

DR. FERENCZY PÁL-KIS-SZÖLGYÉMI FERENC-DR. PÁLINSZKI ANTAL
BME Híradástechnikai Elektronika Intézet

Új rendszerű PAL dekódolási eljárás

ETO 621.397.132.125

Kutatómunkánk célkitűzése az volt, hogy kidolgozzunk egy olyan új eljárást PAL jelek dekódolására, amelynek műszaki paraméterei a hagyományos eljárással egyenértékűek, esetleg annál jobbak. A munka során a fő nehézséget az okozta, hogy az eredeti PAL szabadalmi leírásban minden olyan eljárás védett, amely a PAL jelet és késleltetett megfelelőjét összeadja vagy kivonja, azaz közismert néven fésűszűrőt alkalmaz. Márpedig ha nem akarjuk a szem integráló képességére bízni a fázishibák kiküszöbölését, akkor késleltető művonal használata elengedhetetlen. Az új eljárás lényege az, hogy a PAL jel esetleges fázishibáit, amelyek akár a differenciális fázistorzítás, akár a referenciajelet előállító oszcillátor fázisának instabilitása következtében jönnek létre, demodulálás nélkül korigálja.

Az új eljárás elve

Az eljárás lényegét tükröző elvi tömbvázlat az 1. ábrán látható. A bemenetre kerülő PAL jel $[f(t)]$ egy soridejű késleltető művonalon és fázisfordítón keresztül jut a szorzó áramkör egyik bemenetére. A szorzó áramkör másik bemenetére olyan kétszeres színsegédvívó frekvenciájú jel kerül, amelynek pozitív nullátmenetei egybeesnek a 0° referens fázisú segédvívó nullátmeneteivel. A szorzó áramkör kimenőjele sávszűrőn keresztül jut az összegző bemenetére. A sávszűrő hangolási frekvenciája a PAL

színsegédvívó frekvencia (ω_0) . Az összegző másik bemenetére az eredeti PAL jel jut egy csillapítón keresztül.

Ezek után vizsgáljuk meg matematikailag, hogy milyen kapcsolat van az $f(t)$ és $f_x(t)$ jel között.

A valóság közelítően jó modellezése érdekében tételezzük fel, hogy a PAL kvadratúra-modulált jel összetevői, az $u(t)$ -vel és $v(t)$ -vel jelölt alapsávi színkülönbségi jelek, gyengén stacionáriusak. Gyengén stacionárius folyamatoknak mindig létezik spektrális előállításuk. Ily módon $u(t)$ és $v(t)$ az alábbi alakban írható fel:

$$u(t) = \int_{-b}^b e^{j\omega t} d\beta_u(\omega), \quad (1)$$

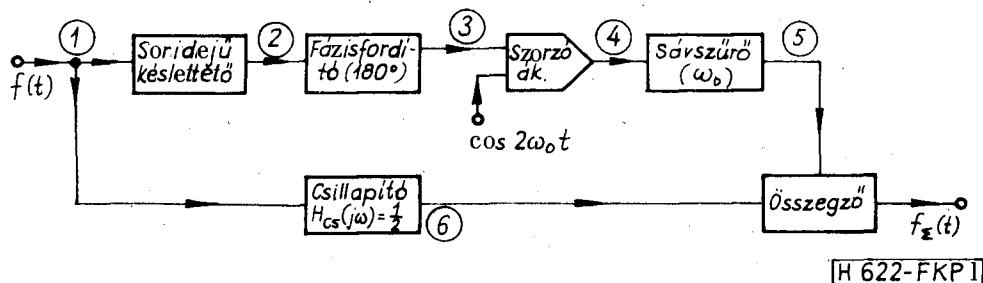
$$v(t) = \int_{-b}^b e^{j\omega t} d\beta_v(\omega). \quad (2)$$

Az (1) és (2) kifejezésekben „b” az alapsávi sávhatárt jelöli és $\beta_u(\omega)$, illetve $\beta_v(\omega)$ az $u(t)$ és $v(t)$ gyengén stacionárius folyamathoz tartozó ortogonális növekményű spektrális folyamat, azaz az $u(t)$ és $v(t)$ komplex spektrális előállításuk.

Ezek alapján az $f(t)$ kvadratúra-modulált jel spektrális előállításuk a következő alakban írható fel:

$$\begin{aligned} f(t) &= u(t) \cos \omega_0 t + v(t) \sin \omega_0 t = \\ &= \frac{1}{2} \int_{-b}^b e^{j(\omega+\omega_0)t} d\beta_u(\omega) + \frac{1}{2} \int_{-b}^b e^{j(\omega-\omega_0)t} d\beta_u(\omega) + \end{aligned}$$

Beérkezett: 1978. IX. 26.



1. ábra. Fázishibamentes PAL jel előállítása

$$+ \frac{1}{2} \int_{-b}^b e^{j(\omega+\omega_0)t} e^{-j\frac{\pi}{2}} d\beta_v(\omega) + \frac{1}{2} \int_{-b}^b e^{j(\omega-\omega_0)t} e^{j\frac{\pi}{2}} d\beta_v(\omega). \quad (3)$$

A késleltető művonal és a fázisfordító hatását, transzfer karakterisztikájuk ismeretében, együttesen vesszük figyelembe. A PAL rendszer követelményeinek megfelelő művonal késleltetési ideje a színsegédvívó periódusidejének 283,5-szerese, így módon az ideálisnak feltételezett művonal transzfer karakterisztikája a következő:

$$H_\tau(j\omega) = e^{-j\omega_0 \frac{283,5 \cdot 2\pi}{\omega_0}} \quad (4)$$

az $\omega_0 \pm b$ sávban.

A fázisfordító transzfer karakterisztikája pedig:

$$H_\pi(j\omega) = -1 = e^{-j\pi} \quad \text{az } \omega_0 \pm b \text{ sávban.} \quad (5)$$

Az együttes hatást a két karakterisztika szorzata hozza létre, azaz

$$H_e(j\omega) = H_\pi(\omega) \cdot H_\tau(j\omega) = e^{-j283,5 \cdot 2\pi} e^{-j\pi}. \quad (6)$$

Ezek alapján felírhatjuk a szorzó áramkör bemenetén létrejövő $f_3(t)$ spektrális előállítását:

$$f_3(t) = \frac{1}{2} \int_{-b}^b e^{j(\omega+\omega_0)t} e^{-j283,5\pi \cdot 2} e^{j\pi} d\beta_u(\omega) + \frac{1}{2} \int_{-b}^b e^{j(\omega-\omega_0)t} e^{j283,5 \cdot 2\pi} \cdot e^{j\pi} \cdot d\beta_u(\omega) + \frac{1}{2} \int_{-b}^b e^{j(\omega+\omega_0)t} e^{-j283,5 \cdot 2\pi} \cdot e^{-j\pi} \cdot e^{-j\frac{\pi}{2}} d\beta_v(\omega) + \frac{1}{2} \int_{-b}^b e^{j(\omega-\omega_0)t} e^{j283,5 \cdot 2\pi} \cdot e^{j\pi} \cdot e^{j\frac{\pi}{2}} d\beta_v(\omega). \quad (7)$$

A szorzó áramkör kimenőjele megkapható, ha képezzük az $f_3(t) \cdot \frac{e^{j2\omega_0 t} + e^{-j2\omega_0 t}}{2}$ szorzatot.

A szorzó áramkör utáni sávszűrő átviteli karakterisztikája az $\omega_0 \pm b$ sávban $H_{\omega_0}(j\omega) = 1$ és így módon a sávszűrő kimenetén a $3\omega_0$ környezetében levő spektrális összetevők nem jelennek meg. Tehát a sávszűrő kimenőjele a következő lesz:

$$f_5(t) = \frac{1}{4} \left[\int_{-b}^b e^{j(\omega+\omega_0)t} e^{j283,5 \cdot 2\pi} e^{j\pi} d\beta_u(\omega) + \int_{-b}^b e^{j(\omega-\omega_0)t} e^{-j283,5 \cdot 2\pi} \cdot e^{-j\pi} d\beta_u(\omega) + \int_{-b}^b e^{j(\omega+\omega_0)t} e^{j283,5 \cdot 2\pi} \cdot e^{j1,5\pi} d\beta_v(\omega) + \right. \quad (8)$$

$$\left. + \int_{-b}^b e^{j(\omega-\omega_0)t} e^{-j283,5 \cdot 2\pi} e^{-j1,5\pi} d\beta_v(\omega) \right].$$

A (8) kifejezésben szereplő $283 \cdot 2\pi$ fázistolás lényegében egy televíziós soridejű (τ) késleltetést jelent, azaz

$$f_5(t-\tau) = \frac{1}{4} \left[\int_{-b}^b e^{j(\omega+\omega_0)t} e^{j2\pi} d\beta_u(\omega) + \int_{-b}^b e^{j(\omega-\omega_0)t} e^{-j2\pi} d\beta_u(\omega) + \right. \quad (9)$$

$$\left. + \int_{-b}^b e^{j(\omega+\omega_0)t} e^{j2,5\pi} d\beta_v(\omega) + \int_{-b}^b e^{j(\omega-\omega_0)t} e^{-j2,5\pi} d\beta_v(\omega) \right].$$

A (9) egyenlet felírásakor feltételeztük, hogy a továbbított tv-kép két — időben egymástól kb. soridőre levő — képelemének színinformáció-tartalma között igen nagy a korreláció, amit egyébként a klasszikus PAL rendszer is felhasznál.

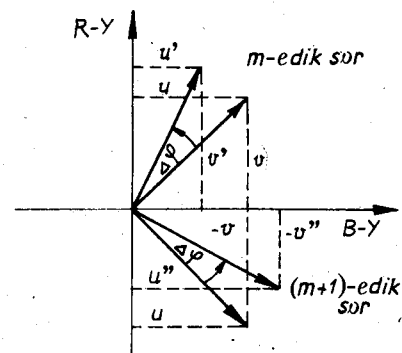
A (9)-es kifejezés némi átalakítással a következő alakban írható fel:

$$f_5(t-\tau) = \frac{1}{2} [u(t) \cos \omega_0 t - v(t) \sin \omega_0 t]. \quad (10)$$

Az összegző másik bemenetén ugyanekkor figyelembe véve a csillapító tag csillapítását is, a (10) kifejezéssel megegyező jel van. Tehát az összegző kimenetén létrejövő $f_5(t)$ jel, amennyiben nincs fázistorzítás, teljesen megegyezik mind az m -edik, mind az $(m+1)$ -edik tv-sorban az 1. ábra tömbvázlatán látható áramkör bemenetére kerülő $f(t)$ jellel.

Fázistorzítás hatásának vizsgálata

A fázistorzítás hatásának vizsgálatát, az egyszerűbb kiértékelhetőség kedvéért, egy tetszőleges színű homogén képmezőnek megfelelő moduláló jel esetére végezzük el. Az alapsávi vörös színkülönbségi összetevőt v -vel, a kéket pedig u -val jelöljük (2. ábra). A 2. ábra alapján könnyen levezethető, hogy a $\Delta\varphi$ nagyságú fázistorzítás hatására az m -edik és az



H 622-FKP 2

2. ábra. A fázistorzítás hatásának szemléltetése

($m+1$)-edik sorban hogyan változnak meg az egyes szinkülönbségi összetevők (u' , v' és u'' , v''):

$$u' = \cos \Delta\varphi - v \sin \Delta\varphi, \quad (11)$$

$$v' = v \cos \Delta\varphi + u \sin \Delta\varphi, \quad (12)$$

$$u'' = u \cos \Delta\varphi + v \sin \Delta\varphi, \quad (13)$$

$$v'' = v \cos \Delta\varphi - u \sin \Delta\varphi. \quad (14)$$

A (11), (12), (13) és (14) ismeretében, valamint (10) alapján az összegző bemeneteire a következő jelek jutnak:

$$f_5(t) = \frac{1}{2} [u' \cos \omega_0 t \pm v' \sin \omega_0 t], \quad (15)$$

$$f_6(t) = \frac{1}{2} [u'' \cos \omega_0 t \pm v'' \sin \omega_0 t]. \quad (16)$$

Az összegző kimenetén tehát az alábbi jel jelenik meg:

$$f_{\Sigma, m, m+1}(t) = \frac{1}{2} [(u' + u'') \cos \omega_0 t \pm (v' + v'') \sin \omega_0 t] = [u \cos \omega_0 t \pm v \sin \omega_0 t] \cos \Delta\varphi. \quad (17)$$

A (17) kifejezésből látható, hogy a hagyományos PAL dekódolási eljárással megegyezően a $\Delta\varphi$ nagyságú fázistorzítás színezetváltozást nem okoz, csak a telítettség csökken $\cos \Delta\varphi$ -vel arányosan.

Az új rendszerű dekóder elvi felépítése

Az előzőekben bizonyítást nyert az a tény, hogy az új eljárással létrehozott PAL jel fázistorzításmentes, tehát a szokásos szorzó demodulátorok alkalmazásával az alapsávi szinkülönbségi jelek visszanyerhetők, feltéve, hogy a szorzásra ugyanabból a forrásból származó színsegédvívőt használunk fel, mint ahonnan a kétszeres segédvívő-frekvenciás jelet vettük. A dekóder elvi működését a 3. ábrán látható tömbvázlat szemlélteti. Az ábrán szaggatott vonallal bekeretezett fokozatok szerepéről a fentiekben már részletesen szöveltünk. Az összegző kimenőjele [$f_{\Sigma}(t)$] automatikus erősítésszabályozó (ACC) fokozaton keresztül jut a vörös és kék szinkülönbségi jeleket előállító szorzó áramkörökre. A szorzó áramkörök természetesen megkapják a megfelelő frekvenciájú

és fázisú referenciajeleket. Az aluláteresztő szűrők kimenetén létrejönnek az $u(t)$ és $v(t)$ alapsávi jelek.

Az ACC erősítő szabályozó feszültségét előállító fokozat kialakításánál figyelembe lehet venni a fázistorzítások miatt keletkező, csak $\cos \Delta\varphi$ -vel arányos színjelamplitúdó-csökkenés korrekcióját. Ezt azért érdemes megjegyezni, mert a hagyományos PAL dekóderekben a fázishibából adódó telítettség-csökkenés korrigálására elvileg sincs lehetőség.

Az új dekódolási eljárás áramköri megvalósítása

Az 1. és 3. ábrán látható tömbvázlatok csak a leglényegesebb elvi funkciók ellátását végző egységeket tartalmazzák. Az elvek áramköri megvalósítása szinte mindig, így esetünkben is, bizonyos fokú változtatásokat igényel, és a bonyolultságot növeli. Természetesen mindezek az elvi működés lényegét nem befolyásolják.

A 4. ábrán látható részletes tömbvázlat a lehetséges realizálási variánsok általunk megvalósított változatát mutatja.

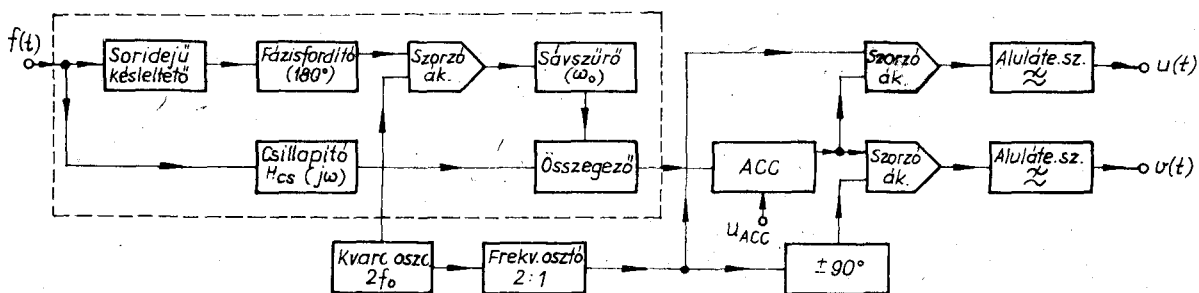
A dekóder négy fő egységre osztható, amelyeket a 4. ábrán szaggatott vonallal jelöltünk, ezek a következők:

1. fázishiba kompenzáló,
2. demodulátorok,
3. APC,
4. színazonosító.

A dekóder működése a 4. ábra alapján főbb vonalakban a következő.

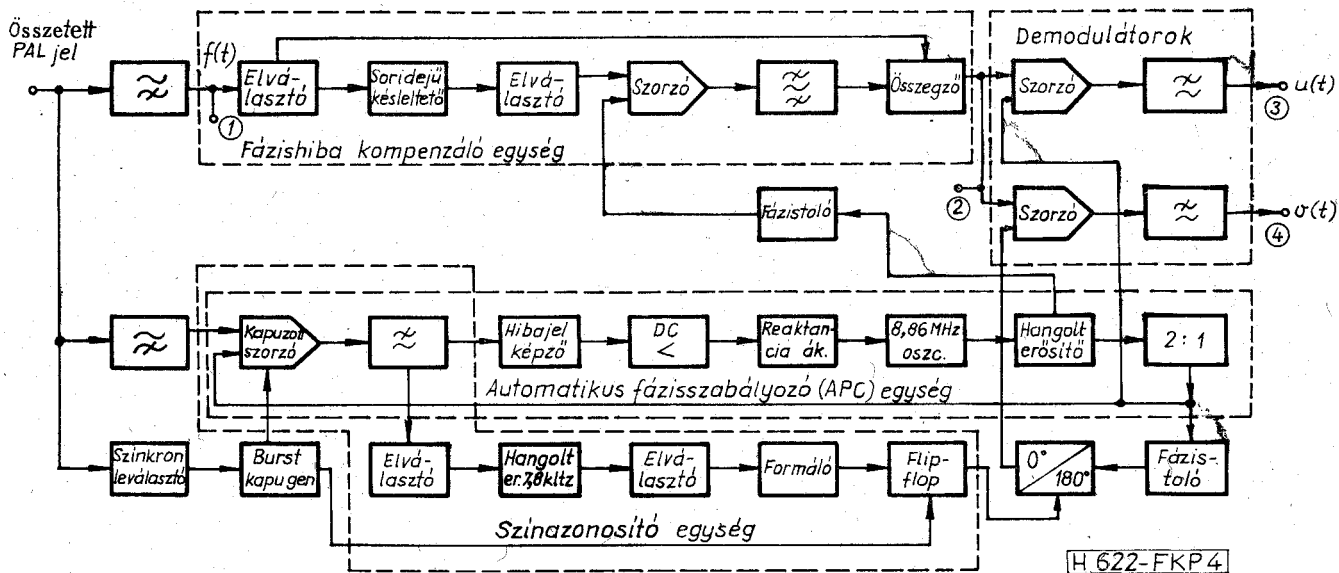
Az összetett PAL jel egy-egy feluláteresztő szűrőre és egy szinkronjel leválasztó fokozatra kerül. A feluláteresztő RC tagok feladata a világosságjel kiszűrése. A világosságjeltől gyakorlatilag mentes PAL jel egyrészt a fázishiba kompenzáló egységre, másrészt az APC és a színazonosító egységekre jut.

A fázishiba kompenzáló első fokozata két feladatot lát el. Részből elválasztja a feluláteresztő szűrőt és a soridejű késleltető művonalat, részben pedig megvalósítja a közvetlen jelúton a szükséges csillapítást. A késleltető művonalat és a szorzó áramkört szintén egy emitterkövető választja el egymástól. A szorzó áramkör a $\mu A 796$ típusú integrált áramkörre épül. A szorzó áramkör másik bemenetére kerül a kétszeres színsegédvívő-frekvenciájú referenciajel. Az 1. ábra tömbvázlatán szereplő fázisfordítót és szorzó áram-



H 622-FKP 3

3. ábra. A dekóder tömbvázlata

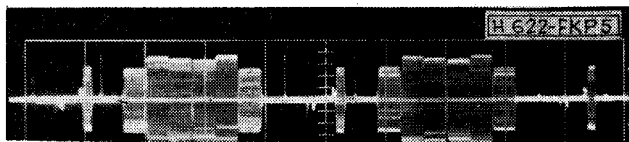


4. ábra. A megvalósított dekóder tömbvázlata

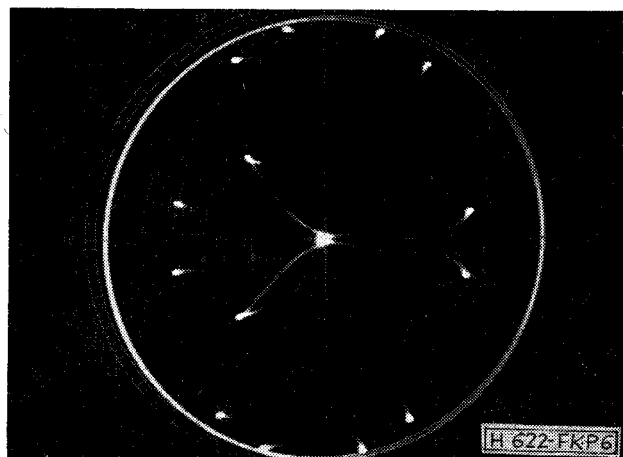
kört a μA 796 integrált áramkör magában foglalja. A szorzó áramkör kimenetén megjelenő 3-szoros segédvívő-frekvenciás komponenseket a szorzót követő segédvívő-frekvenciára hangolt sávszűrő kiszűri. A közvetlen út jele és a késleltetett jel két-tranzisztoros összeadó fokozatra kerül. Az összeadó kimenetén már fázishibamentes PAL jel jelenik meg.

Az így előállított PAL jel demodulálásához szükséges megfelelő fázisú, színsegédvívő-frekvenciájú referencialeleteket az automatikus fázisszabályzó (APC)

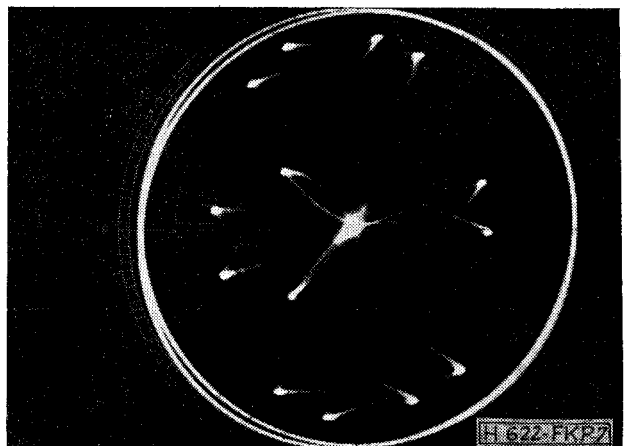
egység állítja elő. Az egység bemenetén levő kapuzott szorzó áramkör egy felüláteresztő szűrőn keresztül kapja meg a kódolt PAL jelet. A kapuzott áramkör, amelyet a TBA 120S típusú integrált áramkörrel realizáltunk, feladata a burst jelek demodulálása. A demoduláláshoz szükséges referenciajel a szorzó áramkör másik bemenetére kerül. A burst kapugenerátorból érkező kapujelek csak a burst idejére engedélyezik a szorzó működését. A demodulált burst jelek egy aluláteresztő szűrő fokozat után



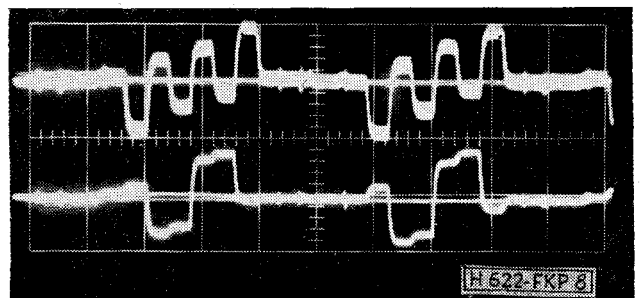
5. ábra. Y-jelről leválasztott PAL jel



6. ábra. Y-jelről leválasztott PAL jel vektordiagramja



7. ábra. Fázishibamentes PAL jel vektordiagramja



8. ábra. Demodulált B—Y és R—Y jelek idődiagramjai

egyrészt a hibajel képzőre, másrészt egy elválasztó fokozaton keresztül a színazonosító egység 7,8 kHz-re hangolt szelektív erősítőjére jutnak. A több, egymás utáni burst jel fázisának átlagával arányos hibajel vezérli a kétszeres színsegédvívő-frekvencián rezgő kvarcoszcillátor reaktancia-áramkörét. A 8,86 MHz frekvenciájú segédvívő egy hangolt erősítőn keresztül érkezik a fázishiba-kompenzáló egység szorzó áramkörének második bemenetére, valamint az APC egység 2:1-es frekvenciaosztójára. Az osztó kimenőjelének a kapuzott szorzó második bemenetére történő visszacsatolásával záródik az APC (PLL) hurok. A frekvenciaosztót egy SN7472 típusú integrált áramkör realizálja.

A fázishibára kompenzált PAL jelből a TBA 120S típusú integrált áramkörökre épülő demodulátorok állítják elő az $u(t)$ és $v(t)$ alapsávi jeleket, a megfelelő fázisú színsegédvívők felhasználásával. A színazonosító egység állítja elő a vörös demodulátorra jutó színsegédvívő fázisát kapcsolgató vezérelt fázistoló helyes fázisú vezérlőjelét.

A megvalósított dekóder néhány jellegzetes pontján mérhető jelalakok oscillogramjai az 5., 6., 7. és 8. ábrán láthatók.

I R O D A L O M

- [1] Dr. Ferenczy P.: A PM—PAL dekódolási eljárás továbbfejlesztése. Tanulmány, 1976.
- [2] Dr. Pálinszki A.—Kis-Szölgyémi F.: Fázishiba korrekciót végző, új megoldású PAL dekóder realizása. Tanulmány, 1975.
- [3] Dr. Ferenczy P.: Televíziótechnika. Egyetemi jegyzet, Tankönyvkiadó, Budapest, 1977.
- [4] Offenlegungsschrift 2124815 Farbfernsehempfänger für PAL — Farbfernsehsignale. 19. Mai, 1971.
- [5] Dr. Ferenczy P.: Új eljárások színes televíziójelek előállítására és dekódolására. Akadémiai doktori értekezés, 1978.
- [6] Dr. Pálinszki A.: PAL rendszerű dekódolás alapsávi kiselletetés felhasználásával. Híradástechnika, megjelenés alatt.
- [7] Dr. Pálinszki A.: PAL és NTSC jelek előállításának a szokásostól eltérő megoldásai. Híradástechnika, megjelenés alatt.