

# SECAM-rendszerű televíziós átvitelnél alkalmazott haranggörbe erősítő pontatlan beállításának hatása a jel—zaj viszony javulás mértékére

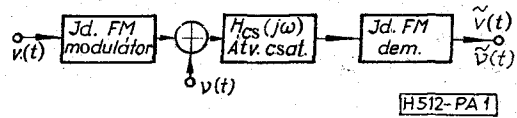
ETO 621.391.837;621.391.883.2;621.397.622 SECAM

A jel—zaj viszony javulás mértékét az 1. és 2. ábrán látható egyszerűsített átviteli modell alapján fogjuk megvizsgálni.

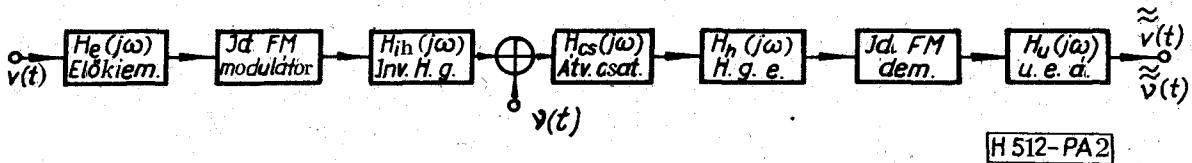
Az 1. és 2. ábrán látható jelölések értelmezése:

- $v(t)$  Sávhatárolt alapsávi színelkülönbségi jel.
- $\tilde{v}(t)$  Alapsávi és nagyfrekvenciás előkiemelő, illetve utóelnyomó áramköröket nem tartalmazó átviteli út esetén a demodulált színelkülönbségi jel.
- $\tilde{\tilde{v}}(t)$  Alapsávi és nagyfrekvenciás előkiemelő és utóelnyomó áramköröket tartalmazó átviteli út esetén kapható demodulált színelkülönbségi jel.
- $v(t)$  Nulla várható értékű stacionárius fehér zaj.
- $\tilde{v}(t)$  Előkiemelést és utóelnyomást nem alkalmazó átviteli út kimenetén létrejövő zaj.
- $\tilde{\tilde{v}}(t)$  Előkiemelést és utóelnyomást is tartalmazó átviteli út kimenetén megjelenő zaj.

- $H_{cs}(j\omega)$  Az átviteli csatorna átviteli karakterisztikája.
- $H_e(j\omega)$  Az alapsávi kiemelő áramkör, átviteli karakterisztikája.
- $H_u(j\omega)$  Az alapsávi utóelnyomó áramkör átviteli karakterisztikája.
- $H_{ih}(j\omega)$  Az inverz haranggörbe erősítő átviteli karakterisztikája.
- $H_h(j\omega)$  A haranggörbe-erősítő átviteli karakterisztikája.



1. ábra. Jel—zaj viszony javító eljárásokat nélkülöző, egyszerűsített átviteli út



2. ábra. Alapsávi és nagyfrekvenciás jel—zaj viszony javító eljárásokat tartalmazó, egyszerűsített átviteli út

Az alapsávi és nagyfrekvenciás előkiemelő és utóelnyomó áramkörök hasznos jelre  $[v(t)]$  gyakorolt hatása kompenzálódik mivel pontos beállítás esetén az előkiemelő és utóelnyomó átviteli karakterisztikák között az alábbi összefüggések állnak fenn:

$$H_u(j\omega) = \frac{1}{H_e(j\omega)} \quad \text{és} \quad H_{ih}(j\omega) = \frac{1}{H_h(j\omega)}$$

Emiatt könnyen belátható, hogy modelljeink kimenetén megjelenő  $\tilde{v}(t)$  és  $\tilde{\tilde{v}}(t)$  hasznos jelek között egyenlőség áll fenn. Ebből viszont az is következik, hogy a jelek négyzetes várható értéke (átlagteljesítmény) is megegyezik egymással, azaz

$$E\tilde{v}^2(t) = E\tilde{\tilde{v}}^2(t) \quad (1)$$

A két modell között értelmezett jel—zaj viszony javulás a következő:

$$\rho = \frac{E\tilde{\tilde{v}}^2(t)/E\tilde{v}^2(t)}{E\tilde{v}^2(t)/E\tilde{\tilde{v}}^2(t)} = \frac{E\tilde{\tilde{v}}^2(t)}{E\tilde{v}^2(t)} \quad (2)$$

A (2) kifejezés számlálójában szereplő  $\tilde{v}(t)$  négyzetes várható értéke könnyen meghatározható ha ismeretes,  $\tilde{v}(t)$  spektrális sűrűsége:

$$E\tilde{v}^2(t) = \int_{\mathbb{B}} s_r(\omega) d\omega \quad (\mathbb{B})$$

A kimeneti spektrális sűrűség ( $s_r$ ) egyszerűen meghatározható, mivel modellünk szerint az átviteli út csak lineáris invariáns transzformációt okoz. Ha feltételezzük, hogy az ideális FM demodulátor bemenetén a spektrális sűrűség  $s_{1r}(\omega)$ ; akkor a kimeneti spektrális sűrűség az alábbi lesz [1]:

$$s_r(\omega) = k\omega^2 [s_{1r}(\omega + \Omega) + s_{1r}(\omega - \Omega)] \quad (3)$$

Az ideális FM demodulátor bemenetén levő  $s_{1r}$  spektrális sűrűség egyszerűen megkapható, mivel az átviteli csatornának csak ideális sávkorlátozó hatását vesszük figyelembe.

Mindezek alapján az 1. ábra modelljének kimenetén megjelenő zaj négyzetes várható értéke a következő alakban írható fel:

$$E\tilde{v}^2(t) = \int_{\mathbb{B}} k\omega^2 s_0 [g_{cs}(\omega + \Omega) + g_{cs}(\omega - \Omega)] d\omega \quad (4)$$

- ahol  $\mathbb{B}$  a színelkülönbségi jel sáv szélessége,
- $k$  állandó,
- $s_0$  az additív fehér zajra jellemző állandó,
- $g_{cs}(\omega) = |H_{cs}(j\omega)|^2$  az átviteli csatorna nyereségfüggvénye,
- $\Omega$  a modulált színelkülönbségi jel vivőfrekvenciája.

A 2. ábrán látható modell kimenetén megjelenő  $\tilde{v}(t)$  zaj négyzetes várható értékét szintén meghatározhatjuk az előbbi gondolatmenet alapján:

$$E\tilde{v}^2(t) = \int_{(B)} k\omega^2 s_0 g_{cs}(\omega) g_u(\omega) [g_h(\omega + \Omega) + g_h(\omega - \Omega)] d\omega \quad (5)$$

ahol  $g_u(\omega) = |H_u(j\omega)|^2$  az utóelnyomó áramkör nyereségfüggvénye.  
 $g_h(\omega) = |H_h(j\omega)|^2$  a haranggörbe-erősítő nyereségfüggvénye.

A (4) és (5) kifejezések alapján már felírhatjuk a jel-zaj viszony javulás általános alakját.

$$\rho = \frac{\int_{(B)} \omega^2 [g_{cs}(\omega + \Omega) + g_{cs}(\omega - \Omega)] d\omega}{\int_{(B)} \omega^2 g_{cs}(\omega) g_u(\omega) [g_h(\omega + \Omega) + g_h(\omega - \Omega)] d\omega} \quad (6)$$

$$\rho = \frac{2 \int_0^{f_M} f^2 df}{\int_0^{f_M} \left\{ \frac{(f+f_{sv})^2 f_c^2 + Q_2^2 [(f+f_{sv})^2 - f_c^2]^2}{(f+f_{sv})^2 f_c^2 + Q_1^2 [(f+f_{sv})^2 - f_c^2]^2} + \frac{(f-f_{sv})^2 f_c^2 + Q_2^2 [(f-f_{sv})^2 - f_c^2]^2}{(f-f_{sv})^2 f_c^2 + Q_1^2 [(f-f_{sv})^2 - f_c^2]^2} \right\} \cdot \frac{9f_1^2 + f^2}{9f_2^2 + 9f^2} df} \quad (7)$$

ahol  $f_M$  az alapsávi szinkülönbségi jel sáv szélessége,  $f_{sv}$  a modulált szinkülönbségi jel segédvív frekvenciája.

A (7) kifejezés alkalmas mind a vörös, mind a kék szinkülönbségi sorok jel-zaj viszony javulásának meghatározására.

### 1. A haranggörbe-erősítő beállítási pontatlanságainak hatása

A haranggörbe-erősítő beállítását akkor tekinthetjük pontatlannak, ha nem teljesül a

$$H_h(j\omega) = \frac{1}{H_{ih}(j\omega)}$$

egyenlőség. Ez a következő esetekben jöhet létre:

a) A haranggörbe-erősítő hangolási frekvenciája ( $f_c$ ) nem egyenlő az inverz haranggörbe-erősítő hangolási frekvenciájával. ( $f_{c_{ih}}$ )  
 azaz  $f_c \neq f_{c_{ih}}$

b) A haranggörbe erősítő jósági tényezői nem egyeznek meg az inverz haranggörbe erősítő megfelelő jósági tényezőivel, azaz  $Q_1 \neq Q_{1_{ih}}$  és  $Q_2 \neq Q_{2_{ih}}$

c) Az a és b pontban elmondottak egyszerre következnek be.

Elsőként vizsgáljuk meg azt az esetet amikor a haranggörbe-erősítő elhangolódik. Ha a (7) kifejezésben  $f_c$  helyére  $f_c + \Delta f$  kerül (ahol  $\Delta f$  az elhangolódás mértéke), akkor az így kapott kifejezés számszerű értéke az adott  $\Delta f$  elhangolódáshoz tartozó jel-zaj viszony javulási tényezőt adja. (A  $\Delta f = 0$  értékhez tartozó jel-zaj viszony javulási tényező a pontosan beállított haranggörbe esetének felel meg.) [A vörös szinkülönbségi sorra vonatkozó jel-zaj viszony javu-

A (6) kifejezés kiértékelhető alakra hozása előtt vegyük figyelembe, hogy:

$$g_{cs}(\omega) = |H_{cs}(j\omega)|^2 = 1$$

a modulált szinkülönbségi jel sávjában, egyébként zérus.

$$g_u(\omega) = |H_u(j\omega)|^2 = \frac{9f_1^2 + f^2}{9f_1^2 + 9f^2},$$

ahol

$$f_1 = 85 \text{ kHz},$$

$$g_h(\omega) = |H_h(j\omega)|^2 = \frac{1 + Q_2^2 \left( \frac{f}{f_c} - \frac{f_c}{f} \right)^2}{1 + Q_1^2 \left( \frac{f}{f_c} - \frac{f_c}{f} \right)^2},$$

ahol

$$Q_2 = \sqrt{1,6}, \quad Q_1 = 16, \\ f_c = 4286 \text{ kHz}.$$

Elvégezve a szükséges behelyettesítéseket a (6) kifejezésben és némileg átalakítva az alábbi már kiértékelhető eredményt kapjuk:

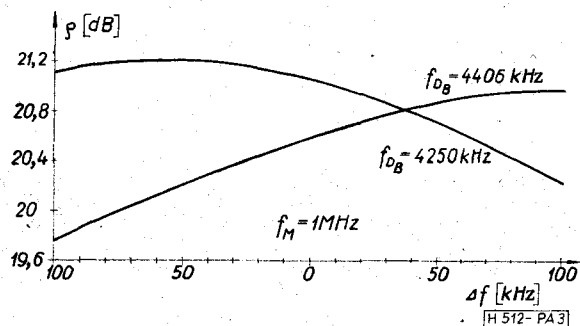
lasi tényező ( $\rho_{DR}$ ) kiszámításához  $f_{sv} = f_{DR} = 4406$  kHz behelyettesítést, a kék szinkülönbségi sorra vonatkozó jel-zaj viszony javulási tényező ( $\rho_{DB}$ ) kiszámításához pedig az  $f_{sv} = f_{DB} = 4250$  kHz behelyettesítést kell elvégezni a (7) kifejezésben.]

A (7) kifejezés számítógéppel kiértékelt eredményeit a 3. ábra mutatja.

A következőkben nézzük meg azt, hogyan változik a jel-zaj viszony javulási tényező értéke, ha a haranggörbe-erősítő rezgőkörének jósági tényezői változnak meg, de elhangolódás nem jön létre. A rezgőköri jóság megváltozását vegyük úgy figyelembe, hogy  $Q_1$  megváltozik „b”-szeresére. Tétélezzük fel,

ahogy továbbra is megmarad a  $Q_2 = \sqrt{\frac{Q_1}{10}}$  összefüggés

és így  $Q_2$  megváltozása  $\sqrt{b}$ -szeres lesz. Mindezek figyelembevételével a vörös szinkülönbségi sor jel-zaj viszony javulási tényezője ( $\rho_{DR}$ ) megkapható, ha a (7) kifejezésben elvégezzük az  $f_{sv} = f_{DR} = 4406$  kHz, a  $Q_1 = bQ_1$  és a  $Q_2 = \sqrt{b}Q_2$  helyettesítéseket.



3. ábra. A jel-zaj viszony javulás mértékének változása a haranggörbe-erősítő elhangolódásának függvényében

Hasonló módon kaphatjuk meg a kék színkülönbségi sorra vonatkozó jel-zaj viszony javulási tényező ( $Q_{DB}$ ) értékét is, csak el kell végezni a (7) kifejezésben az  $f_{sv} = f_{DB} = 4250$  kHz, a  $Q_1 = bQ_1$  és a  $Q_2 = \sqrt{b}Q_2$  helyettesítéseket.

A számítógéppel kiértékelt eredmények a 4. ábrán láthatók diagram formájában.

Következő lépésként vizsgáljuk meg a beállítási pontatlanságok együttes jelentkezésének hatását! Az eddigiekhez hasonlóan eljárva, a (7) kifejezés kiértékelése az 5. ábrán látható eredményekhez vezet.

**2. A jel-zaj viszony javulás változása különböző egyszínű mezők átvitele esetén**

Ezzel a kérdéssel azért érdemes foglalkozni, mert a gyakorlatban sokszor előfordul, hogy az átvitt színes kép nagy, egyszínű felületeket tartalmaz. (Pl. labdarúgópálya, úszómedence víztükre, zászlók stb.) Az eddigi számításaink mindegyikénél modulálatlan vivőhullámot tételeztünk fel, tehát közvetlenül ezek egyike sem alkalmazható a most vizsgálandó esetre. A nagykiterjedésű egyszínű felületek viszont úgy jönnek létre, hogy mind a két színsegédvívó az adott színnek megfelelő lökettel rendelkezik, de ez a frekvencia a nagy felület miatt sok televíziós soron keresztül nem változik meg, azaz konstans értékű és ily módon modulálatlan segédvívónek is tekinthető a jel-zaj viszony javulás számítása szempontjából.

Mind a vörös, mind a kék színkülönbségi sorokra vonatkozóan kiértékelhető kifejezést kaphatunk a (7) kifejezés alkalmas átalakításával. A vörös színkülönbségi sor esetén  $f_{sv} = f_{DR} + \Delta F$ , a kék színkülönbségi sor esetén pedig  $f_{sv} = f_{DB} + \Delta F$  behelyettesítést kell elvégeznünk. (Ahol  $\Delta F$  az adott színnek megfelelő frekvencialököt.)

Az átalakított (7) kifejezés számítógéppel kiértékelt eredményeiből készített diagram a 6. ábrán látható.

**3. Összefoglalás**

A számítások eredményeiből az alábbi néhány következtetésre lehet jutni:

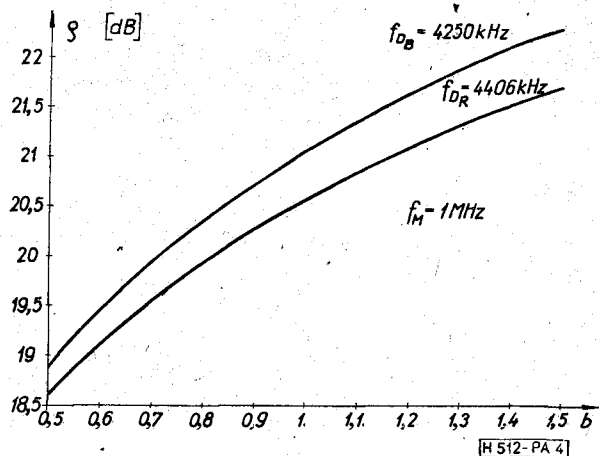
1. A haranggörbeerősítő elhangolódásából származó jel-zaj viszony javulás változás gyakorlatilag elhanyagolható (kisebb mint  $\pm 0,7$  dB).

2. Az elhangolódás által okozott jel-zaj viszony változásnál nagyobb változást okoz a haranggörbeerősítő jósági tényezőinek a megváltozása, de még ez sem tekinthető számottevőnek (kisebb mint  $\pm 1,5$  dB).

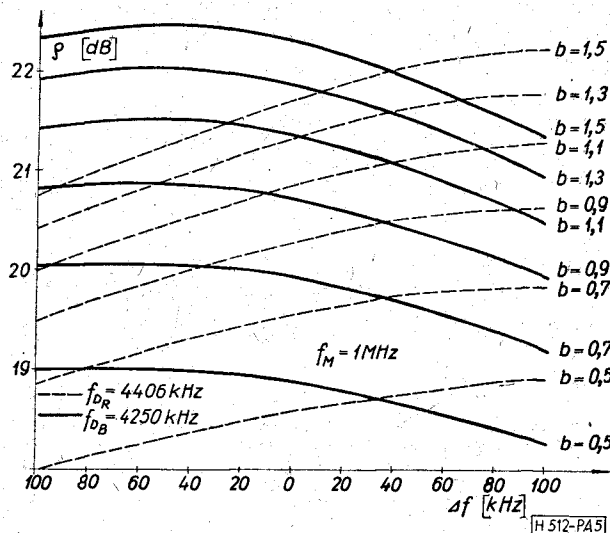
3. A beállítási pontatlanságok együttes jelentkezésénél kapott jel-zaj viszony javulás megváltozások is gyakorlatilag elhanyagolhatóak, mivel a megváltozás – szélső eseteket véve figyelembe – mindkét színkülönbségi sorra vonatkozóan kisebb, mint  $\pm 2$  dB.

4. A nagy kiterjedésű egyszínű felületekhez tartozó jel-zaj viszony javulási tényező nem változik jelentősen a frekvencialököt függvényében. (Szélső eseteket véve figyelembe  $|Q_{DR, DB}| < 3$  dB).

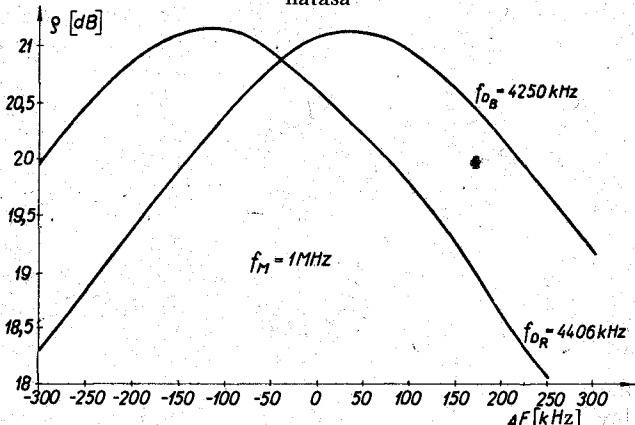
5. A haranggörbe erősítő pontos beállítása nem a megfelelő jel-zaj viszony kialakítása végett, hanem a gyors színátmenetnél keletkező tranzien্স hibák kiküszöbölése, illetve csökkentése végett szükséges.



4. ábra. A jel-zaj viszony javulás mértékének változása a haranggörbe-erősítő jósági tényezője változásának függvényében



5. ábra. A beállítási pontatlanságok együttes jelentkezésének hatása



6. ábra. Egyszínű felületek átvitelének esete

**I R O D A L O M**

[1] S.O. Rice: Statistical Properties of a Sine Wave Plus Random Noise Bell System Techn. J. Vol. 27, Secs. 7. and 8, pp. 138-151, January 1948.  
 [2] M. Schwartz: Informacion transmission, modulation and noise, 1970.  
 [3] A. Bartoszyák: Szisztéma cvetnogo televidenija SECAM 1968.  
 [4] B. M. Pevzner: Szisztémű cvetnogo televidenija, 1969.  
 [5] Pálinszki A.: Jel-zaj viszony javítás a SECAM rendszerben. Híradástechnika. 1977. N. 1.