

A KF modulált rendszerű tv jel előállításának néhány kérdése

SOMODI JÓZSEF
 HIRADÁSTECHNIKA SZÖVETKEZET

A KF modulált adórendszer, valamint a vele járó előnyök és hátrányok közismertek. A rendszer modulációs szempontból szinte meghatározó egysége az ún. KF modulátor. Korszerű KF modulátorban a modulációt létrehozó áramkör egy kiegyenlített modulátor. Készülhet diódákkal, tranzisztorokkal, integrált áramkörrel, s a különböző gyártó cégek ezeket a lehetőségeket mind ki is használják. A modulátor akkor működik helyesen, ha elektromosan teljesen szimmetrikus, és a transzfer jellemzők nem függenek a video bemenetre adott jel nagyságától.

A valóságban az ideális szimmetriát hosszú működési időre és változó környezeti hőmérséklet esetén csak közelíteni lehet. A tervezés során az elektromos és geometriai szimmetria mellett arra is ügyelni kell, hogy az alkatrészszerűságból származó hibák is lehetőleg kis értéken maradjanak. A statikus hibákkal együtt dinamikus hibák is felléphetnek, amelyek az eszközök véges működési sebességéből adódnak. A modulátorban hővé alakuló teljesítmény az átlagos kép-tartalomtól függő változó nagyságú, hatására egy dinamikus nullponteltolódás jön létre.

A helyes működés másik feltétele, hogy a kapcsolóüzemű modulátor helyettesítő képében időinvariáns

impedanciák és ideális kapcsolók szerepeljenek. A középfrekvenciás jel periódusideje 25 ns. Ez idő alatt a kapcsolóknak ki kell nyitniuk, le kell zárniuk, és minél hosszabb ideig kell mindkét állapotban megmaradniuk. Lényeges tehát, hogy a két átmeneti idő minél rövidebb, legfeljebb 2–5 ns legyen.

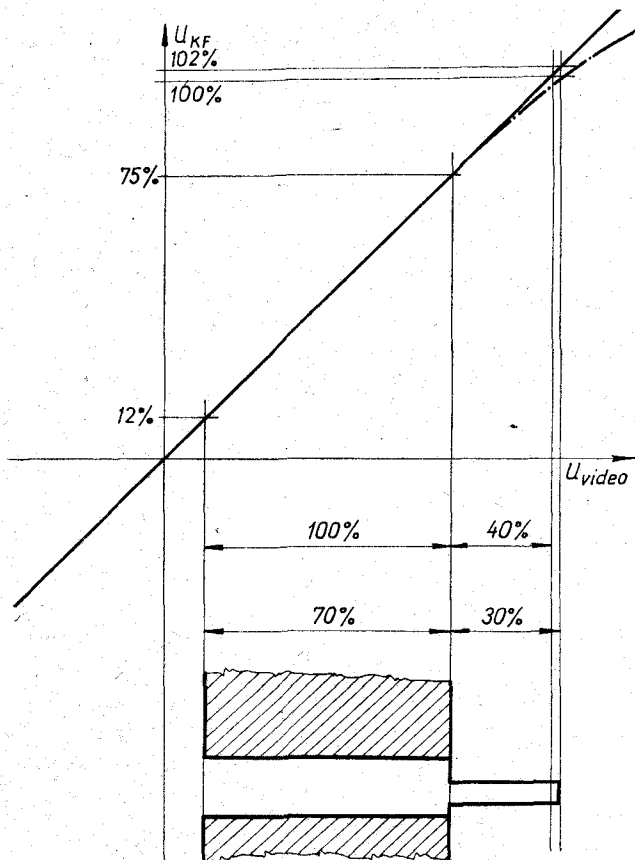
A modulátor relatív szintviszonyait az 1. ábra szemlélteti. Az ábrából kivehető, hogy ha a lineáris modulátort szabványos összetételű (70/30%) videójel vezérli, akkor mintegy 2% szinkronjel-többlet mutatkozik a modulált jelen. Ezt a többletet a modulátort követő erősítőfokozatok felemészthetik, vagy a video vonalban levő stabilizáló erősítőben kell a szinkronjel-amplitúdót visszavenni. A modulációs karakterisztika a keletkező hibák szempontjából három szakaszra bontható:

nullátmenetre,
 lineáris szakaszra és
 telítési szakaszra.

A lineáris, valamint a telítési szakasza tervezés során jól kézben tartható, és a megengedett hibák alapján a méretezést el lehet végezni. A nullátmenet közelében érezteti hatását az aszimmetriából eredő vivóáthallás, amelyet a méretezés során a legkevésbé lehet előre megtervezni. Ezért vizsgáljuk meg, hogy a vivóáthallást milyen értékűre kell leszorítani a differenciális amplitúdó- és fázishibák megengedett értéken tartása érdekében.

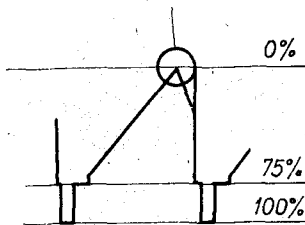
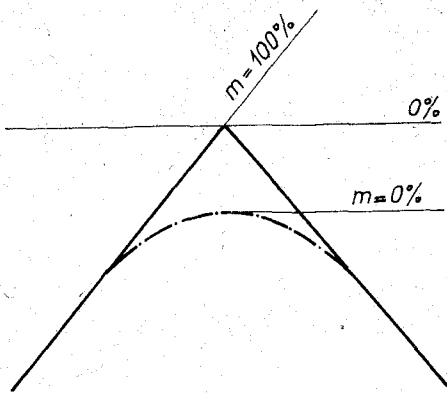
A vivóáthallás vektora a pillanatnyi áramköri viszonyoknak megfelelően tetszőleges fázishelyzetű lehet. Mindig fel lehet azonban bontani a vivóvektor irányában eső ún. ohmos és a vivóra merőleges ún. reaktáns komponensre. Az összetevők megnevezése egyúttal azt is megmondja, hogy milyen jellegű aszimmetria hatására keletkeztek. Az ohmos jellegű aszimmetriát a bemenő videojel egyenfeszültségű eltolásával kompenzálni lehet, a reaktáns összetevőt csak egy beépített reaktanciával lehet minimumra állítani. Az ohmos jellegű aszimmetria hatására a modulátor nullpontja eltolódik ugyan, de az éles átmenet megmarad. Reaktáns jellegű aszimmetria hatására a nullpont a helyén marad, azonban a nullátmenet letompul, és jelentős differenciális amplitúdó- és fázishiba keletkezik (2. ábra).

A hibák értékelésénél feltételezzük, hogy a vevőkészüléknek burkoló demodulátora van, ezenkívül eltekintünk a keletkező kvadratúra-torzítástól és jelamplitúdóú nem az alapharmónikus amplitúdóját, hanem a csúcsmplitúdót értjük. Ezt az elhanyagolást differenciálisan kis változások esetén meg lehet tenni. A differenciális amplitúdóhiba keletkezését a 3. ábra szemlélteti. Megfigyelhető, hogy ha a moduláció vektora (U_{mod}) és a vivó vektora ($U_{vivó}$) elegendően kicsi, akkor az eredő vektor abszolút értéke nem változik az U_{mod} változás hatására. Ez annyit



1. ábra

H 545-1



2. ábra [H 545-2]

jelent, hogy itt 100%-os differenciális amplitúdóhiba keletkezik. Az is megfigyelhető, hogy ilyen nagy hiba csak akkor keletkezik, ha az U_{mod} párhuzamos az $U_{vivő}$ -vel. Ez a feltétel a csokaoldalsávos átvitel miatt csak a vivő közvetlen közelében, tehát kis moduláló frekvenciák esetén teljesülhet. Ahol az adó csak az egyik oldalsávot sugározza ki, ott az U_{mod} vektor már nem lesz szinkronban az $U_{vivő}$ -vel, tehát az ábrán mint forgó vektor jelentkezik, és így differenciális amplitúdóhiba sem keletkezik. A reaktáns vivőáthallás okozta amplitúdóhiba 0-tól

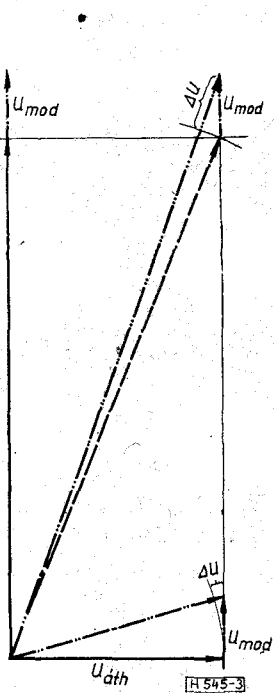
1 MHz-ig monoton csökken, előlött eltűnik. Kisfrekvenciás jelekre nézve az ún. statikus linearitáshiba nagyságát a 4. ábra mutatja.

A differenciális fázishiba keletkezését az 5. ábrán lehet nyomon követni. Az ábrából kivehető, hogy a demodulált U_{mod} vektor fázisa az $U_{vivő}$ pillanatnyi hosszától függően $0...90^\circ$ között változhat, a keletkező hiba tehát igen nagy, és a vivő nullátmenetétől távol is jelentős lehet. A 6. ábra a differenciális fázishibát mutatja a modulációs mélység függvényében, az áthallásban paraméterezve. Az ábrázolt hiba igazi differenciális értelemben vett fázishiba. Ha a hibát 10% mérőjellel mérjük, akkor a kapott eredmény átlagérték lesz. Ha a görbe igénybevett része egyenes szakasszal közelíthető, akkor az átlagos hiba megegyezik a világosság jelehez tartozó pillanatnyi hibával.

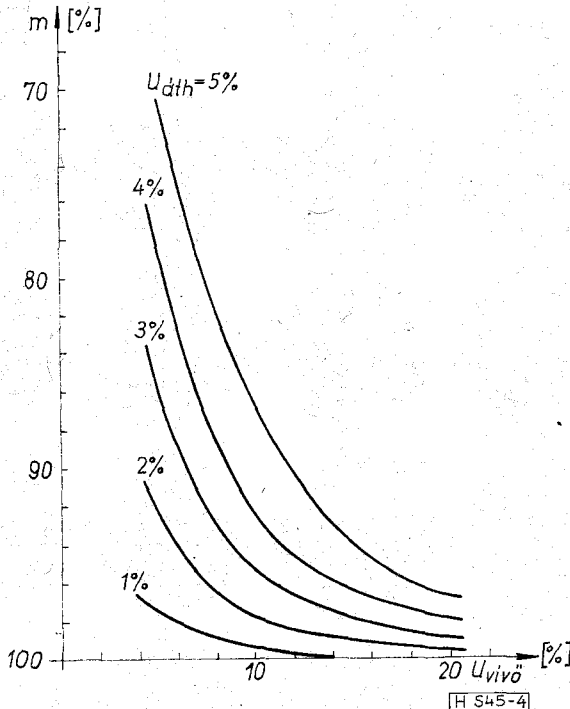
Összefoglalva a modulátorban keletkező hibák közül legnagyobb a reaktáns vivőáthallás okozta differenciális fázishiba. Ha a megengedett hiba 3° , akkor az áthallás nem lehet nagyobb, mint 0,75%. A 7. és 8. ábrák azt szemléltetik, hogyan viselkedik a fűrészelés és a szuperponált színsegédvívőjel a nullátmenet közelében helyes és helytelen kiegyenlítés esetén. Az ábrák alapján a hiba jelenléte egyszerű eszközökkel megállapítható.

A KF modulált rendszerű tv adókban lehetőség nyílik arra, hogy az oldalsáv-karakterisztikát már a kisteljesítményű fokozatokban ki lehessen alakítani. Több lehetőség kínálkozik:

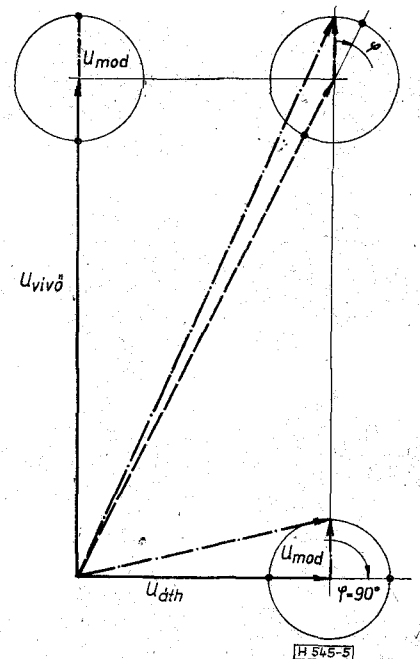
- a teljes oldalsáv-karakterisztikát egyetlen KF szűrő alakítja ki,
- egy hangoldali felületáteresztő és egy képoldali aluláteresztő szűrő együttesen adja az oldalsáv-karakterisztikát,
- a képoldal kialakítása KF-en, a hangoldal kialakítása videofrekvencián történik.



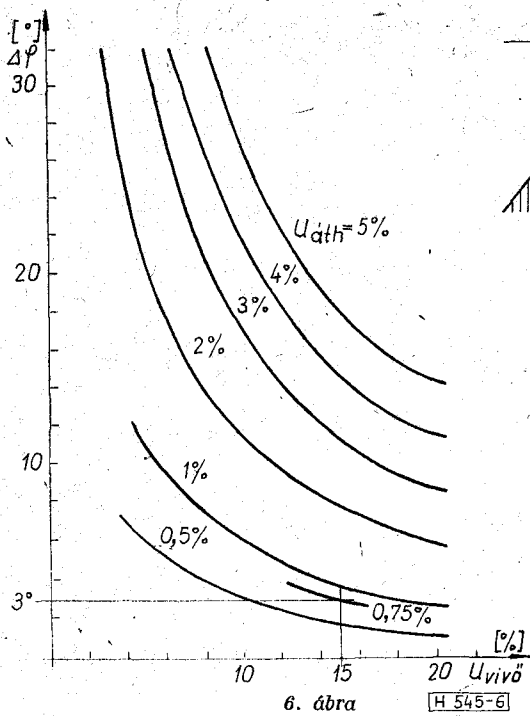
3. ábra



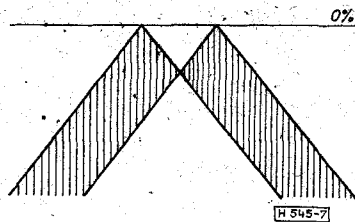
4. ábra



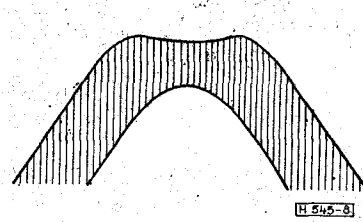
5. ábra



6. ábra



7. ábra



8. ábra

emittáló képessége miatt következik be, hanem a meginduló rácsáram miatt a bemeneti oldalon. Ezért a minél nagyobb anódáram-kivezérés érdekében törekedni kell a bemenet feszültség-generátor jellegű vezérlésére. A feszültség-generátoros vezérlés fehér oldalon is előnyös lehet. Ugyanis a rácsáram vagy a nemlineáris bemenőellenállás hatására keletkező harmónikusok a csőkarakterisztika görbült részét eltorzíthatják az alapharmónikus szempontjából, ezáltal a munkapont-beállítástól függő fehér oldali oldalsáv-visszatérés minimuma nem éri el a kívánt értéket, vagy egyáltalán nem is jelentkezik.

A klisztronos teljesítményerősítő fekete oldali linearitás-hibája már szürke szinten jelentkezhet, ezért a fekete oldali oldalsáv-visszatérés igen jelentős lehet. Szerencsére az erősítő meglehetősen széles sávú, ezért a meghajtó egységben alkalmazott linearitás-korrektorral elegendően kis oldalsáv-visszatérés érhető el. Ha a linearitás-korrektor az oldalsáv-szűrő után van elhelyezve, akkor a nonlinearitás hatására megjelenő elnyomott oldalsáv alkalmas a klisztronos fokozatban keletkező hasonló produktum kiegyenlítésére.

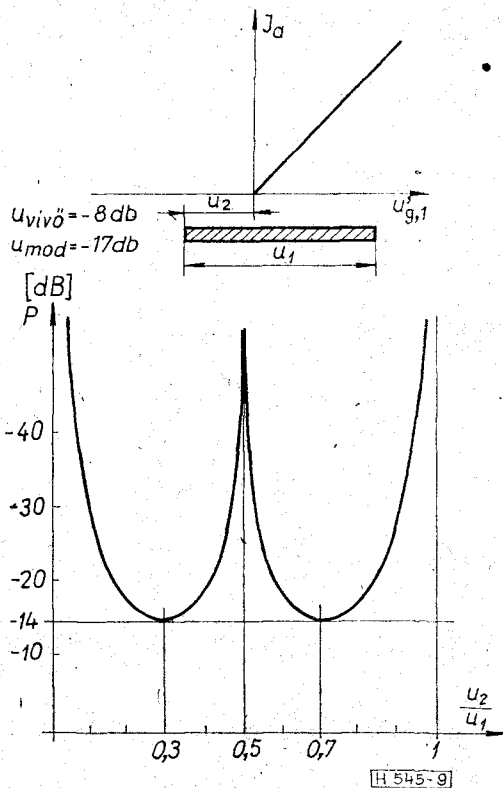
Beszélni kell még az ún. szintfüggő frekvencia-menetről. A hiba úgy jelentkezik, hogy a fehér és a

Az adó teljes átviteli görbéje lényegesen eltérhet a szűrők által meghatározott átviteltől. Legnagyobb eltérés az elnyomott oldalsáv helyén lehetséges. Az adó nagyobb teljesítményű fokozatai többnyire „B” vagy „AB” munkapontban működnek, és rossz beállítás esetén jelentős intermoduláció keletkezhet a képvivő és a meglevő oldalsáv között. Ennek hatására az előző fokozatokban csaknem teljesen elnyomott alsó oldalsáv visszatér. A jelenség magyarázata az, hogy ezekben a fokozatokban az amplitúdómodulált jel egy járulékos folyásiszög-modulációt hozhat létre. Ennek hatására a moduláció újra modulálja a vivőt, de most már kétoldalsávosan. Az oldalsáv visszatérés mind fehér, mind fekete szinten jelentős lehet. A hiba a Nyquist-demodulátor kimenetén közvetlenül nem mérhető a kérdéses csatornában, de az a linearitáshiba, ami ezzel többnyire együtt jár, már igen.

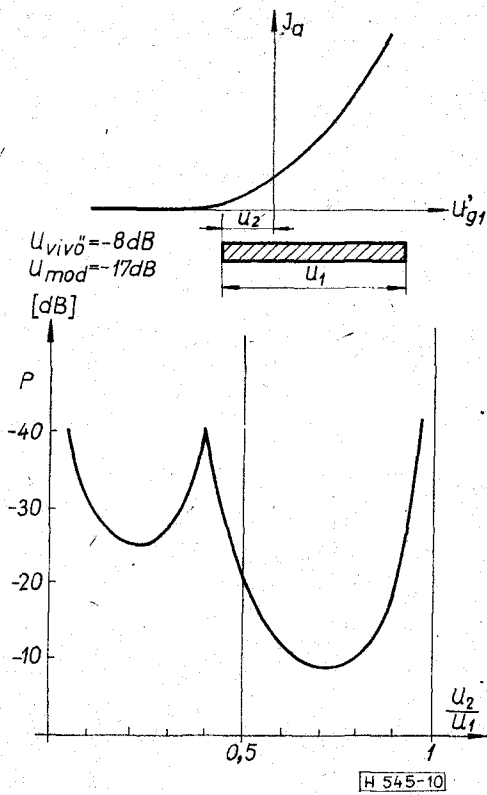
A fehér oldali oldalsáv-visszatérés a nem „A” osztályú erősítőfokozatokban keletkezhet. A hiba oka a nem megfelelő csőkarakterisztika (tranzisztor-karakterisztika) vagy a nem megfelelő munkapont beállítás. A jelenséget illusztrálja a 9. és 10. ábra.

A 9. ábrán látható, hogy ideális töréspontos karakterisztika esetén, ha az eszköz a vezérlő jelet félbevágja, akkor nem keletkezik oldalsáv-visszatérés. Ha az eszköz-karakterisztika valóságos, görbült, akkor a visszatérés-minimumot adó beállítás a félértéktől eltolódik, és a minimális érték a görbült szakasz alakjától függ. A modern eszközök karakterisztikája olyan speciális alakú, hogy „B” osztályú beállítás esetén sem nagyobb a visszatérés, mint 35...40 dB.

A fekete oldali oldalsáv-visszatérés az erősítő fokozatok telítési szakaszán keletkezik, függetlenül a munkapont-beállítástól. Hiba esetén tehát először az eszközök üzemi viszonyait kell megvizsgálni (bemeneti és kimeneti áram- és feszültség-kivezérés). Modern adócsöveknél a telítés nem a katód véges



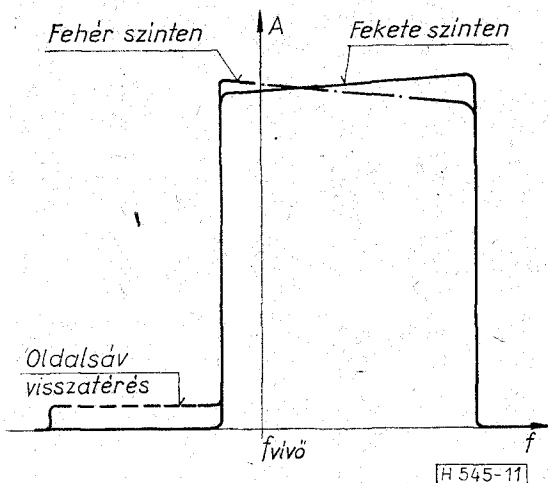
9. ábra



10. ábra

fekete szinten mérhető oldalsáv-karakterisztika nem fedi egymást, hanem egy ferdeség jellegű különbség mutatkozik (11. ábra). A hiba főként a nagyteljesítményű fokozatokban keletkezik azáltal, hogy a kialakított rezgőkörök hangolási frekvenciája a kimenő teljesítmény függvényében megváltozik. A hangolási frekvenciák látszólagos megváltozását az egyes fokozatok közötti szintfüggő reflexiók is okozhatják. Jól méretezett erősítők esetén e hibával együtt a megadott tőrésen belül tartható a teljes adó oldalsáv-karakteristikája. Klisztronos adóban szükség lehet olyan korrektor alkalmazására, amely ezt a hibát korrigálja.

Összefoglalva a KF modulált rendszerű tv képadóban az oldalsáv-karakterisztika alakulását jelentősen befolyásolja az



11. ábra

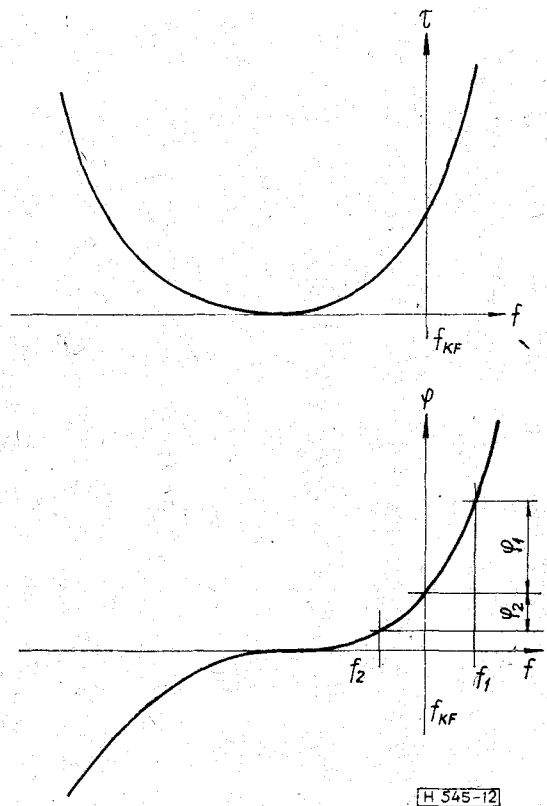
oldalsávzűrőt követő fokozatok nonlinearitása. Ezért, és más szempontból is, törekedni kell arra, hogy az egyes erősítő fokozatok önmagukban is lehető lineáris működésűek legyenek, és csak indokolt esetben szabad valamilyen kompenzáló eljárást alkalmazni.

A KF modulált rendszerű képadóban mind videofrekvencián, mind középfrekvencián lehet csoportfutási idő korrekciót végezni. A korrektor egység korrigálható hatása kiterjedhet a teljes adóra és a Nyquist-demodulátorra. Több korrektor alkalmazásával külön lehet választani az adó, valamint a vevő korrekcióját és esetleg más, jelentős csoportfutási idő hibát okozó egység önálló korrekcióját. Megosztott korrekció esetén egyrészt lehetővé válik az adó egyes részeinek önálló beállítása, másrészt a szükséges minimális tagszámnál több korrektor alkalmazása jelentősen ronthatja az adó más minőségi jellemzőit.

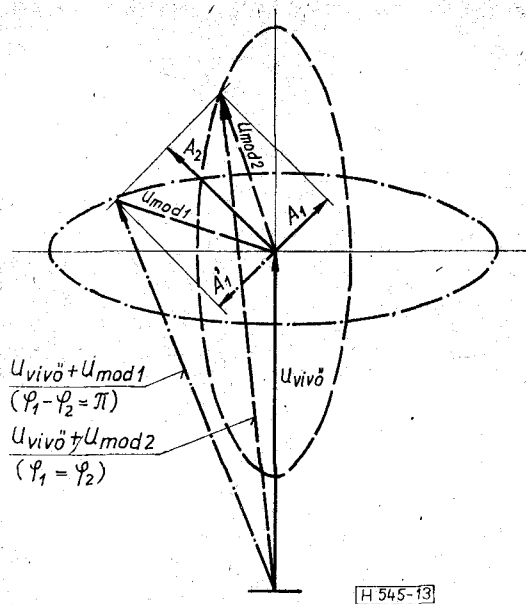
Ha a végfokozat és a linearitás-korrektor együtt közel lineáris rendszert alkot, akkor a csoportfutási idő korrektor helye a video bemenet és a linearitás-korrektor között van. Az előző feltétel akkor teljesül, ha a linearitás-korrektor az oldalsávzűrő után foglal helyet. A videofrekvencián működő linearitás-korrektor minden jelre azonos hatást gyakorol, a KF-en működő korrektor másképpen viselkedik a kétoldalsávós és az egyoldalsávós összetevőkre nézve. Transziens átvitel szempontjából ezért nem közömbös, hogy az adóban hol történik a linearitás-korrekción.

A csoportfutási idő korrekció szempontjából a videosávot három részre lehet bontani:

a kétoldalsávós átvitelre kerülő frekvenciasávra, átmeneti sávra a kétoldalsávós és az egyoldalsávós átvitel között és az egyoldalsávós átvitelre kerülő sávra.



12. ábra



13. ábra

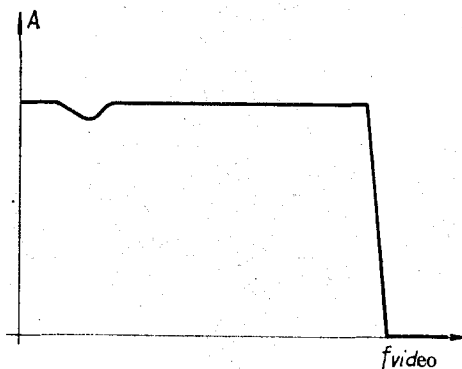
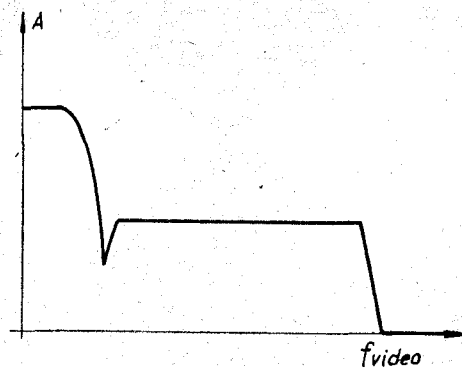
Vizsgáljuk meg azt, hogy milyen különbségek adódnak a videofrekvencián és a középfrekvencián megvalósított csoportfutási idő korrekció között. A 12. ábra a modulátor kimenetétől a demodulátor video detektor bemenetéig mutatja kvalitatíve a csoportfutási időt és a fázismenetet.

A KF-en történő korrekció a teljes átviteli sávfrekvencia-tartományban történik, ahol lehetőség van az alsó és felső oldalsáv különválasztására.

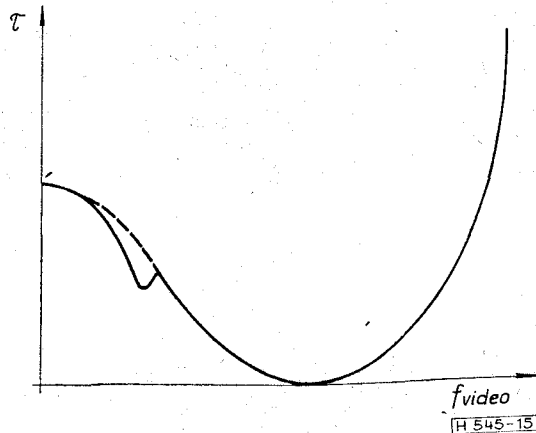
A kétoldalas átviteli sávban, ha a fázisgörbe a kép-vivőre nézve pontszimmetrikus lenne, akkor a videojel szempontjából egyenértékű lenne a kétféle korrekció.

Az átmeneti sávban jelentős fázisszimmetria jelentkezik. Ennek hatására az alapsávban frekvencia-amenet hiba jelentkezik, amelyet a 13. ábra magyaráz. Fázisszimmetrikus esetben az ismert elliptikus moduláció jön létre. Ha a fázisszimmetria 180° -os (ez a legrosszabb állapot), akkor az ellipszis nagytengelye a vivő vektorra merőleges lesz, és így jelentős moduláció csökkenés jön létre. A 14. ábra azt szemlélteti, hogy miként jelentkezik a hiba a kétoldalsáv és a Nyquist-demodulátor kimenetén. A Nyquist-demodulátor kimenetén jelentkező hiba szemmel láthatóan kisebb, s ennek az az oka, hogy a Nyquist-oldalon a nagy fázisszimmetriával jelentkező összetevők erősen csillapodnak. A 15. ábra azt szemlélteti, hogy a videosávban mérhető csoportfutási idő görbén milyen jellegzetes torzulást okoz a fázisszimmetria.

Az amplitúdó- és csoportfutási idő menetben mutatkozó hibák korrigálására a régebbi előírások engedélyeztek egy videofrekvencián működő kiemelő áramkört. Ez lehetővé tette, hogy a csoportfutási idő korrekció teljes egészében a videosávban történhessen meg. Az újabb adóelőírások legalább a kétoldalas és az átmeneti átviteli sávban kötelezően írják elő a KF-en működő csoportfutási idő korrektor alkalmazását.



14. ábra



15. ábra

Az egyoldalas átviteli sávban a videojel szempontjából elvileg mindegy, hogy a korrekció a videosávban vagy a KF sávban történik-e meg.

Összefoglalva az adóra megadott specifikáció teljesíthetősége szempontjából régebben mindkét megoldás megfelelő volt annak ellenére, hogy a videofrekvenciás korrektor alkalmazása kompromisszumot jelentett. A középfrekvenciás korrektor a kis relatív sávszélesség miatt nehezebben realizálható kellő stabilitással, ezért még ma is van létjogosultsága a vegyes korrekciónak. A szükséges korrektortag mennyiség felét vagy még ennél is többet érdemes passzív mindentátesztőkkel realizálni, és aktív, állítható korrektorként csak annyit meghagyni, amennyi a szóhajóható hibák előírt tűrésein belül kiegyenlítéséhez feltétlenül szükséges.