

1 9 6 9

Nr 40

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI  
WARSZAWA — MIEDZESZYN

PROBLEMY

ŁĄCZNOŚCI



MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI



# PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

ROK 9

WARSZAWA 1969

NR 40

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI  
Branżowy Ośrodek  
Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Redakcja

Problemów Łączności i Przeglądu Zagadnień Łączności

Redaktor Naczelny - prof. Zenon Szpigler

Redaktorzy działów:

mgr inż. Władysław Cetner, mgr inż. Adam Moniuszko,  
mgr inż. Józef Możejko, dr Stanisław Włoszczowski

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH RĘKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO

Egz. Nr

Redaktor: J. Borkowska

Montaż tekstu: B. Drabik

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności  
Format B5. Nakład 540. Druk ukończono  
we wrześniu 1969 r.

# PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

## SPIS TREŚCI

A. Podemski, J. Podejko - System telewizji kolorowej SECAM

Alfons Podemski

Janusz Podejko

## SYSTEM TELEWIZJI KOLOROWEJ

### SECAM

#### 1. WSTĘP

W ostatnich latach obserwuje się intensywne prace badawcze w dziedzinie telewizji kolorowej. Po długim okresie prac laboratoryjnych i zebraniu licznych doświadczeń zaczyna telewizja kolorowa wchodzić do eksploatacji na terenie niektórych państw europejskich.

Problem przesyłania obrazów kolorowych drogą telewizyjną został w zasadzie rozwiązany na początku lat pięćdziesiątych. W 1954 roku wprowadzono do eksploatacji w Stanach Zjednoczonych A.P., a w kilka lat później w Japonii, system telewizji kolorowej zwany NTSC. Jednak ze względu na jego małą odporność na zniekształcenia transmisyjne, rozpoczęto w Europie prace badawcze, których celem było opracowanie nowego ulepszanego systemu. Spośród opracowanych i zbadanych w tym czasie kilku nowych systemów telewizji kolorowej tylko dwa były równorzędne systemowi NTSC. Są to systemy SECAM i PAL.

Ze względu na międzynarodową wymianę programów telewizyjnych najkorzystniejsze byłoby przyjęcie przez wszystkie państwa jednego systemu telewizji kolorowej. Jednak na konferencji CCIR w Oslo w 1966 roku nie osiągnięto porozumienia w sprawie wprowadzenia w Europie jednolitego systemu telewizji kolorowej. Spośród propono-

wanych systemów NTSC, SECAM i PAL przyjęto w Europie do eksploatacji dwa - SECAM i PAL. Za systemem SECAM wypowiedziały się między innymi: Francja, ZSRR i Kraje Socjalistyczne, a za systemem PAL między innymi: Anglia, NRF, Włochy i Kraje Skandynawskie.

Obecnie w Europie cztery kraje rozpoczęły nadawanie programów telewizji kolorowej: ZSRR i Francja stosuje system SECAM, a Anglia i NRF system PAL.

W Polsce od dłuższego czasu prowadzi się badania systemu SECAM i przewiduje się wprowadzenie go w przyszłości do eksploatacji. W związku z tym wydaje się celowe zapoznanie Czytelników z podstawowymi zasadami i właściwościami tego systemu, któremu jest poświęcona niniejsza praca.

## 2. ZASADY SYSTEMU TELEWIZJI KOLOROWEJ SECAM III opt.

### 2.1. Ogólne podstawy telewizji kolorowej

#### 2.1.1. Wytwarzanie sygnałów kolorów podstawowych

W telewizji kolorowej wykorzystuje się właściwość oka ludzkiego, która umożliwia uzyskanie dowolnego koloru przy występowaniu bodźców jedynie w trzech kolorach podstawowych.

Zasada trójkolorowości jest oparta o eksperymentalne prawa Grassmana, z których wynika, że dla zadowalającej dla oka reprodukcji obrazu kolorowego nie jest niezbędne odtwarzanie wszystkich jego składowych spektralnych, a wystarcza nałożenie na siebie trzech elementarnych o-

brazów w kolorach, zwanych podstawowymi.

Przez odpowiedni dobór kolorów podstawowych można uzyskać możliwości odtwarzania niemal wszystkich kolorów występujących w przyrodzie. W telewizji kolorowej przyjęto za kolory podstawowe: czerwony (oznaczony symbolem R), zielony (G) oraz niebieski (B).

Współrzędne tych kolorów przedstawionych na tzw. wykresie kolorowości (chrominancji) w układzie współrzędnych przyjętym przez CIE (Międzynarodowy Komitet Oświetleniowy) (rys. 1)<sup>x)</sup> są następujące:

R	X = 0,67	G	X = 0,21
czerwony	Y = 0,33	zielony	Y = 0,71
	B	X = 0,14	
	niebieski	Y = 0,08	

Dla tego układu kolorów podstawowych przyjęto poza tym biel odniesienia, zwaną bielą C o współrzędnych:

$$C \quad X = 0,310$$

$$Y = 0,316$$

Biel odniesienia uzyskuje się przez zmieszanie kolorów podstawowych w równych proporcjach

$$R = G = B$$

W telewizji kolorowej analizę obrazu przeprowadza się metodami stosowanymi w telewizji monochromatycznej, z tym że zamiast jednego sygnału wizyjnego trzeba uży-

---

<sup>x)</sup> Wszystkie rysunki zamieszczone są na końcu artykułu.

skać trzy sygnały odpowiadające trzem kolorom podstawowym. Sygnały te uzyskuje się w kamerze dzięki trzem niezależnym jednoczesnym analizom nadawanego obrazu. Do tego celu można wykorzystać trzy lampy analizujące zaopatrzone w odpowiednie filtry optyczne i dzięki temu każda z lamp będzie reagowała na jeden z kolorów podstawowych (rys. 2).

Odtworzenie obrazu kolorowego wymaga dokładnego nałożenia trzech obrazów w kolorach podstawowych. Można to zrealizować za pomocą trzech kineskopów, których luminofofy dają światło w kolorach podstawowych, lub też jednej lampy trójkolorowej z pojedynczym ekranem, którego poszczególne elementy dają światło o kolorach podstawowych.

### 2.1.2. Odpowiedniość

Jak wynika z zasad kolorymetrii, każdy kolor jest jednoznacznie określony za pomocą trzech wielkości: luminancji, barwy i nasycenia. Luminancja jest cechą koloru, dającą dla oka wrażenie jaskrawości, barwa wiążąca się z długością dominującej fali świetlnej, pozwala określić, czy dany kolor jest czerwony, żółty, zielony, niebieski itd., natomiast nasycenie danego koloru jest miarą stopnia zmieszania go z bielą.

W telewizji czarno-białej wykorzystuje się jedynie informacje o luminancji poszczególnych elementów obrazu, natomiast w telewizji kolorowej należy również przesyłać informacje o barwie i nasyceniu. Oznacza to, że w



tym przypadku należy przesyłać trzy niezależne informacje.

Podstawowym warunkiem, jaki powinny spełniać wszystkie nowoczesne systemy telewizji kolorowej, jest tzw. odpowiedniość (kompatybilność) z systemem telewizji czarno-białej. Właściwość ta umożliwia odbiór sygnału telewizji kolorowej na normalnym odbiorniku telewizji monochromatycznej w postaci obrazu czarno-białego i odwrotnie - odbiór sygnału telewizji monochromatycznej, również w postaci obrazu czarno-białego, na odbiorniku telewizji kolorowej.

Wprowadzenie zasady odpowiedności systemu telewizji kolorowej zostało podyktowane przede wszystkim względami natury ekonomicznej. Dzięki temu jest bowiem możliwe wykorzystywanie odbiorników monochromatycznych przy emisjach programu kolorowego. Jest to okoliczność bardzo ważna, gdyż w przeciwnym przypadku wprowadzenie telewizji kolorowej spowodowałoby unieruchomienie odbiorników monochromatycznych, obecnie użytkowanych lub zmusiłoby do nadawania odrębnego programu czarno-białego, co byłoby związane z dodatkowymi kosztami.

Przyjęcie warunku odpowiedności pociąga za sobą ważne konsekwencje techniczne:

- pasmo częstotliwości wizyjnych sygnału telewizji kolorowej powinno być takie samo, jakie jest przyjęte w telewizji czarno-białej;
- jedna ze składowych całkowitego sygnału telewizji kolorowej musi posiadać wszystkie cechy sygnału wizyj-

nego telewizji czarno-białej, musi więc zawierać informację o luminancji elementów nadawanego obrazu, poza tym kształt tego sygnału i pasmo częstotliwości muszą być takie same, jak w telewizji czarno-białej;

- niezbędne w telewizji kolorowej dwie niezależne informacje o chrominancji, czyli o barwie i nasyceniu, muszą być przesyłane w pasmie sygnału wizyjnego;
- dodatkowy sygnał, zawierający informację o chrominancji, powinien być możliwie mało widoczny na obrazie przy odbiorze monochromatycznym.

### 2.1.3. Korekcja współczynnika przenoszenia kontrastów (współczynnika gamma)

Prawidłowe odtwarzanie obrazu kolorowego jest uzależnione od linearnego przenoszenia kontrastów całego toru wizyjnego, włączając w to oba przetworniki fotoelektryczne: lampę analizującą oraz kineskop. Ponieważ charakterystyka przenoszenia kontrastów kineskopu jest nieliniowa, zaś wprowadzenie linearyzacji po stronie odbiorczej jest ekonomicznie nie uzasadnione, więc należy po stronie nadawczej wprowadzić odpowiednie korektory współczynnika gamma, oddzielnie dla każdego sygnału koloru podstawowego.

Na rysunku 3 przedstawiono w jednostkach względnych typową charakterystykę przenoszenia kontrastów kineskopu kolorowego (A), charakterystykę superortikonu dla celów telewizji kolorowej (C) oraz charakterystykę korektora gamma (B).

W praktyce wartość współczynnika gamma kineskopów kolorowych wynosi 2,2. Wobec tego sygnały wizyjne kolorów podstawowych, oznaczone odpowiednio  $E_R$ ,  $E_G$  i  $E_B$ , uzyskiwane z lamp analizujących, przekształca się w korekcyjne gamma na sygnały:

$$E_R' = E_R \frac{1}{2,2}$$

$$E_G' = E_G \frac{1}{2,2}$$

$$E_B' = E_B \frac{1}{2,2}$$

#### 2.1.4. Sygnał luminancji i sygnały różnicowe

Badania właściwości oka ludzkiego dotyczące dostrzegania kolorów wykazały, że wrażenie luminancji, czyli jaskrawość jest zależna od koloru. Ponieważ dowolny kolor można przedstawić jako wypadkową trzech kolorów podstawowych, to wypadkowa luminancja danego koloru jest sumą luminancji kolorów składowych. Dla przyjętych w telewizji kolorów podstawowych oraz wzorca C światła białego sygnał luminancji  $E_Y'$  można przedstawić za pomocą zależności:

$$E_Y' = 0,3 E_R' + 0,59 E_G' + 0,11 E_B'$$

Jest to sygnał będący odpowiednikiem sygnału wizyjnego w telewizji czarno-białej.

Jako dodatkowe sygnały do przekazywania informacji o barwie i nasyceniu wybrano sygnały czerwony i niebieski, proporcjonalne do różnicy sygnałów kolorów podstawowych i sygnału luminancji, zwane sygnałami różnicowymi:

$$E_R^{\circ} - E_Y^{\circ} = -0,7 E_R^{\circ} - 0,59 E_G^{\circ} - 0,11 E_B^{\circ}$$

$$E_B^{\circ} - E_Y^{\circ} = -0,3 E_R^{\circ} - 0,59 E_G^{\circ} + 0,89 E_B^{\circ}$$

Układ równań, określających sygnał luminancji i sygnały różnicowe, posiada tę właściwość, że przy nadawaniu kolorów achromatycznych, tzn. białego, szarego, czarnego, sygnały różnicowe są równe zeru. Dla bieli odniesienia mamy bowiem:

$$E_R^{\circ} = E_G^{\circ} = E_B^{\circ}$$

$$E_R^{\circ} - E_Y^{\circ} = 0$$

$$E_B^{\circ} - E_Y^{\circ} = 0$$

Przekształcanie sygnałów kolorów podstawowych na sygnał luminancji i dwa sygnały różnicowe, jak również operację odwrotną, przeprowadza się w tzw. układach macierzowych.

Całkowity sygnał obrazu kolorowego, zawierający sygnał luminancji i dwa sygnały różnicowe, powinien w zasadzie zawierać potrójną ilość informacji. Jak wskazują jednak liczne pomiary kolorymetryczne, można poważnie zmniejszyć zdolność rozdzielczą kolorowości obrazu bez zauważalnego pogorszenia jego jakości.

Przeprowadzone pomiary wykazały, że oko ludzkie ma

znacznie mniejszą zdolność rozdzielczą przy dostrzeganiu różnic kolorów o jednakowej ich luminancji. Wobec tego można w obrazie kolorowym znacznie zmniejszyć zdolność rozdzielczą w odniesieniu do różnic barwy czy nasycenia pod warunkiem, że luminancja będzie zawsze w pełni odtwarzana z całkowitą zdolnością rozdzielczą. Ta właściwość wzroku została wykorzystana przy zmniejszaniu szerokości pasma wykorzystywanego do przesyłania dodatkowej informacji o chrominancji. Tak więc we współczesnych systemach telewizji kolorowej sygnał luminancji przesyła się w pasmie 5 MHz lub 6 MHz (zależnie od standardu), zaś składowe sygnały chrominancji w pasmie około 1,5 MHz.

Głównym problemem technicznym w każdym z istniejących obecnie systemów telewizji kolorowej jest sposób przesyłania dodatkowej informacji o chrominancji poszczególnych elementów obrazu kolorowego w tym samym pasmie częstotliwości, w którym jest przesyłany sygnał luminancji. Warunkiem znacznie utrudniającym rozwiązanie tego zagadnienia jest uzyskanie jak najmniejszej widoczności na obrazie czarno-białym tego dodatkowego sygnału.

W istniejących systemach telewizji kolorowej wykorzystano prążkowy charakter widma częstotliwości sygnału wizyjnego, do nadawania dodatkowego sygnału zawierającego informacje o barwie i nasyceniu. W tym celu stosuje się sygnał pomocniczy, tzw. podnośną chrominancji, której częstotliwość zawiera się w górnej części pasma wizyjnego. Dzięki temu obecność podnośnej chrominancji w sygnale luminancji powoduje na obrazie powstawanie zakłó-

cenia o bardzo drobnej strukturze, stosunkowo słabo zauważalnej. Poza tym stosuje się jeszcze specjalne środki techniczne zmniejszające widoczność wzoru zakłócającego.

Podnośna chrominancji jest modulowana dwoma niezależnymi sygnałami różnicowymi. Sposób modulacji jest charakterystyczny dla każdego z systemów telewizji kolorowej i określa właściwości danego systemu. Jest to więc podstawowa cecha systemu, stanowiąca o różnicy między systemami telewizji kolorowej NTSC, PAL i SECAM III.

Przy odbiorze sygnału telewizji kolorowej należy przeprowadzić operacje odwrotne, w stosunku do stosowanych przy nadawaniu, aby ponownie uzyskać sygnały kolorów podstawowych i za ich pomocą odtworzyć obraz kolorowy. Tak więc w odbiorniku należy z całkowitego sygnału telewizji kolorowej wydzielić za pomocą filtru pasmowego modulowany sygnał podnośnej, a następnie poddać go demodulacji w układzie właściwym dla danego systemu, uzyskując w ten sposób oba sygnały różnicowe. Następnie za pomocą układu macierzowego z sygnału luminancji  $E_Y^0$  i sygnałów różnicowych  $(E_R^0 - E_Y^0)$  i  $(E_B^0 - E_Y^0)$  uzyskuje się sygnały kolorów podstawowych  $E_R^0$ ,  $E_G^0$  oraz  $E_B^0$  sterujące kineskopem kolorowym (względnie zespół trzech kineskopów).

Powszechnie stosowaną praktyką w odbiornikach telewizji kolorowej, w których stosuje się tzw. kineskop maskowy, jest przeprowadzanie operacji przekształcania sygnałów różnicowych na sygnały kolorów podstawowych bezpośrednio w samym kineskopie. W tym celu do trzech katod kineskopu doprowadza się sygnał luminancji  $E_Y^0$ , zaś do trzech elektrod sterujących sygnały różnicowe  $(E_R^0 - E_Y^0)$ ,

$(E_G^s - E_Y^s)$  i  $(E_B^s - E_Y^s)$ . Trzeci sygnał różnicowy  $(E_G^s - E_Y^s)$  uzyskuje się w prosty sposób z dwóch pozostałych sygnałów różnicowych zgodnie z zależnością:

$$E_G^s - E_Y^s = -0,51 (E_R^s - E_Y^s) - 0,19 (E_B^s - E_Y^s).$$

W kineskopie zachodzi sumowanie sygnałów doprowadzanych odpowiednio do katod i elektrod sterujących, mamy więc:

$$(E_R^s - E_Y^s) + E_Y^s = E_R^s$$

$$(E_G^s - E_Y^s) + E_Y^s = E_G^s$$

$$(E_B^s - E_Y^s) + E_Y^s = E_B^s.$$

## 2.2. Zasada systemu kolejno liniowego z pamięcią

Podobnie jak w innych systemach telewizji kolorowej, dla prawidłowego odtwarzania obrazu kolorowego w systemie SECAM III przesyłane są trzy informacje. Ze względu na warunek odpowiedniości jedna z nich odpowiadająca rozkładowi luminancji analizowanego obrazu przesyłana jest w postaci sygnału luminancji, spełniającego wszystkie wymagania standardu i odbiornika telewizji monochromatycznej, a dwa sygnały różnicowe  $E_R^s - E_Y^s$  i  $E_B^s - E_Y^s$  przesyła się za pomocą sygnału podnośnej, modulowanego częstotliwościowo.

W systemie SECAM III problem przesyłania informacji o kolorowości został rozwiązany przez wykorzystanie zasady transmisji sygnału chrominancji przy ograniczonej

zdolności rozdzielczej. Nie tylko zawężono pasmo częstotliwości sygnałów różnicowych, co zmniejsza zdolność rozdzielczą kolorów w kierunku poziomym, ale również zmniejszono zdolność rozdzielczą kolorów w kierunku pionowym, wykorzystując do transmisji informacji chrominancji połowę linii wykorzystywanych przy przesyłaniu sygnału luminancji. W systemie SECAM III (kolejno liniowym z pamięcią) przesyła się więc oba sygnały przenoszące informacje o kolorze kolejno, zmieniając je co linię. Każdym z tych sygnałów moduluje się kolejno podnośną chrominancji umieszczoną w pasmie sygnału luminancji.

Na rysunku 4 podano uproszczony schemat urządzenia kodującego, a na rys. 5 dekodującego dla systemu SECAM.

Dla uzyskania jednoczesności występowania obydwóch sygnałów różnicowych w odbiorniku, stosuje się opóźnienie sygnału o 64  $\mu$ sek, czyli o czas trwania jednej linii, wykorzystując do tego celu specjalną linię opóźniającą. Dysponuje się dzięki temu jednocześnie dwoma sygnałami: jednym który jest aktualnie nadawany i drugim, który był nadany w okresie poprzedniej linii.

Urządzenie odbiorcze jest wyposażone w przełącznik elektronowy, który w okresie wybierania jednej linii kieruje sygnał przesyłany bezpośrednio do jednego toru chrominancji, zaś sygnał opóźniony o 64  $\mu$ sek do drugiego toru, a w okresie wybierania następnej linii kieruje te sygnały odwrotnie: sygnał opóźniony do pierwszego toru, zaś sygnał bezpośredni - do drugiego.

Dzięki takiemu działaniu przełącznika w każdym kanale chrominancji występuje stale ten sam sygnał różnico-



wy, powtarzany przez dwie kolejne linie, pomimo że przy nadawaniu sygnały różnicowe, modulujące częstotliwość podnośnej, zmieniają się co linię.

Sygnał chrominancji poddaje się demodulacji w dwóch oddzielnych dyskryminatorach częstotliwości, na wyjściu których uzyskuje się sygnały różnicowe. Sygnały te, łącznie z sygnałem luminancji przekształca się w układzie matrycowym na sygnały kolorów podstawowych.

W optymalizowanej wersji systemu SECAM III, zwanej SECAM III opt., która jest opisywana, stosuje się szereg środków technicznych w celu poprawienia jego własności i odporności na zniekształcenia transmisyjne, a mianowicie:

- dla poprawy stosunku sygnał/szum stosuje się tzw. preemfazę w.cz., polegającą na podniesieniu amplitudy składowych wyższych częstotliwości sygnałów różnicowych;
- dla zmniejszenia widoczności sygnału chrominancji na obrazie stosuje się okresowe odwracanie fazy podnośnej oraz tzw. preemfazę w.cz., polegającą na zwiększaniu amplitudy sygnału chrominancji w miarę wzrostu jego dewiacji;
- dla uzyskania korzystniejszego rozkładu szumów i zmniejszenia ich widoczności na kolorowych płaszczyznach obrazu zastosowano dwie różne częstotliwości spoczynkowe sygnału podnośnej dla obu sygnałów różnicowych;
- w celu zmniejszenia wpływu składowych sygnału luminan-

cji, zawartych w pasmie sygnału chrominancji, zastosowano dodatkową modulację amplitudy sygnału chrominancji.

Na rysunku 6 pokazano pasmo częstotliwości sygnału wizyjnego nadawanego systemem SECAM III.

### 2.3. Kodowanie sygnałów kolorów podstawowych

#### 2.3.1. Uwagi ogólne

Zasadniczą cechą każdego systemu telewizji kolorowej jest sposób przekształcania trzech sygnałów kolorów podstawowych analizowanego obrazu w jeden całkowity sygnał obrazu kolorowego. Funkcję tę spełnia urządzenie kodujące.

Przez kodowanie sygnałów kolorów podstawowych rozumie się proces transformacji elektrycznej mającej na celu przekształcenie, zgodnie z wymaganiami standardu, trzech szerokopasmowych sygnałów odpowiadających składkowym czerwonym, niebieskim i zielonym analizowanego obrazu na jeden całkowity sygnał szerokopasmowy, spełniający warunek odpowiedniości i zapewniający po przeprowadzeniu odpowiednich operacji odwrotnych. możliwość uzyskania po stronie odbiorczej trzech sygnałów kolorów podstawowych, odtwarzających nadawany obraz.

Do kodera doprowadza się trzy sygnały kolorów podstawowych: czerwony, zielony i niebieski względnie, jeżeli źródło sygnału zawiera tor o wydzielonej luminancji, dostarczane są cztery sygnały: sygnał  $E_y$  oraz trzy

sygnały kolorów podstawowych. Ponadto doprowadza się do niego niezbędne sygnały pomocnicze. Na wyjściu kodera uzyskuje się całkowity sygnał obrazu kolorowego.

Na rysunku 7 podano ogólny schemat kodera dla systemu SECAM.

Sygnały kolorów podstawowych  $E_R^*$ ,  $E_G^*$  i  $E_B^*$  z wprowadzoną korekcją gamma doprowadza się do układu macierzowego zapewniającego utworzenie trzech liniowych kombinacji sygnałów kolorów podstawowych: sygnału luminancji

$$E_Y^* = 0,3 E_Y^* + 0,59 E_G^* + 0,11 E_B^*$$

zawierającego informacje o jaskrawości elementów przesyłanego obrazu i zapewniającego uzyskanie prawidłowego obrazu na ekranie odbiornika monochromatycznego oraz sygnałów różnicowych

$$E_R^* - E_Y^* = 0,7 E_R^* - 0,59 E_G^* - 0,11 E_B^*$$

$$E_B^* - E_Y^* = 0,3 E_R^* - 0,59 E_G^* + 0,89 E_B^*$$

wykorzystywanych wyłącznie w odbiornikach telewizji kolorowej, które przenoszą dodatkowe informacje o kolorze i dzięki nim istnieje możliwość odtworzenia w odbiorniku sygnałów podstawowych  $E_R^*$ ,  $E_G^*$ ,  $E_B^*$  i uzyskania obrazu kolorowego. Jeżeli sygnał luminancji jest doprowadzany bezpośrednio ze źródła (przy czterolampowej kamerze), to pierwsza macierz nie jest wykorzystywana. Schemat układu macierzowego sygnału luminancji podano na rys. 8.

Ogólnie mówiąc, urządzenie kodujące można podzielić na trzy podstawowe zespoły i tor sygnału luminancji, tor

sygnału chrominancji i tor impulsowy, wytwarzający niezbędne pomocnicze sygnały impulsowe, a między innymi impulsy identyfikacji koloru.

### 2.3.2. Tor sygnału luminancji

Głównymi blokami toru luminancji (rys. 9) są: układ dodawania sygnału synchronizacji, filtr pasmowy, eliminator pasmowy, układ preemfazy i deemfazy, ogranicznik, układ opóźniający i sumujący, szerokopasmowa linia opóźniająca i układ sumowania z sygnałem chrominancji.

Zadaniem toru luminancji jest w zasadzie wzmacnianie sygnału oraz wyrównanie różnicy czasu przejścia między sygnałem luminancji i chrominancji, powstającej na skutek różnych szerokości pasm tych sygnałów. Realizuje się to za pomocą szerokopasmowej linii opóźniającej o płaskiej charakterystyce przenoszenia w zakresie do 6 MHz oraz o płaskiej charakterystyce opóźnienia grupowego w funkcji częstotliwości. Opóźnienie linii wynosi około 1  $\mu$ sek.

W środkowej części toru występuje układ przeciwprześwitowy, którego zadaniem jest zabezpieczenie przed oddziaływaniem składowych wielkiej częstotliwości sygnału luminancji, zawartych w pasmie sygnału chrominancji. Jeżeli składowe te charakteryzują się dużym poziomem, to mogą przenikać do sygnału podnośnej modulowanego częstotliwościowo, wywołując niepożądane efekty kolorowe.

Zasada działania układu polega na nieprzerwanej kontroli poziomu składowych sygnału luminancji mogących po-

wodować powstawanie prześwitów oraz na zmniejszaniu tych składowych w stosunku do amplitudy sygnału podnośnej. Istnieją tu dwie metody. Jedna polega na zwiększaniu poziomu podnośnej w stosunku do sygnału luminancji, druga zaś na zmniejszaniu składowych sygnału luminancji.

W układzie przeciwprześwitowym (rys. 9) występują dwa równoległe tory o wzajemnie uzupełniających się charakterystykach amplitudowych. Ma to miejsce w przypadku, gdy poziom składowych sygnału luminancji nie przekracza dopuszczalnych wartości. Gdy jednak amplituda tych składowych przyjmie wartość, mogącą powodować powstawanie poważnych zakłóceń, zaczyna działać ogranicznik umieszczony w torze pasmowo-przepustowym i ogranicza ich amplitudę do wartości, przy której zniekształcenia nie przekraczają wartości dopuszczalnej.

### 2.3.3. Tor sygnału chrominancji

Najistotniejszą częścią urządzenia kodującego jest tor sygnału chrominancji, w którym przekształca się sygnały  $E_R^i - E_Y^i$  i  $E_B^i - E_Y^i$ . W procesie tworzenia sygnału podnośnej chrominancji można rozróżnić trzy następujące etapy:

- 1) kształtowanie sygnału modulującego,
- 2) modulator podnośnej i układ automatycznej regulacji fazy,
- 3) kształtowanie sygnału zmodulowanego.

2.3.3.1. Kształtowanie sygnału modulującego. Schemat blokowy pierwszego zespołu podano na rys. 10. Na wstępie występują dwa układy sumujące, jeden sterowany sygnałem  $E_R^0 - E_Y^0$ , a drugi sygnałem  $E_B^0 - E_Y^0$ . Do obu tych sygnałów w czasie trwania okresu wygaszania pionowego są dodawane tzw. impulsy identyfikacyjne, tzn. impulsy synchronizacji fazy przełączania. Impulsy te umożliwiają skierowanie w odbiorniku sygnałów różnicowych do przypisanych im torów demodulacji. Impulsy te są w taki sam sposób kształtowane jak sygnały modulujące. Dewiacja częstotliwości sygnału podnośnej uzyskiwana wskutek tych impulsów jest dodatnia dla linii, w których ma wystąpić sygnał  $E_R^0 - E_Y^0$ , zaś ujemna dla linii z sygnałem  $E_B^0 - E_Y^0$ . Impulsy identyfikacyjne są nadawane w okresie dziewięciu kolejnych linii i są na przemian dodatnie i ujemne.

W torze sygnału  $E_B^0 - E_Y^0$  jest wzmacniacz, w którym uzyskuje się inwersję fazy oraz zapewnia dodatkową regulację wzmocnienia w celu uzyskania sygnałów  $D_R^0$  i  $D_B^0$  o przeciwnych polaryzacjach; sygnały te spełniają równania:

$$D_R^0 = -1,9 (E_R^0 - E_Y^0)$$

$$D_B^0 = 1,5 (E_B^0 - E_Y^0).$$

Współczynniki - 1,9 przy  $(E_R^0 - E_Y^0)$  i 1,5 przy  $(E_B^0 - E_Y^0)$  ustalono w celu uzyskania jednakowych ekstremalnych wartości obu sygnałów  $D_R^0$  i  $D_B^0$ .

Z kolei występuje przełącznik sterowany impulsami o częstotliwości powtarzania równej połowie częstotliwo-

ści odchylenia poziomowego. Faza napięcia wyjściowego dzielnika częstotliwości jest ustalana za pomocą sygnału synchronizacji fazy przełączania, co jest istotne przy współpracy szeregu urządzeń kodujących i umożliwia prawidłowe miksowanie sygnałów.

Na wyjściu przełącznika elektronowego występują kolejno co linię sygnały różnicowe  $D_R'$  i  $D_B'$  o szerokości pasma częstotliwości równej szerokości pasma sygnałów kolorów podstawowych  $E_R'$ ,  $E_G'$ ,  $E_B'$ . Niezbędne jest więc ograniczenie pasma tego sygnału za pomocą filtra dolno-przepustowego o częstotliwości granicznej 1,5 MHz/6 dB. Charakterystykę amplitudową sygnałów różnicowych podano na rys. 11. Wprowadzenie ograniczenia pasma sygnałów różnicowych powoduje przesunięcie fazy między szerokopasmowym sygnałem luminancji i wąskopasmowymi sygnałami różnicowymi. Korekcję tego przesunięcia przeprowadza się w torze luminancji za pomocą linii opóźniającej.

Sygnał o ograniczonym pasmie zostaje następnie doprowadzony do układu preemfazy m.cz. Polega ona na podwyższeniu przed procesem modulacji względnej zawartości wyższych składowych częstotliwości sygnału modulującego, co można zapisać następująco

$$U_m(\omega) = U_s(\omega) f_p(\omega)$$

gdzie  $f_p(\omega)$  jest charakterystyką układu podwyższającego zawartość wyższych częstotliwości sygnału wejściowego  $U_s(\omega)$ .

Dla otrzymania nieznieskształconego sygnału po demodu-

lacji konieczne jest przeprowadzenie deemfazy, to znaczy odpowiedniego zmniejszenia zawartości wyższych składowych sygnału zdemodulowanego według zależności

$$U_Y(\omega) = KU_d(\omega) f_d(\omega)$$

gdzie  $f_d(\omega)$  wyznacza charakterystykę układu obniżającego zawartość wyższych częstotliwości sygnału zdemodulowanego  $U_d(\omega)$ . Aby układ deemfazy i preemfazy nie wprowadzał zniekształceń sygnału, musi być spełniony warunek

$$f_p(\omega) f_d(\omega) = 1.$$

Wybór korekcyjnej funkcji  $f_p(\omega)$  uzależniony jest od statystycznych rozkładów spektralnych przesyłanych sygnałów i od przyjętego prawdopodobieństwa występowania niekorzystnego rozkładu, dla którego dewiacja częstotliwości mogłaby przekroczyć dopuszczalną maksymalną wartość. Kolejne działanie preemfazy i deemfazy w odniesieniu do sygnałów wejściowego i wyjściowego w systemie przesyłowym z modulacją częstotliwości wzajemnie znosi się i sygnały zachowują pełną odpowiedniość, natomiast wszelkie inne sygnały (np. szumy) dodające się w czasie przesyłania sygnału z modulacją częstotliwości, poddane zostaną tylko działaniu układu deemfazy, wobec czego zmienia się stosunek sygnału do tych zakłóceń. Ponieważ deemfaza obniża zawartość wyższych składowych sygnału zdemodulowanego, dlatego zwiększa niewrażliwość systemu na zakłócenia szumowe. Niedogodnością jest tu zjawisko powstawania przepięć w sygnale modulującym wskutek działania układu preemfazy. Niezbędne jest więc ograniczenie



przebieg o zbyt dużej wartości, w przeciwnym bowiem przypadku powstające w procesie modulacji odpowiadające im dewiacje przekroczą granicę pasma częstotliwości przewidzianego dla podnośnej. Stosowane w praktyce układy obcinające ograniczają dewiację częstotliwości do wartości zawartych między 3,9 a 4,75 MHz.

Niewrażliwość systemu na zakłócenia szumowe jest tym większa, im większa jest stała czasowa i współczynnik preemfazy, równocześnie odpowiednio wzrastają względne wartości przebiegów - w konsekwencji tym częściej występuje ryzyko częstszego i ostrzejszego ich obcinania. Takie jednak obcięcia mają niekorzystny wpływ na sygnał, ponieważ wydłużają czas ustalania się szybkich zmian jego przebiegu. W wyniku badań przyjęto optymalną preemfazę, która jest kompromisem między niewrażliwością systemu na szumy a ogólną jakością obrazów odtwarzanych.

Charakterystyka amplitudowa układu preemfazy dla systemu SECAM III opt. wyraża się zależnością

$$A(f) = 10 \log \frac{1 + \left(\frac{f}{f_1}\right)}{1 + \left(\frac{f}{3f_1}\right)} \quad (\text{dB})$$

gdzie:  $f_1 = 85$  kHz. Przebieg tej charakterystyki podano wykreślić na rys. 12.

Sygnał z wyjścia układu preemfazy doprowadza się do układu ustalania poziomu odniesienia. Układ ten zapewnia uzyskanie zmiany częstotliwości spoczynkowej podnośnej chrominancji dla każdego z sygnałów  $D_R'$  i  $D_B'$  za pomocą do-

dawania do nich sygnału odniesienia (poziom czerni) o dwóch różnych wartościach, odpowiednio dla każdego z przesyłanych sygnałów różnicowych. Układ ten jest właściwie układem sumującym, w którym do każdego z sygnałów różnicowych dodaje się sygnały odniesienia wytworzone w układzie sterowanym poziomymi impulsami synchronizującymi.

Ten ukształtowany sygnał po odpowiednim wzmocnieniu zostanie doprowadzony do ogranicznika, który ogranicza amplitudy sygnału zarówno w częściach dodatnich, jak i ujemnych w celu ochrony przed przekroczeniem maksymalnych dopuszczalnych dewiacji częstotliwości podnośnej.

2.3.3.2. Modulator podnośnej i układ automatycznej regulacji fazy. We wszystkich współczesnych systemach telewizji kolorowej dodatkową informację o chrominancji przesyła się na częstotliwości podnośnej, umieszczonej w górnym zakresie widma sygnału luminancji (rys. 6). Taka metoda pociąga za sobą niebezpieczeństwo wywoływania interferencji i ewentualnie intermodulacji pomiędzy obu sygnałami, ponieważ z jednej strony podnośna chrominancji dodana do sygnału luminancji stanowi sygnał zakłócający, który może wywoływać widzialne tło, w szczególności na odbiornikach czarno-białych, a więc będzie powodować pogorszenie odpowiedniości, a z drugiej strony pewne częstotliwości widma sygnału luminancji przenikają w odbiorniku telewizji kolorowej do toru sygnału chrominancji i mogą wywoływać zniekształcenie kolo-

rów. Sposoby uniknięcia tych skutków charakteryzują poszczególne systemy telewizji kolorowej.

W systemie SECAM III sygnałami różnicowymi ukształtowanymi w sposób omówiony w 2.3.3.1 moduluje się częstotliwościowo podnośną chrominancji. Wartość częstotliwości spoczynkowej dla przeniesienia przełączanego sygnału różnicowego ustala się jako

$$f_p = f_r \pm 2 \text{ kHz.}$$

Częstotliwość podnośna powinna osiągać tę wartość w tych wszystkich momentach aktywnej części linii analizy, w których przełączany sygnał modulujący jest równy zeru, to znaczy przy przesyłaniu koloru białego, szarego lub czarnego.

W systemie SECAM III opt. wartość odniesienia częstotliwości spoczynkowej  $f_r$  jest inna dla linii, w których nadaje się sygnał różnicowy  $D_B^*$ , inna zaś dla linii z sygnałem  $D_R^*$  i wynosi:

$$f_{rR} = 282 f_H = 4,40625 \text{ MHz dla linii z sygnałem } D_R^*$$

$$f_{rB} = 272 f_H = 4,25000 \text{ MHz dla linii z sygnałem } D_B^*$$

gdzie  $f_H$  jest częstotliwością linii ( $f_H = 15625 \text{ Hz}$ ).

W pierwszych wariantach systemu SECAM częstotliwość spoczynkowa podnośnej była taka sama dla sygnałów  $D_R^*$  i  $D_B^*$ . W systemie SECAM III opt. przyjęto dla każdego sygnału inną wartość częstotliwości.

Przyjęcie innej częstotliwości spoczynkowej  $f_{rR}$ , od-

powiadającej sygnałowi  $D_R'$ , ma na celu poprawienie odpowiedniości systemu i odporności jego na szумы.

Odporność na szумы wywołana działaniem obwodu deemfazy w.c.z. jest w zasadzie większa w okolicach wierzchołka charakterystyki tego obwodu. Przesunięcie częstotliwości  $f_{rR}$  dokonane zostało w tym kierunku, aby uzyskać poprawę odporności dla częstotliwości odpowiadających kolorowi czerwonemu kosztem częstotliwości, odpowiadających kolorowi uzupełniającemu (turkusowemu), ponieważ kolor czerwony jest bardziej wrażliwy na zakłócenia szumowe, podczas gdy na kolor turkusowy wpływają one w bardzo małym stopniu.

Jednocześnie poprawia się odpowiedniość, ponieważ zarówno podnośna jak i zakłócenia szumowe charakteryzują się większą widzialnością na powierzchniach o kolorze czerwonym, przesunięcie zaś częstotliwości spoczynkowej w stosunku do minimum preemfazy w.c.z. powoduje zmniejszenie amplitudy podnośnej dla częstotliwości odpowiadających kolorowi czerwonemu.

Częstotliwość spoczynkowa jest również przesunięta w stosunku do skrajnych częstotliwości chwilowych 3,9 MHz i 4,75 MHz w taki sposób, aby uprzywilejować stany nieustalone dla kolorów czerwonych, ponieważ zniekształcenia wywołane nimi są bardziej zauważalne przy kolorze czerwonym niż przy kolorze turkusowym.

Takie same korzyści uzyskuje się dzięki przesunięciu częstotliwości spoczynkowej  $f_{rB}$ , która jest przesunięta symetrycznie względem częstotliwości  $f_{rR}$  w odniesieniu do skrajnych częstotliwości chwilowych.

Przesunięcie częstotliwości spoczynkowej  $f_{rR}$  ułatwia także zapis magnetyczny całkowitego sygnału telewizji kolorowej, ponieważ najbardziej zauważalne zniekształcenia występują przy powierzchniach o kolorze czerwonym. Dlatego celowe jest zmniejszenie amplitudy podnośnej dla płaszczyzn o tym kolorze.

Dla systemu telewizji kolorowej SECAM III ustalono następujące wartości dewiacji

$280 \pm 28$  kHz dla nadawania sygnału  $D_R'$

$230 \pm 23$  kHz dla nadawania sygnału  $D_B'$ .

Dewiacja 280 kHz jest wartością optymalną dla systemu SECAM III i taką wartość przyjęto dla sygnału  $D_R'$ . Dla sygnału  $D_B'$  dewiacja została zmniejszona do wartości 230 kHz, dzięki czemu w znacznym stopniu poprawił się przebieg stanów nieustalonych sygnałów  $D_B'$  o dużych amplitudach. Ogólna jakość odtwarzanych w ten sposób obrazów wyraźnie się poprawia [6]. Zmniejszenie dewiacji wpływa w znacznym stopniu na ograniczenie chwilowych wzrostów amplitudy podnośnej wywołanych działaniem pre-emfazy w.c.z., a osiągniętych dla szczytowych wartości sygnału  $D_B'$ , odpowiadających kolorowi żółtemu. Dzięki temu wartość szczytowa całkowitego sygnału tego koloru nie przekroczy wartości szczytowej odpowiadającej poziomowi bieli, co mogłoby spowodować przemodulowanie nadajnika. Dzięki zmniejszeniu dewiacji dla sygnału  $D_B'$  występuje nieco większy wpływ zakłóceń szumowych na sygnał  $D_B'$ , jednak bez zauważalnego powiększenia ogólnego wpływu tych zakłóceń na obraz odtwarzany.

Przyjęto następujące wartości ekstremalne dewiacji częstotliwości:

$$(\Delta f_p)_{\max} = \begin{matrix} +350 \\ -500 \end{matrix} \text{ kHz } \pm 10\% \text{ dla sygnału } D_R^{\circ}$$

$$(\Delta f_p)_{\max} = \begin{matrix} +500 \\ -350 \end{matrix} \text{ kHz } \pm 10\% \text{ dla sygnału } D_B^{\circ}$$

Różne wartości graniczne dewiacji wynikają z przyjęcia różnych wartości częstotliwości spoczynkowej dla sygnałów  $D_R^{\circ}$  i  $D_B^{\circ}$ .

Charakterystyki modulacji częstotliwości podano na rys. 13 i 14.

Na rysunku 15 podano schemat blokowy zespołu modulatora podnośnej. W celu uniknięcia jakichkolwiek niekształceń odtwarzanych kolorów należy utrzymywać odpowiednią stabilność częstotliwości spoczynkowej. Realizuje się to za pomocą kluczowanej pętli automatycznej regulacji fazy częstotliwości podnośnej, wykorzystując jako sygnał odniesienia - sygnały o częstotliwościach równych wielokrotnościom częstotliwości odchylenia poziomego. Sygnały te uzyskuje się za pomocą bardzo selektywnych filtrów, które wydzielają 272 i 282 harmoniczną częstotliwości odchylenia poziomego. Wartości te odpowiadają częstotliwościom spoczynkowym podnośnej, tzn. 4,250 MHz dla sygnału  $D_B^{\circ}$  oraz 4,406 MHz dla sygnału  $D_R^{\circ}$ . Napięcia o obu tych częstotliwościach doprowadza się do przełącznika synchronicznie z sygnałami  $D_B^{\circ}$  i  $D_R^{\circ}$ , a następnie do detektora fazy, traktując je jako sygnał odniesienia. Do detektora doprowadza się również sygnał z wyjścia modulatora częstotliwości. W detektorze nastę-

puje porównanie fazy sygnału odniesienia z fazą sygnału podnośnej na wyjściu modulatora w okresie trwania impulsu wygaszania poziomego. Napięcie wyjściowe z detektora poprzez filtr dolnoprzepustowy doprowadza się do kluczowanego układu korekcji częstotliwości. W układzie tym w czasie trwania impulsów wygaszania poziomego zostaje dodane do sygnału modulującego tzw. napięcie błędu fazy sygnału podnośnej.

Dzięki kluczowaniu tego układu napięcie błędu przedostaje się do modulatora częstotliwości tylko w czasie trwania impulsu wygaszania linii, gdy sygnał modulujący ma wartość równą zeru, a więc częstotliwość podnośnej osiąga wartość spoczynkową. Omawiana pętla automatycznej regulacji fazy umożliwia więc osiągnięcie stabilności częstotliwości wystarczającej dla precyzyjnego ustalenia fazy sygnału podnośnej na początku aktywnej części linii wybierania poziomego.

Zmodulowany sygnał podnośnej chrominancji doprowadza się następnie do ogranicznika amplitudy, który usuwa uzależnione od częstotliwości zmiany poziomu sygnału.

2.3.3.3. Kształtowanie sygnału modulowanego. W celu uzyskania lepszej odpowiedniości (tzn. zmniejszenia interferencji wywołanej sygnałem podnośnej chrominancji w odbiornikach monochromatycznych) oraz poprawienia odporności na szumy transmisyjne nakładające się na sygnał zostaje on odpowiednio przekształcony. Schemat blokowy układu przekształcania sygnału zmodulowanego podano na rys. 16.

Przede wszystkim przeprowadza się periodyczne odwracanie fazy sygnału zmodulowanej podnośnej za pomocą impulsów kluczujących o częstotliwości repetycji  $f_{v/2}$ . Zmiany fazy z  $0^\circ$  na  $180^\circ$  dokonywane są dla każdego półobrazu, ponadto w okresie dwóch kolejnych linii występuje ta sama faza podnośnej, a w okresie trzeciej linii faza jest odwracana. W tablicy 1 podano periodyczność sygnału modulującego i zmian fazy podnośnej chrominancji.

Po inwertorach fazy sygnał przechodzi do układu ogranicznika, który przywraca niezależność amplitudy od chwilowej częstotliwości. Następnie sygnał doprowadza się do układu preemfazy w.cz.

Układ preemfazy w.cz. wprowadza się w celu polepszenia odpowiedniości systemu i odporności na szумы. Osiąga się to dzięki powiększeniu chwilowej mocy sygnału chrominancji dla tych przebiegów modulujących, dla których dewiacja jest największa, czyli wprowadza się uzależnienie amplitudy modulowanej częstotliwościowo podnośnej od chwilowej dewiacji częstotliwości

$$A = f(D^\circ \Delta f_P)$$

za pomocą poddania sygnału podnośnej, modulowanego częstotliwościowo, działaniu układu biernego, którego wzmocnienie w funkcji częstotliwości wyrażone w decybelach w stosunku do wzmocnienia na częstotliwości środkowej  $F_c$  tego obwodu spełnia zależność:

$$A = 10 \log \frac{1 + 256 x^2}{1 + 1,6 x^2}$$



T a b l i c a 1

Periodyczność sygnału modulującego i zmian fazy podnośnej chrominancji  
/należy zauważyć identyczność półobrazów 1 i 13/

Półobraz Nr Linia Nr	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
n + 313	R-Y 0	B-Y π	B-Y 0	R-Y 0	R-Y π	B-Y π	B-Y 0	R-Y π	R-Y 0	B-Y 0	B-Y π	R-Y π	R-Y 0
n + 1	B-Y 0	R-Y π	R-Y π	B-Y π	B-Y 0	B-Y π	R-Y 0	B-Y π	B-Y π	R-Y π	R-Y 0	R-Y π	B-Y 0
n + 314	R-Y π	R-Y 0	B-Y 0	B-Y π	R-Y π	R-Y π	B-Y π	B-Y 0	R-Y 0	R-Y π	B-Y π	B-Y π	R-Y π
n + 315	B-Y 0	B-Y π	R-Y 0	R-Y π	B-Y π	B-Y 0	R-Y π	R-Y π	B-Y 0	B-Y π	R-Y π	R-Y 0	B-Y 0
n + 316	R-Y 0	R-Y π	R-Y 0	B-Y 0	R-Y π	R-Y π	B-Y π	B-Y π	R-Y π	R-Y 0	B-Y 0	B-Y π	R-Y 0
n + 317	B-Y π	B-Y 0	R-Y 0	R-Y π	B-Y π	B-Y π	R-Y π	R-Y 0	B-Y π	B-Y π	R-Y 0	R-Y π	B-Y π
n + 318	R-Y 0	R-Y π	B-Y 0	R-Y π	R-Y π	R-Y 0	B-Y π	B-Y π	B-Y 0	R-Y π	R-Y 0	B-Y 0	R-Y π
n + 6	R-Y 0	R-Y π	B-Y 0	R-Y π	R-Y π	R-Y 0	B-Y π	B-Y π	B-Y 0	R-Y π	R-Y 0	B-Y 0	R-Y π

Uwaga! Oznaczenia umieszczone w każdej kolumnie wskazują z lewej strony sygnał modulujący podnośną, a z prawej względną wartość fazy tej podnośnej w cza ile wygaszania w stosunku do fazy generatora odniesienia.

gdzie

$$x = \frac{F}{F_c} - \frac{F_c}{F}$$

przy czym  $F_c = 4286$  kHz.

Charakterystykę przenoszenia układu preemfazy w.cz. przedstawiono na rys. 17. Wybranie częstotliwości równej 4286 kHz, odpowiadającej minimum charakterystyki, podyktowane zostało dążeniem do polepszenia stosunku sygnał/szum przede wszystkim dla kolorów o niewielkiej luminancji (purpura i czerwony).

Zalety stosowania preemfazy w.cz. występują szczególnie wyraźnie przy przesyłaniu sygnału odpowiadającego bieli, ponieważ wtedy podnośna przyjmuje względnie małą wartość, co jest bardzo korzystne z punktu widzenia odpowiedniości.

Taka mała amplituda sygnału podnośnej będzie występować w przeważającej części czasu nadawania, ponieważ występujące w praktyce obrazy kolorowe mają na ogół niewielkie nasycenie, któremu odpowiadają małe amplitudy sygnałów różnicowych.

Następnie sygnał chrominancji przechodzi przez filtr pasmowy i układ wygaszania. Wygaszanie sygnału podnośnej w okresach wygaszania poziomego i pionowego jest niezbędne dla uniknięcia nakładania się sygnału podnośnej na impulsy synchronizacji odchylenia poziomego i pionowego, zawarte w całkowitym sygnale; takie nakładanie się mogłoby bowiem zakłócić prawidłowe działanie synchronizacji w odbiorniku.

Sygnal podnośnej chrominancji jest wytłumiany w okresie, którego początek pokrywa się z początkiem impulsu wygaszania linii, a kończy się po upływie  $5,7 \pm 0,3 \mu\text{sek}$ , a także w okresie, który pokrywa się z początkiem impulsu wygaszania pionowego, a czas trwania jest o 32  $\mu\text{sek}$  krótszy od czasu trwania tego impulsu wygaszania dla półobrazu nieparzystego, równy zaś czasowi trwania impulsu wygaszania pionowego dla półobrazu parzystego. Wyjątkiem jest okres równy czasowi trwania 9 linii, który służy do przesyłania impulsów identyfikacyjnych. Zależności czasowe okresu wygaszania podano na rys. 18.

Sygnal podnośnej po dokonaniu wszystkich powyższych przekształceń dodaje się do sygnału luminancji w celu uzyskania sygnału całkowitego.

W podrozdziale 2.3.2. omówiono układ prześwitowy, który przeciwdziała szkodliwemu oddziaływaniu dużych amplitud składowych wielkiej częstotliwości sygnału luminancji na modulowaną podnośną. Działanie układu polega na ich ograniczaniu w przypadkach, gdy przekroczą dopuszczalne wartości. Istnieje drugi sposób kompensacji tego szkodliwego zjawiska polegający na dodatkowym podniesieniu poziomu składowych sygnału chrominancji w stosunku do składowych wielkiej częstotliwości sygnału luminancji w przypadku, gdy te ostatnie przekroczą dopuszczalne wartości. Schemat blokowy takiego układu, znanego pod nazwą korekcyjnej modulacji amplitudy sygnału chrominancji, podano na rys. 19. Parametry modulacji są tak dobrane, że amplituda podnośnej nie ulega zmianie aż do chwili, gdy wartość międzyszczytowa składowych sygnału luminan-

cji zawartych w pasmie sygnału chrominancji, nie przewyższy 20% maksymalnej amplitudy sygnału luminancji (od bieli do czerni). Po przekroczeniu tej wartości następuje liniowy wzrost amplitudy zmodulowanej podnośnej wraz ze wzrostem składowych wielkiej częstotliwości sygnału luminancji, wydzielonych za pomocą filtra pasmowego. Wzrost amplitudy podnośnej nie może przekroczyć 6 dB. Ta dodatkowa modulacja amplitudy nie występuje w okresie impulsu wygaszania poziomego. W celu zapewnienia współbieżności chwilowego wzrostu amplitudy sygnału chrominancji z momentem nagłych zmian poziomu w sygnale luminancji wprowadza się opóźnienie sygnału luminancji. Do tego celu wykorzystuje się tę samą linię opóźniającą, która jest zastosowana dla zapewnienia współbieżności sygnału luminancji i sygnału chrominancji. Ze względu na to, że tor sygnału chrominancji wyposażony jest w kilka filtrów pasmowych, jego grupowy czas przejścia jest nieco większy od czasu przejścia sygnału luminancji przez pojedynczy filtr wzmacniacza pasmowego. Jeżeli uwzględni się, że również opóźnienie sygnału luminancji zapewnia równoczesność pojawienia się w układzie sumującym odpowiadających sobie punktów zmiany poziomu sygnału luminancji i sygnału chrominancji, to różnice między czasem przejścia sygnału chrominancji do modulatora amplitudy a czasem przejścia przez tor luminancji do modulatora amplitudy odpowiadających temu sygnałowi składowych sygnału luminancji kompensuje się za pomocą części linii opóźniającej całkowity sygnał luminancji. W układzie sumującym wystąpi więc jednocześnie zmiana poziomu

sygnału luminancji, odpowiadająca jej zmiana częstotliwości sygnału chrominancji i towarzysząca im chwilowa zmiana amplitudy tego sygnału.

2.3.3.4. Impulsy identyfikacji koloru. W systemie telewizji kolorowej SECAM III poza impulsami synchronizacji odchylenia poziomego i pionowego stosowanymi w telewizji czarno-białej stosuje się jeszcze impulsy identyfikacji koloru. Zadaniem tych impulsów jest zapewnienie właściwej fazy przełącznika elektronowego w urządzeniu dekodującym tak, aby poszczególne tory zawsze otrzymywały właściwe sygnały. Impulsy identyfikacji koloru tworzy się przez zmodulowanie podnośnej sygnałem o kształcie ściętych zębów piły. Czas trwania każdego impulsu jest równy użytecznej części linii. Impulsy te są nadawane w czasie 9 linii w okresie wygaszania pionowego, a mianowicie na liniach od 7 do 15 (półobrazy parzyste) oraz od 320 do 328 (półobrazy nieparzyste). Na rys. 20 podano dokładne kształty impulsów. Impuls dodatni odpowiada sygnałowi  $D_R^+$ , a impuls ujemny sygnałowi  $D_B^+$ . Impulsy identyfikacji koloru dodaje się do sygnałów różnicowych i tak ukształtowany sygnał poddaje się modulacji. Dewiacja częstotliwości odpowiadająca impulsom synchronizacji koloru wynosi 350 kHz.

Schemat blokowy układu do wytwarzania impulsów synchronizacji koloru pokazano na rys. 21. Do wejścia układu doprowadza się pionowy impuls synchronizujący, którego tylnym zboczem wyzwała się generator samodławny. Tyłne zbocze generowanego impulsu, precyzyjnie wyznaczo-

ne za pomocą impulsów wygaszania pionowego, określa moment wyzwolenia drugiego generatora samodiawnego. Impuls z tego generatora o czasie trwania 9 linii służy do wykluczowania 9 impulsów prostokątnych, synchronicznych z częstotliwością analizy poziomej. Następnie impulsy te odpowiednio kształtuje się i na wyjściu układu uzyskuje się impulsy trapezowe, które doprowadza się do układów sumujących podanych na rys. 10. Odpowiednie przebiegi podano na rys. 22.

#### 2.3.4. Całkowity sygnał wizyjny obrazu kolorowego

Całkowity sygnał obrazu kolorowego składa się z sygnału luminancji, modulowanej podnośnej chrominancji i impulsów synchronizacji.

Podnośna chrominancji jest algebraicznie dodawana do sygnału luminancji. Międzyszczytowa wartość amplitudy podnośnej wynosi 23% amplitudy sygnału luminancji. Sposób kształtowania sygnału luminancji i sygnału chrominancji został wyżej szczegółowo omówiony.

Na rysunku 23 dla przykładu przedstawiono sygnał odpowiadający obrazowi pionowych pasów kolorowych uszeregowanych w następującej kolejności: biały, żółty, niebiesko-zielony (cyjan), zielony, fioletowy (magneta), czerwony, niebieski i czarny. Są to typowe pasy kolorowe o amplitudzie równej 75% (w stosunku do amplitudy sygnału wizyjnego od czerni do bieli przyjętej za 100%) używane jako sygnał testowy. W tabl. 2 przedstawiono zestawienie wartości poszczególnych sygnałów w systemie SECAM III opt.

Tablica 2

Wartości sygnałów obrazu pasów kolorowych o amplitudzie 75% /biał o amplitudzie 100%/

Sygnał Kolor	$E_H$	$E_G$	$E_B$	$E_Y$	$E_{R-Y}$	$E_{B-Y}$	$D_H$	$D_B$	Podnośna			
									$D_H$		$D_B$	
									Amplituda mV - % /1/	Dewiacja kHz /2/	Amplituda mV - % /1/	Dewiacja kHz /2/
Biały	1	1	1	1	0	0	0	0	206-29,4	0	166-23,7	0
Żółty	0,75	0,75	0	0,66	+0,08	-0,66	-0,16	-1,0	184-26,2	-45	350-50	-230
Niebiesko- zielony	0	0,75	0,75	0,53	-0,53	+0,22	+1,0	+0,34	457-65,3	+280	170-24,4	+78
Zielony	0	0,75	0	0,45	-0,45	-0,45	+0,84	-0,66	418-60	+235	270-38,5	-152
Fioletowy	0,75	0	0,75	0,30	+0,45	+0,44	-0,84	+0,66	206-29,4	-235	204-29,2	+152
Czerwony	0,75	0	0	0,23	+0,53	-0,23	-1,0	-0,34	242-34,6	-280	206-29,4	-78
Niebieski	0	0	0,75	0,09	-0,09	+0,66	+1,16	+1,0	245-35	+45	266-38	+230
Czarny	0	0	0	0	0	0	0	0	206-29,4	0	166-23,7	0

/1/ Dwie liczby figurujące w kolumnie oznaczonej "amplituda" odpowiadają: pierwsza - amplitudzie wyrażonej w miliwoltach /dla sygnału wi-  
zycznego 1 V wartości międzykanałowej łącznie z synchronizacją/, a druga - międzykanałowej wartości amplitudy podnośnej wyrażonej w %  
odstępu czerni - biały.

/2/ Dewiacja częstotliwości jest wyrażona w kHz dodatnich lub ujemnych w zależności od tego, czy występuje wzrost, czy zmniejszenie często-  
tliwości w stosunku do wartości spoczynkowej.

### 3. ODBIORNIK TELEWIZJI KOLOROWEJ SYSTEMU SECAM

#### 3.1. Zasada budowy współczesnego odbiornika telewizji kolorowej

Szczegółowe omówienie konstrukcji odbiorników TV kolorowej nie będzie możliwe w ramach artykułu. Zwrócimy tu uwagę na podobieństwa i różnice występujące pomiędzy odbiornikiem TV kolorowej a znanymi już odbiornikami TV czarno-białej.

Współczesne domowe odbiorniki TV kolorowej nie różnią się na zewnątrz od luksusowych nowoczesnych odbiorników TV czarno-białej. Są one wyposażone w prostokątny, anty-implozyjny kineskop, najczęściej o przekątnej 25 cali. Powszechnie są w użyciu kineskopy kolorowe z maską cieniującą, aktualnie w Europie najczęściej typu A63 - 11X lub ich odpowiedniki.

Wewnętrzne bloki funkcjonalne odbiornika są takie same jak nowoczesnego odbiornika TV czarno-białej. Istotną różnicę stanowią:

- 1) lampa kineskopowa z właściwymi dla niej układami odchylenia, układami korekcji zbieżności kolorów (konwergencji) oraz zasilania w stabilizowane wysokie napięcie +24 kV,

- 2) płyta urządzenia dekodującego danego systemu TV kolorowej (NTSC, SECAM, PAL), sterująca sygnałami kolorowymi trzy wyrzutnie elektronowe kineskopu.



Poszczególne bloki odbiornika muszą spełniać wyższe wymagania pod względem parametrów jakościowych i stabilności niż odbiorniki czarno-białe, zaś niektóre zasilania stosuje się stabilizowane.

### 3.2. Dekodowanie sygnału telewizji kolorowej systemu SECAM

Po przeprowadzeniu detekcji w odbiorniku sygnał wizyjny zostaje rozdzielony na sygnał luminancji i sygnał chrominancji. Blokowy schemat ilustrujący pracę dekodera przedstawia rys. 24.

Sygnał chrominancji jest wzmacniany pasmowo i filtrowany z uwydatnieniem częstotliwości środkowej  $F_c = 4,286$  MHz, przy jednoczesnym znacznym stłumieniu wstępnych bocznym zgodnie z normą (deemfaza w.cz.). Następnie ograniczony wstępnie sygnał chrominancji jest kierowany poprzez ultradźwiękową linię opóźniającą go o czas trwania jednej linii obrazu (64  $\mu$ sek) do przełącznika elektronicznego, do którego doprowadza się sygnał chrominancji bezpośrednio. Przełącznik elektroniczny wybiera z sygnałów bezpośredniego i opóźnionego informacje (Y - B) i (R - Y) i kieruje je na właściwe tory obu sygnałów różnicowych. Po wzmocnieniu i ograniczeniu amplitudy sygnał podnośnej jest demodulowany w dyskryminatorach częstotliwościowych pracujących szerokopasmowo ( $\Delta f$  ok. 1,5 MHz przy częstotliwościach spoczynkowych 4,250 MHz i 4,406 MHz).

Sygnały różnicowe (B' - Y') i (R' - Y') przechodzą

przez układy filtrujące, tłumiące wielkie częstotliwości wizyjne (deemfaza m.cz.) i trafiają do układu matrycowego.

Do układu matrycowego doprowadza się również sygnał luminancji, jednakże uprzednio odfiltrowuje się z niego składowe chrominancji z podnośną. Ze względu na różnicę czasów przebiegu sygnału chrominancji i sygnału luminancji, ten ostatni opóźnia się o ok. 0,6  $\mu$ sek.

Rolę układu matrycowego pełni zazwyczaj sama lampa kineskopowa. Sygnał luminancji Y doprowadza się do katod wyrzutni elektronowych kineskopu kolorowego, a sygnały różnicowe do siatek odpowiednich kolorów. Oczywiście doprowadzone sygnały powinny mieć amplitudę ok. 70 V niezbędną do prawidłowego sterowania kineskopu, a więc muszą być wzmacniane.

W urządzeniu dekodującym znajdują się ponadto specjalne obwody wydzielające impulsy identyfikacji koloru, których zadaniem jest utrzymanie właściwego rytmu pracy przełącznika. Gdy brak jest impulsów identyfikacji koloru, a więc np. przy odbiorze programu czarno-białego, tor chrominancji jest wyłączony.

### 3.3. Cechy charakterystyczne odbiornika telewizji kolorowej systemu SECAM III w porównaniu z odbiornikami innych systemów

Pierwsze serie odbiorników TV kolorowej systemu SECAM III różniły się zewnętrznie od odbiorników TV czarno-białej jedynie wyprowadzonym na płytę frontową wy-

łącznikiem koloru. W praktyce okazało się konieczne wprowadzenie regulacji nasycenia, co zrealizowano w szeregu rozwiązań w ZSRR. Powodem tego jest wrażliwość systemu na wahania poziomu sygnału.

Odbiorniki systemu NTSC posiadają ponadto pokrętło fazy sygnału chrominancji wpływającej na zmiany barw. Aktualne odbiorniki systemu PAL są wyposażone poza tym w regulację tzw. temperatury barwy. Chodzi tu o korekcję ogólnego zabarwienia obrazu na bardziej złociste - ciepłe przy oglądaniu podczas oświetlenia żarowego w pomieszczeniu i odwrotnie - niebieskawe przy oglądaniu np. w pochmurny dzień, o zmroku. Daje to przyjemniejsze efekty odbioru wrażeń dla oka. Regulacja taka jest wskazana również w odbiorniku SECAM, dotychczas jednak brak danych o jej realizacji.

Odbiorniki kolorowe wszystkich systemów mają bardzo rozbudowany system regulacji współbieżności, dotyczący pracy samej lampy kineskopowej. Regulacje te są jednakże ukryte.

Cechą charakterystyczną odbiorników TV kolorowej wytwarzanych przez renomowane firmy jest ich wysoka niezawodność. Pobór mocy odbiornika TV kolorowej w wersji lampowej wynosił ok. 400 W, widoczna jest tendencja spadkowa w miarę postępu tranzystoryzacji.

Zdaniem licznych specjalistów odbiornik systemu SECAM powinien być wyposażony w bardzo skuteczne systemy automatycznej regulacji wzmocnienia i automatycznego dostrajania częstotliwości. Wiąże się to z wrażliwością na wahania amplitudy sygnału i asymetrię wstęg bocznych sygna-

łu chrominancji w systemie SECAM. Istnieje opinia, że skuteczność ARW powinna być nie gorsza od 3 dB na wyjściu, przy 60 dB wahań poziomu wejściowego. Również stałość zestrojenia obwodów wielkiej i pośredniej częstotliwości oraz selekcja niepożądanych sygnałów powinny być bardzo wysokie.

Pomimo znacznych wymagań na obwody, głównym czynnikiem kształtującym koszt odbiornika TV kolorowej jest jednak wysoka cena kineskopu kolorowego.

#### 4. NIEKTÓRE WIZYJNE URZĄDZENIA STUDYJNE W SYSTEMIE SECAM III

##### 4.1. Uwagi ogólne

W skład aparatury studia telewizyjnego wchodzi urządzenia służące do przetwarzania obrazów na sygnały elektryczne, urządzenia do przekształcania, rozsyłania i kontroli sygnałów. Ze względu na ograniczony zakres tego rozdziału omówione zostaną tylko urządzenia do kontroli i przekształcania sygnałów SECAM. Tak samo nie będą omawiane urządzenia kodujące i dekodujące, które były szczegółowo opisane w rozdziale 2 i 4.

##### 4.2. Miksowanie sygnałów w systemie SECAM

Natychmiastowe przełączanie dwóch sygnałów kodowanych według systemu SECAM III dokonuje się w taki sam sposób, jak w telewizji czarno-białej. Jednak, gdy w grę wchodzi miksowanie powolne lub tworzenie efektów specjalnych,

to zastosowanie modulacji częstotliwościowej przy kodowaniu narzuca specjalny sposób postępowania. Nie można bowiem bezpośrednio tłumić sygnału wizyjnego nadawanego systemem SECAM III, gdyż w ten sposób w odbiorniku zmniejsza się jedynie poziom sygnału luminancji, natomiast nie zmniejsza się poziom sygnałów różnicowych, które nie zależą od poziomu podnośnej, ale od jej częstotliwości. Nie można również mieszać bezpośrednio dwóch sygnałów SECAM, ponieważ sumowanie dwóch podnośnych wywołałoby zjawiska dudnień a nie efekt pożądaný, tzn. podnośną modulowaną przez mieszanie sygnałów różnicowych pochodzących od miksowanych sygnałów.

Zasada działania urządzenia miksującego polega na przeprowadzeniu demodulacji podnośnej w taki sposób, aby umożliwić oddziaływanie na poziomy sygnałów różnicowych w tym samym czasie, w którym poddawane są regulowaniu poziomy odpowiednich sygnałów luminancji. Następnie przeprowadza się ponownie modulację częstotliwości nowej podnośnej i dodaje się uzyskany sygnał do sygnału luminancji.

Na rys. 25 podano schemat blokowy miksera. Za pomocą przełącznika wejściowego wybiera się dwa z doprowadzonych do wejścia sygnałów wizyjnych. Dla każdego z sygnałów miksowanych przewidziano dwa toró A i B. Jednym toró przesyła się całkowity sygnał, a drugim sygnał chrominancji. Sygnał chrominancji wydziela się z całkowitego sygnału za pomocą filtru pasmowego, a następnie poddaje się go procesowi demodulacji. Następnie doprowadza się oba sygnały do mieszacza o dwóch torach pracujących

równoległe, który pozwala równocześnie mieszać w jednym torze sygnały luminancji, a w drugim kolejne sygnały chrominancji. Sygnały luminancji przed doprowadzeniem do mieszacza przechodzą przez linie opóźniające w celu wyrównania czasu przejścia. Uzyskanym w wyniku miksowania sygnałem chrominancji moduluje się następnie nową podnośną, którą się dodaje do uzyskanego na skutek miksowania sygnału luminancji. Przedtem należy z niego usunąć pierwotne sygnały chrominancji, których obecność wywołałaby interferencje z nowym sygnałem chrominancji. W związku z tym w torze nowego sygnału luminancji jest filtr dolnoprzepustowy, który ogranicza pasmo sygnału do około 3 MHz. Filtr ten pozbawia jednak przy tym sygnał luminancji składowych wielkiej częstotliwości, co powoduje utratę zdolności rozdzielczej w czasie miksowania. Można to skorygować za pomocą układu, zwanego wyostrzającym (po angielsku - crispener), który umożliwia odtworzenie składowych wielkiej częstotliwości sygnału luminancji za pomocą układów nieliniowych. Schemat blokowy tego układu podano na rys. 26. Całkowity sygnał obrazu kolorowego po ograniczeniu pasma do 3,2 MHz doprowadza się do układu sumującego dwoma torami. W pierwszym torze sygnał zostaje zróżniczkowany, ograniczony i powtórnie zróżniczkowany, a w drugim torze zostaje tylko wprowadzone opóźnienie dla wyrównania czasu przejścia. Na wyjściu układu całkowity sygnał zawiera składowe małej i wielkiej częstotliwości sygnału. Taki sygnał dodaje się w układzie sumującym podanym na rys. 25, do zmodulowanej podnośnej. Przełącznik sygnału wyjściowego

miksera zapewnia uzyskanie sygnału bezpośredniego lub miksowanego.

W przypadku tworzenia tzw. efektów specjalnych (miksowanie trikowe) wykorzystuje się generator efektów specjalnych wytwarzający impulsy przełączające oraz dwa synchronicznie działające przełączniki elektronowe, z których jeden przełącza sygnały luminancji, a drugi sygnały chrominancji. Przełączniki te są sterowane w okresach linii i pól i pozwalają wtrącać w obraz transmitowany inny obraz ograniczony konturem o kształcie geometrycznym stałym lub zmiennym.

Przy sygnałach systemu SECAM nie można używać miksera trikowego stosowanego w telewizji czarno-białej, bowiem przełączanie, jakie zachodzi w czynnym okresie linii wywoływałoby nieciągłość fazy między dwoma sygnałami chrominancji, co powodowałoby powstanie tęczącej otoczki konturu dzielącego dwa obrazy.

Omówione wyżej urządzenie miksujące może być wykorzystywane zarówno do miksowania sygnałów monochromatycznych jak: monochromatycznych i kolorowych zakodowanych według systemów SECAM III. Oprócz opisanego układu mikser jest wyposażony w układy rozpoznające, czy sygnały doprowadzane do jednego lub do drugiego toru mają tę samą fazę pod względem przemienności sygnałów  $D'_R$  i  $D'_B$  oraz czy sygnał jest sygnałem kolorowym czy monochromatycznym. W drugim przypadku jest wykorzystywany tylko jeden tor miksowania.

### 4.3. Synchronizacja źródeł obrazu kolorowego

W telewizji kolorowej, ze względu na możliwość uzyskania prostszej techniki okablowania, każde źródło obrazu kolorowego wyposaża się we własne urządzenie kodujące. Wskutek tego należy dodatkowo zapewnić warunki względnego synchronizmu sygnałów kolorowych między poszczególnymi koderami. W systemie telewizji kolorowej SECAM III zadanie to spełniają impulsy synchronizacji fazy przełączania, które doprowadza się do poszczególnych koderów.

Sygnał ten jest zwykle wytwarzany centralnie dla całego ośrodka telewizyjnego, może być przy tym także synchronizowany z sygnałem doprowadzanym z zewnątrz. Jest to dodatkowy warunek do ogólnych wymagań synchronizowania z sygnałem zewnętrznym. Przy transmisji monochromatycznej najpierw synchronizuje się częstotliwości odchylenia pionowego, następnie częstotliwości odchylenia poziomego, a w przypadku transmisji kolorowej następuje zsynchronizowanie przełączników sygnału chrominancji.

Dla systemu SECAM III opt. stabilność częstotliwości odchylenia poziomego, wymagana ze względu na dostarczenie dokładnych częstotliwości odniesienia, powinna wynosić około  $\pm 2,5 \cdot 10^{-4}$ .

### 4.4. Secamskop

W zagadnieniach eksploatacyjnych podstawowe znaczenie posiada możliwość kontroli parametrów przesyłanego sygnału. Dla telewizji monochromatycznej zostały opracowo-



wane odpowiednie metody pomiarowe i sygnały testowe do kontroli parametrów toru przesyłowego. Przy wprowadzeniu do eksploatacji telewizji kolorowej powstała konieczność opracowania metod pomiarowych i sygnałów testowych do kontroli parametrów sygnałów chrominancji.

Dla kontroli i pomiaru parametrów sygnału NTSC opracowano specjalny przyrząd, zwany "wektoryskopem", który umożliwia obserwację wektorów sygnału chrominancji odpowiadających kolorom podstawowym. Zasada wektorowego przedstawienia sygnałów chrominancji wymaga jednocześnie dwóch ortogonalnych składowych sygnałów R-Y i B-Y. Zasady tej nie można jednak zastosować w systemie SECAM III, gdzie sygnały te są przesyłane kolejno.

Wektoryskop umożliwia pomiar sygnałów bez demodulacji podnośnej, co jest możliwe dzięki zastosowaniu w systemie NTSC modulacji amplitudowej. Dla sygnału SECAM, gdzie stosuje się modulację częstotliwości trzeba stosować inne zasady analizy sygnału. Ostatnio opracowano nowy przyrząd pomiarowy, zwany "Secamscope". Przyrząd ten umożliwia dokładne sprawdzenie parametrów sygnałów dostarczanych przez różne urządzenia i jest przeznaczony głównie do pomiaru parametrów całkowitego sygnału wizyjnego, uzyskiwanego przy nadawaniu obrazu pionowych pasów kolorowych.

Przyrząd ten może być wykorzystywany jako konwencjonalny oscyloskop do pomiarów poziomów sygnału luminancji, amplitudy podnośnej i amplitudy impulsów synchronizujących. Oprócz tego posiada on specjalne urządzenia do pomiaru preemfazy w.c.z. oraz dewiacji częstotliwości, od-

powiadających poszczególnym pasom kolorowym sygnału testowego, względnie sygnałów identyfikacji. W celu zapewnienia odpowiedniej dokładności pomiaru zastosowano wewnętrzne urządzenia kalibrujące.

Schemat blokowy przyrządu podano na rys. 27.

Pomiaru amplitud składowych małej częstotliwości sygnału luminancji dokonuje się po wydzieleniu ich z całkowitego sygnału za pomocą filtra dolnoprzepustowego, a składowe wielkiej częstotliwości (modulowana podnośna) po wydzieleniu za pomocą filtra pasmowego. W takim przypadku w oscyloskopie wykorzystuje się normalną podstawę czasu synchronizowaną z częstotliwością równą połowie częstotliwości odchylenia poziomego, zaś wzmacniacz odchylenia pionowego oscyloskopu jest wyskalowany w jednostkach napięcia.

Głównym zadaniem przyrządu jest pomiar parametrów sygnału chrominancji, a mianowicie: kontroli preemfazy małej częstotliwości i preemfazy wielkiej częstotliwości oraz ograniczania amplitudy sygnału modulującego.

Do wybierania odpowiedniego punktu pomiarowego służy sześciopozycyjny przełącznik  $C_2$ . Dzięki temu możliwy jest pomiar amplitudy całkowitego sygnału obrazu kolorowego, sygnału luminancji, modulowanej podnośnej przed działaniem deemfazy w.cz. i na wyjściu układu deemfazy w.cz. oraz sygnału wyjściowego dyskryminatora przed działaniem układu deemfazy m.cz. i na wyjściu układu deemfazy m.cz.

Zasada pomiaru polega na doprowadzaniu do wzmacniacza odchylenia poziomego oscyloskopu zdemodulowanej pod-

nośnej bez wprowadzenia deemfazy m.c.z., zaś do wzmacniacza odchylenia pionowego sygnału podnośnej oddzielonego od sygnału luminancji z wprowadzoną preemfazą w.c.z. Przy odpowiednim wyskalowaniu przyrządu uzyskuje się przebieg zawarty wewnątrz szablonu utworzonego przez dwie linie pionowe odpowiadające granicznym dewiacjom częstotliwości oraz przez dwie krzywe wklęsłe względem poziomej osi środkowej przedstawiające charakterystykę preemfazy w.c.z. Oś pozioma może być wyskalowana znacznikami częstotliwości wytwarzanymi przez wewnętrzny generator kwarcowy.

W przypadku kontroli sygnału testowego pasów kolorowych poszczególne częstotliwości odpowiadające ustalonym poziomom sygnałów modulujących zostaną na ekranie przedstawione w postaci jaśniejszych pionowych prążków.

Na rysunku 28 pokazano wykres teoretycznych wartości częstotliwości chwilowych oraz charakterystyki preemfazy w.c.z. Wykres ten może być uproszczony w przypadku, gdy rozróżnia się osobno prążki sygnału R - Y lub B - Y. W tym celu wystarczy doprowadzić do cylindra Wehnelta lampy oscyloskopowej napięcia o przebiegu fali kwadratowej o częstotliwości równej połowie częstotliwości odchylenia poziomego. Wtedy uzyskuje się wygaszanie strumienia elektronowego co drugą linię analizy. Można także za pomocą przełącznika elektronowego porównywać położenie prążków uzyskanych na skutek działania sygnału pasów kolorowych dostarczanego z kodera z położeniem prążków innego wzorcowego sygnału. Za pomocą tego przyrządu bardzo łatwo można określić ewentualne błędy dewiacji mniejsze od 1 kHz oraz błędy amplitudy mniejsze od 1 dB.

## 5. ZAGADNIENIE TRANSKODOWANIA SYGNAŁÓW TELEWIZJI KOLOROWEJ

### 5.1. Wiadomości ogólne

Uchwały plenarnego posiedzenia CCIR w Oslo w 1966 roku wykazały, że nie ma nadziei na jeden wspólny system telewizji kolorowej dla Europy. Tak więc w Europie będą wykorzystywane dwa systemy telewizji kolorowej SECAM i PAL.

Ze względu na międzynarodową wymianę programów telewizji kolorowej podstawowe znaczenie posiada zagadnienie transkodowania sygnałów jednego systemu telewizji kolorowej na drugi. Transkodowanie sygnałów telewizji barwnej jest to przekształcenie całkowitego sygnału jednego systemu na całkowity sygnał drugiego systemu. Każde urządzenie transkodujące spełnia zasadniczo trzy funkcje:

1. Wydziela sygnał luminancji i sygnał chrominancji z całkowitego sygnału obrazu kolorowego.
2. Przekształca sygnał chrominancji i koduje w nowym systemie.
3. Sumuje sygnał luminancji z nowo zakodowanym sygnałem chrominancji.

Teoretycznie istnieją trzy możliwości transkodowania sygnałów telewizji kolorowej: przez bezpośrednie przekształcenie zmodulowanego sygnału podnośnej, przez dekodowanie do sygnałów różnicowych i powtórne kodowanie według zasad drugiego systemu oraz przez zdekodowanie do

sygnałów kolorów podstawowych R,G,B i pełne kodowanie według zasad drugiego systemu. Ogólny schemat blokowy transkodera podano na rys. 29.

## 5.2. Wydzielanie sygnału luminancji i sygnałów chrominancji

Ze schematu blokowego podanego na rys. 29 wynika, że dla transkodowania sygnałów telewizji kolorowej jednego systemu na drugi trzeba oddzielić sygnał luminancji od sygnału chrominancji. Przy transkodowaniu sygnałów NTSC lub PAL, gdzie istnieje regularne przeplatanie widma sygnału luminancji i sygnałów chrominancji, wydzielenie sygnału luminancji realizuje się stosunkowo prosto za pomocą tzw. filtrów grzebieniowych. Charakterystyka częstotliwościowa tych filtrów przypomina zęby grzebienia.

Działanie filtra grzebieniowego oparte jest na własnościach spektralnych sygnału chrominancji w systemie NTSC, którego prążki widma są regularnie rozmieszczone na osi częstotliwości w odstępach równych częstotliwości linii. Widmo sygnału luminancji jest analogiczne. Wybranie częstotliwości podnośnej jako nieparzystej harmonicznej połowy częstotliwości linii zapewnia symetryczne rozmieszczenie obu widm.

Ponieważ sygnał telewizyjny jest okresową funkcją czasu, można zastosować metodę tłumienia podnośnej, która polega na odpowiednim opóźnieniu sygnału wejściowego, a następnie sumowaniu obu składowych. Schemat blo-

kowy filtru grzebieniowego opartego na tej zasadzie podano na rys. 30.

Całkowity sygnał obrazu kolorowego doprowadza się do układu sumującego poprzez filtr pasmowy i linię opóźniającą o opóźnieniu  $T = \frac{1}{H}$ . Jednocześnie do tego obwodu doprowadza się ten sygnał przez filtr dolnoprzepustowy. Na skutek wprowadzenia przesunięcia fazy  $180^\circ$  sygnał chrominancji znosi się.

Układ ten działa jak filtr o współczynniku przenoszenia [10]:

$$|P| = \frac{1}{2} \sqrt{2 + 2 \cos \omega T}$$

Dla częstotliwości  $f_n = \frac{2n+1}{2} f_H$   $|P| = 0$ , a dla częstotliwości  $f_n = n f_H$   $|P| = 1$ , gdzie  $n$  - liczby naturalne w pobliżu  $n = 283$ .

Wypadkową krzywą przenoszenia układu podano na rys. 31. Ponadto naniesiono prążki widma sygnału luminancji (linie ciągłe) i podnośnej chrominancji (linie przerywane).

W systemie SECAM III podnośna jest modulowana częstotliwościowo, dlatego nie można wydzielać sygnału luminancji za pomocą filtru grzebieniowego. Można jedynie stosować rozdzielanie widma całkowitego sygnału przy częstotliwości 3,2 MHz. Metoda ta posiada jednak dwie wady: pierwsza - to ograniczenie pasma sygnału luminancji do 3,2 MHz, co pociąga za sobą pogorszenie rozdzielczości, druga - to zawartość składowych wielkiej częstotliwości sygnału luminancji w sygnale chrominancji. W ce-

lu polepszenia rozdzielczości można zastosować układ wyostrzający, który umożliwi odtworzenia pewnej części wytłumionych składowych wysokoczęstotliwościowych sygnału luminancji za pomocą układów nieliniowych. Nowe składowe wysokoczęstotliwościowe dodaje się do składowych małej częstotliwości sygnału luminancji. Zasadę działania tego układu omówiono w rozdz. 5.2, a schemat blokowy układu podano na rys. 26.

Istnieje jeszcze inna, zaproponowana przez Melchiora [6], metoda wydzielenia sygnału luminancji bez pogorszenia rozdzielczości. W metodzie tej jest możliwe wytłumienie modulowanej częstotliwościowo podnośnej chrominancji, bez wpływu na składowe sygnału luminancji zawarte w tym pasmie, to znaczy, że operacja ta odbywa się bez straty rozdzielczości. Zasada działania układu polega na wydzieleniu modulowanej częstotliwościowo podnośnej z całkowitego sygnału za pomocą filtru pasmowego, a następnie na odjęciu ich od całkowitego sygnału. Schemat blokowy układu podano na rys. 32.

Na wstępie całkowity sygnał systemu SECAM przechodzi przez układ deemfazy w.cz., a następnie rozdziela się i dwoma torami zostaje doprowadzony do układu sumującego. W pierwszym torze sygnał przechodzi tylko przez układ wprowadzający opóźnienie czasowe. W drugim torze sygnał przechodzi najpierw przez filtr górnoprzepustowy, który wydziela z całkowitego sygnału częstotliwościowo modulowaną podnośną oraz zawarte w tym pasmie składowe sygnału luminancji. Następnie sygnał zostaje wzmacniony i doprowadzony do symetrycznego ogranicznika amplitudy, któ-

ry ogranicza wszystkie zmiany amplitudy sygnału z modulacją częstotliwości. Równolegle do ogranicznika jest przyłączony diodowy detektor szczytowy, który dostarcza napięcia stałego do sterowania wzmacniacza regulowanego. Sygnał z wyjścia ogranicznika doprowadza się do wzmacniacza regulowanego, na wyjściu którego uzyskuje się sygnał modulowany częstotliwościowo o stałej amplitudzie, taki jak sygnał przed ogranicznikiem, ale już pozbawiony składowych sygnału luminancji. Sygnał ten doprowadza się do układu sumującego, gdzie odejmuje się go od opóźnionego całkowitego sygnału. W ten sposób na wyjściu układu sumującego uzyskuje się sygnał luminancji bez pogorszenia rozdzielczości. Sygnał z wyjścia układu sumującego doprowadza się do układu preemfazy w celu skompensowania wprowadzonej na wstępie deemfazy.

### 5.3. Transkodowanie sygnałów chrominancji systemu SECAM na PAL

Po wydzieleniu modulowanej podnośnej chrominancji z sygnału luminancji dokonuje się dalszych przekształceń sygnału w celu uzyskania sygnału zakodowanego w nowym systemie. Rozpatrzmy dla przykładu sposób przekształcenia sygnału kodowanego systemu SECAM na sygnał zakodowany w systemie PAL. Schemat blokowy układu podano na rys. 33. Modulowaną częstotliwościowo podnośną chrominancji przepuszcza się przez układ deemfazy w.c.z. i ogranicznik, który obcina zawarte w sygnale składowe sygnału luminancji o dużych amplitudach. Następnie sygnał



doprowadza się do podwójnego przełącznika elektronowego, na wyjściu którego uzyskuje się dwa sygnały: jeden bezpośredni a drugi opóźniony (o 64  $\mu$ sek), które doprowadza się do ograniczników amplitudy, a' potem do dyskryminatorów. Na wyjściu dyskryminatorów uzyskuje się sygnały różnicowe R - Y i B - Y, które następnie doprowadza się do układów deemfazy m.cz. a z ich wyjścia do modulatorów systemu PAL.

Omawiane zasady transkodowania dotyczyły przekształcania sygnałów telewizji barwnej przy stałym standardzie (625 linii 50 obrazów). Zagadnienie znacznie się komplikuje w przypadku transkodowania sygnałów telewizji barwnej ze standardu amerykańskiego (60 obrazów 525 linii) na standard europejski (50 obrazów 625 linii). Ze względu na ograniczony zakres tego rozdziału zagadnienie to nie będzie tutaj rozpatrywane.

## 6. WPŁYW ZNIEKSZTAŁCEŃ TRANSMISYJNYCH I PROPAGACYJNYCH W SYSTEMIE SECAM III

### 6.1. Ogólna charakterystyka rodzajów zniekształceń występujących przy transmisjach sygnałów telewizyjnych

Trasa, którą ma przebyć sygnał telewizyjny, zanim trafi do odbiorcy jest często długa, licząca kilkaset, a nawet parę tysięcy kilometrów.

Składa się zazwyczaj ze znacznego odcinka transmisyjnej mikrofalowej linii radiowej tzw. łącz telewizyjnych,

albo linii kablowej, bądź też obu wymienionych sposobów transmisji jednocześnie. Zauważmy przy tym, że obecnie rozwinięte systemy transmisji zarówno kablowej jak i liniami radiowymi pracują na potrzeby telefonii wielokrotnej i posiadają specjalne tory wydzielone do przesyłania programów telewizyjnych.

Końcowy etap transmisji telewizyjnej do odbiorcy stanowi normalnie droga radiowa, na falach najbliższej stacji nadawczej telewizji. Ten odcinek może liczyć przy odbiorze dalekim w sprzyjających warunkach ok. 100 km.

Z obrazu typowej drogi przesyłowej telewizji widzimy, że zniekształcenia, jakim może ulegać sygnał, mogą mieć charakter zarówno transmisyjny, wynikający z niedoskonałości aparatury, jak i propagacyjny, związany z emisją i odbiorem w zakresie fal elektromagnetycznych o długościach od kilku metrów do kilku centymetrów.

Niektóre rodzaje zniekształceń mogą wystąpić zarówno przy przesyłaniu na trasach transmisyjnych, jak też i podczas odbioru abonenta TV z anteny.

W dalszym ciągu rozpatrzmy kolejno najważniejsze rodzaje zniekształceń, ich źródła i występowanie.

### 6.1.1. Szумы

Napięcia elektryczne o charakterze szumu występują we wszystkich urządzeniach elektrycznych i wynikają ze struktury fizycznej materii. Można je przedstawiać jako typowe szумы termiczne np. w opornikach; szумы wynikające z efektów śrutowych (przelatywanie elektronów,

emisje wtórne w lampach elektronowych), szumy elementów półprzewodnikowych i wreszcie szumy kosmiczne występujące w przestrzeni.

Jednakże w praktyce z szumami musimy się liczyć tylko tam, gdzie mamy do dyspozycji bardzo słabe użyteczne sygnały elektryczne. Wówczas bowiem stosując znaczne wzmocnienia, wzmacniamy również szumy, zaś w rzeczywistości istotny dla nas jest stosunek sygnału do szumu. Stosunek ten określany bywa najczęściej w decybelach, jako proporcja pomiędzy nominalną szczytową amplitudą sygnału wizyjnego a skutecznym napięciem szumów. Pomiar skutecznej wartości szumów dokonuje się miernikiem wartości skutecznych współpracującym ze wzmacniaczem o określonym pasmie przenoszenia; dla potrzeb telewizji pasmo to pokrywa się z pasmem wizyjnym. Należy tu zauważyć, że charakterystyka amplitudowa w funkcji częstotliwości wzmacniacza pomiarowego, stosowanego w telewizji do pomiarów szumu, bywa najczęściej płaska i wówczas mówimy o tzw. szumie "białym" lub uwydatniona liniowo od małych do największych częstotliwości wizyjnych przy pomiarze tzw. szumów "trójkątnych".

Podczas transmisji sygnałów telewizyjnych z szumami musimy się liczyć zasadniczo w dwu sytuacjach:

- 1) przy odbiorze domowym z anteny;
- 2) na trasach łącz mikrofalowych.

W pierwszym przypadku groźne dla odbioru szumy występują przy słabym sygnale z anteny. Przyczyną może być zbyt duża odległość od stacji nadawczej lub przeszkody

propagacyjne, takie jak linia horyzontu, albo zasłony z innych obiektów, szczególnie dokuczliwe w zakresie krótszych fal metrowych i fal decymetrowych.

W drugim przypadku duże szумы są często związane z nadmierną odległością pomiędzy stacjami łącz mikrofalowych oraz zjawiskami propagacyjnymi powodowanymi przez gwałtowne zmiany pogody.

Wystąpienie na trasie intensywnych opadów zwiększa tłumienie wiązki mikrofal, zaś fale gorącego i zimnego powietrza mogą wywoływać pewne odchylenia wiązki, co przy bardzo wąskim kącie promieniowania jest już zauważalne. Również kołysanie się konstrukcji antenowych wywołane przez wicher może spowodować osłabianie odbieranego sygnału użytecznego i nadmierny wzrost szumów.

Na nadmierne szумы na trasach łącz mikrofalowych mogą również wpływać niestabilne elementy w obwodach wielkiej częstotliwości, wywołujące rozstrojenia. Sygnał użyteczny jest wówczas słabiej wzmacniany, zaś układy automatycznej regulacji wzmocnienia dążąc do utrzymania określonego poziomu wywołują również niepotrzebne wzmacnianie szumów.

Przy transmisjach na trasach kablowych szумы są z natury rzeczy małe, gdyż użyteczny poziom sygnału docierającego do stacji wzmacniakowych jest z zasady znaczny, zapewniający korzystną przewagę nad szumami stopnia wejściowego.

### 6.1.2. Nieliniowości charakterystyki amplitudowej w funkcji częstotliwości

Popularnie znane tzw. spadki charakterystyki są jednym z najczęstszych powodów zniekształceń transmisyjnych w telewizji. W telewizji czarno-białej gorsze przenoszenie wielkich częstotliwości wizyjnych wywołuje pogorszenie rozdzielczości, a znaczne nieliniowości przebiegu charakterystyki mogą być przyczyną powstawania tzw. "plastyki" na obrazie. W silniejszym stopniu dotyczy to transmisji TV kolorowej, ponieważ dodatkowo mogą ulegać zniekształceniu kolory. Na rys. 34 przedstawiono przykładowo pożądaną i zniekształcone charakterystyki amplitudowe w funkcji częstotliwości.

Zjawisko nieliniowości charakterystyk amplitudowych w funkcji częstotliwości powstaje najczęściej w wyniku wadliwego działania urządzeń. Zasadniczymi przyczynami nieprzewidzianych spadków charakterystyki są pojemności pasożytnicze w obwodach wizyjnych oraz niewłaściwe zestrojenia w obwodach wielkiej częstotliwości przenoszących sygnał telewizyjny na fali nośnej.

Należy tu zauważyć, że długie odcinki kabli współosiowych do przesyłania sygnałów wizji wykazują większe tłumienie wielkich częstotliwości wizyjnych i w instalacjach stałych powinny być właściwie korygowane wzmacniaczem korekcyjnym lub układem biernym. Spadki charakterystyki spowodowane włączeniem pasożytniczej pojemności do obwodów wizyjnych wynikają najczęściej z błędów obsługi, która pozostawia załączone dodatkowe obciążenia.

Szczególnie niebezpieczne jest dołączanie dłuższych odcinków kabli współosiowych nie zamkniętych na opór faldowy.

Z niewłaściwym zestrojeniem obwodów wielkiej częstotliwości, przenoszących sygnały telewizyjne na fali nośnej, spotykamy się zarówno w odbiornikach domowych, jak też w urządzeniach nadawczych i transmisyjnych (tzn. łączach mikrefalowych i kablowych).

Zasadniczymi przyczynami odstrojeń bywa niestabilność aparatury związana z niską klasą urządzeń, a niekiedy również niewłaściwa lub nieumiejętna obsługa.

### 6.1.3. Nieliniowości w przenoszeniu kontrastów

Nieliniowości w przenoszeniu kontrastów ogólnie nazywane są zniekształceniami nieliniarnymi. Wynikają one z nieliniarnych charakterystyk elementów urządzeń elektrycznych (lampy, tranzystory, diody itp.). W praktyce występują najczęściej w modulatorach i demodulatorach oraz w stopniach mocy pracujących z dużym wysterowaniem charakterystyki roboczej. Rys. 35 ilustruje przykładowo zmiany sygnału TV po przejściu przez układ zniekształcający. Dla telewizji sytuacja jest szczególnie niekorzystna, gdy występuje kompresja (ścieśnianie) sygnału w pobliżu poziomu czerni. Wywołuje to utratę ciemnych półtonów i pogorszenie jakości obrazu. Wymagania TV kolorowej są ostrzejsze i wiążą się również z niewłaściwym odtworzeniem nasycenia kolorów.

Zniekształcenia nieliniarne są ściśle związane z ja-

kością aparatury i starannością w jej eksploatacji. Szczególnie ważne jest utrzymanie właściwych parametrów pracy urządzeń, nominalnego wysterowania i usuwanie lamp ze słabą emisją.

#### 6.1.4. Wzmocnienie różnicowe i faza różnicowa

Wzmocnienie różnicowe i faza różnicowa są zniekształceniami bardzo istotnymi dla telewizji kolorowej, natomiast bez większego znaczenia w telewizji czarno-białej. Stąd wynika często słaba znajomość tych spraw przez personel techniczny, który dotychczas nie zajmował się tego rodzaju problemami.

Wzmocnienie różnicowe i fazę różnicową określa się dla częstotliwości podnośnej chrominancji (w Europie  $f = 4,43$  MHz). Jak wiadomo, w telewizji kolorowej na sygnał luminancji jest nałożony sygnał podnośnej, który przenosi informacje o barwach i nasyceniu. Amplituda sygnału podnośnej jest na ogół kilkakrotnie mniejsza od amplitudy sygnału luminancji, a w systemach TV kolorowej NTSC i PAL w ogóle zanika na szarych partiach obrazu (nie zabarwionych). Poziom ułożenia w sygnale TV kolorowej sygnału podnośnej wynika z poziomu sygnału luminancji w danej chwili. Może on być zarówno w pobliżu czerni, jak też w strefie bieli. Otóż okazuje się, że szereg urządzeń transmisyjnych wprowadza zmiany amplitudy podnośnej, doprowadzonej w sygnale telewizji kolorowej, w zależności od poziomu sygnału luminancji. Takie zniekształcenie nazywamy wzmocnieniem różnicowym. Zmia-

nom amplitudy towarzyszą przeważnie równoczesne zmiany fazy sygnału podnośnej, uzależnione od poziomu jej ułożenia na sygnale luminancji. Takie zmiany fazy, określone względem fazy sygnału podnośnej na poziomie czerni, nazywany fazą różnicową. Ilustruje to przykładowo rys. 36 na sygnale schodkowym z nakładką  $f = 4,43$  MHz, używanym do pomiarów.

Wzmocnienie różnicowe określa się w procentach albo w postaci współczynnika względem jedności, fazę różnicową - w stopniach.

Wzmocnienie różnicowe i faza różnicowa stały się bardzo istotne od momentu wprowadzenia w USA telewizji kolorowej systemu NTSC, w którym stosuje się modulację kwadraturową podnośnej. W systemie tym amplituda podnośnej informuje o nasyceniu, zaś faza o barwie. Stąd niepożądane zmiany amplitudy podnośnej wywoływały bądź nadmierne zakolorowanie, bądź też odbarwienie fragmentów obrazu. Natomiast zmiany fazy podnośnej względem impulsu synchronizacji koloru na poziomie czerni pociągały za sobą zasadniczą zmianę barwy fragmentów obrazu.

Przyczynami powstawania wzmocnienia różnicowego i fazy różnicowej są elementy nieliniowe urządzeń transmisyjnych.

Dlatego też głównymi blokami wytwarzającymi tego rodzaju zniekształcenia są modulatory, demodulatory, wzmacniacze mocy pracujące z dużym zakresem wysterowania. W niektórych układach wzmocnienie i fazę różnicową mogą wprowadzać diody półprzewodnikowe pracujące w pobliżu strefy przewodzenia. Diody wykazują bowiem zmienną po-



jemność uzależnioną od napięcia zaporowego, a zatem mogą obciążać obwód w sposób związany ze zmianami amplitudy sygnału.

Na wzmocnienie różnicowe i fazę różnicową rzutuje głównie konstrukcja urządzeń. Od obsługi wymagane jest bardzo staranne utrzymywanie nominalnego wysterowania i punktów pracy.

#### 6.1.5. Opóźnienia grupowe

Opóźnienia grupowe wynikają z różnicy prędkości fazowych i grupowych dla różnych częstotliwości w torze przesyłowym. Występują one jako parametry urządzenia uzależnione od regulacji różnego rodzaju filtrów, głównie w nadajnikach telewizyjnych, kablowych liniach transmisyjnych i łączach mikrofalowych. Niewłaściwe czasy opóźnień grupowych prowadzą do wystąpienia zniekształceń na konturach obrazu telewizyjnego. Z występowaniem złej korekcji tych zniekształceń spotykamy się niekiedy przy przełączaniu kanałów rezerwowych w liniach transmisyjnych (systemy posiadające korektory na końcach linii z włączaniem rezerwy dowolnie na trasie).

#### 6.1.6. Wahania poziomu sygnału

Wahania poziomu sygnału należą do częstych zakłóceń transmisyjnych. Na trasie z ośrodka telewizyjnego do odbiorcy można je podzielić na dwa zasadnicze rodzaje:

- 1) wahania poziomu przychodzącego z trasy łącz;

## 2) wahania poziomu sygnału z nadajnika w antenie odbiorcy.

Wahania poziomu przychodzącego z trasy łącz wynikają ze złej pracy urządzeń lub niestarannej regulacji amplitud przez obsługę. W ostatecznym efekcie mogą one powodować zmiany głębokości modulacji nadajnika przy zachowaniu stałej mocy fali nośnej dla poziomu czerni, który jest utrzymywany przez układy stabilizujące. W drugim przypadku mogą mieć miejsce również efekty związane z propagacją. Zmiany propagacyjne są tym bardziej istotne, im krótsza jest fala nośna, a więc najsilniejsze w zakresie fal decymetrowych (powyżej 470 MHz). Wiążą się one nie tylko ze zmianami tłumienia w atmosferze, ale również mogą pochodzić od kołysania się na wietrze masy antenowego (nadawczego i odbiorczego). W pobliżu lotnisk obserwuje się również wahania poziomu sygnału wywoływane przez przelatujące niewysoko samoloty. Efektem tego jest migotanie obrazu TV powodowane odbiorem fali odbitej od ruchomego obiektu (jako wynik sumowania dwóch sygnałów z różnicami fazowymi).

Wahaniom poziomu sygnału odbieranego z anteny skutecznie powinien przeciwdziałać układ automatycznej regulacji wzmocnienia w odbiorniku.

### 6.1.7. Wielodrogowy odbiór sygnału

Wielodrogowy odbiór sygnału odnosi się prawie wyłącznie do odbioru z anteny. Szczególnie daje się to odczuć w terenach górskich lub zabudowanych nierównomiernie

wielkimi obiektami. Wzrost efektów związanych z wielodrogowością występuje wraz ze skróceniem fali nośnej nadajnika. W wyniku różnicy czasów przejścia sygnałów dochodzących różnymi drogami na ekranie odbiornika powstają echa w postaci jednego, a czasem kilku obrazów przesuniętych w kierunku poziomym, zazwyczaj niezbyt intensywnych. W telewizji kolorowej echa są znacznie groźniejsze niż w czarno-białej, gdyż wiążą się z wystąpieniem fałszywych zakolorowań, bardzo nieprzyjemnych dla oka.

Metodą przeciwdziałania jest odpowiedni system anteny odbiorczej z zawężonym kątem promieniowania oraz małymi listkami bocznymi, skierowany w stronę najlepszego odbioru.

### 6.1.8. Interferencje

Interferencje stanowią bardzo częste zakłócenie w transmisjach telewizyjnych. Współczesne rozbudowane systemy linii transmisyjnych w połączeniu z innymi służbami sprzyjają przypadkowemu przenikaniu sygnałów zakłócających. Drugim źródłem zakłóceń interferencyjnych jest odbiór sygnałów z anteny. Interferencje powstają często już w stopniach wejściowych odbiornika TV w wyniku modulacji silnymi sygnałami wejściowymi.

Ostra selekcja obwodów wejściowych odbiornika TV i unikanie doprowadzenia na wejście nadmiernie dużych sygnałów dają zabezpieczenie przed wywołaniem zakłócenia.

Interferencje są bardzo dokuczliwe w telewizji kolorowej, gdyż wywołują dodatkowe efekty z podnośną i tym

skuteczniej zakłócają tło obrazu mniej lub więcej ruchomymi prążkami.

Należy tu zauważyć, że źródłem tego rodzaju zakłóceń może się okazać pracujący w sąsiedztwie odbiornika telewizyjnego odbiornik radiowy z silnie promieniującym oscylatorem lub inne urządzenia wielkiej częstotliwości, jak diatermie, zgrzewarki dielektryczne itp.

## 6.2. Metody oceny wpływu zniekształceń na jakość obrazu telewizyjnego

Cechą charakterystyczną zniekształceń transmisyjnych jest ich wspólne występowanie jednocześnie w kilku rodzajach z różnym nasileniem.

Jako praktyczną metodę oceny wpływu zniekształceń na jakość obrazu telewizyjnego stosuje się z reguły subiektywne badania statystyczne prowadzone z szeregiem obserwatorów.

Stosowana skala ocen jest następująca:

<u>Nota</u>	<u>Jakość obrazu</u>	<u>Zniekształcenia</u>
1.	doskonała	niezauważalne
2.	dobra	ledwie zauważalne
3.	niezła	wyraźnie zauważalne, lecz nie przeszkadzające
4.	raczej zła	lekko przeszkadzające
5.	zła	wyraźnie przeszkadzające
6.	bardzo zła	niedopuszczalne.

### 6.3. Ocena własności systemu telewizji kolorowej SECAM III opt.

Ocenę danego systemu telewizji kolorowej należy przeprowadzać przede wszystkim pod kątem jego własności eksploatacyjnych i odporności na wszelkiego rodzaju zniekształcenia, występujące w warunkach rzeczywistych. Sygnał telewizji kolorowej jest pod tym względem bardziej narażony, niż sygnał telewizji monochromatycznej. Należy bowiem wziąć pod uwagę, że w górnej części pasma wizyjnego jest przesyłany sygnał chrominancji, zawierający informacje o barwie i nasyceniu elementów obrazu kolorowego. Dlatego więc wszelkie zniekształcenia występujące w tym zakresie częstotliwości mogą mieć decydujący wpływ na jakość odbieranego obrazu kolorowego.

System SECAM III opt. został opracowany z myślą stworzenia systemu odpornego na zniekształcenia transmisyjne. Twórcy systemu szczególną uwagę skupili na uwolnieniu się od typowych dla systemu NTSC kłopotów ze wzmocnieniem różnicowym i fazą różnicową. Istotnie, zastosowanie modulacji częstotliwościowej sygnału podnośnej wyeliminowało zależność kolorów odtwarzanego obrazu od zniekształceń różnicowych. Jedynie przy bardzo dużych wartościach fazy różnicowej występują zniekształcenia obrzeży kolorowych płaszczyzn w postaci kolorowych obwóddek. Jak wykazały badania subiektywne, dopuszczalna wartość fazy różnicowej, dająca pogorszenie jakości obrazu do stopnia 2,5 (wg skali ocen podanych w 6.2), wynosi  $\pm 40^\circ$ , zaś dla stopnia 3,5 -  $\pm 50^\circ$  (dla porównania moż-

na podać, że odpowiednie wartości dla systemu NTSC wynoszą  $+ 12^{\circ}$  i  $+ 20^{\circ}$ ). Podobnie wpływ wzmocnienia różnicowego jest w systemie SECAM znacznie zmniejszony, co można przypisać wpływowi działania ograniczników amplitudy.

Wartości graniczne degradacji jakości obrazu wynoszą 65% dla stopnia 2,5 i 70% dla stopnia 3,5 (dla systemu NTSC mamy odpowiednio 30% i 40%).

Stabilizujące działanie ograniczników amplitudy w obwodach sygnału chrominancji ma również korzystny wpływ na zmniejszenie oddziaływania spadków charakterystyki amplitudowej. W granicach do ok. 10 dB przy częstotliwości podnośnej spadek charakterystyki amplitudowej nie wywiera istotnego wpływu na odtwarzanie kolorów. Jednakże występuje przy tym zmniejszenie się rozdzielczości obrazu, wywołane tłumieniem wielkich częstotliwości sygnału luminancji.

Szczególnie niekorzystnym przypadkiem dla systemu SECAM jest silna asymetria wstęp bocznych sygnału chrominancji, powodowana dużymi nierównościami przebiegu charakterystyki amplitudowej w zakresie pasma sygnału chrominancji. Wywołuje to bowiem kolorowe aureole wokół barwnych partii obrazu.

Właściwości systemu SECAM III opt. ujawniają się szczególnie korzystnie przy magnetycznym zapisie programu telewizji kolorowej. Można bowiem w tym przypadku stosować normalne urządzenia rejestracyjne, używane do zapisu sygnału monochromatycznego, uzyskując obraz kolorowy bardzo wysokiej jakości.

Przy zapisie sygnałów systemu NTSC i w pewnym stopniu PAL dla uzyskania poprawnego obrazu kolorowego trzeba stosować specjalne układy, zapewniające małe zniekształcenia rejestrowanego sygnału.

Na specjalną uwagę zasługuje omówienie wpływu szumów na jakość obrazu nadawanego systemem SECAM. Występuje tu bowiem charakterystyczne zjawisko pojawiania się tzw. "rybek" na obrazie, gdy poziom szumów przekroczy dopuszczalną wartość (ok. 20 dB). Zakłócenia te objawiają się jako poziome, kolorowe kreski o długości od kilku milimetrów do paru centymetrów. Jest to wynikiem przenikania zakłóceń szumowych do układu dekodera, który wprowadza na wyjście fałszywe impulsy sygnałów kolorowych.

Stosunkowo mała odporność systemu SECAM na szumy była powodem opracowywania kilku kolejnych jego wersji. Dzięki odpowiedniemu doborowi wartości dewiacji, wprowadzeniu najwłaściwszych charakterystyk preemfazy oraz częstotliwości spoczynkowych względem charakterystyki preemfazy w.c.z., co zostało zastosowane w wersji SECAM III opt., udało się poprawić odporność na szumy w taki sposób, że nie jest ona na ogół gorsza niż w systemach NTSC i PAL.

Zniekształcenia nielinearne występujące w urządzeniach telewizyjnych wpływają na zafałszowanie skali kontrastów i ogólne pogorszenie jakości obrazu kolorowego. Jednakże, jeśli nie przekraczają one 10%, wpływ ich jest niezauważalny.

Opóźnienia grupowe między sygnałem luminancji i sygnałem chrominancji dają przesunięcie krawędzi płasz-

czynn kolorowych. Zjawisko to występuje w równym stopniu we wszystkich systemach telewizji kolorowej. Określono na podstawie badań subiektywnych, że opóźnienia grupowe nie powinny przekraczać +200 nsek i -300 nsek dla oceny jakości obrazu 2,5 oraz +450 nsek i -500 nsek dla oceny 3,5.

Szczególnie nieprzyjemny wpływ na jakość obrazu kolorowego nadawanego systemem SECAM mają wahania poziomu odbieranego sygnału. Wynika to stąd, że poziom sygnału chrominancji jest utrzymywany na stałej wartości przez ograniczniki w dekodерze, natomiast sygnał luminancji ulega wahaniom. Zniekształca to proporcje między nim a sygnałami różnicowymi, co prowadzi do nieprawidłowego nasycenia kolorów.

Ponieważ odbiorniki systemu SECAM nie mają odrębnego pokrętła do regulacji nasycenia, nie ma możliwości uzyskania w tych warunkach prawidłowego obrazu kolorowego.

Przy wielodrogowym odbiorze sygnału, szczególnie powodującym dalekie i silne echo, ogólna jakość obrazu kolorowego bardzo się pogarsza. Mogą przy tym występować na obrazie prążki wskutek interferencji między sygnałem podnośnej z fali odbieranej bezpośrednio i odbitej, a także trudne do określenia zniekształcenia kolorów.

Interferencje odbieranego sygnału systemu SECAM z sygnałem zakłócającym mogą w szczególnych przypadkach wywołać poważne zakłócenia obrazu kolorowego. Może to wystąpić wówczas, gdy powstała w wyniku interferencji częstotliwość zawiera się w pasmie chrominancji, wywo-



lując na obrazie grubostrukturne prążki kolorowe.

Poważnym utrudnieniem pracy w ośrodku telewizyjnym jest brak możliwości prostego miksowania sygnałów systemu SECAM. Jak wynika z opisu działania miksera, podanego w rozdz. 4.2, jest to urządzenie skomplikowane, a poza tym w okresie miksowania występuje znaczne pogorszenie jakości obrazu, wywołane ograniczaniem pasma sygnału luminancji.

Reasumując ocenę własności systemu SECAM III opt. należy stwierdzić, że system ten jest znacznie odporniejszy na zniekształcenia transmisyjne w porównaniu z systemami NTSC i PAL.

Wartości spadków charakterystyki amplitudowej, jak również zniekształceń różnicowych, dopuszczalne dla zauważalnego stopnia pogorszenia jakości obrazu są znacznie większe od wartości tych zniekształceń, występujących w normalnych warunkach eksploatacji obecnie użytkowanych urządzeń telewizyjnych.

Z drugiej strony jednak, należy przyznać, że odpowiadność systemu SECAM III opt. jest nieco gorsza niż systemu NTSC lub PAL. Zarówno bowiem zauważalność sygnału chrominancji na obrazie monochromatycznym jest większa, jak i jakość krawędzi płaszczyzn kolorowych gorsza, niż w systemach NTSC i PAL.

#### WYKAZ LITERATURY

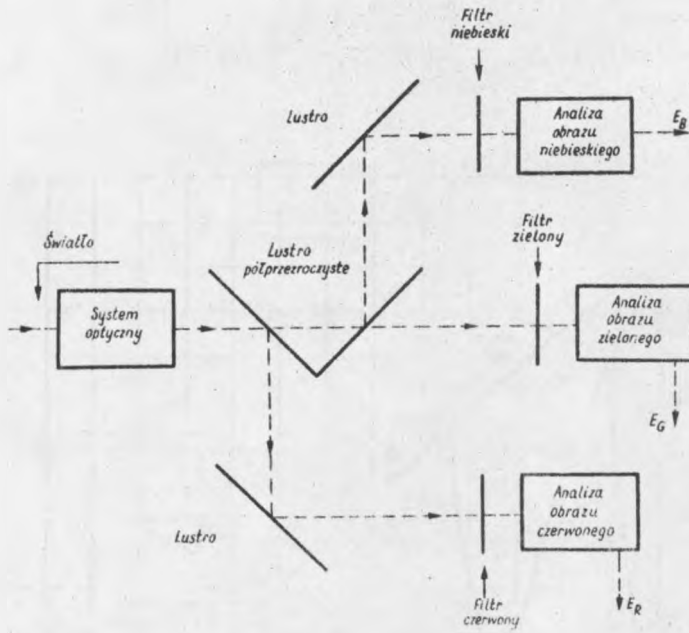
1. Bartosiak A.: Telewizja kolorowa systemu SECAM. Warszawa 1967, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności.

2. Bartosiak A.: System telewizji kolorowej SECAM. Warszawa 1964, ITR.
3. Le système de télévision en couleur SECAM. Compagnie Française de Télévision.
4. Bartosiak A.: Europejskie systemy telewizji kolorowej NTSC i SECAM. Postępy Telekomunikacji 1962 nr 3/4, s. 3-22.
5. Kiełkiewicz A., Podemski A.: Nowoczesne systemy telewizji kolorowej. Problemy Łączności 1962, nr 3/4, s. 10-64.
6. Melchior G.: Optymalizacja parametrów systemu telewizji kolorowej SECAM. Monografie ITR Nr 3. Warszawa 1967, s. 7-16.
7. Cassagne P.: Zasady i koncepcje wyposażenia studyjnego dla telewizji kolorowej SECAM. Monografie ITR Nr 3. Warszawa 1967, s. 17-38.
8. Jaeschke F., Wendt H.: Transcoder zur Umsetzung von SECAM Farbfernsehsignalen in das PAL. System Radio Mentor Electronic 1968 t. 34 nr 7, s. 494-498.
9. Wendt H.: Verfahren zur Trennung des Leuchtdichtesignals vom Farbartsignal bei der Transcodierung SECAM - PAL. Nachrichtentechnische Zeitschrift 1968 t. 21 nr 4, s. 182-185.
10. Seka J.: Transkodowani Soustavy barevne televize s kvadraturni modulaci barvonosnych složek na soustave SECAM. Rozhlasova a televizni technika 1967 t. 8 nr 3-4, s. 109-113.

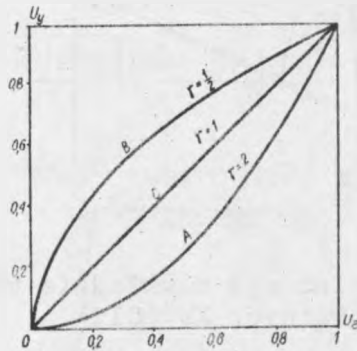
11. Cassagne P.: Appareils spécialisés de mesure et de contrôle en TVC. *Télévision* 1968 nr 184, s.139-141.
12. Jaeschke F.: Methoden der Transcodierung von Farbfernsehsignalen. *Radio Mentor Electronic* 1968 t.34 nr 1, s. 23-24.
13. Wendt H.: Verfahren zur Trennung von Leuchtdichte - und Farbartsignal bei der Transcodierung SECAM - PAL. *Radio Mentor Electronic* 1968 t. 34 nr 1, s. 24.
14. Ptacek M.: System extrakce luminancnich složek z uplneho barevneho signalu SECAM III (opt.). *Slaboproudny Obzor*. 1968 t. 29 nr 1, s. 24-31.
15. Ali U.E.: Preobrazowanie czastotno-modulirowanego signala SECAM w PAL. *Technika Kino i Telewidenija* 1968 t. 12 nr 1, s. 52-54.
16. Bruch W.: Die technische Koexistenz von PAL und SECAM-Methoden der wechselseitigen Umwandlung von Signalen der beiden europäischen Farbfernsehsysteme. *Radio Mentor Electronic* 1967 t. 33 nr 12, s.908-912.
17. Steele H.: The Transcoding of Colour Television Signals. *The Television Society Journal* 1965 t. 11 nr 2, s. 28-33.
18. Mignot Z.: Principe, réalisation et fonctionnement d'un transcodeur PAL - SECAM. *Télévision* 1967 nr 179, s. 345-348.

19. Castelli E.: Standards conversion and chrominance transcoding problems in the exchange of television programs. IEEE Transactions on Broadcast and Television Receivers 1966 t. 12 nr 2, s. 43-53.

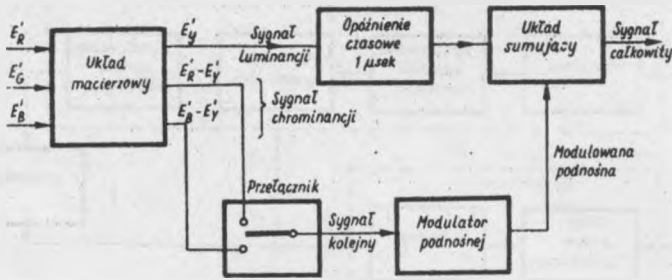




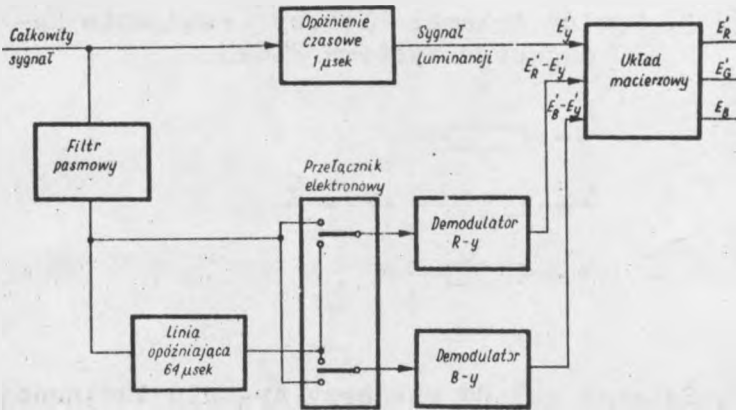
Rys. 2. Zasada działania kamery telewizji kolorowej



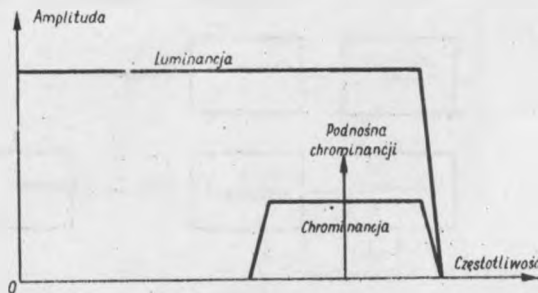
Rys. 3. Charakterystyka kineskopu (A), korektora gamma (B) i superortikonu (C)



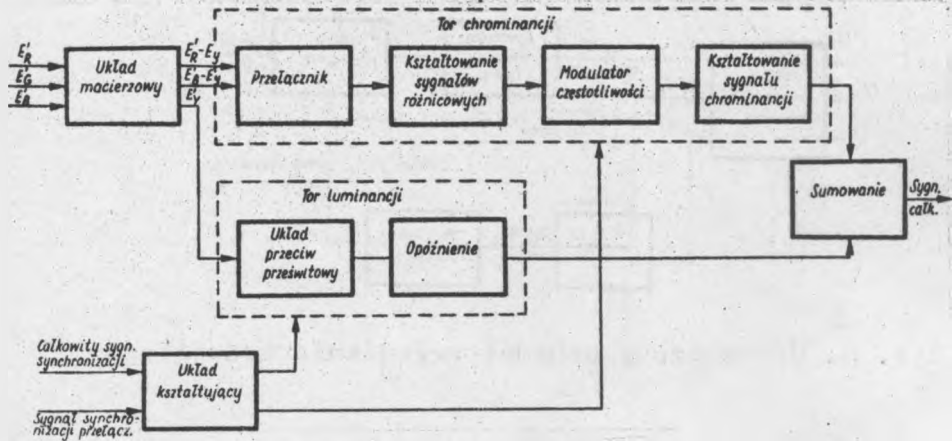
Rys. 4. Uproszczony schemat urządzenia kodującego



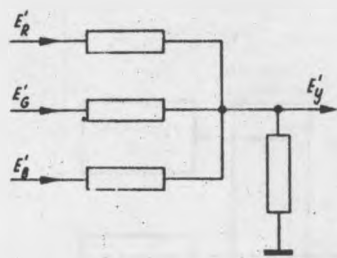
Rys. 5. Uproszczony schemat urządzenia dekodującego



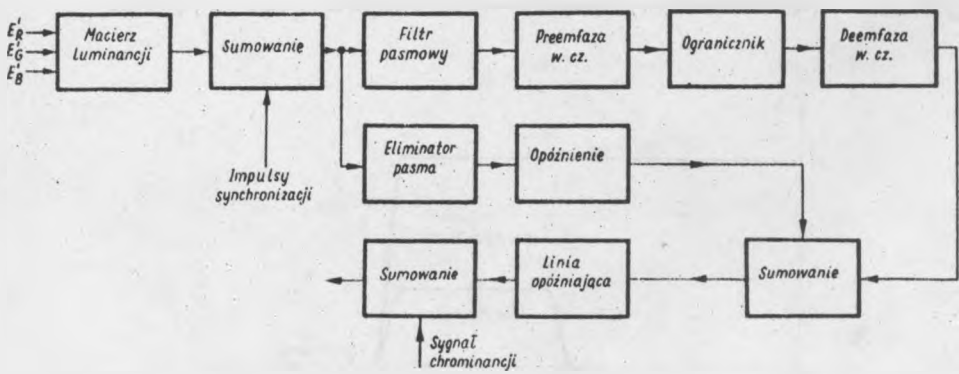
Rys. 6. Widmo częstotliwości całkowitego sygnału telewizyjnego kolorowego



Rys. 7. Ogólny schemat blokowy urządzenia kodującego systemu SECAM

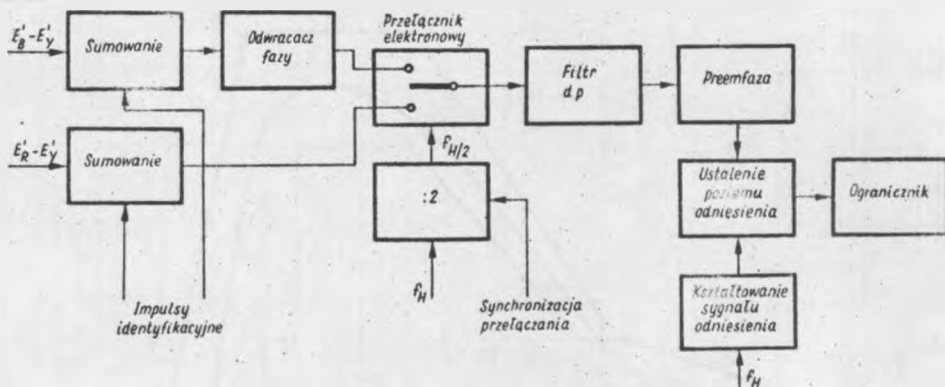


Rys. 8. Schemat układu macierzy sygnału luminancji

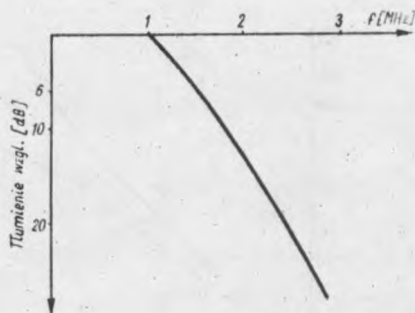


Rys. 9. Schemat blokowy toru sygnału luminancji

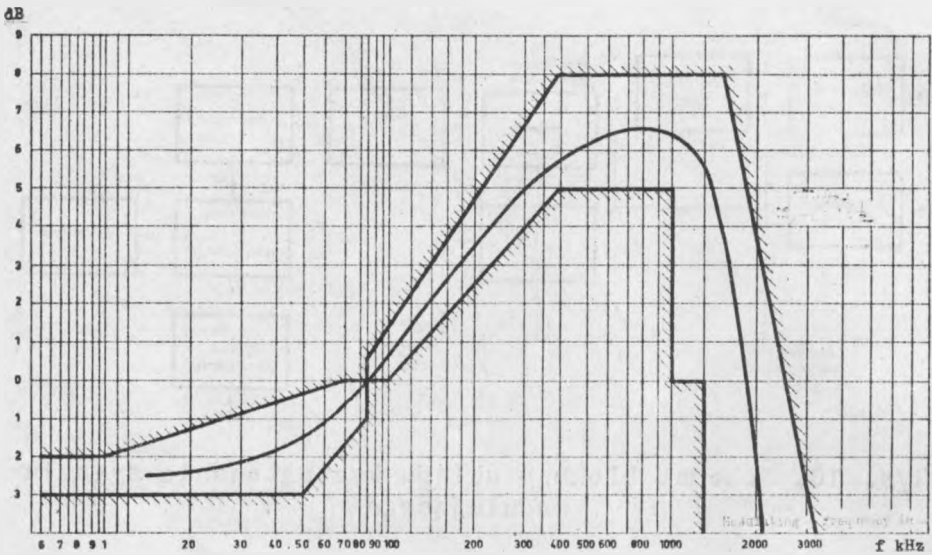




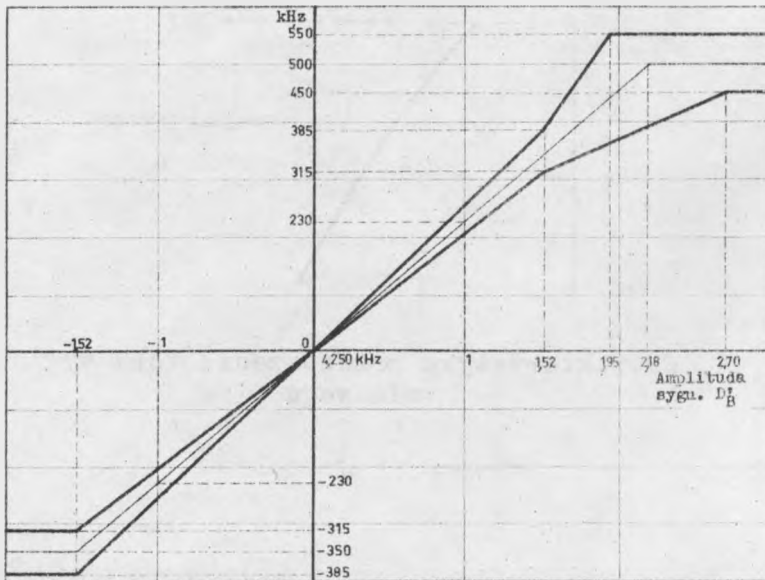
Rys. 10. Schemat blokowy układu kształtowania sygnału modulującego



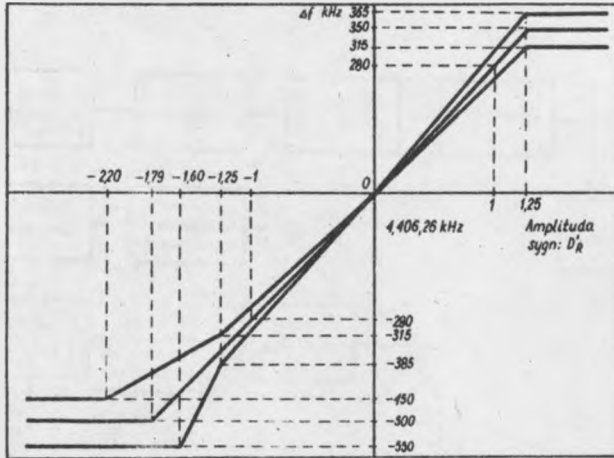
Rys. 11. Charakterystyka przenoszenia toru sygnału różnicowego



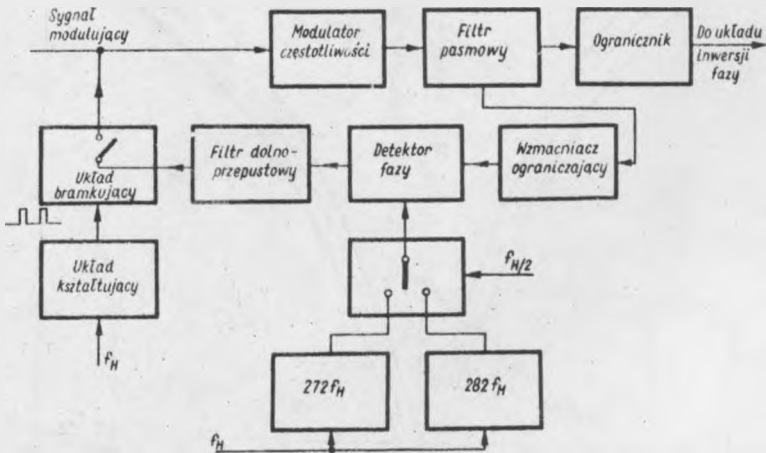
Rys. 12. Charakterystyka preemfazy sygnałów różnicowych



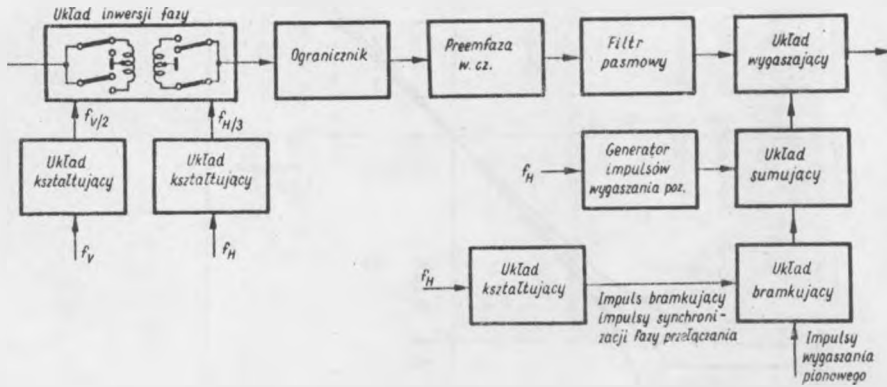
Rys. 13. Charakterystyka modulacji częstotliwości sygnału  $D_3$  (granice tolerancji)



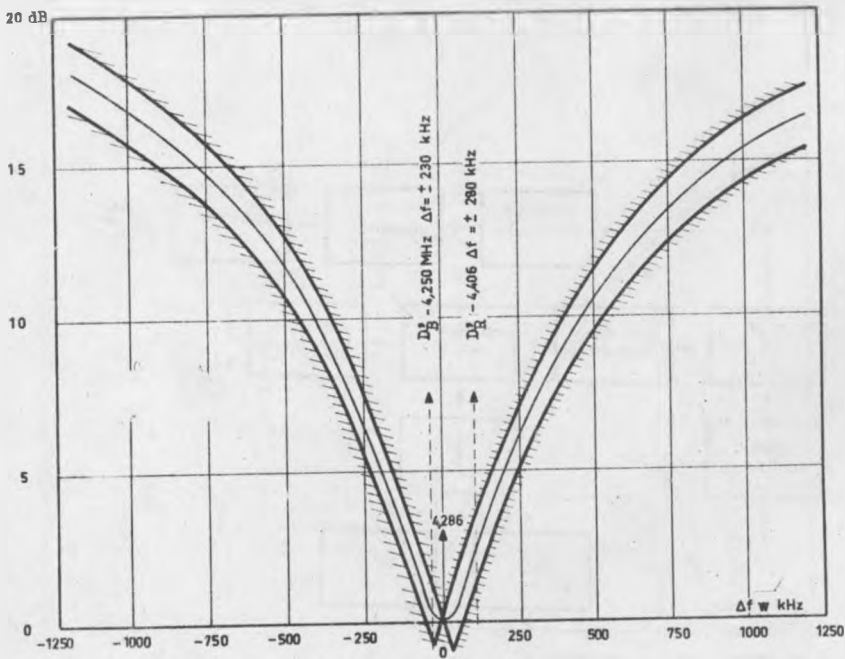
Rys. 14. Charakterystyka modulacji częstotliwości sygnału  $D_R$  (granice tolerancji)



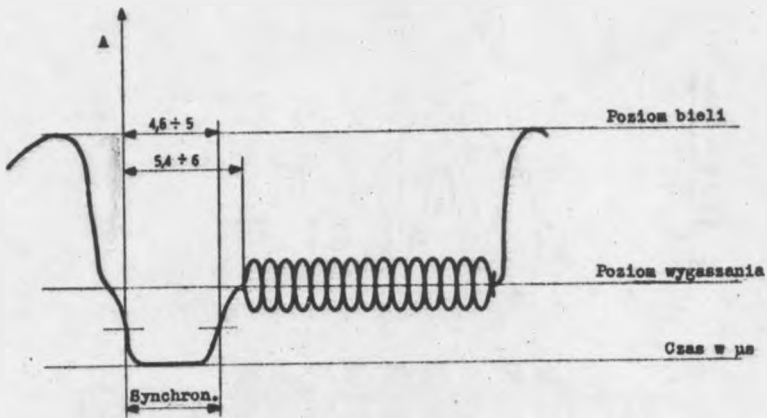
Rys. 15. Schemat modulatora i układu automatycznej regulacji fazy podnośnej



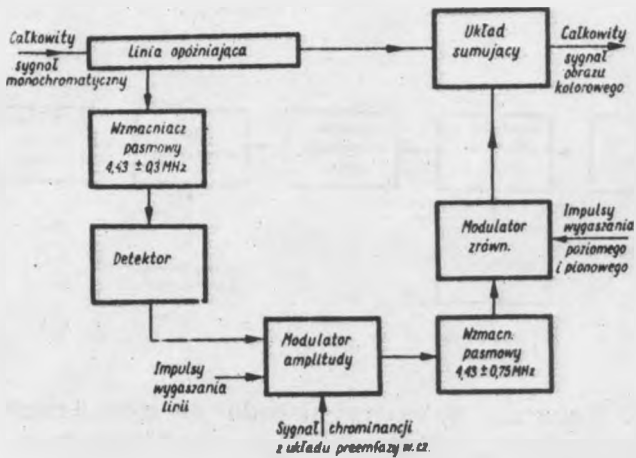
Rys. 16. Schemat blokowy układu do kształtowania sygnału zmodulowanego



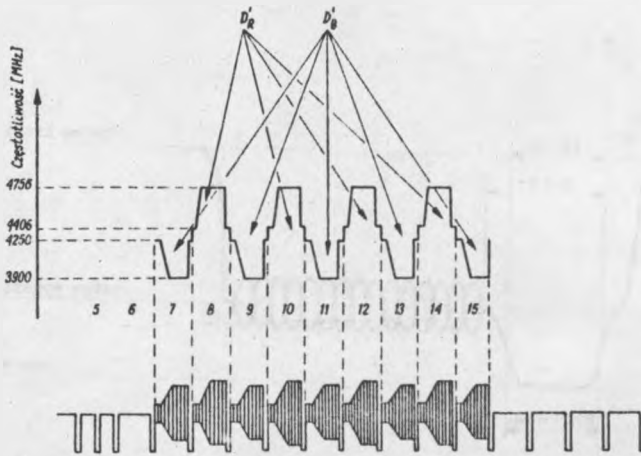
Rys. 17. Charakterystyka preemfazy w.c.z.



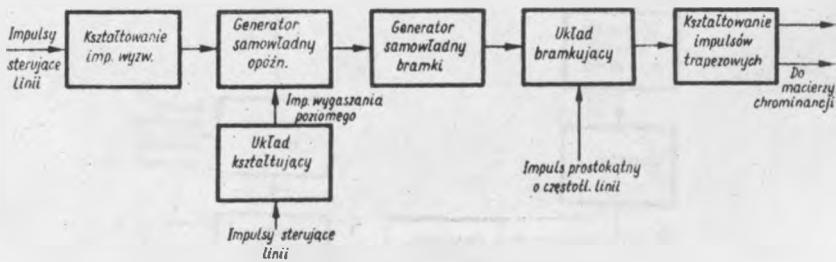
Rys. 18. Zależności czasowe okresu wygaszania podnośnej



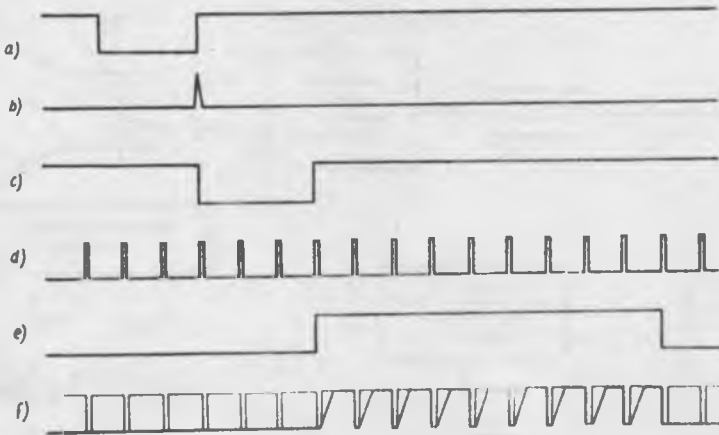
Rys. 19. Schemat blokowy układu korekcyjnej modulacji amplitudy sygnału chrominancji



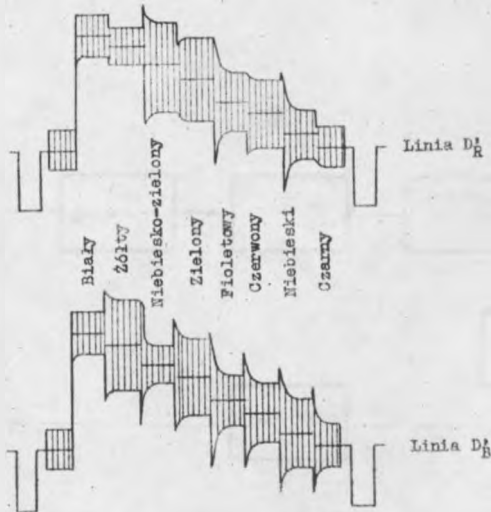
Rys. 20. Rozmieszczenie impulsów identyfikacji koloru



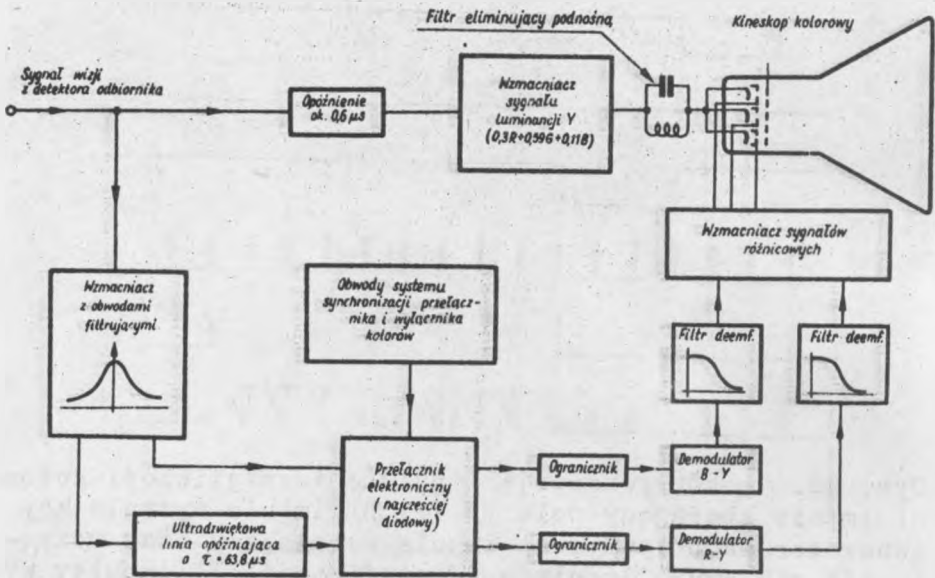
Rys. 21. Schemat blokowy układu do wytwarzania impulsów synchronizacji fazy przełączania



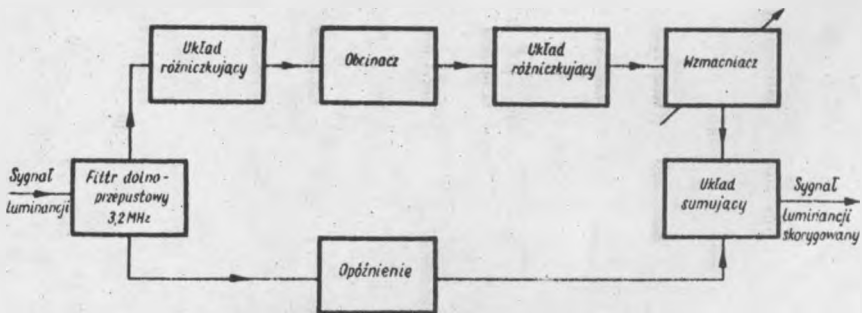
Rys. 22. Sposób generacji impulsów identyfikacji koloru: a) impuls sterujący pola (5 V); b) impuls wyzwalający generator samodławny; c) impuls ustalający czas rozpoczęcia się grupy impulsów identyfikacji; d) impulsy wygaszania linii; e) impuls bramkujący; f) uzyskane z impulsów prostokątnych (linia cienka) piłokształtne impulsy identyfikacji koloru



Rys. 23. Sygnał obrazu pasów kolorowych



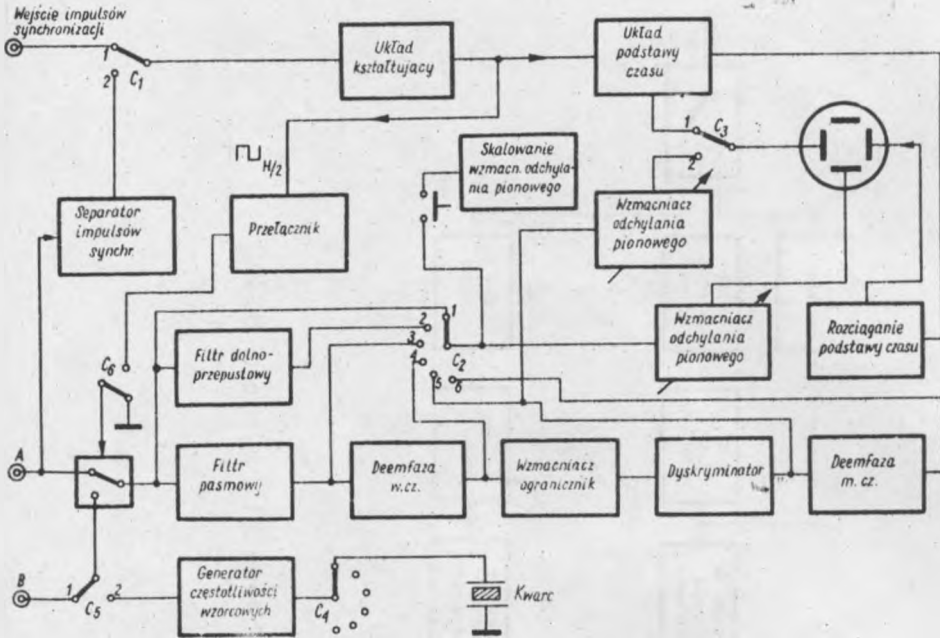
Rys. 24. Schemat blokowy zasady pracy dekodera systemu SECAM



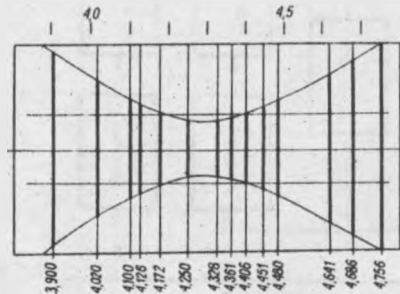
Rys. 26. Schemat blokowy układu dla odtwarzania składowych wielkiej częstotliwości sygnału luminancji



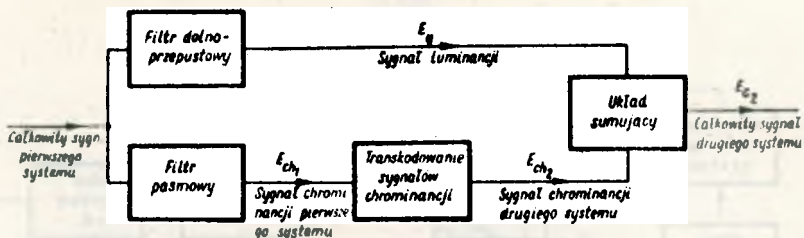




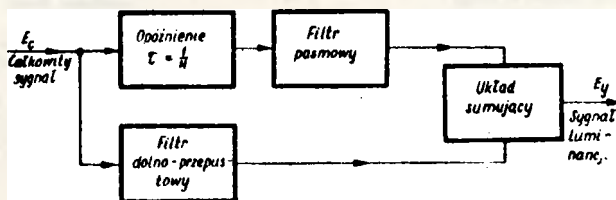
Rys. 27. Schemat blokowy urządzenia do pomiaru całkowitego sygnału obrazu kolorowego (Secanscop)



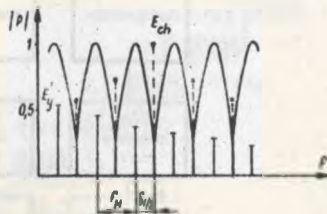
Rys. 28. Obraz sygnału pasów kolorowych o 75% amplitudy odtworzony na ekranie lampy oscylograficznej urządzenia podanego na rys. 27



Rys. 29. Ogólny schemat blokowy transkodera



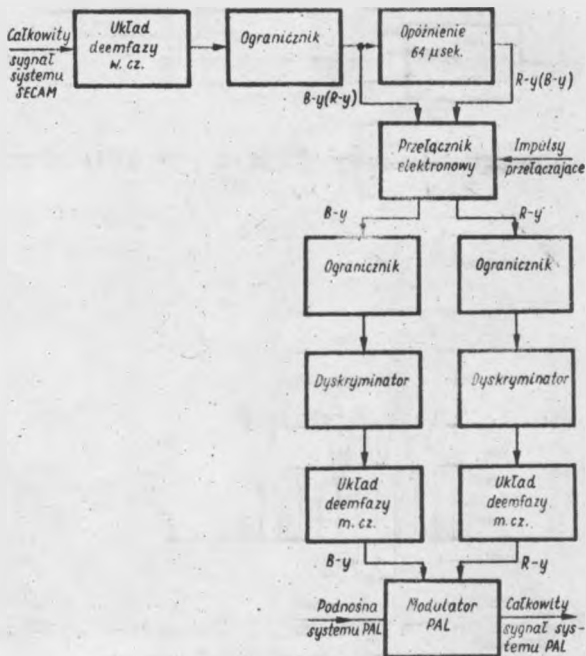
Rys. 30. Schemat blokowy filtra grzebieniowego



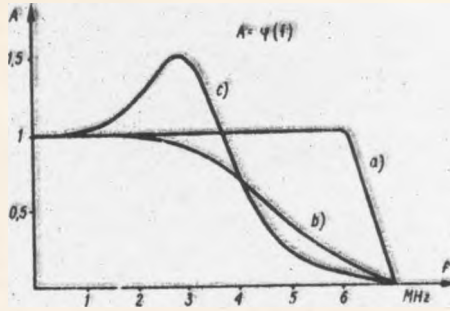
Rys. 31. Charakterystyka amplitudowo-częstotliwościowa filtra grzebieniowego



Rys. 32. Układ do wydzielania sygnału luminancji



Rys. 33. Schemat blokowy układu do przekształcania sygnałów chrominancji

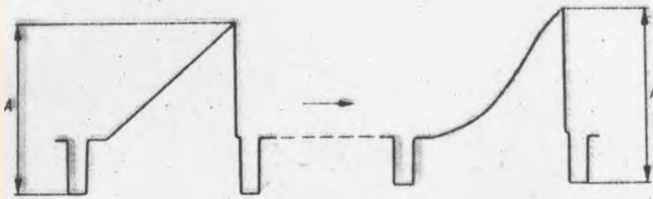


Rys. 34. Charakterystyki amplitudy w funkcji częstotliwości:

a) pożądana, b) opadająca, c) wywołująca pogorszenie rozdzielczości, e) nierównomierna, uwydatniona wywołująca plastykę

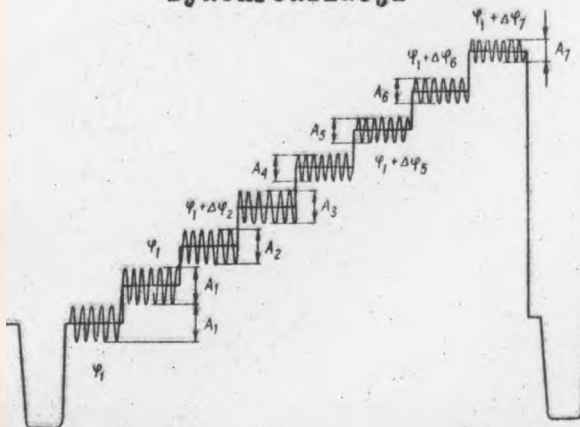
Signal wejściowy

Signal po przejściu przez układ nieliniowy



Rys. 35. Przykład zniekształcenia nieliniowego sygnału telewizyjnego

Amplituda (A) nie zmienia, widoczna silna kompresja w strefie czerni i zmniejszenie poziomu synchronizacji



Rys. 36. Przykład wystąpienia wzmocnienia i fazy różnicowej na sygnale schodkowym z nakładką  $f = 4,43$  MHz

