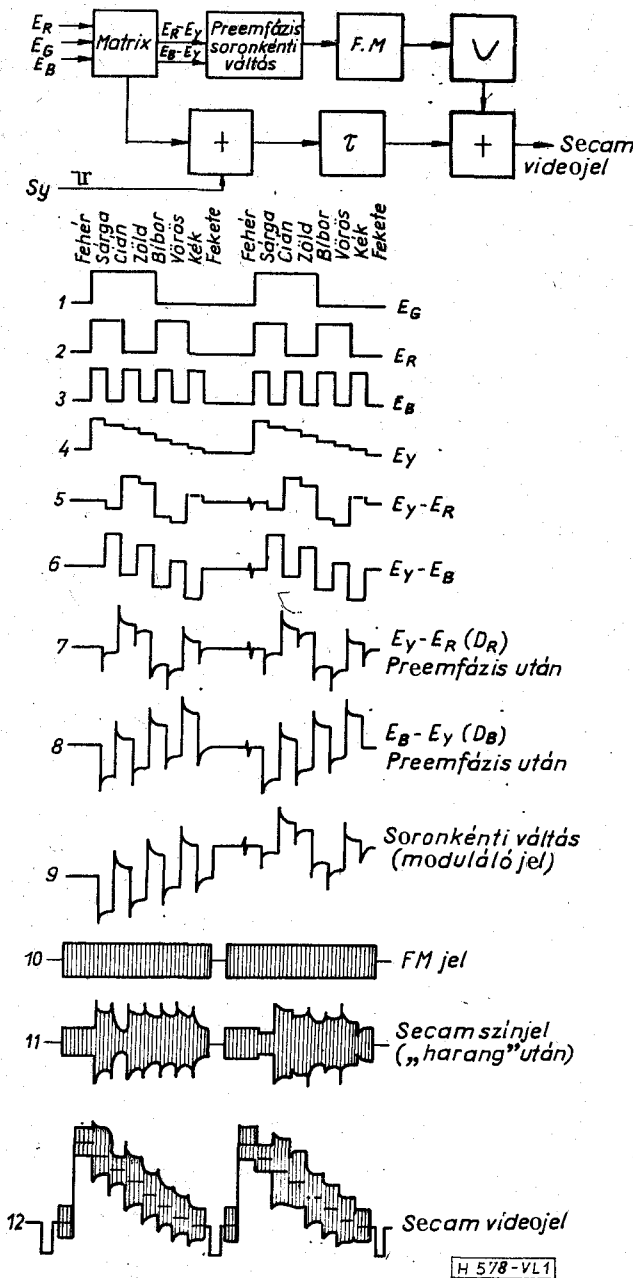


SECAM videojel mérési problémái

ETO 621.397.132.127.08

Az összetett SECAM videojel előállítása kódolókkal történik, mérési problémákkal is elsősorban a kódolók beállításánál találkozunk.

Tekintsük át vázlatosan az összetett SECAM videojel kialakításának folyamatát és nézzük meg, hogy e folyamat során milyen jellegű méréseket kell végeznünk. E folyamatot szemlélteti az 1. ábra.



1. ábra

Beérkezett: 1978. I. 26.

A jelforrás felől (esetünkben színsávgenerátorról) érkező három alapszínjelből (1, 2 és 3-as jel) mátrioxolás útján áll elő a fényesség (4), valamint a két színkülönbségjel (5, 6). Ez utóbbiak, a rendszer előírásainak megfelelő frekvencia-sávhatárolás és videofrekvenciás előkiemelés után (7, 8), soronként váltakozva (9) vezérlik a frekvenciamodulátort. A frekvenciamodulátor jeit (10) nagyfrekvenciás korrekció („harang”) után (11) a fényességjelre (4) superponáljuk, és így jön létre az összetett SECAM jel. Dekódoláskor főbb vonalaiban a fordított folyamat zajlik le.

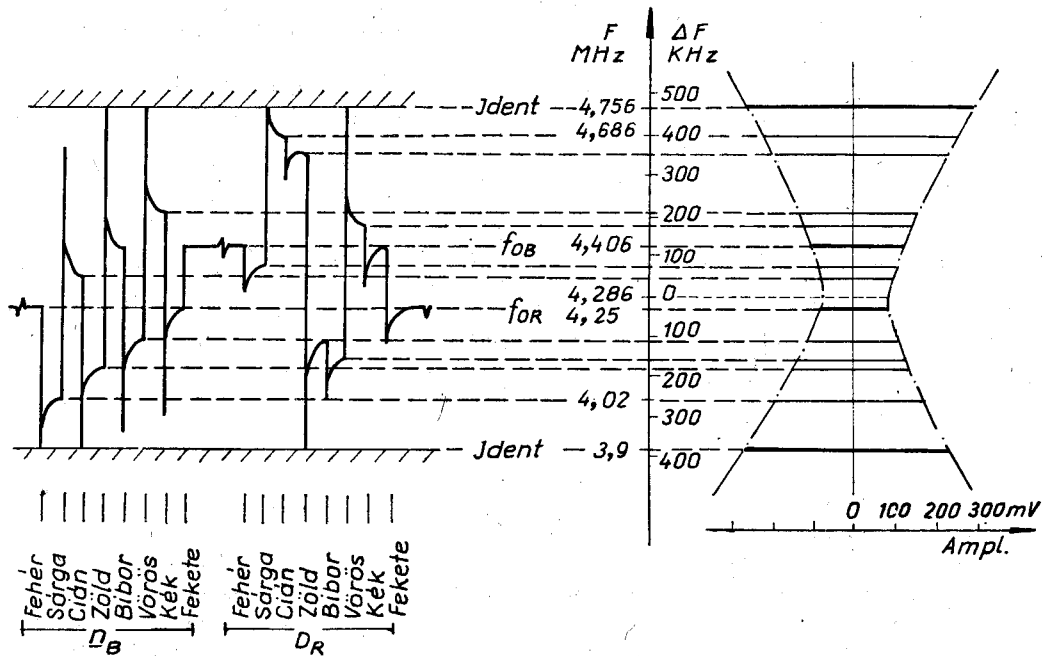
SECAM jel mérésekor, illetve kódolók vagy dekódolók beállításakor az 1. ábrán közölt jelalakok paramétereit kell mérni. Az 1-től 9-ig tartó jeleket és jelformáló áramköröket hagyományos eszközökkel, elsősorban a tv-technikában alkalmazott oszcilloszkópokkal ellenőrizhetjük. Ezekkel a műszerrel minden hullámalakra vonatkozó paramétert (amplitúdó, jelfelfutás, túllövés, tetőesés, jelidők és egymáshoz viszonyított időzítések stb.) megmérhetünk. A szükséges amplitúdófrekvencia átviteli karakterisztikák ellenőrzésére (preemfázis, harang), valamint a zajmérésre hagyományos mérőeszközök állnak rendelkezésre.

A 10, 11 és 12-es jelformák hullámalak-ellenőrzése oszcilloszkóppal szintén elvégezhető, frekvenciamodulációs jellemzőik mérése azonban csak speciális mérőműszerekkel történhet. A következőkben ezekkel a műszerekkel, illetve e műszerekben alkalmazott mérési módszerekkel kívánunk foglalkozni. Targyulásainkhoz szükséges, hogy részletesebben megvizsgáljuk a frekvenciamodulált SECAM színjel előállításának folyamatát. Ezt szemlélteti a 2. ábra.

Az ábra bal oldalán a nemzetközileg ajánlott 100(75)/0/75/0 színsáv jeleiből képzett, videofrekvenciás előkiemeléssel korigált és soronként váltakozó D_R és D_B moduláló színjeleket tüntettük fel. Az ábra közepén függőlegesen húzódó frekvenciatengelyen a moduláló színjel pillanatnyi értékéhez tartozó frekvencia vagy a harangközéphez viszonyított frekvencialöklet értéke olvasható le.

Az ábra jobb oldalán a modulált színsegédvívó nagyfrekvenciás előkiemeléssel (harang) korigált spektruma látható. Mivel a közölt ábrán a leolvasás csak megközelítő pontosságú lehet, az ábra alatti táblázatban feltüntettük az elméletileg számított értékeket is. A táblázatban a löketeket nem a harangközép, hanem mindig a saját nullfrekvenciákhöz viszonyítva adtuk meg.

A modulációs folyamat lezajlásáról a következőket szükséges megjegyezni. A 2. ábrán és táblázatban feltüntetett színsegédvívó löket- és amplitúdóértékek a színjelek megállapodott, a videofrekvenciás előkiemelés miatt fellépő túllövések lecsengése utáni, viszonylag rövid nyugalmi szakaszaira vonatkoznak.



Modulációs jellemzők 75/0/75/0 színsáv esetén										
Szín	DB					DR				
	ΔF	Hz	F	Hz	Amp/mv	ΔF	Hz	F	Hz	Amp.mv
Fehér	0		4,250	000,00	166,72	0		4,406	250	214,53
Sárga	-229	252,50	4,020	747,50	166,72	-45	486	4,360	764	183,83
Cíán	+77	366,25	4,327	366,25	168,38	+279	699	4,685	949	475,68
Zöld	-151	866,25	4,098	113,75	279,81	+234	213	4,640	463	437,71
Bíbor	+151	866,25	4,404	886,25	211,22	-234	213	4,172	037	212,12
Vörös	-77	366,25	4,172	633,75	211,64	-279	699	4,126	551	252,01
Kék	+229	252,50	4,479	252,50	276,82	+45	486	4,451	736	252,12
Fekete	0		4,250	000,00	166,72			4,406	250	214,53
Jdent	-350	000,00	3,900	000,00	498,92	+350	000	4,756	250	542,50

Harang középfrekvencia 4,286 MHz, Ampl. 161 mV.
Az amplitúdók a kioltószinttől fehérszintig 700 mV értékű fényességjelhez tartoznak.

H 578-VL2

2. ábra

Próbáljuk meg felmérni ennek az időszakasznak az értékét. A SECAM kóderekben alkalmazott, szabvány által előírt videofrekvenciás előkiemelő áramkör frekvenciafüggvénye a következő:

$$A(f) = \frac{1 + j \frac{f}{f_1}}{1 + j \frac{f}{3f_1}}$$

ahol: f = a moduláló szinkülönbségek pillanatnyi frekvenciája (kHz),
 $f_1 = 85$ kHz.

Bennünket a fenti függvénnyel meghatározott négy pólus tranzienis jelenségei érdekelnek, ezért felírjuk a függvény Laplace-transzformáltját:

$$A(p) = \frac{1 + ap}{1 + bp}$$

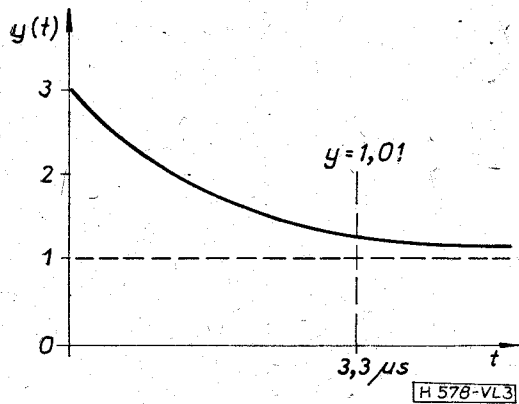
Ez utóbbinak megfelelő időfüggvény $a=1$ és $b=\frac{1}{3}$ értékek mellett a következő lesz:

$$y(t) = 1 + 2e^{-3t}$$

Ebből látható, hogy egységnyi feszültségugrás hatására az előkiemelő áramkör hatására a jel jelentős (200%-os) túllövással kezdődik, majd exponenciális lecsengéssel névleges értékét elméletileg a végtelenben éri el. A számszerű analízis azt mutatja, hogy a névleges érték 1%-os pontosságú megközelítése kb. 3,3 μs után következik be (3. ábra).

A méréseknél alkalmazott színsávgenerátor egy-egy színét képviselő jel szélessége általában 6,5 μs, tehát ilyenkor a moduláló színjelek csak rövid ideig, a hátsó impulzusvállak környékén lesznek névleges értékűek.

A fenti számításokban figyelmen kívül hagytuk a video előkiemelő áramkört követő aluláteresztő szűrő hatását. Ez a szűrő, típusától függően más-más mér-



3. ábra

tékben, de minden esetben a jel exponenciális lefutásának sebességét csökkenti, vagyis a névlegestől 1%-kal eltérő értékét a jel még a közölt $3,3 \mu\text{s}$ -nál is később fogja elérni.

Bonyolultabb a kép még azáltal is, hogy a moduláló színjel feszültségugrásainak nagysága és iránya különböző színátmeneteknél a D_R és D_B sorokban nem azonos, következésképpen a tranziensek lefolyása is ennek megfelelően változó, egymástól eltérő lesz.

Itt kell megemlítenünk azt is, hogy a rendszer szélső lökethatárainak beállítása a moduláló jel amplitúdóhatárolása révén történik. A határolás tartományába kerülő jelszcúcsokat a vágó áramkörök tovább torzítják, ami egyrészt az átmeneti idő további növekedését okozza, másrészt demoduláláskor ezek a jelszakaszok eredeti formájukban nem állíthatók helyre, pl. a video előkiemelést kiegyenlítő áramkörök (deemfázis) ezeken a szakaszokon túlkompenzálnak.

Összefoglalva még egyszer az elmondottakat, megállapíthatjuk, hogy a színjelek minden egyes színátmenetnél az említett túllövés miatt az első pillanatban névleges értékeiktől lényegesen eltérő frekvencialöketet fognak kiváltani, amely ezután csak a túllövés exponenciális lecsengésének ütemében tér vissza nyugalmi, a 2. ábrán és az alatta levő táblázatban feltüntetett értékeire.

A SECAM rendszerben alkalmazott modulációs folyamatnak ezeket a jellegzetességeit a modulációs paraméterek mérésénél figyelembe kell venni.

Napjainkban a SECAM jel mérésére többféle műszer létezik; ezek általában önmagukban vagy különálló mérőoszilloszkóp segítségével lehetővé teszik az összetett SECAM jel, a fényesség- és színjel, a harangkorrigált színjel, a ledetektált színjelek, valamint a színjelek helyes frekvencialöket-értékeinek meghatározását. Bennünket csak az utóbbi érdekel, mivel, mint már említettük, a többi paraméter meghatározására más hagyományos mérőeszközök is rendelkezésre állnak. Ezért a felsorolt egyéb mérési lehetőségekkel a továbbiakban nem foglalkozunk.

Ezekben a műszerekben a frekvencialöket mérésére különböző módszereket alkalmaznak. A következőkben a legelterjedtebb háromféle mérési eljárást ismertetjük. A megkülönböztetést a mérendő jelek képernyőn megjelenő alakja szerint tettük. Ezek lehetnek: spektrális, vektorábra, detektált színlönlönségjel-formák.

1. Jelspektrum alapján végzett mérés jellegzetességei

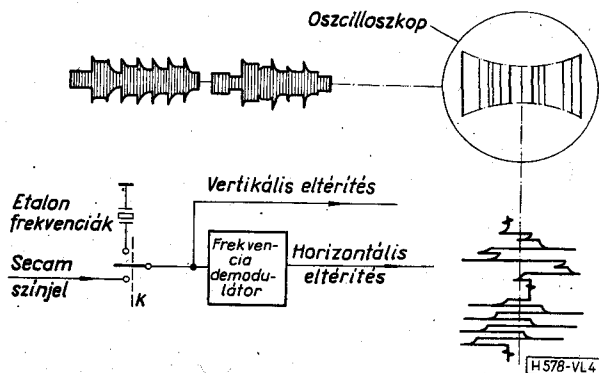
A mérési vázlatot a 4. ábra tünteti fel. Az oszcilloszkóp horizontális eltérítését a detektált színjelek, a vertikális eltérítést pedig a megfelelően késleltetett segédvívó-frekvenciás színjelek végzik. A kettő együttes hatására a képernyőn kirajzolódik a moduláló színsávgenerátor jeleihez tartozó segédvívó spektrum.

A mérés történhet úgy, hogy a 75% telítettségű színsáv jeleihez tartozó spektrális vonalakat mérő-sablon formájában az oszcilloszkóp képernyőjére felrajzoljuk (feltételezzük, hogy a detektálás, valamint az oszcilloszkóp horizontális eltérítése teljesen lineáris), és a képernyőn megjelenő jelspektrumot a sablon vonalaival fedésbe hozzuk. Ez azonban csak nagyon durva leolvasási pontosságot eredményez. Rendkívül zavaró az is, hogy a D_R és D_B sorokhoz tartozó spektrális vonalak kölcsönösen átfedik egymást.

A mérés pontosságát növelhetjük, ha a főbb modulációs jellemzőknek megfelelő etalon frekvenciákat (pl. védősávok vagy moduláció nélküli nullvívók, szélső lökethatároknak megfelelő színazonosító, a 75%-os moduláló jel minimum és maximum értékeihez tartozó frekvenciák stb.) vagy folyamatosan használható és mérhető külső etalon frekvenciát alkalmazunk. Ilyenkor a mérendő bejövő jelet a K-kapcsoló (4. ábra) ritmikusan megszakítja (pl. felső-frekvenciásan), és a képernyőre a két színjel közül az egyik D_R vagy D_B sor és a választott etalon frekvencia spektrumvonalai rajzolódnak fel. A mérést vagy beállítást az etalon spektrumvonal és a mérendő jel megfelelő spektrumvonalának fedésbe hozásával végezzük. Horizontálisan nyújtott állásban a hitelesítés két szomszédos etalon frekvencia spektrumvonalai közötti távolság alapján lehetséges.

Speciális mérőműszerekről lévén szó, érdemes megvizsgálni azt is, hogy milyen mérési pontosság elérése indokolt, illetve célszerű?

A jelenleg érvényben levő szabvány főbb előírásai erre vonatkozóan a következők. Névleges moduláló jel esetén, amikor $D_R = D_B = 1$ (gyakorlatilag ez megfelel 75% telítettségű színsáv esetén a D_R max. és D_B min. értékeknek) a névleges löketértékek D_R sornál $280 \pm 9 \text{ kHz}$, D_B sornál $230 \pm 7 \text{ kHz}$. Kódolókat ennél valamivel szigorúbb specifikációval készítenek, a névleges löketértékekre általában $\pm 4 \text{ kHz}$ -et garantálnak. A moduláció nélküli nullvívókra a tolerancia mindkét sorra $\pm 2 \text{ kHz}$. Megjegyezzük még, hogy a



4. ábra

névleges moduláló jel amplitúdójának 1%-os eltérése a D_B és D_R soroknál 2,3, illetve 2,8 kHz löketeltérést vált ki. Ezekből az adatokból látható, hogy a kódolók beállításánál a ± 2 kHz-es eltéréseket a mérőműszerek határozottan indikálnia kell, ami elég szigorú követelmény, ha a teljes lökettartomány 856 kHz-es értékéhez viszonyítunk.

E rövid kitérő után vizsgáljuk meg az előzőekben vázolt mérési módszer hiányosságait.

A képernyőn felrajzolódó spektrális vonalak a valóságban sajnos nem olyan élesek, amint azt a 4. ábrán feltüntettük. A horizontális eltérítést végző demodulált színjel amplitúdója csak nagyon rövid időszakokban tekinthető kvázi-stacionáriusnak, ezeken a helyeken — mivel itt a horizontális eltérítés egy-egy rövid időtartamra megáll — a spektrális vonalak a képernyőn kifényesednek. A többi előkiemelés okozta tranziens szakaszokon a spektrális vonalak az eltérítő jel exponenciális meredekségével arányos sebességgel „szétkenődnek”. Sajnos, ez a szétkenődés éppen akkor a legnagyobb mértékű, amikor a pontosabb leolvasás érdekében a horizontális eltérítést megnyújtjuk, mivel ezáltal az exponenciális szakaszokat is kinagyítjuk.

Nem vezet kielégítő eredményre az sem, ha az eltérítést nem az általunk vázolt jelekkel, hanem ezek harang-, illetve deemfázis szerinti korrigált változataival végezzük. Szabványos színsáv névleges értékű (75%) jeleinek egy része modulálásnál a kódolóban vágásba kerül, ennek következtében demodulásakor ezek a jelszakaszok a deemfázis áramkörökben hibásan kompenzálódnak. A vágási szakaszokból kikerülni csak kis modulációs szinteknél, mintegy 25% szinteltéttségnél tudunk.

Anélkül, hogy itt részletesen tudnánk tárgyalni, még egy körülményre kívánunk rámutatni. A moduláció-demoduláció szakaszban fellépő fázistorzításokra SECAM-rendszerben a színcsatorna nagyon érzékeny. Ezek a torzítások többek között fellépnek pl. a nem tökéletes harang-ellenharang kompenzálás következtében, ami könnyen megtörténhet többek között azért is, mivel erre a szabvány elég tág: ± 20 kHz tűréshatárt enged meg. Ilyenkor még helyes deemfázis-kompenzálás mellett is az átvitt impulzusokon különböző jelfelfutás, túllövés, tetőesés-torzulások lépnek fel. Ezeknek a mérés pontossága szempontjából szükséges kb. 1%-on belüli tartása rendkívül nehéz.

A vázolt mérési elvet alkalmazó műszerekben (pl. SECAMSCOPE) a színátmeneteknél fellépő tranziens jelszakaszokat igyekeznek kioltani. Célszerű a kioltást mindkét eltérítési irányban elvégezni, ezért a mérőoszilloszkóp elektronsugarát modulálják (Z-tengely moduláció).

A sugárkioltás kényszerűsége újabb hátrányt jelent. A szükséges kioltójel előállítása is körülményes, de még nagyobb problémát jelent az, hogy a tv-technikában széles körben használt oszcilloszkópoknak és hullámalak monitoroknak nincs sugárkioltó bemenetük. Sok esetben még a megkívánt horizontális eltérítő bemenet sem áll rendelkezésre, ezért a mérőműszert a szükséges speciális oszcilloszkóppal egybeépítve készítik.

Végül hátránynak tekintjük a SECAM jel fizikai tulajdonságait ugyan hűen tükröző, de a szakemberek

által megszokott hagyományos jelektől eltérő hullámalakot. Kódolók beállításakor pl. gyakran előfordul, hogy egyes szabályozó szervek egymással kölcsönhatásban vannak, ilyenkor az elmozduló spektrális vonalak alapján nehéz következtetni arra, hogy mi történik valójában az amplitúdódő-lefolyású moduláló jelekkel.

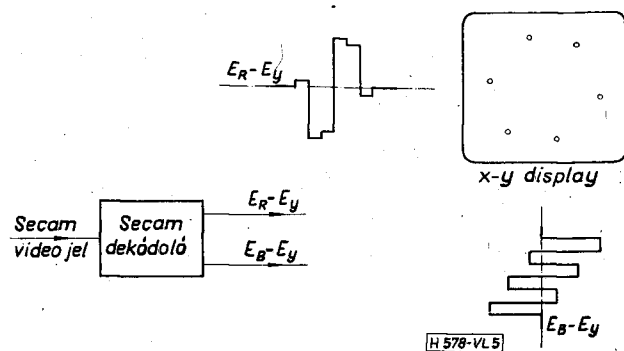
2. Mérés vektorábra alapján

Kvadraturikusan modulált rendszereknél (NTSC, PAL) széleskörűen elterjedt módszer. Ezeknél a vektorábra hűen tükrözi a moduláció és demoduláció során lezajló áramköri folyamatokat.

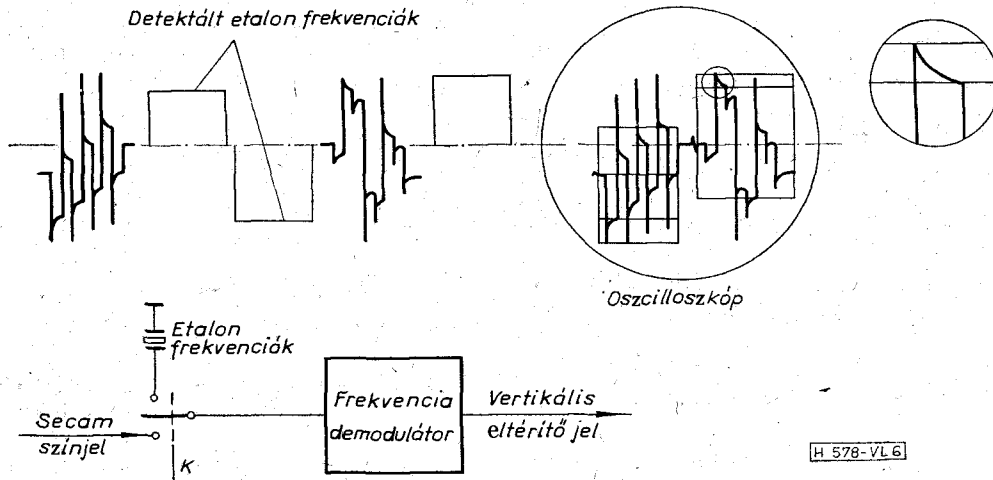
SECAM színjeleknél ilyen összefüggés természetesen nem létezik, ennek ellenére azonban a detektált színjelek felrajzolása poláris koordináták szerint lehetséges, ezt szemlélteti az 5. ábra. Az oszcilloszkóp képernyőjére mérőszablon formájában felrajzolható a színjelek megengedett tűrési határait is feltüntető, elméletileg helyes helyzete és a mérés, illetve ellenőrzés ennek segítségével történhet. Olyan helyeken, ahol különböző rendszerű jeleket kell gyakran ellenőrizni (vegyes rendszerű stúdiók, transzkódolás), a mérési elvek egyöntetűsége érdekében e módszer indokoltnak látszik. Megítélésünk szerint azonban számos hiányossága van, amelyek közül a fontosabbakat megemlítjük.

A mérés a detektált és kompenzált színjelekkel történik. Ezek tökéletes helyreállítása — mint már tárgyaltuk — csak kis modulációs szinteknél s nagyon precíz kompenzációval történhet. Ráadásul itt a szekvenciálisan következő jeleket szét kell választani, azaz az egyszerű egycsatornás FM demodulátor helyett mérődekódolót kell alkalmazni. Ezekben a teljesen kompenzált két színkülönbséggel előállítására komplikált áramkörökben — mint pl. ultrahangos soridejű késleltető, felsőfrekvenciás átkapcsoló, két különálló frekvencia diszkriminátor, két párhuzamos színcsatorna, kompenzáló, színtrögítítő, kioltó stb. — történik. A felsoroltakból is érzékelhető, hogy egy ilyen mérőműszer hitelesítése és stabil szinten tartása nem egyszerű feladat.

SECAM színjeleknél a védősávok, illetve a moduláció nélküli nullvívők értékeinek a betartása nagyon fontos, erre vonatkoznak a legszigorúbb tűrési előírások is. Minőségi dekódolóknak a színcsatornák stabil feketeszint tartása érdekében sorkioltási idő alatt a nullvívőknek megfelelő helyi oszcillátorok jelét kapuzzák a bejövő jelbe. Detektálás után a szín-



5. ábra



6. ábra

H 578-VL 6

csatornában a színrögzítést ezeken a jelszakaszokon végzik. Ezáltal a kimenő D_R és D_B jelek a saját nullvívóikre, valamint nullvívóik különbségére vonatkozó információt nem is tartalmazzák. Így nyilvánvaló tehát, hogy ezek a fontos paraméterek ennél a mérési módszernél közvetlenül egyáltalán nem is mérhetők.

További hátrány megfelelő horizontális és vertikális eltérítő bemenetekkel rendelkező, speciális oszcilloszkóp (y-x display) használatának a szükségessége.

Megítélésünk szerint kódolók beállításánál ugyan csak hátrány, hogy ezek szabályozásakor az elmozduló vektorábra és a moduláló jel tényleges változásai között nehéz az összefüggést felismerni.

Meglevő, esetleg más rendeltetési célokra is felhasználható berendezések ügyes összekapcsolásával ez a mérési módszer viszonylag olcsón megvalósítható (pl. Tektronix 653 SECAM monitor dekódolója plusz megfelelő x-y display). Kevésbé pontos mérést igénylő esetekben ez kétségtelenül előnyt jelent.

3. Mérés a közvetlen detektált színjeleken

A mérési elvet a 6. ábra szemlélteti. A bejövő, mérendő frekvenciamodulált SECAM színjelet és a névleges moduláló jel egyes értékeihez tartozó, elméletileg számított etalon frekvenciát, illetve frekvenciákat a K-kapcsoló úgy váltogatja, hogy azok közös csatornán történő ledetektálás után a mérő-oszcilloszkóp képernyőjén (normál belső eltéréssel) egymásra rajzolódnak. A mérés hitelesítése két szomszédos etalon frekvencia vízszintes vonalai közötti távolság alapján lehetséges. A leolvasás pontosságát a vertikális erősítés növelésével az alkalmazott oszcilloszkóp erősítés és -eltolás nyújtotta határig, illetve a detektálásnál elérhető jel/zaj viszony által megengedett mértékig növelhetjük. Ezzel az eljárással a frekvencialöket-mérést lényegében amplitúdó (feszültség szint) mérésére változtattuk.

A bejövő mérendő jel és az etalon frekvenciák váltogatási ütemét oly módon is meg lehet választani és szinkronizálni, hogy a detektált D_R és D_B színjelek mindig a saját magukhoz tartozó hitelesítő frekvenciák detektált konstans jeleivel együtt egymásra rajzolódjanak fel (Híradástechnika Szövetkezet „SECAM analízátor”). Célszerű a moduláló jel jellegzetes

értékeihez tartozó frekvenciákat választani (mint pl. löket szélső határok, azaz színazonosítók, moduláció nélküli nullvívók, nominális D_R és D_B jelek maximum és minimum értékeihez tartozó frekvenciák), de természetesen lehet folyamatosan hangolható és mérhető frekvencia-generátort is alkalmazni.

Az előbbi esetben a detektált etalon frekvenciák a teljes frekvencialöket-tartományt képviselő, egymás alatt vízszintesen elhelyezkedő párhuzamos vonalakból álló hálót hoztak létre a képernyőn. A mérés a háló vonalainak és a nekik megfelelő detektált jelszakaszok fedési pontatlanságának a leolvasásából áll. Esetünkben a színjelek video előkiemelés okozta túllövésői és exponenciális lecsengésű jelszakaszai nem zavarnak, mivel a jeleket amplitúdó-idő függvény alakjában látjuk és tudjuk, hogy a beállítást (fedésbe hozást), illetve leolvasást mindig a már lecsengett, nyugalmi hátsó jelszakaszokra kell végezni.

Nagy előnye e módszernek az, hogy a mérést közvetlen detektált jellel végzi. Ideális detektálást feltételezve ez minden vonatkozásban teljesen azonos a modulálást végző jellel. Így szabályozáskor — kódolók beállításánál — azonnal látható bármelyik moduláló jelszakasz legcsekélyebb változása is. Emellett érdemes továbbá az is, hogy a mérendő jel hullámalakja teljesen szokványos időfüggvény (színkülönbség jelek), amely az általános tv-technikában járatos szakember számára közismert.

Végül, de nem utolsósorban maga a mérési elv és megvalósításához szükséges eszközök is egyszerűek. Az egycsatornás FM demodulátor kimenetén megjelenő kompenzálatlan színkülönbségjelek frekvenciaspektruma keskeny, ezért kis sávzélességgel nagy jel/zaj viszony mellett átvihetők. A mérőjel egyszerűsége folytán nincs szükség speciális oszcilloszkópra vagy displayre, bármely, a tv-technikában alkalmazott hullámalak-monitor vagy oszcilloszkóp megfelel erre a célra.

IRODALOM

- [1] OIRT Beszámoló No. 22/3—III. Kassa, 1977. május, Tv-rendszerek adásjellemzői
- [2] OIRT TK—III—961
Mérőjelek formája és megengedett toleranciái
- [3] Papp I.—Samák L.—Vozák L.: Berendezés frekvenciamodulált rendszerű színes Tv-jelgenerátorok modulációs jellemzőinek mérésére.
Szabadalom, HI421. Lajstromszám: 170982