

## Hangfrekvenciás FM távirórendszerek

E cikk a korszerű frekvenciamodulált távirórendszerek működését és lényeges tulajdonságait tárgyalja, összehasonlítva az amplitúdómodulált rendszerekkel. Ismerteti az FM rendszerek néhány érdekes áramkörét, majd a csatornákon átvihető teljesítménnyel foglalkozik.

A korszerű hangfrekvenciás távirórendszerek frekvenciamodulációval működnek. Ugyanúgy, mint amplitúdómoduláció esetén (ezek az AM-VT rendszerek), frekvenciamodulációval is (ezek az FM-VT rendszerek)\* egyetlen távbeszélő-csatornán mint alapáramkörön 24 távirócsatorna vihető át. Az alábbiak az FM-VT rendszerek működésével, néhány érdekes áramkörével és a teljesítményviszonyokkal foglalkoznak és összehasonlítást tesznek az AM és FM rendszerek között.

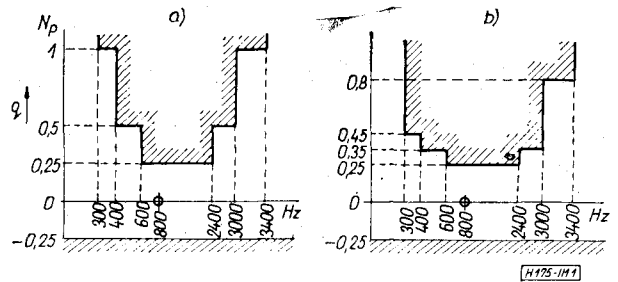
### Az FM-VT rendszerek főbb tulajdonságai

Az FM-VT rendszerek egyik jelentős előnye az AM-VT rendszerek felett, hogy a felhasznált alapáramkörön kisebb jel/zaj viszony engedhető meg. Pontosabban: ha az AM-VT alapáramkörön a jel/zaj viszony 5 dB-lel kisebb, mint az FM-VT alapáramkörön, akkor a kétféle átvitel során ugyanakkora távirótorzítás lép fel. Jellemző, hogy a távirótorzítás az FM távirócsatornában nem éri el a 10%-ot még abban az esetben sem, ha az áramkörbe a táviró jelével azonos szintű mesterséges hangot küldünk. Emellett a távirócsatornák az áramkör maradécsillapításában sokkal nagyobb ingadozást tűrnek meg, mint az AM távirócsatornák. Ez az oka annak, hogy az FM távirórendszerekben automatikus szintszabályozásra nincs szükség.

Az FM távirózás további előnye, hogy nagyobb csillapítástorzítás engedhető meg az átviteli áramkörön, mint az AM rendszerekben. Ezért azok a távbeszélőcsatornák, melyek a CCITT ajánlásait távbeszélő-átvitelre teljesítik, minden korlátozás nélkül igénybe vehetők FM táviróátvitelre is. Ezzel szemben a CCITT szigorúbb határokat ajánl a maradécsillapítás változására a frekvencia függvényében azokra a távbeszélő-csatornákra, melyeket 24-csatornás AM táviróátvitelre kívánunk felhasználni (1. ábra). A CCITT arra is felhívja a figyelmet, hogy a csillapítástorzítás a 12-csatornás alapsoport 1. és 12. csatornáján gyakran nagyobb, mint az alapsoport többi csatornáján, ezért ezeket a távbeszélő-csatornákat nem ajánlatos AM távirócsatornákkal

\* Amplitude (ill. Frequency) Modulated Voice-Frequency Telegraph. Ezeket a hangfrekvenciás táviróberendezéseket a magyar ipar már hosszabb ideje gyártja.

Béérkezett: 1972. V. 17.



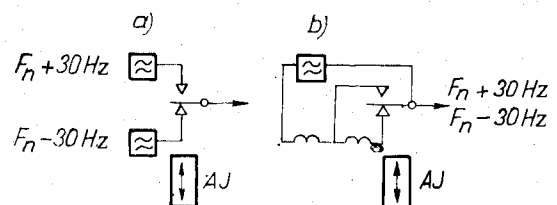
1. ábra. A távbeszélő-csatorna maradécsillapítás-változásának megengedett határai

a) 800 Hz-en mért közepes értékhez képest a) csak beszéd- vagy 24 FM távirócsatorna átvitele esetén; b) 24 AM távirócsatorna esetén

beültetni. Ezek a megszorítások az FM táviróátvitelre nem vonatkoznak.

Gyakori, hogy a kéthangú távirórendszereket is FM rendszereknek tekintik, mivel mind a kéthangú, mind az FM hangfrekvenciás távirórendszerek két frekvenciát küldenek, melyek a jelet, ill. a szünetet képviselik. A legfontosabb különbség a kétféle rendszer között az, hogy a váltás jelről szünetre vagy viszont az FM rendszerben folytonos, míg a kéthangú rendszerben, melyben két független vívőgenerátor nyer alkalmazást, a váltás a jelalakban törést okoz (2. ábra). Azonkívül, hogy ebben a rendszerben csatornánként két generátorra van szükség, ez az az hátránnyal is jár, hogy a diszkontinuitások miatt a váltáskor fellépő transziensek távirótorzítást okozhatnak.

Míg az AM távirórendszerek a szintváltozásokra, addig az FM rendszerek a vívőfrekvencia változásaira érzékenyek. A CCITT ajánlásai szerint távbeszélő-rendszerekben a virtuális vívőfrekvenciák stabilitásának  $\pm 1$  Hz-en belül kell lennie. Ebben az esetben a csatorna hangfrekvenciás bemenetére adott jel és az ugyanazon csatorna hangfrekvenciás kimenetén vett jel frekvenciája között a különbség nem haladja meg a 2 Hz-et, ami számottevő távirótorzítást még nem okoz. Ha ez a stabilitás nem teljesül (pl. ha az összeköttetés két vagy több alapsoport- vagy főcsoportszakaszból áll, melyekben a vívőfrekvencia-eltérések összegeződhetnek), akkor FM átvitel esetén



2. ábra. Működési elvi vázlat; a) kéthangú rendszer, b) FM rendszer

a frekvenciaváltozást a vevőben automatikus frekvenciakorrekter útján csökkenteni kell, hogy ezáltal a távirótorzítást elkerüljük.

Bár az FM távirórendszerek a szintingadozásra nem érzékenyek, mégis a vett jel túlságos csökkenése a táviróátvitelt megszakíthatja. Ezért riasztó áramkör útján jelezni szokták, ha a vett jel amplitúdója a megengedett szint alá süllyed.

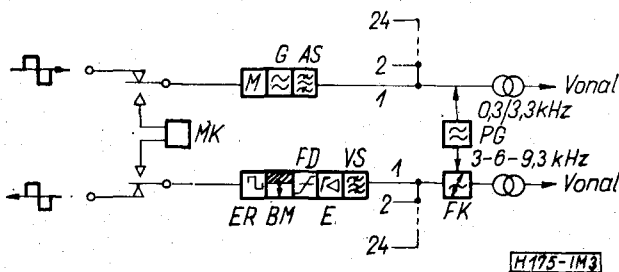
**Működés**

Egy 24-csatornás végállomási berendezés tömbvázlatát a 3. ábra mutatja. A vivők a CCITT ajánlásai szerint ugyanúgy helyezkednek el, mint az AM rendszerekben, azaz a legkisebb vivőfrekvencia 420 Hz, aztán — 50 B-os távirósebesség esetén — 120 Hz-enként következnek a többi vivők. Egyes rendszerekben nem direkt modulációt, hanem előcsoport modulációt alkalmaznak. Ez a gyártásban nyújt ugyan előnyt a kevesebb szűrőféleség miatt, viszont nagyobb mennyiségű modulátorra van szükség. Végeredményben a közvetlen moduláció előnyösebbnek mutatkozik.

Az átvitel során az M modulátor a helyi körből kettősáramú egyenáramú távirójelet kap, melyet FM jellé alakít át. A frekvencialököt  $\pm 30$  Hz, ha a modulációsebesség 50 B. A modulátort rendszerint úgy alakítják ki, hogy beállítható módon a nagyobb frekvenciának akár a jel, akár a szünet feleljen meg az érdekelt postai igazgatások megállapodása szerint.

Az AS modulátor sávszűrő a szomszédos csatornákat védi a nemkívánatos, nagyobb modulációs termékektől. A modulátor sávszűrők kimenetei párhuzamos kapcsolásban vannak, és a közös kimenetet vonaltranszformátor illeszti a vonalhoz, ami korszerű rendszereknél akár légvezeték vagy kábeláramkör, akár vivőfrekvenciás, vagy PCM, vagy rádiótávbeszélő-csatorna lehet.

Vételirányban a vett jelek vonaltranszformátoron, majd — hosszú vonal esetén — frekvenciakorrekteron haladnak át és a bemenetükön párhuzamosan kötött VS vevőszűrőkre jutnak, melyek a 24 csatornát szétválasztják. A csatornafrekvencia az E csatornaerősítőre jut, mely feszültségkorlátozót is tartalmaz. Ez az erősítő a kimenőszintet gyakorlatilag állandó értéken tartja akkor is, ha az erősítő bemenetén a szint nagy határok között, pl. +1 és -2 Npm között ingadozik.



3. ábra. 24 csatornás FM-VT rendszer tömbvázlata

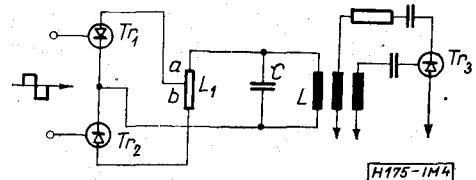
M — modulátor, G — vivőgenerátor, AS — adó sávszűrő, PG — pilotgenerátor, FK — frekvenciakorrekter, VS — vevő sávszűrő, E — erősítő, amplitúdókorlátozóval, FD — frekvenciadiszkriminátor, BM — bisztabil multivibrátor, ER — elektronikus jelfogó, MK — mérőkészlet

A csatornaerősítőt követő FD frekvenciadiszkriminátor kiválasztja és egyenirányítja a két frekvenciát, mely a jelnek, ill. szünetnek felel meg. Ezután a BM hisztabil multivibrátor javítja a jelalakot és erősítést visz be. Végül az ER elektronikus jelfogó egyetlen távirótelepből hídáramkör segítségével előállítja a helyi kör számára a kettősáramú egyenáramú jelet. Ez a módszer kizárja az egyoldalas torzítás lehetőségét, amit a telepfeszültség aszimmetriája (a pozitív és a negatív feszültségek különbsége) okozhatna.

Lényeges része szokott még lenni a berendezésnek a mérőkészlet (MK). A mérőkészlettel távirójeleket lehet küldeni bármelyik távirócsatornába és mérni lehet a vett jelek távirótorzítását. Egyes rendszerekben zajmérés céljára valamennyi csatornába egyidejűleg is lehet váltójelet küldeni. Ha különböző távirósebességekre kidolgozott modulátorok állnak rendelkezésre, akkor a váltójeledő mindegyik távirósebességre átkapcsolható. Rendszerint van a mérőkapcsolónak olyan állása is, melyben vizsgáló géptáviró kapcsolódik a csatorna bemenetére és kimenetére. Egyetlen csatorna vizsgálatára láncba lehet kapcsolni az adásirányú kimenetet a vételirányú bemenettel.

**Modulátor**

A modulátor és a G vivőgenerátor áramkörét a 4. ábra mutatja. A  $Tr_3$  tranzisztor oszcillátorként működik azon a frekvencián, melyet a C kapacitás az L induktivitás és a vele párhuzamos  $L_1$  indukti-

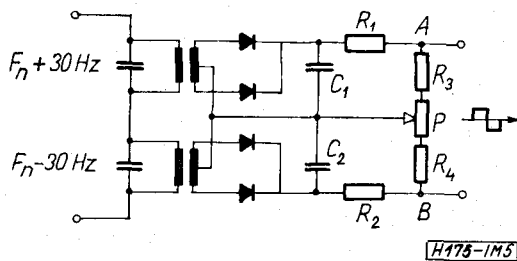


4. ábra. Frekvenciamodulátor elvi kapcsolása

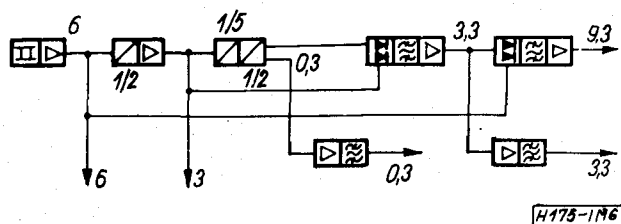
vis határoz meg. A kettősáramú jelek úgy vezérlik a  $Tr_1$  és  $Tr_2$  tranzisztorok működését, hogy egyik állapotban (pl. jel alatt)  $Tr_1$  zár és  $Tr_2$  nyit, a másik állapotban (pl. szünet alatt) pedig fordítva. Ilyen módon vagy az egész  $L_1$ , vagy csak annak a -b része van párhuzamos kapcsolásban az L induktivitással, és a generátor ( $F_n + 30$ ), ill. ( $F_n - 30$ ) Hz frekvenciát szolgáltat.  $F_n$  a szóban forgó csatorna vivőfrekvenciája.

**Frekvenciadiszkriminátor**

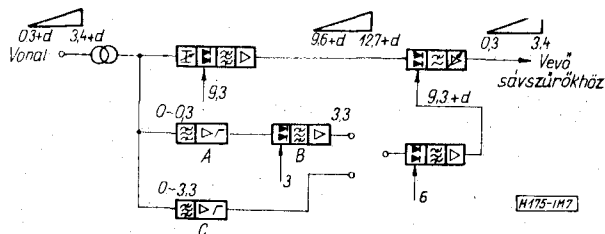
Egy szokásos kapcsolást az 5. ábra szemléltet. A két sorba kötött antirezonáns kör az ( $F_n + 30$ ), ill. az ( $F_n - 30$ ) Hz frekvenciára rezonál. Egyidejűleg csak egyik frekvencia érkezik, ennél fogva gyakorlatilag mindig csak egyik antirezonáns kör sarkain jelenik meg feszültség. A vett jelet egyenirányítás után a  $C_1 - R_1$ , ill.  $C_2 - R_2$  áramkör szűri. Az ( $F_n + 30$ )



5. ábra. Frekvenciadiszkriminátor elvi kapcsolása



6. ábra. Pilotgenerátor tömbvázlata.  
A feltüntetett frekvenciák kHz-ben értendőek



7. ábra. Frekvenciakorrektor tömbvázlata.  
A feltüntetett frekvenciák kHz-ben értendőek

frekvencia vételek (ez akár jelnek, akár szünetnek felelhet meg) az *A* kapocs pozitív lesz, a *B* kapocs pedig negatív (*P* potenciométeren és  $R_4$  ellenálláson át). A másik állapotban *B* lesz pozitív és *A* negatív (a *P* potenciométeren és  $R_3$ -on át). A kettősáramú egyenirányított jelek az *A*–*B* kapocspáron át a bistabil multivibrátorra jutnak (1. a 3. ábrát). A *P* potenciométerrel a jelnek és a szünetnek megfelelő feszültségek kiegyenlíthetők.

### A frekvencia korrigálása

Az említett kedvezőtlen körülmények között, mikor a vivőfrekvenciák nagymértékű változásával kell számolni, a berendezést automatikus frekvenciakorrektorral kell ellátni. Ez két részből, a pilotgenerátorból és a frekvenciakorrektorból áll (6., ill. 7. ábra).

### Pilotgenerátor

A pilotgenerátor két pilotfrekvenciát szolgáltat (0,3 és 3,3 kHz-et). Ezek egyikét vagy mindkettőt átvisszük a másik végállomásra a távirócsatornákkal együtt, az érdekelt postaigazgatások megegyezése szerint. A generátor ezeken kívül 3, 6 és 9,3 kHz frekvenciákat is szolgáltat, melyek ezen a végállomáson a frekvenciakorrektort működtetik.

Az összes frekvenciákat egy kristályoszillátor 6 kHz-es kimenetéből származtatjuk le, melynek

stabilitása  $1,7 \cdot 10^{-5}$ . Így az alapfrekvencia legnagyobb eltérése  $\pm 0,1$  Hz-re adódik.

A 3 és a 0,3 kHz frekvenciákat az ábrán feltüntetett osztók állítják elő bistabil multivibrátorokkal, míg a 3,3 és a 9,3 kHz-et modulációval nyerjük, mint felső oldalfrekvenciákat. A 0,3 és a 3,3 kHz pilotfrekvenciákat keskeny sávú sávszűrők tisztítják meg a parazita frekvenciáktól, melyek a távirócsatornákat zavarhatnák.

### Frekvenciakorrektor

Tegyük fel, hogy a vonalról érkező frekvenciák mind *d* kHz-cel térnek el a névleges értéktől a távbeszélő-vivőfrekvenciák közötti különbség miatt. Annak szimbolizálására, hogy távbeszélő-csatornáról van szó, a 7. ábrán a vett frekvenciasávot a szokásos háromszög tünteti fel, de a határok most  $(0,3 + d)$  és  $(3,4 + d)$  kHz. Az első fokozatban a frekvenciakorrektor e határokat a 9,3 kHz vivő útján  $(9,6 + d)$ , ill.  $(12,7 + d)$  kHz-re teszi át.

A második fokozatban a vett pilotfrekvenciából származtatott  $(9,3 + d)$  kHz vivőt alkalmazzuk. Így az aluláteresztő szűrő kimenetén a helyreállított  $(0,3 - 3,4)$  kHz frekvenciasáv jelenik meg. A szűrőt követő erősítővel a távirójel szintje beállítható.

Az említett  $(9,3 + d)$  kHz vivőfrekvenciát az ugyancsak *d* frekvenciával eltolt két vett pilotjel egyikéből állítja elő a rendszer. Az *A* és *B* egységek nyernek alkalmazást a 0,3 kHz-es sávszűrőn át, ha a vevőállomás a 0,3 kHz pilotfrekvenciát kívánja fogadni, és a *C* egységet iktatjuk az áramkörbe 3,3 kHz-es sávszűrőn át, ha a vevőállomás ezt a frekvenciát kívánja venni. A 3, 6 és 9,3 kHz frekvenciákat a vevőállomás pilotgenerátora szolgáltatja.

### Távírószintek

A CCITT azzal a feltétellel engedi meg a vivőfrekvenciás távbeszélő-csatorna felhasználását 24 távirócsatorna átvitelére, ha egy távirócsatorna teljesítménye állandó vonás átvitele alatt nem haladja meg a  $9 \mu\text{WO}$  értéket (azaz  $9 \mu\text{W}$ -ot a távbeszélő-csatorna zérus relatív szintű pontján mérve). Ezen érték meghatározásakor a CCITT feltételezte, hogy a távirócsatornák együttesének az összes teljesítménye legfeljebb 5 mWO. Tekintetbe vették, hogy a különböző frekvenciákon egyidejűleg átvitt távirójelek feszültségamplitúdója összegeződhet, ha csak nagyon rövid ideig is. Ennélfogva ha a táviróberendezés 24 csatornát visz át, akkor egyetlen csatorna teljesítménye

$$\frac{5 \text{ mWO}}{24^2} = 9 \mu\text{WO}$$

lehet. Ha az átvitt távirócsatornák száma 12, akkor az átvitt teljesítmény

$$\frac{5 \text{ mWO}}{12^2} = 15 \mu\text{WO/távírócsatorna}$$

lehet, és így tovább.

| A rendszeren<br>átvitt<br>csatornák száma | Egy FM távírócsatorna közepes teljesítménye |       |        |             |       |        |
|---|---|-------|--------|-------------|-------|--------|
|   | ajánlott                                    |       |        | megengedett |       |        |
|   | $\mu$ WO                                    | NmO   | dBmO   | $\mu$ WO    | NmO   | dBmO   |
| 12 vagy kevesebb                          | 11,25                                       | -2,25 | -19,5  | 35          | -1,67 | -14,5  |
| 18  | 7,5   | -2,45 | -21,25 | 15          | -2,1  | -18,25 |
| 24  | 5,6   | -2,6  | -22,5  | 9           | -2,4  | -20,9  |

A CCITT azt is előírja, hogy a távírócsatornán átvitt teljesítmény semmi esetre sem lehet nagyobb, mint  $35 \mu$ WO, akármilyen kicsi a csatornák száma. Az ezen elv szerint tervezett rendszerben a távírócsatornákon átvitt egész teljesítmény abban a legkedvezőtlenebb esetben sem haladhatja meg az 5 mWO értéket, ha mindegyik távírócsatorna egyidejűleg vonást vinne át.

Frekvenciamodulált távírójelek átvitelekor sokkal kisebb jel/zaj viszonytal elégedhetünk meg, azaz sokkal kisebb átvitt teljesítménnyel, mint AM átvitel esetén, mivel a frekvenciamodulált jelek sokkal kevésbé érzékenyek a zajokra. Ezért a CCITT az FM távírórendszer egy távbeszélő-csatornáján átvitt közepes teljesítményt  $135 \mu$ WO-ra korlátozta. Nem kell azonban számolni azzal a lehetőséggel, hogy a feszültségamplitúdók összegeződnek. Így 24 csatorna esetén az egy távírócsatornán átvitt

teljesítmény  $135/24=5,6 \mu$ WO lehet (és nem  $135/24^2$ ). Általában, ha a távírórendszer n csatornát oszt ki, mindegyik csatorna  $135 \mu$ WO/n teljesítményt szállíthat. A CCITT megengedi, hogy ennél nagyobb teljesítményt vigyünk át, ha a vonal hossza ezt indokolja, de az AM távírócsatornákra megállapított határokat semmi esetre sem szabad túllépni. Az 1. táblázat feltünteti az egy FM távírócsatornán átvitt közepes teljesítmény ajánlott és megengedett értékét abszolút teljesítményszintben is, különböző csatornaszám esetén.

Ha csökkentjük a távírócsatornák számát, egy csatornára szélesebb frekvenciasáv jut, és így arányosan megnövelhető a modulációs sebesség és a frekvencialöket. Ha pl. csak 12 csatornás a rendszer, akkor egy csatornára 240 Hz sáv szélesség jut, a távírósebesség 100 B és a frekvencialöket 60 Hz lehet.