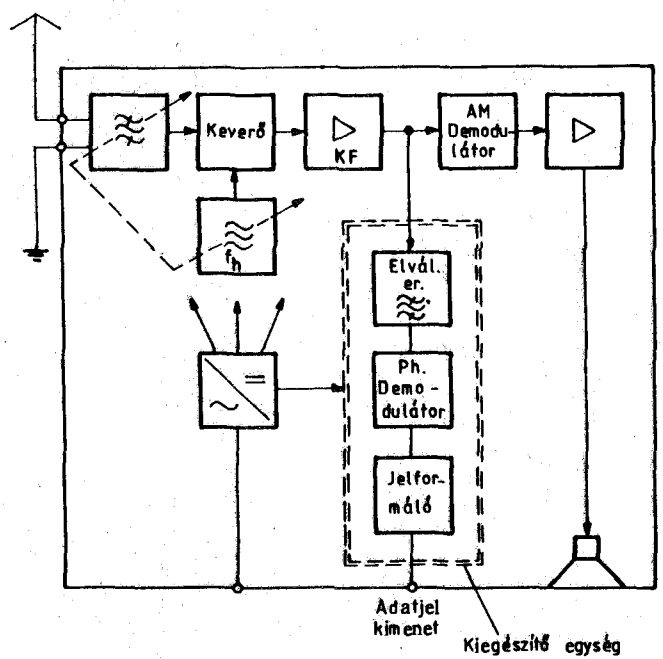
nak, a PLL (fáziszárt hurok) és a PPM (pulzus-helyzetmoduláció) elvén működő modulátorok.

PLL használata esetén a szabályzó kör a moduláló jelnek megfelelő fázistolással kompenzálja a hibajelben az adatjel által okozott változást, így a VCO kimenetén megkapjuk a fázisban modulált vivőt. A torzításmentes moduláció feltétele a PLL fázisdetektorának lineáris karakterisztikája. A PPM-elvű megoldásnál a moduláló jel segítségével előállított pulzus-helyzetmodulált jelből kiszűrjük a vivőt modulációs oldalsávjával együtt, ami az AM-adó fázisban modulált vivője lesz. Mindkét megoldás kielégítő eredményhez vezet, mind a PPM, mind a PLL-rendszerű modulátor megépítésre került a győri Főiskolán, tesztelésük folyamatosan történik.

Demodulációs módszerek

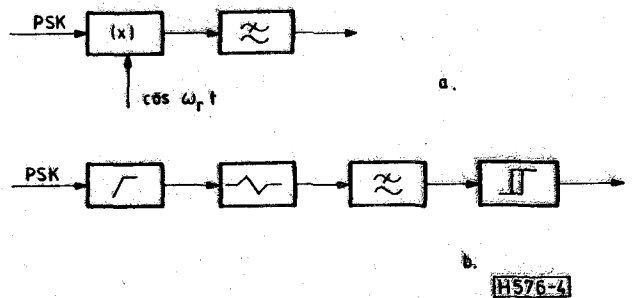
A demoduláció elvileg történhet koherens, illetve nem koherens módon. A koherens módszert a 4/a ábra szemlélteti. Ezen módszer hátránya, hogy szükség van a referenciáfázist biztosító vivőre is, aminek előállítása csak nagy időállandójú hurokszűrővel rendelkező PLL-lel valósítható meg. A nagy időállandó viszont túlságosan leszűkíti a befogási tartományt. A nem koherens demoduláció megvalósításakor (4/b ábra) a fázismodulált jel limitálás után egy FM demodulátorra kerül, amely jelátmeneték idején pozitív, vagy negatív impulzusokat ad. Ezt a jelet egy Schmitt-triggerre vezetve, a kimeneten megkapjuk az eredeti adatjelet [8].

Schmitt-trigger és az FM-demodulátor közé helyezett szűrő a zajok és az AM-PM-konverzió hatásának csökkentésére szolgál. Az FM-demodulátor most is lehet egy PLL, amelynek méretezésekor azonban nem kell egymásnak ellentmondó követelményeket megfogalmazni.



H576-3

3. ábra. Adatjelek vételére alkalmassá tett vevő tömbvázlata



H576-4

4. ábra. a/ Koherens demodulálás tömbvázlata
b/ Nem koherens demodulálás tömbvázlata

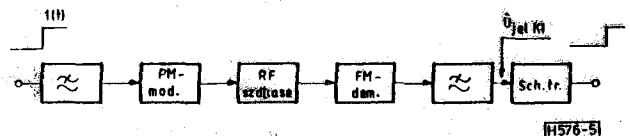
Bithíbaarány

Az 5. ábra a teljes átviteli rendszert mutatja, ahol jel-zaj viszonyt a Schmitt-trigger bemenetén az alábbi definícióval adhatjuk meg:

$$\frac{U_{\text{jelDEM}}}{U_{\text{zajDEMeff}}} \quad (1)$$

U_{jelDEM} a demodulált jel csúcserőteke, $U_{\text{zajDEMeff}}$ pedig a zaj effektív értéke.

A jel-zaj viszony számunkra végső soron a bithíbaarány nagysága miatt érdekes. Az FM-demodulátor



H576-5

5. ábra. A teljes adatátviteli lánc tömbvázlata

bemenetén lévő RF jel-zaj viszonytal az (1) alatt definiált értékre a következőt írhatjuk.

$$\frac{\hat{U}_{\text{jelDEM}}}{U_{\text{zajDEmeff}}} = \zeta_u \frac{U_{\text{jelKFeff}}}{U_{\text{zajKFeff}}} \quad (2)$$

ahol ζ_u az ún. demodulációs nyereség, U_{jelKFeff} a jelfeszültség effektív értéke, U_{zajKFeff} pedig az adatsatorna sávszélességén belüli zaj effektív értéke. A számításaink szerint:

$$\zeta_u = 1,32 m_p \sqrt{\frac{f_B}{f_{pV}} \cdot \frac{f_{fa}}{f_{fV}}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_{fa}}{f_{fV}}\right)^2}} \quad (3)$$

- ahol - m_p a fázislöklet
 - f_B az adatsatorna sávszélessége
 - f_{pV} a demodulátor utáni aluláteresztő szűrő határfrekvenciája
 - f_{fa} az adóban elhelyezett modulátorszűrő határfrekvenciája

Látható, hogy m_p növelésével ζ_u is növekszik. Lehetőség van ζ_u növelésére a (3)-as összefüggésben szereplő

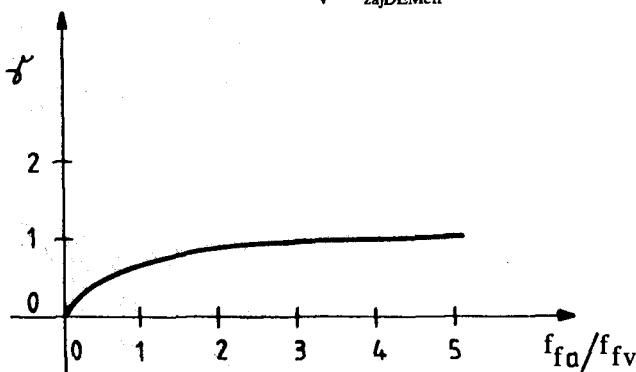
$$\gamma = \frac{\frac{f_{fa}}{f_{fV}}}{\sqrt{1 + \frac{f_{fa}^2}{f_{fV}^2}}} \quad (4)$$

kifejezés lehető nagy értéke történő beállításával is. (4)-et ábrázolva (6. ábra), megállapíthatjuk, hogy

$\frac{f_{fa}}{f_{fV}}$ növelésével γ is nő, azonban értékét 2-nél nagyobbra választani nem érdemes, mert a javulás $f_{fa}/f_{fV} > 2$ esetén jelentéktelen.

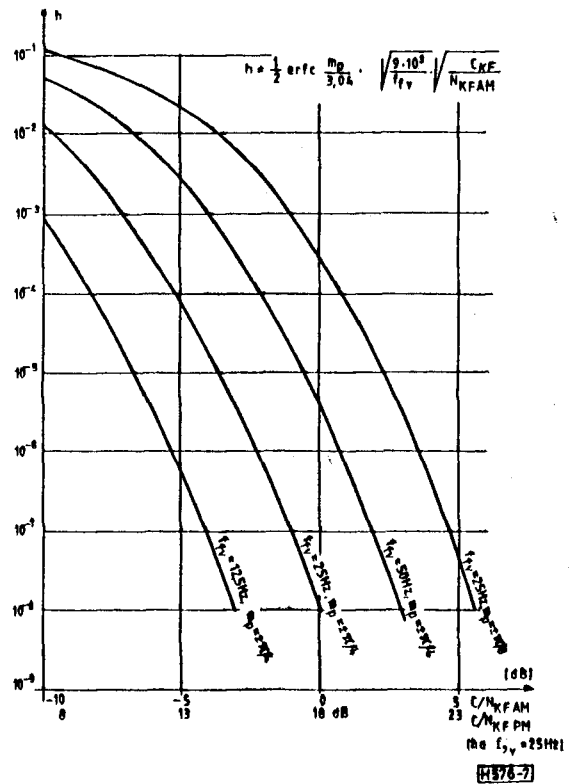
A keskenysávú csatornáról lévén szó (f_B 150-200 Hz), a zajt Gauss-eloszlásúnak tekinthetjük, így a bithibaarány, ha a szimbólumok előfordulási valószínűsége egyforma:

$$h = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \frac{\hat{U}_{\text{jelDEM}}}{2\sqrt{2}U_{\text{zajDEmeff}}} \quad (5)$$



H576-6

6. ábra. γ nagysága az f_{fa}/f_{fV} hányados függvényében



7. ábra. h értéke a jel/zaj viszony függvényében f_{fV} -vel paraméterezve

az (5) kifejezésben szereplő jel-zaj viszonytal az AM-csatorna jel-zaj viszonyával is megadhatjuk, így a bithibaarányra az összefüggés:

$$h = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} 0,467 m_p \sqrt{\frac{9 \cdot 10^3}{f_{fV}}} \sqrt{\frac{C_{KF}}{N_{KFAM}}} \quad (6)$$

ahol C_{KF}/N_{KFAM} az AM-csatorna jel-zaj viszonya a 9 kHz-es sávszélességben.

A (6)-os kifejezést f_{fV} -vel és m_p -vel paraméterezve, a 7. ábrán ábrázoltuk, ahol $f_{fa} = f_{fV}$. Ez esetben $\gamma = 1/\sqrt{2}$, a módosult bithibaarány-formula az ábrán látható.

Nyquist-karakterisztikájú átvitelt feltételezve, $f_{fV} = f_{fa} = v/2$ (ahol v a bitsebesség) megkapjuk h -nak a bitsebességtől való függését is. Tehát a 7. ábrán pl. az $f_{fV} = 25$ Hz-es görbe az 50 bit/s-os átviteli sebességnek felel meg.

A szűrők vizsgálata során megállapíthatjuk, hogy kedvező az olyan szűrőlánc kialakítása, ahol vevőszűrő felső határfrekvenciája (sávszélesség) az adószűrőjénél kisebb. Továbbá, az adó- és vevőszűrőnek együttesen megfelelő impulzusátviteli tulajdonságokkal kell rendelkezniük, ezért fontos a futási idő egyenletességének biztosítása. Ilyen típusú szűrők realizálhatók a Thomson- és az egyenletes futásidő karakterisztikájú szűrőkkel. Az alaptagok elhelyezése f_{fa} -ra és f_{fV} -re tett vizsgálatok szerint történhet.

Összegzés

A fentebb részletezett módon kialakított rendszer jelenleg is üzemel a Magyar Posta több középhullámú adóállomásán. Az ellátottsági határ nagyságának meghatározása céljából méréseket is végeztünk.

Ezen mérések tapasztalatai egyértelműen alátámasztják azt, hogy az ilyen módon kisugárzott jelek vétele gyakorlatilag az egész ország területén megoldható, ha a sugárzás pl. a solti adóállomásnál történik. A mérések azt is igazolták, hogy 10^{-6} -nál jobb bithibarány a hangműsor ellátottsági határán túl is biztosítható. A területnövekedés 2...4-szeres is lehet. Bizunk benne, hogy a bevezetésben a gyakorlati felhasználásra vonatkozó elképzelésekből már a közeljövőben minél több megvalósul..

SZVÉTECZ RÓBERT

"Széchenyi István" Közlekedési
és Távközlési Műszaki Főiskola

IRODALOM

[1] *DIETMAR RUDOLF*: Realisierung von modulations und demodulations konzepten zur datenübertragung im am hörrundfunk.

- 15 Tonmeistertragung, mainz
Vortrage 1988. (153-158 oldal)
- [2] *B. RAUFFMANN, R. SCHRAM*: Feldversuche zur übertragung von zusatzinformationen über am sender
15. Tonmeistertragung, mainz
Vortrage 1988. (159-166 oldal)
- [3] *ERHARD AUGUSTIN, RUDOLF KÜHNE*: Grundlagen der datenübertragung im am-hörrundfunksystemen mit tragerphasenmodulation. 15. tonmeistertragung, mainz 1988. (144-152 oldal)
- [4] Transmission of supplementary information in amplitude modulation sound broadcasting documents ccir study groups period 1986-1990 sp 44j/10 report 1061, document 10/55-e, 1987.
- [5] *L. F. RADIO-DATA*: Specification of the bbc experimental transmission 1982. bbc rd 1982/2.
- [6] *E. AUGUSTIN, R. KÜHNE*: Ein neuartiges verfahren zur zusatlichen simultanen und kompatiblen übertragung von digitalen informationen über ein am-hörrundfunksystem im simplexverkehr, technische mitteilungen des rfz, 30. Jahrgang, Heft 2/86.
- [7] *STANDEISKY. ISTVÓN*: Adatátvitel amplitúdómodulált műsorszóró adókkal (tanulmány) Sziktmf. Győr, 1988. (1-97 Oldal)
- [8] *I. FRIGYES, Z. SZABÓ*: A simple method for the transmission of binary information over a radio channel proc. 4. th. coll. Micr. Comm., PP. ST 11/9, Akadémia Kiadó, 1970.