

1 9 6 8  
Nr 8 (83)

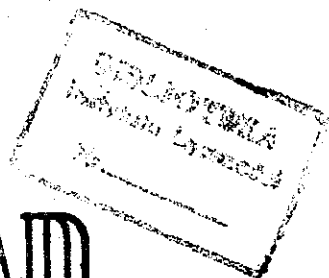
INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI  
WARSZAWA — MIEDZESZYN

PRZEGLĄD  
ZAGADNIEŃ  
ŁĄCZNOŚCI





MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI



# PRZEGLĄD ZAGADNIEŃ ŁĄCZNOŚCI

ROK 8

WARSZAWA 1968

NR 8(83)

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-Miedzeshyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH RĘKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO

Redaktor: J. Borkowska      Montaż tekstu: B. Drabik

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności  
Format B5. Nakład 520. Druk ukończono  
w kwietniu 1969 r.

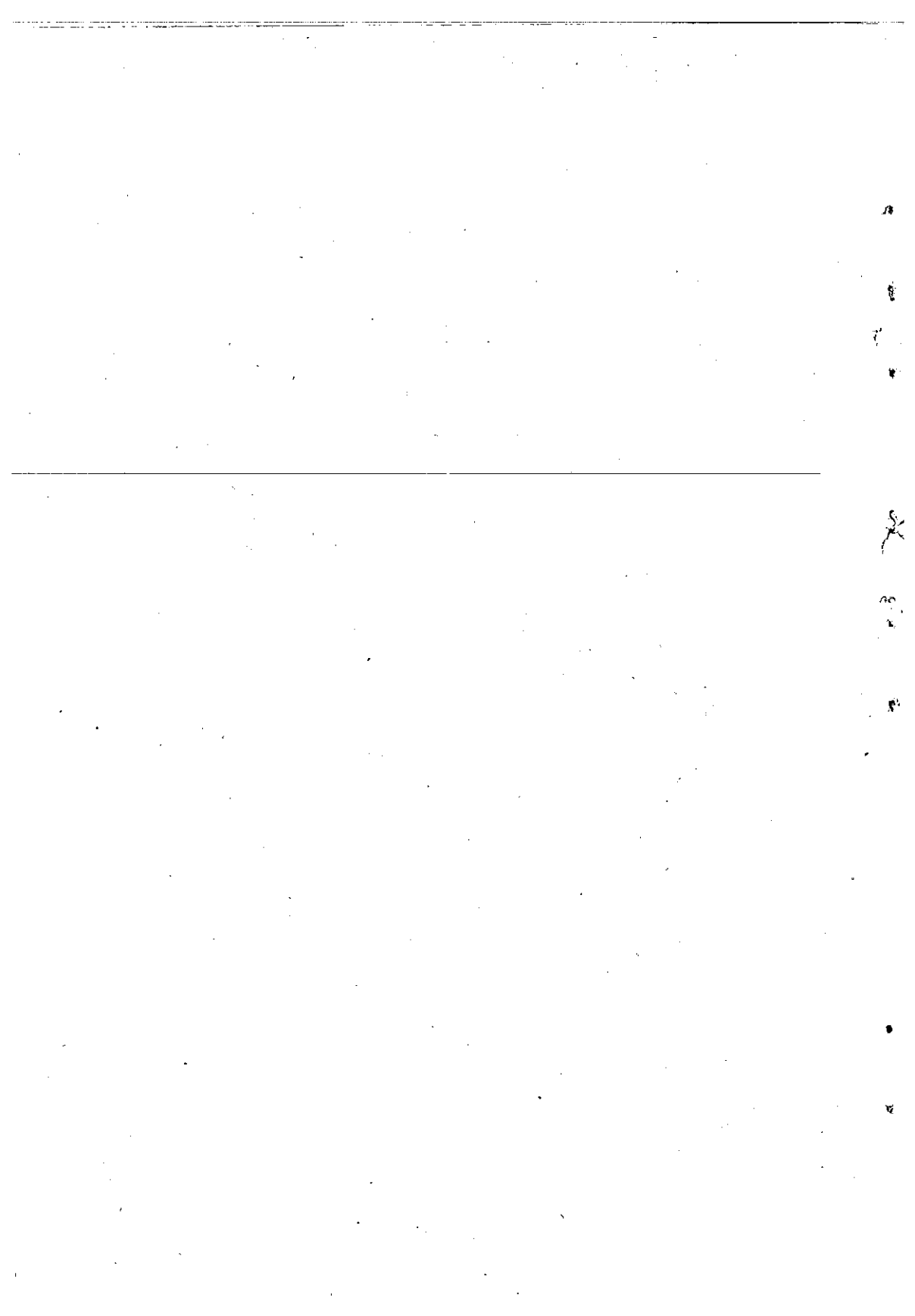
PRZEGLĄD  
ZAGADNIENÍ ŁĄCZNOŚCI

SPIS TREŚCI

Str.

Jaeschke F., Müller J.: Obecny stan techniki telewizji kolorowej - Opracował A. Kiełkiewicz

1



## OBECNY STAN TECHNIKI TELEWIZJI KOLOROWEJ

Opracował A. Kielkiewicz na podstawie artykułów: Jaeschke F.: Überblick über den Stand der heutigen Farbfernsehtechnik i Müller J.: Die internationale Bemühungen um eine europäische Farbfernsehnorm. Jahrbuch des elektrischen Fernmeldewesens. 1967, t. 18, s. 191-223, 224-252.

1. FIZYCZNE I FIZJOLOGICZNE PODSTAWY TELEWIZJI  
KOLOROWEJ

Zdolność ludzkiego oka dostrzegania zjawisk świetlnych nie tylko pod względem różnic jaskrawości, lecz także według rozkładu spektralnego nie była dotychczas wykorzystywana w telewizji czarno-białej pomimo, że barwy stanowią istotne wzbogacenie informacji zawartej w obrazie. Wrażenie wiernego odtworzenia naturalnej sceny może być tylko wtedy osiągnięte, gdy obraz będzie zawierał informacje o barwach. Ograniczenie się do reprodukcji jedynie rozkładu jaskrawości w obrazie czarno-białym musi być traktowane jako rozwiązanie zastępcze, choćby to było zamierzone ze względów artystycznych.

Dzisiejsza telewizja kolorowa opiera się na wykorzystaniu fizjologicznych własności zmysłu wzroku, polegającej na tzw. trójbodźcowym dostrzeganiu kolorów. Siatkówka oka ludzkiego, na którą jest rzutowany obraz op-

tyczny obserwowanej sceny, składa się z dużej liczby komórek nerwowych czułych na światło, gdzie drogą skomplikowanych procesów chemicznych powstają impulsy prądowe, kierowane siecią nerwów do mózgu. Stwierdzono, że istnieją dwa rodzaje komórek nerwowych siatkówki: tzw. pręciki, które reagują na światło niezależnie od jego rozkładu spektralnego, oraz tzw. czopki, uczulone na różne zakresy widmowe światła. Przyjmuje się, że istnieją co najmniej trzy grupy czopków, z których jedna odpowiada żółto-zielonemu zakresowi światła, druga czerwonemu i trzecia niebieskiemu. Mając trzy źródła światła, o stosunkowo wąskich zakresach spektralnych, z których jedno odpowiada dolnej - czerwonej części widma widzialnego, drugie środkowej - zielonej, zaś trzecie górnej - niebieskiej, uzyskuje się wrażenie światła białego, o równomiernym rozkładzie spektralnym, jeśli natężenia wszystkich trzech strumieni świetlnych są sobie równe. Zmieniając natężenie światła niezależnie każdego z tych trzech źródeł, można odtworzyć wszystkie barwy spektralne.

Wykorzystanie tego tzw. "addytywnego mieszania kolorów" w telewizji kolorowej wymaga więc przesyłania trzech wzajemnie niezależnych składników monochromatycznych obrazu. Przekazywanie trzech sygnałów wizyjnych zamiast jednego, jak w telewizji czarno-białej, wymaga większych pojemności urządzeń przesyłowych. Zakładając tę samą rozdzielczość i ostrość, jaką przyjmuje się dla telewizyjnego obrazu czarno-białego, należy przysyłać trzykrotnie większą ilość informacji i również trzykrot-



nie powiększyć pasmo częstotliwości kanału przesyłowego. Okazało się wkrótce, że takie rozwiązanie jest nie tylko nieekonomiczne, lecz również niemożliwe do zrealizowania ze względu na plan rozdziału częstotliwości, tzn. racjonalnego wykorzystania zakresów częstotliwości stojących do dyspozycji telewizji. Do tego dochodzi jeszcze jeden ważny argument: telewizja kolorowa, która ma być wprowadzona, musi spełniać warunek odpowiedniości z istniejącą telewizją czarno-białą. Należy więc zapewnić, aby istniejące urządzenia telewizyjne, a przede wszystkim odbiorniki, mogły być użytkowane przy przesyłaniu sygnałów telewizji kolorowej. Odbiornik czarno-biały będzie oczywiście odtwarzał program telewizji kolorowej jako obraz czarno-biały. Wielkie sumy zainwestowane w urządzenia przesyłowe oraz odbiorniki nie mogą stać się bezwartościowe z chwilą wprowadzenia nowego systemu telewizji kolorowej. Odwrotnie, odbiornik telewizji kolorowej powinien mieć możliwość odbioru programu telewizji czarno-białej, co jest istotne szczególnie w pierwszym okresie rozwoju telewizji kolorowej, gdy z uwagi na stosunkowo wysokie koszty programu kolorowego, duża część całkowitego programu będzie nadawana jako czarno-biała.

## 2. DROGI ROZWOJOWE WSPÓŁCZESNYCH SYSTEMÓW TELEWIZJI KOLOROWEJ

W dążeniu do ograniczenia ogólnej szerokości pasma częstotliwości, wymaganego w telewizji kolorowej, pro-

wadzano próby przesyłania sygnałów kolorów podstawowych: czerwonego, zielonego i niebieskiego, z ograniczonym pasmem częstotliwości /np. do 2 MHz/, wykorzystując ograniczoną zdolność oka do rozróżnienia szczegółów kolorowych (wiąże się to z mniejszą liczbą czopków czułych na barwy w porównaniu z liczbą pręcików). Dla poprawy ostrości obrazu drobne jego szczegóły, reprezentowane przez górną część pasma wizyjnego, przesyłano jako czysty sygnał luminancji, wspólny dla wszystkich trzech kolorów (rys. 1 na str. 41). Przesyłając jednocześnie wszystkie cztery sygnały uzyskano ogólną szerokość pasma częstotliwości dwukrotnie większą niż w telewizji czarno-białej, zachowując tę samą zdolność rozdzielczą.

Późniejsze rozwiązania, mające na celu rozwiązanie problemu szerokości pasma, opierały się na kolejnym przesyłaniu sygnałów kolorów podstawowych. Pierwotnie próbowano przysyłać sygnały składowe: czerwony, zielony i niebieski w okresie kolejnych pól zakładając przy tym, że zdolności całkowite oka (bezwiadność) będą wystarczające, aby zrealizować addytywne mieszanie kolorów. W praktyce okazało się jednak, że w celu uniknięcia nadmiernego migotania obrazu należało do tego stopnia powiększyć częstotliwość pól, a więc i pasmo częstotliwości, że w rezultacie nie osiągnięto żadnych oszczędności. Badane następnie systemy kolejno-liniowego i kolejno-punktowego przesyłania sygnałów kolorów podstawowych nie doprowadziły do pożądanego rozwiązania.

Decydujący przełom uzyskano dopiero przez opracowanie systemu NTSC (National Television Standard Committee),

będącego konsekwentnym rozwinięciem kolejno-punktowego systemu telewizji kolorowej.

### 3. SYSTEM TELEWIZJI KOLOROWEJ NTSC

#### 3.1. Podstawy kolorymetryczne

Przystępując do opisu zasad działania systemu NTSC należy przede wszystkim wyjaśnić podstawy kolorymetryczne, na jakich opiera się zarówno system NTSC jak i pozostałe systemy obecnie istniejące, będące jego modyfikacją w większym lub mniejszym stopniu.

Znane dzisiaj i używane źródła sygnałów obrazu kolorowego (kamery, analizatory filmów i przezroczy) dostarczają trzech sygnałów kolorów podstawowych: czerwonego, zielonego i niebieskiego. Sygnały te zawierają informacje, które są odbierane przez różne organy zmysłów, a więc z jednej strony informacje o jaskrawości (luminancji), na które reagują pręciki, z drugiej zaś informacje o barwach, na które uczulone są czopki. Rozdzielczość i ostrość obrazu są w głównej mierze określone przez informacje o luminancji i dlatego tutaj wymagana jest duża gęstość informacji, a więc i duża szerokość pasma częstotliwości kanału przesyłowego. Informacja o barwach może być przesyłana ze znacznie węższym pasmem częstotliwości bez widocznej utraty jakości obrazu. Wynika stąd, że poszczególne grupy informacji zawartych w sygnałach kolorów podstawowych można rozdzielić i przydzielić im odrębne kanały przesyłowe.

W białym świetle, które składa się ze strumieni świetlnych czerwonego, zielonego i niebieskiego o równych natężeniach, składnik zielony bierze udział w 50% w wytworzeniu wrażenia jaskrawości, odbieranego przez oko. Składnik czerwony daje 30%, zaś niebieski tylko 11% ogólnego wrażenia jaskrawości. Jeśli w tym stosunku doda się trzy składowe kolorów podstawowych, wówczas uzyskany sygnał, zwany sygnałem luminancji (oznaczony symbolem Y), zawiera wszystkie informacje o rozkładzie luminancji w obrazie, identycznie jak sygnał obrazu w telewizji czarno-białej.

$$Y = 0,3 R + 0,59 G + 0,11 B$$

Sygnał ten jest przesyłany taką samą techniką, a przede wszystkim z takim samym pasmem częstotliwości, jak w telewizji czarno-białej i daje w miejscu odbioru obraz czarno-biały. Proces mieszania sygnałów matematycznie oznacza transformację współrzędnych, w której 3-parametry system R,G,B zostaje przekształcony w inny liniowo od niego zależny. Całkowite określenie danego punktu w tym nowym systemie wymaga również trzech współrzędnych, z których jedną określa sygnał Y. Dwie pozostałe, które zawierają informację o tzw. chrominancji, należy odpowiednio wybrać. Chrominancja charakteryzuje się barwą (położenie w widmie) oraz nasyceniem (stopień zmieszania z bielą). Czyste barwy spektralne wykazują największe możliwe nasycenie. "Rozcieńczanie" ich bielą daje przejście do barw pastelowych i wreszcie do czystej bieli.

Na powierzchni tej figury o kształcie podkowy umieszczono punkty R, G, B odpowiadające barwom luminoforów stosowanych obecnie w kolorowych lampach obrazowych. Trójkąt zawarty pomiędzy tymi punktami obejmuje wszystkie barwy, jakie można uzyskać przez mieszanie addytywne. Liczba ich jest tym większa, im większe jest nasycenie barw podstawowych i większy odstęp spektralny.

Dla celów transmisyjnych można by przekazywać oba brakujące parametry w postaci kombinacji dwóch z trzech barw podstawowych. Trzecia składowa mogłaby być uzyskiwana w odbiorniku przez proste dodawanie lub odejmowanie z wykorzystaniem sygnału Y. Bardziej celowo jest jednak zastosować i tu transformację współrzędnych, przy czym zamiast sygnałów kolorów podstawowych R i B należy przesyłać sygnały różnicowe  $U = B - Y$  i  $V = R - Y$ . Ten nowy układ współrzędnych można przedstawić w postaci koła barw Oswalda (rys. 2 na str. 41). Początek tego układu odpowiada bieli, dla tego punktu:

$$R = G = B \quad (2)$$

Podstawiając wartość z równania (1) otrzymuje się:

$$U_w = B - Y = B - (0,30 R + 0,59 G + 0,11 B) = 0 \quad (3)$$

$$V_w = R - Y = R - (0,30 R + 0,59 G + 0,11 B) = 0$$

Wynika stąd zaleta przyjęcia sygnałów różnicowych: dla achromatycznych (białych lub szarych) części obrazu pozostaje jedynie sygnał luminancji i nie potrzeba

przesyłać dodatkowej informacji o barwach. Przyjęty system transmisyjny zawiera zatem następujące składowe sygnały

$$Y = 0,3 R + 0,59 G + 0,11 B$$

$$U = B - Y = - 0,3 R - 0,59 G + 0,89 B$$

$$V = R - Y = + 0,70 R - 0,59 G - 0,11 B$$

Określenie chrominancji przez składowe U i V okazuje się bardzo korzystne dla konstrukcji prostych i tanich układów odbiorczych, ponieważ wymagane do sterowania lampy obrazowej sygnały R i B uzyskuje się przez dodanie sygnału luminancji do sygnałów różnicowych, trzeci zaś sygnał G można równie prosto uzyskać w układzie macierzowym.

Jednakże warunki przenoszeniowe systemu NTSC, o których będzie dalej mowa, zmusiły do stosowania różnej szerokości pasm częstotliwości dla obu sygnałów różnicowych. O ile dla jednego z tych sygnałów rozporządza się pasmem o szerokości około 1,3 MHz, o tyle dla drugiego pozostaje nie więcej niż 0,6 MHz. Oko wykazuje różną zdolność rozdzielczą w różnych obszarach wykresu barw. Jest zatem celowe przyporządkować barwom mniejszej rozdzielczości węższe pasmo częstotliwości i odpowiednio barwom wymagającym większej rozdzielczości - szersze pasmo częstotliwości. Uwidoczniony na rys. 3 układ osi współrzędnych I/Q obrócony względem układu U/V o  $33^\circ$  jest tak usytuowany, że wzdłuż osi Q znajdują się barwy, dla których zdolność rozdzielcza oka jest mniejsza.

Przejścia z układu U/V na układ I/Q można dokonać za pomocą wzorów:

$$\begin{aligned} I &= 0,74 V - 0,27 U \\ Q &= 0,48 V + 0,41 U \end{aligned} \quad (5)$$

lub w oparciu o sygnały R, G, B :

$$\begin{aligned} I &= 0,60 R - 0,28 G - 0,32 B \\ Q &= 0,21 R - 0,52 G + 0,31 B \end{aligned} \quad (6)$$

W systemie NTSC używa się układu I/Q przy kodowaniu sygnałów. Natomiast przy dekodowaniu w odbiorniku, ze względu na uproszczenie układów, przechodzi się na ogół na układ współrzędnych U/V (odbiorniki równo-pasmowe). W przeciwieństwie do tego w później opracowanych systemach telewizji kolorowej można, ze względu na ulepszone metody modulacyjne, stosować układ współrzędnych U/V zarówno po stronie nadawczej, jak i odbiorczej.

### 3.2. Technika kodowania sygnału chrominancji

Całkowita szerokość przenoszonego pasma częstotliwości, wynosząca 5 MHz jest w pełni zajęta przez sygnał luminancji. Dodatkowa informacja o barwach i nasyceniu musi być więc przesyłana wspólnie z sygnałem Y w tym samym kanale. Przeprowadza się to w ten sposób, że w górnej części pasma częstotliwości wizyjnych (przy ok. 4,43 MHz) umieszczono pomocniczą falę nośną (tzw. podnośną), która jest modulowana sygnałami różnicowymi. W

systemie NTSC stosuje się do tego celu modulację kwadraturową, w której dwie wzajemnie prostopadłe składowe fali podnośnej są modulowane amplitudowo dwoma sygnałami różnicowymi. Amplituda podnośnej rośnie proporcjonalnie do absolutnej wartości sygnałów modulujących i staje się równa zero, gdy te sygnały zanikają. Na rysunku 3 na str. 41 podano schemat podwójnego modulatora przeciwsobnego oraz wykres wektorowy, wyjaśniający tworzenie się sygnału chrominancji ze składowych I i Q. Położenie fazowe wektora sygnału chrominancji określa barwę, zaś jego amplituda - nasycenie.

Przeplatanie się informacji o luminancji i chrominancji we wspólnym kanale przesyłowym prowadzi do wzajemnych wpływów obu sygnałów. Na przykład przy nadawaniu pionowych obrzeży występują w sygnale luminancji składowe częstotliwości, które wchodzą w zakres częstotliwości sygnału chrominancji i wywołują w odbiorniku zakłócające wzory kolorowe. Odwrotnie podnośna chrominancji wywołuje przy odtwarzaniu obrazu czarno-białego zakłócenie o charakterze mory, charakterystyczne dla interferencji sygnałów sinusoidalnych. Wzajemny wpływ obu sygnałów będzie najmniejszy, gdy częstotliwość podnośnej chrominancji  $F$  jest nieparzystą wielokrotnością połowy częstotliwości linii  $f_{II}$ :

$$f_F = (2n - 1) \frac{f_{II}}{2}$$

przy  $n = 284$  i  $f_{II} = 15625$  Hz

$$f_F = 4429687,5 \text{ Hz.}$$



Przy tej częstotliwości występujący wzór zakłócenio-  
wy na czarno-białym obrazie odpowiednim (kompatybilnym)  
odpowiada strukturze punktowej kliszy drukarskiej. Punk-  
ty maksymalnej jasności, odpowiadające szczytom ampli-  
tudy podnośnej, występują na jednej linii pomiędzy ta-  
kimi punktami na sąsiednich liniach. Przy normalnej od-  
ległości obserwacji ta struktura punktowa, poruszająca  
się wolno ku górze, jest niewiele silniej zauważalna od  
struktury liniowej obrazu telewizyjnego. Widzialność  
tej struktury punktowej można zmniejszyć stosując zarów-  
no w odbiornikach czarno-białych jak i kolorowych odpo-  
wiednie pułapki tłumiące sygnał chrominancji.

Całkowity sygnał NTSC, składający się z sygnału lu-  
minancji oraz sygnału chrominancji na fali podnośnej  
można przedstawić równaniem:

$$M = Y + Q \sin(\omega_F t + 33^\circ) + I \cos(\omega_F t + 33^\circ) \quad (7)$$

$$M = Y + F \sin(\omega_F t + \varphi) \quad (8)$$

gdzie:

$$F = \sqrt{I^2 + Q^2} \quad \text{oraz} \quad \varphi = \arctg I/Q$$

przy czym  $\omega_F$  jest pulsacją nośnej chrominancji w fazie  
zgodnej z dodatnim kierunkiem osi U.

Szerokość wstęg bocznych obu składowych nośnego sy-  
gnału chrominancji są różne: dla składowej Q wystarcza-  
jąca jest szerokość każdej ze wstęg bocznych 0,57 MHz,  
natomiast dolna wstęga boczna składowej I musi mieć sze-  
rokość około 1,3 MHz, aby zapewnić dostateczną ostrość

obrazu, zaś górna wstęga modulacji jest ograniczona całkowitą szerokością pasma częstotliwości przeniesionego kanału i wynosi podobnie jak dla składowej  $Q$  - 0,57 MHz (rys. 4 na str. 42).

Należy zaznaczyć, że zarówno szerokości pasm częstotliwości jak i wartość podnośnej podano w przeliczeniu na standard 625-liniowy o szerokości pasma częstotliwości 5 MHz. Oryginalny amerykański system NTSC o szerokości pasma wizyjnego 4,2 MHz stosuje podnośną o częstotliwości w przybliżeniu 3,6 MHz, wobec czego i szerokości wstęp bocznych składowych sygnału chrominancji są inne.

Różne szerokości pasma częstotliwości składowych sygnału chrominancji przeciwdziałają powstawaniu wzajemnych prześwitów przy odtwarzaniu sygnałów różnicowych przy odbiorze.

Dekodowanie sygnału chrominancji za pomocą demodulatorów synchronicznych wymaga stosowania w odbiorniku generatora, który daje sygnał synchroniczny i synfazowy z niemodulowanym sygnałem podnośnej po stronie nadawczej. Aby to umożliwić, nadaje się specjalne impulsy synchronizacji koloru, składające się z około 10 okresów fali podnośnej o fazie odpowiadającej ujemnemu kierunkowi osi  $U$  i przesyłane w okresie tylnego progu impulsów gaszących linii.

Oscylogramy na rys. 5a, b i c na str. 42 przedstawiają sygnał obrazu pasów kolorowych, w którym kolory podstawowe i dopełniające są uszeregowane według malejącej luminancji. Rys. 5a) przedstawia kształt sygnału lumi-

nancji, dający obraz czarno-biały, na rys. 5b) przedstawiono całkowity sygnał NTSC z dodanym do sygnału luminancji sygnałem chrominancji i impulsami synchronizacji koloru.

Schemat blokowy urządzenia kodującego NTSC przedstawiono na rys. 6 na str. 43. Sygnały R,G,B dostarczane ze źródła obrazu są przekształcane w układzie macierзовym na sygnały Y, I i Q. Sygnał Y jest opóźniany za pomocą linii opóźniającej o około 1  $\mu$ sek, aby utrzymać jednoczesność ze składowymi I i Q, których pasmo częstotliwości jest ograniczane przez filtry dolnoprzepustowe. Również i składowa I musi być opóźniana o około 0,3  $\mu$ sek, ponieważ przy ograniczeniu pasma częstotliwości składowej Q do 0,57 MHz powstają większe opóźnienia grupowe.

Po zmodulowaniu podnośnej składowymi I i Q i dodaniu impulsu synchronizacji koloru uzyskuje się sygnał chrominancji, który po dodaniu sygnału luminancji i synchronizacji przekształca się w całkowity sygnał telewizji kolorowej.

### 3.3. Dekodowanie sygnału chrominancji

Dekodowanie przesyłanych sygnałów po stronie odbiorczej zobrazowano na rys. 7 na str. 43. Z sygnału telewizji kolorowej, po wzmocnieniu i oddzieleniu sygnału synchronizacji, zostaje za pomocą filtru pasmowego wydzielony sygnał chrominancji, który jest doprowadzony do dwóch demodulatorów synchronicznych. Doprowadza się

do nich również sygnał podnośnej odtwarzany w lokalnym generatorze przy wykorzystaniu impulsu synchronizacji koloru. Dzięki mieszaniu iloczynowemu uzyskuje się na wyjściu demodulatorów sygnały składowe I i Q, które doprowadza się do układu macierzowego. Sygnał Y po opóźnieniu o 1 μsek i wytłumieniu sygnału podnośnej za pomocą pułapki dochodzi również do układu macierzowego, gdzie uzyskuje się sygnały R, G i B zgodnie z równaniami:

$$\begin{aligned} R &= Y + 0,95 I + 0,62 Q \\ G &= Y - 0,27 I - 0,65 Q \\ B &= Y - 1,10 I + 1,70 Q \end{aligned} \quad (9)$$

Demodulatory synchroniczne pracują na podobnej zasadzie jak modulatory zrównoważone po stronie nadawczej. Faza nakładanej podnośnej w demodulatorze I jest tak dobrana, że jest zgodna z fazą niemodulowanej składowej sygnału podnośnej w modulatorze I. Na wyjściu demodulatora występuje więc napięcie:

$$\begin{aligned} S_I &= [Q \cos(\omega_F t) + I \sin(\omega_F t)] \sin(\omega_F t) = \\ &= Q \cos(\omega_F t) \sin(\omega_F t) + I \sin^2(\omega_F t) \quad (10) \\ &= \frac{Q}{2} \sin(2\omega_F t) + \frac{I}{2} [1 - \cos(2\omega_F t)] \end{aligned}$$

Po odfiltrowaniu składowej w.cz. uzyskuje się:

$$S_I \longrightarrow \frac{I}{2} \quad (10a)$$

Analogicznie w demodulatorze Q powstaje przez nałożenie sygnału podnośnej, przesuniętego o  $90^\circ$  względem składowej I, i odfiltrowanie składowej w.c.z. napięcie

$$S_Q = [Q \cos(\omega_F t) + I \sin(\omega_F t)] \cos(\omega_F t) \quad (10b)$$

$$S_Q \longrightarrow \frac{Q}{2}$$

W zakresie od 0 do 0,5 MHz są odtwarzane obie wstęgi boczne modulowanego sygnału podnośnej (rys. 8 na str. 44). Faza wypadkowego wektora jest określona jednoznacznie. Natomiast powyżej częstotliwości 0,5 MHz może być przenoszona jedynie jedna boczna wstęga składowej I wskutek ograniczenia przez górną granicę pasma przenoszonych częstotliwości. Wskutek tego w demodulatorze Q powstają również składowe sygnału I, które muszą być wytłumione filtrem 0,5 MHz. Filtr dolnoprzepustowy w kanale I zapobiega z jednej strony prześwitom składowych sygnału luminancji poza pasmem sygnału chrominancji, a z drugiej strony wyrównuje tłumienie 6 dB w zakresie odbioru jednowstęgowego (rys. 9 na str. 44).

Synfazową regenerację sygnału podnośnej uzyskuje się za pomocą dyskryminatora fazowego, który porównuje fazę i częstotliwość impulsu synchronizacji koloru i sygnału wytwarzanego przez generator kwarcowy w odbiorniku. Użyte w ten sposób napięcie regulacyjne wykorzystuje się poprzez lampę reaktancyjną do podstrajania lokalnego generatora.

### 3.4. Własności systemu NTSC

System NTSC przyniósł w swej podstawowej koncepcji tak decydujący postęp w rozwoju telewizji kolorowej, że nawet dziś - 14 lat po jego wprowadzeniu w Ameryce - nie są konieczne żadne zasadnicze ulepszenia. Zasada przesyłania sygnałów luminancji i chrominancji we wspólnym kanale z uwzględnieniem zdolności rozdzielczej oka jest przyjęta przez później opracowane systemy. Różnice w nowoczesnych systemach europejskich występują jedynie w sposobach modulacji fali nośnej chrominancji, można więc właściwie mówić o modyfikacjach systemu NTSC.

Wyjściowym punktem podjęcia dalszego rozwoju było stwierdzenie, że jakkolwiek system NTSC zapewnia najlepszą jakość obrazu w warunkach idealnych, tzn. bez zniekształceń na drodze przesyłania, to jednak przy określonych błędach toru przesyłowego powstają zniekształcenia odtwarzania kolorów, których nie można już usunąć żadnymi środkami technicznymi w odbiorniku. Przyczyną tych zniekształceń mogą być zarówno niedoskonałości urządzeń transmisyjnych, jak również warunki fizyczne drogi przesyłowej, jak np. wielodrogowy odbiór w obszarach zabudowanych lub górzystych, zakłócenia szumowe na skrajach zasięgu itp. O ile w pierwszym przypadku można uzyskać poprawę stosując odpowiednie środki techniczne dla podwyższenia jakości urządzeń, o tyle w drugim nie mamy wpływu na zmianę warunków fizycznych. Należałoby więc wybrać system możliwie najbardziej niezależny od

tego rodzaju wpływów. System NTSC jest wrażliwy na oba rodzaje zniekształceń transmisyjnych.

Przy zmianach fazy zależnych od poziomu sygnału luminancji (faza różnicowa), które powstają głównie w liniach radiowych i nadajnikach, będą występować przy odbiorze zmiany barw, na co oko jest bardzo wrażliwe. Dopuszczalna granica odchyień fazy sygnału chrominancji od wartości nominalnej wynosi dla całego toru przenoszenia  $20^{\circ}$ .

W podobny sposób oddziałują błędy wzmocnienia zależnego od poziomu sygnału luminancji (wzmocnienie różnicowe) na nasycenie kolorów. Na tego rodzaju zniekształcenia oko jest mniej wrażliwe niż na zmiany barwy i dopuszczalna granica wynosi w tym przypadku 40%.

Przykładem pogorszenia jakości transmisji przez warunki fizyczne, na które nie ma wpływu, są zniekształcenia barw w obrazie przy odbiorze wielodrogowym. Jeśli fala odbita jest opóźniona względem bezpośrednio odbieranej, to nakłada się ona na impuls synchronizacji koloru zmieniając jego fazę, wskutek czego demodulacja następuje wzdłuż innych osi niż I i Q i odtwarzanie barw będzie fałszywe.

#### 4. SYSTEM SECAM

##### 4.1. Zasada działania

Wysiłki podejmowane w Europie nad ulepszeniem systemu NTSC koncentrowały się przede wszystkim nad znale-

zieniem sposobu modulacji dla informacji o chrominancji, niewrażliwego na określone zniekształcenia przenoszenia.

Francuski system SECAM (sequentielle couleur à mémoire) stosuje modulację częstotliwościową do kodowania informacji o chrominancji. Ten rodzaj modulacji jest niewrażliwy na zniekształcenia liniowe i nieliniowe, jednak w przeciwieństwie do modulacji kwadraturowej jest zdolny do przesłania tylko jednej informacji. Dlatego w celu przesłania obu sygnałów różnicowych chrominancji U i V należało zastosować rozwiązanie polegające na przesyłaniu tych sygnałów na zmianę w okresach kolejnych linii. Przy odbiorze brakująca składowa sygnału jest odtwarzana z informacji przesłanej w okresie poprzedniej linii. Do tego celu sygnał opóźnia się o 64  $\mu$ sek za pomocą ultradźwiękowej linii opóźniającej.

Podstawowy układ kodera systemu SECAM pokazano na rys. 10 na str. 44. W układzie macierzowym przekształca się sygnały kolorów podstawowych R, G, B na sygnały Y, U i V. W tym przypadku kodowanie wzdłuż osi I/Q jak w systemie NTSC jest zbędne, ponieważ między kolejno przesyłanymi składowymi nie mogą występować prześwity i nie ma potrzeby różnicowania szerokości pasma obu tych sygnałów. Przełącznik elektroniczny kieruje sygnały różnicowe na zmianę w okresach kolejnych linii poprzez filtr dolnoprzepustowy (szerokość pasma 1,4 MHz) do modulatora częstotliwościowego. Do zmodulowanej fali podnośnej dodaje się opóźniony sygnał luminancji oraz impulsy synchronizujące.



Do synchronizacji przełącznika elektronowego po stronie nadawczej i odbiorczej dodaje się do wysyłanego sygnału impulsy rozpoznawcze w okresie wygaszania pionowego. Wytwarzanie tych impulsów nie zostało pokazane na schemacie blokowym kodera w celu uproszczenia impulsu.

Zasadę pracy dekodera SECAM ilustruje rys. 11 na str. 45. Odbierany sygnał zostaje rozdzielony na sygnał luminancji i sygnał chrominancji. Uzyskane w dyskryminatorze sygnały różnicowe są kierowane do przełącznika elektronowego bądź bezpośrednio, bądź poprzez linię opóźniającą o czas trwania jednej linii. Na wyjściu przełącznika elektronowego uzyskuje się jednocześnie oba sygnały różnicowe. W prostym układzie macierzowym otrzymuje się trzeci sygnał różnicowy zgodnie z zależnością:

$$G - Y = -0,19 U - 0,51 V \quad (11)$$

Te trzy sygnały doprowadza się do trzech siatek sterujących w kineskopie kolorowym, którego katody są jednocześnie sterowane sygnałem luminancji Y. Dzięki temu w trzech wyrzutniach elektronowych kineskopu oddziałują sygnały R, G i B.

#### 4.2. Własności systemu SECAM

Z opisu zasady działania mogłoby wynikać, że system SECAM jest prosty i pewny. Istotnie zniekształcenia, które w systemie NTSC znacznie obniżają jakość obrazu, w tym przypadku nie mają istotnego wpływu. Natomiast dochodzą do głosu inne czynniki ujemne, które zmusiły do

wprowadzenia modyfikacji systemu. Można przy tym zanie-  
dbać zmniejszenie rozdzielczości pionowej wskutek utra-  
ty połowy informacji chrominancji wynikającej z kolejne-  
go przesyłania sygnałów chrominancji. Rozdzielczość w  
kierunku poziomym (również i w systemie NTSC) jest zna-  
cznie zmniejszona wskutek ograniczenia szerokości pasma  
częstotliwości sygnałów chrominancji.

Bardziej decydujące znaczenie ma właściwość wszyst-  
kich systemów telewizji kolorowej, w których zarówno sy-  
gnał luminancji jak i chrominancji są przesyłane we  
wspólnym kanale, że pogorszenie jakości obrazu przez za-  
klócenie sygnałem podnośnej jest związane ze statystycz-  
nymi zakłóceniami (szumami) w kanale chrominancji. W sy-  
stemie NTSC zakłócające działanie szumów jest jak w o-  
brazie czarno-białym, proporcjonalne stosunkowi sygnału  
do szumu. Jednakże składowe zakłócające w zakresie chro-  
minancji zostają w demodulatorach synchronicznych prze-  
transponowane do małych częstotliwości, wskutek czego  
otrzymuje się zakłócenie o grubszej strukturze niż w o-  
brazie czarno-białym. Wrażliwość na zakłócenia można  
zmniejszyć, zwiększając amplitudę podnośnej chrominan-  
cji w stosunku do sygnału luminancji, jednakże wystąpi  
wówczas silniejsza struktura punktowa, szczególnie w obra-  
zie kompatybilnym.

Modulowana częstotliwościowo podnośna w systemie  
SECAM wywołuje na ogół bardziej dostrzegalną niż w sy-  
stemie NTSC mowę i to również na szerszych partiach o-  
brazu. W związku z tym amplituda podnośnej powinna być  
stosunkowo mała, aby zapewnić lepszą kompatybilność. 0

ile amplitudy zakłóceń w pasmie chrominancji nie przekraczają amplitudy sygnału użytecznego, są one tłumione przez ograniczniki w dyskryminatorach. Zakłócenie obrazu jest wówczas powodowane jedynie przez szumy w kanale luminancji i dają strukturę podobną jak w obrazie czarno-białym. Jeśli ten próg zostanie przekroczony, sytuacja zmienia się i wówczas sygnał użyteczny jest tłumiony przez zakłócenia, co objawia się w postaci charakterystycznych długich kresek poziomych ("rybki"), które przy wzroście amplitudy zakłóceń szybko doprowadzają do całkowitej bezużyteczności obrazu. Efekt ten może być również wywołany przez składowe wysokich częstotliwości sygnału luminancji powstające na ostrych pionowych obrzeżach w obrazie.

W systemie SECAM pokonuje się te trudności przez zastosowanie uwydatniania (preemfazy) zarówno na częstotliwościach wizyjnych, jak i na podnośnej. Uwydatnianie częstotliwości wizyjnych daje podniesienie składowych wyższych częstotliwości w sygnałach różnicowych. Daje to co prawda poprawę stosunku sygnału do szumu dla bocznych wstęp sygnału podnośnej, zwiększa jednakże widoczność mory na krawędziach kolorowych płaszczyzn. Uwydatnianie częstotliwości podnośnej uzyskuje się przez zastosowanie charakterystyki wzmocnienia o kształcie odwróconej krzywej dzwonowej. Dla środkowych częstotliwości zakresu chrominancji otrzymuje się dzięki temu mniejsze wzmocnienie niż dla krańców pasma. W szarych częściach obrazu amplituda podnośnej jest wobec tego stosunkowo mała, natomiast w częściach kolorowych o dużym na-

syceniu, co odpowiada dużej dewiacji częstotliwości podnośnej, amplitudy są znacznie większe. Dodatkowo stosuje się automatyczną regulację amplitudy podnośnej przez składowe górnych częstotliwości sygnału luminancji.

Dzięki tym skomplikowanym zabiegom udało się uzyskać własności systemu SECAM podobne jak systemu NTSC pod względem odpowiedniości i odporności na szumy. Jednak wiąże się to z bardzo wysokimi wymaganiami stawianymi urządzeniom pod względem precyzji wykonania i zestrojenia oraz stabilności.

## 5. SYSTEM PAL

Opracowany w NRE system telewizji kolorowej PAL (Phase Alternate Line) przedstawia połączenie elementów systemu NTSC i SECAM, przy czym łączy on zalety obu systemów, natomiast unika ich wad. Z systemu NTSC przejęto modulację kwadraturową, natomiast system SECAM dostarczył ideę przesyłania kolejno-liniowego, za pomocą czego zniekształcenia sygnału w okresie jednej linii można skompensować przeciwnie skierowanymi zniekształceniami w okresie następnej linii.

### 5.1. Zasady pracy i właściwości

Zasadę działania systemu PAL można wyjaśnić w oparciu o wykres wektorowy na rys. 12 na str. 45. Wektor chrominancji  $P_u$  dla koloru purpurowego identyczny jak w sygnale NTSC przesyła się w okresach wszystkich linii nieparzystych. Wskutek zniekształceń na drodze transmisji

syjnej ulega on przesunięciu fazowemu o  $\Delta \varphi$  do położenia  $Pu'$ . W okresie linii parzystych wektor  $Pu$  dzięki odzwierciedleniu względem osi  $U$  ( $B-Y$ ) zostaje przeniesiony w położenie sprzężone  $\overline{Pu}$  i ulega przesunięciu fazowemu  $\Delta \varphi$  do położenia  $Pu'$ . Odzwierciedlenie to uzyskuje się w praktyce przez odwracanie polaryzacji sygnału  $V$ . W odbiorniku następuje ponowne odzwierciedlenie względem osi  $U$ , które daje wektor  $Pu''$ . Podczas gdy wektor  $Pu'$  przesuwają się o kąt  $\Delta \varphi$  w kierunku czerwieni, to wektor  $Pu''$  skręca się o taki sam kąt w kierunku niebieskiego. Przy odtwarzaniu obrazu występują zatem zmiany barwy na kolejnych liniach, jednakże wartość średnia ściśle odpowiada wartości prawidłowej. Przy dostatecznej odległości obserwacji oko dostrzega tę wartość średnią. Jednak w zakresie, gdzie poszczególne linie nie są już różnicowane za pośrednictwem czopków, a wskutek większej zdolności rozdzielczej pręcików struktura liniowa jest dostrzegalna, może wystąpić niebezpieczeństwo spostrzegania różnic luminancji poszczególnych linii. Ta struktura liniowa zakłóca obraz nie mniej niż zmiany barw w obrazie NTSC, przy odtwarzaniu więc obrazu za pomocą tzw. systemu "PAL - prosty" nie można dopuścić większych wartości fazy różnicowej niż w systemie NTSC ( $\pm 20^\circ$ ).

Zalety systemu PAL występują dopiero w pełni, gdy stosuje się uśrednianie obu wektorów na drodze elektrycznej. Wykorzystuje się do tego linię opóźniającą podobnie jak w systemie SECAM, dzięki czemu uzyskuje się jednoczesne występowanie sygnałów kolejno po sobie następujących linii, skąd przez proste dodawanie można otrzymać

pożądaną wartość średnią. Amplituda wektora wartości średniej ulega zmniejszeniu proporcjonalnie do kosinusa błędu fazowego, co przy większych wartościach fazy różnicowej powoduje zmniejszenie nasycenia kolorów. Jednak oko jest znacznie mniej czułe na zmiany nasycenia kolorów niż na zmiany barwy. Poza tym istnieje możliwość zastosowania odpowiednich układów, dzięki którym można zlikwidować błędy nasycenia. Dopuszczalne tolerancje fazy różnicowej wynoszą dla odbiornika systemu "PAL - Standard"  $\pm 50^\circ$ , która to wartość prawie nigdy nie jest osiągnięta w dzisiejszych torach transmisyjnych włączając nadajniki.

Elektryczne całkowanie z zastosowaniem linii opóźniającej daje następną zaletę systemu PAL w porównaniu z innymi, ponieważ sygnał chrominancji jest w tym przypadku przenoszony jak przy modulacji dwuwstęgowej, chociażby górna wstęga była całkowicie stłumiona. Ta pseudo-dwuwstęgowa modulacja wynika z przełączania co linię wektora chrominancji z położenia normalnego w sprzężone i z powrotem, dzięki czemu górna i dolna wstęga boczna składowej V sygnału chrominancji ulegają zamianie. Zjawiska prześwitów między obu składowymi sygnału chrominancji zmuszające do różnicowania ich szerokości pasma w systemie NTSC kompensują się wzajemnie przy sumowaniu sygnałów kolejnych linii. Odpada również przez to konieczność stosowania bardziej skomplikowanego dla odbiornika układu osi I/Q.

Ta właściwość systemu PAL jest korzystna dla standardu telewizyjnego o szerokości pasma wizyjnego 5 MHz, gdyż

umożliwia uzyskanie takiej samej jakości i stabilności obrazu kolorowego jak w standardach o większej szerokości pasma, a poza tym stwarza większą odporność na zniekształcenia liniowe (spadek amplitudy przy górnej granicy pasma wizyjnego).

Jak w systemie SECAM, należy w systemie PAL zapewnić synchronizm przełączania sygnału chrominancji podczas kodowania i dekodowania. W tym celu przesyła się impuls synchronizacji koloru z fazą zmieniającą się co linię o  $\pm 45^\circ$  w stosunku do ujemnego kierunku osi U. Przy demodulacji składowa V tego sygnału daje impuls o zmieniającej się polaryzacji, który jest wykorzystywany do sterowania przełącznika elektronowego.

Częstotliwość fali podnośnej musi być dobrana inaczej niż w systemie NTSC, gdyż przy kolejnoliniowym przełączaniu składowej V występowałaby struktura paskowa silnie zakłócająca obraz kompatybilny. Optymalną częstotliwość uzyskuje się przy zastosowaniu offsetu ćwierćliniowego z przesunięciem o częstotliwość obrazów:

$$f_F = \left(n - \frac{1}{4}\right) f_H + \frac{1}{2} f_V$$

co przy	$n = 284$
częstotliwości linii	$f_H = 15625 \text{ Hz}$
częstotliwości pół	$f_V = 50 \text{ Hz}$
daje częstotliwość podnośną	$f_F = 4433618,75 \text{ Hz.}$

## 5.2. Technika kodowania i dekodowania

Rysunki 13 i 14 na str. 46 przedstawiają układy blokowe kodera i dekodera PAL. Budowa kodera jest podobna jak w systemie NTSC. Różnica występuje w układzie matrycowym gdzie wytwarza się sygnały różnicowe U i V, a nie sygnały I i Q, oraz w doprowadzaniu podnośnej do modulatora V przełączanej w linię o  $180^\circ$ . Filtry dolnoprzepustowe w obu kanałach chrominancji mają jednakową szerokość pasma przenoszenia (1,3 MHz), dzięki czemu odpada konieczność wyrównywania czasu przejścia między obu składowymi.

Urządzenie dekodujące również wykazuje duże analogie z odpowiednim układem systemu NTSC. Podstawowym uzupełnieniem jest linia opóźniająca, gdzie następuje opóźnienie sygnału chrominancji o okres jednej linii (64  $\mu$ sek), a następnie dodanie do sygnału nie opóźnionego lub odjęcie od niego. Dodawanie daje zgodnie z wykresem wektorowym na rys. 15 na str. 47 składową U sygnału chrominancji, zaś odejmowanie - składową V (o zmieniającej się co linię polaryzacji). Aby na wejściu układu matrycowego uzyskać zawsze tę samą polaryzację składowej V, należy zmieniać co linię o  $180^\circ$  fazę sygnału podnośnej, doprowadzanego do demodulatora synchronicznego. Układ matrycowy jest podobnie prosty jak w systemie SECAM, ponieważ i tu sygnały różnicowe U i V można wykorzystać bezpośrednio do sterowania kineskopu kolorowego.



## 6. TRANSKODOWANIE

Omówione tu trzy systemy telewizji kolorowej są bądź już od szeregu lat użytkowane w telewizji programowej (system NTSC w USA i Japonii), bądź też są obecnie lub będą w najbliższej przyszłości wprowadzane w szeregu innych krajów. Międzynarodowa wymiana programów w skali światowej i również europejskiej, zyskująca stale na znaczeniu wobec szybkiego rozwoju łączności satelitarnej, wymaga zastosowania środków technicznych umożliwiających przemianę sygnałów z jednego systemu na inny.

### 6.1. Transkodowanie NTSC/PAL

Przemiana sygnałów NTSC na PAL i odwrotnie byłaby stosunkowo prosta, gdyż w obu systemach stosuje się ten sam typ modulacji kwadraturowej. Jednak należy tu mieć na uwadze, że stosowany w USA standard telewizyjny (525-liniowy /60 Hz), różniący się od europejskiego (625-liniowy /50 Hz), zmusza do zastosowania przemiany standardów przed przeprowadzeniem transkodowania. Taka przemiana standardów na drodze elektrycznej jest już obecnie technicznie opanowana.

Przykład transkodowania sygnałów NTSC i PAL przy równych parametrach standardów przedstawia rys. 16 na str. 47. Przychodzący sygnał całkowity NTSC zostaje rozdzielony na składowe luminancji i chrominancji. Podczas gdy sygnał luminancji po wyrównaniu czasu przejścia zostaje skierowany bezpośrednio do układu wyjściowego, sy-

gnał chrominancji przechodzi przez tzw. modyfikator, gdzie przeprowadza się iloczynowe mieszanie z sygnałem o podwójnej częstotliwości podnośnej. Częstotliwość i faza tego sygnału są utrzymywane na stałej wartości przez sygnał chrominancji za pomocą zwykłego układu automatyki. Przy mieszaniu powstaje składowa o częstotliwości równej sumie obu sygnałów ( $3\omega_F$ ), którą należy odfiltrować, oraz składowa o częstotliwości różnicowej, czyli ponownie sygnał chrominancji, jednak o modulacji dającej wektory w położeniu sprzężonym:

$$F \sin(\omega_F t + \varphi) \cos 2\omega_F t = \\ = \frac{F}{2} \left[ \sin(3\omega_F t + \varphi) + \frac{F}{2} \sin(\omega_F t - \varphi) \right]$$

gdzie:

- F - amplituda sygnału chrominancji
- $\omega_F$  - częstotliwość podnośnej
- $\varphi$  - faza sygnału chrominancji.

Przez przełączanie co linię sygnału wejściowego i wyjściowego modyfikatora uzyskuje się sygnał chrominancji PAL, który po dodaniu do niego składowej luminancji i zmodyfikowanego sygnału synchronizacji koloru tworzy sygnał całkowity PAL. Tę samą zasadę transkodowania można oczywiście zastosować do przekształcenia sygnału PAL na NTSC. W obu przypadkach dla zabezpieczenia dobrej odpowiedniości należy jeszcze przeprowadzić odpowiednie przesunięcie częstotliwości podnośnej.

Transkodowanie sygnału NTSC lub PAL na sygnał systemu SECAM również nie przedstawia większych trudności technicznych. Wydzielenie składowych sygnału chrominancji z sygnału całkowitego można uzyskać przez zastosowanie tzw. filtru grzebieniowego. Filtr taki, stanowiący nie dopasowaną na końcu linię opóźniającą o opóźnieniu równym okresowi jednej linii, posiada charakterystykę przenoszenia tego rodzaju, że punkty dużej i małej tłumienności występują w odstępach równych połowie częstotliwości linii. W sygnale NTSC dzięki zastosowaniu offsetu półliniowego występuje przeplatanie się widm częstotliwości sygnałów luminancji i chrominancji (rys. 17 na str. 48), co można wykorzystać do rozdzielenia obu tych składowych za pomocą filtru grzebieniowego. Podobne zależności występują również i w sygnale PAL. Po wydzieleniu i zdemodulowaniu sygnału chrominancji ponowne jego zakodowanie wg zasad systemu SECAM nie przedstawia zasadniczych trudności technicznych.

## 6.2. Transkodowanie SECAM - NTSC/PAL

Transkodowanie sygnału SECAM na NTSC lub PAL jest o wiele trudniejsze, jeśli ma być przeprowadzone bez utraty rozdzielczości obrazu. Nie można bowiem w tym przypadku zastosować techniki filtrów grzebieniowych jak w systemach NTSC i PAL, ponieważ przy modulacji częstotliwościowej sygnału chrominancji stosowanej w systemie SECAM obie wstęgi boczne są z równym prawdopodobieństwem równomiernie rozłożone w całym pasmie chrominancji. Oczywi-

ście można oddzielić sygnał luminancji stosując filtry dolnoprzepustowe, jednak wówczas wyższe składowe tego sygnału decydujące o dużej rozdzielczości obrazu, a zawarte w pasmie chrominancji, będą stracone. W tych warunkach sygnał transkodowany uzyskany przez zdekodowanie sygnału chrominancji SECAM, przez ponowne zdekodowanie sygnałów różnicowych wg systemu NTSC lub PAL i dodanie sygnału luminancji będzie wprawdzie prawidłowy, jednak wskutek ograniczenia pasma częstotliwości sygnału luminancji do ok. 3 MHz rozdzielczość obrazu będzie zmniejszona. Poprawę jakości obrazu przy transkodowaniu sygnału SECAM na NTSC lub PAL będzie można uzyskać jedynie przez zastosowanie takiej metody rozdziaku sygnałów luminancji i chrominancji, która umożliwi również wydzielenie składowych większych częstotliwości sygnału luminancji.

## 7. NORMALIZACJA PARAMETRÓW TELEWIZJI KOLOROWEJ

### 7.1. Uwagi wstępne

Rok 1967 zapisze się w historii postępu technicznego jako rok wprowadzenia do eksploatacji telewizji kolorowej w Europie. W jesieni tego roku rozpoczęto nadawanie regularnych programów telewizji kolorowej we Francji, Związku Radzieckim, Anglii i NRF. W najbliższych latach wiele krajów europejskich przystąpi do nadawania programów telewizji kolorowej.

Rozpoczęcie nowej służby telekomunikacyjnej, jaką jest telewizja kolorowa, nie jest jedynie wewnętrzną

sprawą krajową, ale z uwagi na związane z tym planowanie sieci nadawczej wychodzące daleko poza granice jednego kraju, staje się problemem ogólnoeuropejskim, a nawet ogólnościowym dzięki coraz szerzej stosowanej łączności satelitarnej do wymiany programów telewizyjnych. Oficjalne wprowadzenie telewizji kolorowej w Europie zostało poprzedzone wieloletnimi przygotowaniem na terenie takich organizacji międzynarodowych jak CCIR (Comité Consultatif International des Radiocommunications - Międzynarodowy Doradczy Komitet Radiokomunikacyjny), UER (Union Européenne des Radiodiffusions - Europejska Unia Radiodiffuzyjna) oraz OIRT (Organisation Internationale de Radiodiffusion et Télévision - Międzynarodowa Organizacja Radia i Telewizji). Przygotowania te miały na celu utworzenie przez ustalenie możliwie jednolitego standardu telewizji kolorowej jak najkorzystniejszych warunków rozwoju nowej dziedziny telekomunikacji. Zakończeniem tych wysiłków było plenarne zgromadzenie CCIR, które odbyło się w Oslo w okresie od 22 czerwca do 22 lipca 1966 r. Jeśli nie osiągnięto wówczas ogólnego porozumienia, które doprowadziłoby do przyjęcia jednolitego systemu telewizji kolorowej dla całej Europy, można by to przypisać bardziej względem politycznym niż technicznym. Tym niemniej w okresie dziesięcioletnim rozwiązano poprzez rzeczową dyskusję na licznych konferencjach szereg trudności technicznych wynikłych ze skomplikowanej sytuacji w dziedzinie europejskich standardów telewizyjnych.

## 7.2. Normalizacja podstawowych parametrów

W końcu roku 1953 w Stanach Zjednoczonych został przyjęty oficjalnie system telewizji kolorowej NTSC. W tym okresie w Europie rozpoczynano wymianę programów telewizji czarno-białej pomiędzy poszczególnymi krajami. Okazało się przy tym z jakimi trudnościami się to wiąże. Standard 625-liniowy był przyjęty tylko przez część krajów europejskich, a najbardziej pod tym względem rozwinięte kraje użytkowały inne standardy, a mianowicie Anglia 405-liniowy, Francja 819-liniowy. Wymiana programów telewizyjnych była więc uzależniona od stosowania przemienników standardów, co przy ówczesnym stanie techniki wiązało się ze znacznym pogorszeniem jakości obrazu.

W tym stanie rzeczy wysunięto wniosek, aby przed wprowadzeniem telewizji kolorowej w Europie dążyć wszelkimi staraniami, aby uzyskać jednolity europejski system telewizji kolorowej. Opinia ta znalazła wyraz na międzysesyjnym posiedzeniu CCIR w Brukseli w roku 1955 w przyjętym programie studiów dotyczącym podstawowych parametrów standardu telewizji kolorowej. Należało przy tym zwrócić specjalną uwagę na:

- zadowalającą jakość obrazu,
- oszczędne wykorzystanie pasma częstotliwości
- niezawodność odbiornika przy rozsądnych kosztach
- eksploatację urządzeń studyjnych, nadawczych i transmisyjnych,

- wrażliwość na zakłócenia,
- odpowiedniość,
- planowanie częstotliwościowe,
- międzynarodową wymianę programów,
- możliwości rozwojowe,
- różnice między zakresami częstotliwości I/III i IV/V.

Uchwalono również wówczas, aby międzynarodowa komisja zapoznała się z postępem prac nad telewizją kolorową głównie w USA, a także w Anglii, Francji i Holandii. Komisji zademonstrowano szereg rozwiązań systemowych, które w różny sposób realizowały zasadę przesyłania obrazów kolorowych. Poza amerykańskim systemem NTSC prace nad tymi systemami zostały w późniejszym okresie zaniedbane wobec znalezienia lepszych rozwiązań.

W okresie VIII Plenarnego Zgromadzenia CCIR, które odbyło się w Warszawie w roku 1956 kraje użytkujące standard 625-liniowy z odstępem nośnych wizji i dźwięku 5,5 MHz (tzw. standard Gerbera) wystąpiły z oświadczeniem stwierdzającym, że system NTSC jest jedynym praktycznie stosowanym systemem telewizji kolorowej i jego zasady powinny być wzięte za podstawę do ustalenia systemu europejskiego. Nie powinno to jednak wykluczać poszukiwania innych lepszych rozwiązań.

W obliczu zbliżającej się Europejskiej Konferencji Radiofonicznej, która miała zająć się rozdziałem częstotliwości w zakresach IV i V (fale decymetrowe) przewidzianych dla telewizji, zarysowała się koncepcja ujednoczenia podstawowych parametrów kanału telewizyjnego.

Miałoby to doniosły wpływ na planowanie sieci nadajników telewizyjnych, bowiem sytuacja panująca pod tym względem w zakresach częstotliwości I i III była bardzo zagmatwana ze względu na różne szerokości kanału oraz różne odstępy między nośnymi wizji i fonii stosowane przez poszczególne państwa europejskie (rys. 18 na str. 48).

Pierwszym etapem na drodze do porozumienia było uzgodnienie na posiedzeniu CCIR w Moskwie w roku 1958 podziału zakresów częstotliwości IV i V na kanały o szerokości 8 MHz niezależnie od stosowanego standardu. Propozycja ta została potwierdzona na IX Plenarnym Zgromadzeniu CCIR w Los Angeles w roku 1959. Jednocześnie Anglia zgłosiła gotowość przyjęcia w IV i V zakresie częstotliwości standardu 625-liniowego z odstępem nośnych wizji i fonii 6,5 MHz. Z podobną deklaracją wystąpiła Francja. Odnośnie częstotliwości podnośnej chrominancji szereg krajów wypowiedziało się za przyjęciem wartości 4,43 MHz jako kompromisowej.

W celu dokładniejszego zbadania możliwości ujednoczenia odstępu nośnych wizji i fonii, który w standardach 625-liniowych wynosi 6,5 MHz lub 5,5 MHz, z XI Komisji Studiów CCIR wyłoniono tzw. Podgrupę Espinga (nazwaną tak od nazwiska przewodniczącego XI Komisji Studiów CCIR), która na zebraniu w Genewie w roku 1959 uzgodniła dla zakresów częstotliwości IV i V przyjęcie standardu 625-liniowego, podział na kanały o szerokości 8 MHz oraz częstotliwość podnośnej chrominancji 4,43 MHz. Nie uzyskano natomiast porozumienia w sprawie odstępu



nośnych wizji i fonii, a przeciwnie do dwóch istniejących alternatyw doszła jeszcze trzecia. Anglia mianowicie wystąpiła z wnioskiem przyjęcia jako optymalnego wykorzystania kanału częstotliwości 8 MHz odstępu nośnych wizji i fonii 6 MHz oraz zbocza Nyquista 1,25 MHz zamiast jak poprzednio 0,75 MHz.

Propozycje te zostały ponownie przedyskutowane na posiedzeniu ekspertów w Cannes w roku 1961 i następnie oficjalnie przyjęte na Konferencji Radiofonicznej w Sztokholmie w tym samym roku. W ten sposób zakończył się ważny etap normalizacji parametrów standardów telewizyjnych użytkowanych w IV i V zakresie częstotliwości. Istotnym osiągnięciem jest przyjęcie tylko jednego standardu 625-liniowego, podział na kanały o jednakowej szerokości 8 MHz oraz ujednoczenie wartości częstotliwości podnośnej chrominancji 4,43 MHz. Godne podkreślenia jest również to, że Anglia i Francja zgłosiły gotowość stosowania w zakresach IV i V standardu 625-liniowego nie tylko do emisji programów telewizji kolorowej, ale również i czarno-białej oraz stopniowe ograniczenie sieci standardów 405 i 819-liniowego. Różnice w odstępach nośnych wizji i fonii zostały uznane za niezbyt istotne z punktu widzenia planowania sieci. Poszczególne odmiany nowych standardów 625-liniowych zostały w dokumentach CCIR oznakowane dla odróżnienia literami alfabetu. Zestawienie podstawowych parametrów podaje rys. 19 na str. 49.

### 7.3. Badanie nowych metod kodowania sygnału chrominancji

W okresie gdy na terenie organizacji międzynarodowych prowadzono dyskusje nad możliwościami przyjęcia jednolitego systemu telewizji kolorowej dla Europy, w licznych laboratoriach prowadzono intensywne prace nad systemami kodowania informacji o kolorach. Przyczyną podjęcia tych prac była wrażliwość systemu NTSC na zniekształcenia fazowe i amplitudowe (tzw. fazę różnicową i wzmocnienie różnicowe) powstające w torze transmisyjnym, a także na odbicia sygnału przy odbiorze.

Prowadzone we Francji badania tzw. systemu Henri de France'a doprowadziły po kolejnych zmianach koncepcji do powstania systemu SECAM pierwotnie z zastosowaniem modulacji amplitudowej, a gdy okazało się, że system ten jest wyjątkowo wrażliwy na zniekształcenia amplitudowe, zastosowano modulację częstotliwościową sygnału chrominancji. Mniej więcej w tym samym czasie w Instytucie Radiotechnicznym w Monachium powstaje nowy system kodowania zwany FAM, w którym zastosowano jednoczesną modulację amplitudową i częstotliwościową sygnału chrominancji.

Ideę Henri de France'a wykorzystania ultradźwiękowej linii opóźniającej do opóźniania sygnału wizyjnego o okres jednej linii wybierania podejmuje dr W. Bruch z firmy Telefunken. Próbuje on połączyć zalety kolejnego przesyłania składowych chrominancji stosowane w systemie SECAM z zaletami modulacji kwadraturowej systemu

NTSC. Na tym gruncie powstał system PAL, który po modyfikacjach przedstawia wiele interesujących właściwości i został obecnie oficjalnie przyjęty przez szereg krajów europejskich, jak Anglia i NRF.

Równolegle do prac laboratoryjnych rozpoczęto eksperymentalne transmisje sygnałów telewizji kolorowej różnych systemów w celu zbierania doświadczalnych danych o właściwościach tych systemów w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych. Próby transmisji przeprowadzone na trasie Rzym - Darmstadt w październiku 1961 roku z systemami SECAM, FAM i NTSC wykazały, że istnieją realne możliwości użytkowania w europejskiej sieci transmisyjnej systemu NTSC, pomimo jego wrażliwości na fazę różnicową. W związku z tym postanowiono prowadzić dalsze badania na tym systemem w celu ustalenia jego optymalnych parametrów przystosowanych do standardu 625-liniowego.

W celu intensyfikacji porównawczych badań systemów telewizji kolorowej utworzono w UER w końcu 1962 roku tzw. "Grupę Ad Hoc Telewizji Kolorowej", która miała zająć się możliwie wszechstronnym porównaniem właściwości trzech systemów telewizji kolorowej NTSC, SECAM i PAL. Inne rozwiązania jako znacznie ustępujące pod względem jakości nie były rozpatrywane. W pracach tej grupy wzięły udział państwa prowadzące badania w dziedzinie telewizji kolorowej: Anglia, Francja, Holandia, Szwajcaria, Włochy i NRF. Grupę podzielono na 6 podgrup roboczych, które miały badać poszczególne zagadnienia, a mianowicie: systemów telewizji kolorowej, odbiorników, techniki na-

dawczej, propagacji, linii transmisyjnych oraz techniki studyjnej.

#### 7.4. Normalizacja systemów telewizji kolorowej

Pierwsze wyniki prac "Grupy Ad Hoc" UER zostały przedstawione na zebraniu Podgrupy Telewizji Kolorowej CCIR (Londyn, luty 1964) w postaci tzw. "Pierwszego Sprawozdania". Zawierało ono porównawcze zestawienie ok. 25 różnych parametrów systemów NTSC, SECAM i PAL, jednak nie przyznawało żadnemu z systemów zdecydowanej wyższości nad pozostałymi. Na zebraniu tym postanowiono prowadzić nadal badania porównawcze systemów tak, aby na najbliższym zebraniu XI Komisji Studiów CCIR, które miało się odbyć w Wiedniu na wiosnę 1965 r., można już było podjąć decyzję wyboru jednolitego systemu telewizji kolorowej.

W okresie poprzedzającym zebranie XI Komisji Studiów CCIR nie osiągnięto jednolitego stanowiska UER: Anglia i Holandia opowiedziały się za systemem NTSC, Włochy, Szwajcaria i NRF za systemem PAL, a Francja za systemem SECAM.

Dużym zaskoczeniem było ogłoszenie na dwa dni przed rozpoczęciem obrad XI Komisji Studiów w Wiedniu zawarcia umowy między Francją i ZSRR w sprawie współpracy w dziedzinie telewizji kolorowej w oparciu o system SECAM. W toku ożywionych dyskusji w oparciu o "Drugie Sprawozdanie" UER nie osiągnięto na zebraniu porozumienia w sprawie wyboru jednolitego systemu telewizji kolorowej. W

ogłoszonej ankiecie na 30 państw europejskich 14 opowiedziało się za systemem SECAM, 11 za systemem PAL i 2 za systemem NTSC. Wszystkie państwa socjalistyczne przyznały wyższość systemowi SECAM.

Wyteżone prace nad badaniem właściwości poszczególnych systemów i znalezieniem rozwiązania mogącego zadowolić wszystkie państwa trwają jednak nadal. W tym okresie Anglia, a potem i Holandia decydują się na wybór systemu PAL, wskutek czego w ramach UER jedynie Francja pozostaje zwolenniczką systemu SECAM.

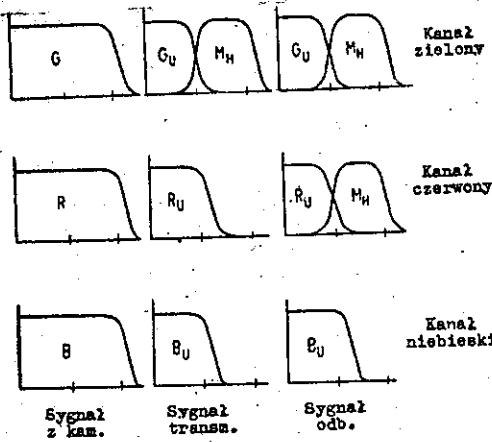
Należy zaznaczyć, że system SECAM w toku badań jego właściwości przechodził pewne modyfikacje mające na celu poprawę jego parametrów. Tak więc występowały kolejno wersje SECAM II, SECAM IIIa i SECAM IIIb, który ustabilizował się ostatecznie pod nazwą "SECAM III optymalizowany". Różnice między kolejnymi wersjami były niewielkie i głównie dotyczyły wartości dewiacji modulowanego częstotliwościowo sygnału chrominancji oraz charakterystyki preemfazy.

W końcu roku 1965 pojawia się nowy system telewizji kolorowej opracowany w ZSRR i zwany NIIR (a również i SECAM IV). Miał on stanowić kompromis między systemami PAL i SECAM. Z zasady działania jest on bardzo podobny do systemu PAL (rys. 20 na str. 49). Stosuje się tu modulację kwadraturową, przy czym w okresie jednej linii przesyła się sygnał chrominancji taki sam jak w systemach NTSC i PAL, natomiast w okresie następnej linii przesyła się jedynie moduł wektora chrominancji, uzyskując dzięki temu fazę odniesienia wykorzystywaną przy od-

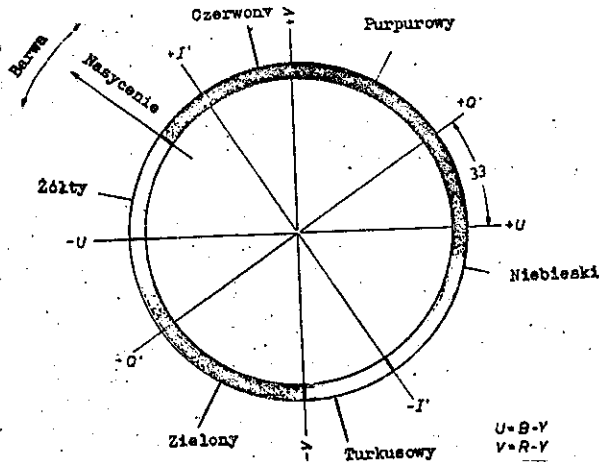
biorze. Właściwości tego systemu były badane w kilku krajach (ZSRR, Anglii i Francji), lecz ostatecznie po wspólnym porozumieniu Francja i ZSRR postanowiły nie pracować dalej nad tym systemem.

W lecie 1966 roku odbyło się w Oslo XI Plenarne Zgromadzenie CCIR, które miało przynieść ostateczne rozwiązanie sprawy systemu telewizji kolorowej w Europie. Pod uwagę wchodziły wówczas tylko dwa systemy, a mianowicie PAL i SECAM. Niestety, do porozumienia nie doszło wobec zdecydowanej postawy państw uznających wyższość bądź jednego, bądź drugiego systemu. Wniosek przyjęcia jako kompromisu systemu NIIR (SECAM IV) został odrzucony wskutek zbyt małej znajomości własności tego systemu w warunkach rzeczywistych. Na dalszą zwłokę w ostatecznej decyzji nie zgodzono się wobec bardzo silnych nacisków przemysłu w poszczególnych państwach.

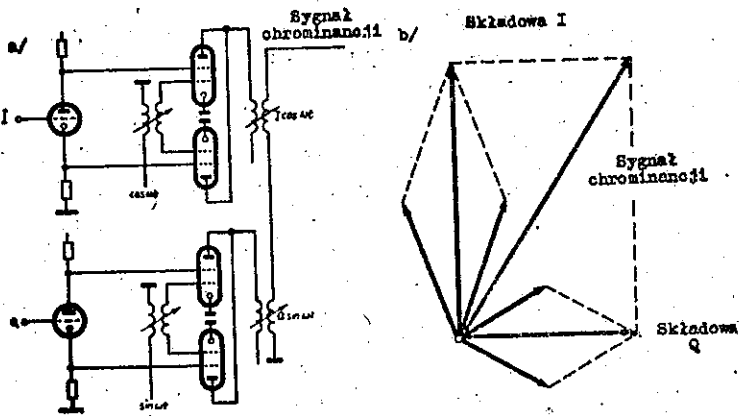
Tak więc przeszło dziesięcioletnie wysiłki mające na celu znormalizowanie parametrów standardów telewizyjnych i przyjęcie jednolitego systemu telewizji kolorowej w Europie zakończyły się częściowym sukcesem w zakresie telewizji kolorowej. Europa została podzielona na dwa systemy (rys. 21 na str. 50), co niewątpliwie nie będzie korzystnie wpływać na rozwój telewizji kolorowej. Natomiast ujednoczenie parametrów standardów telewizyjnych w IV i V zakresie częstotliwości należy uznać za duże osiągnięcie.



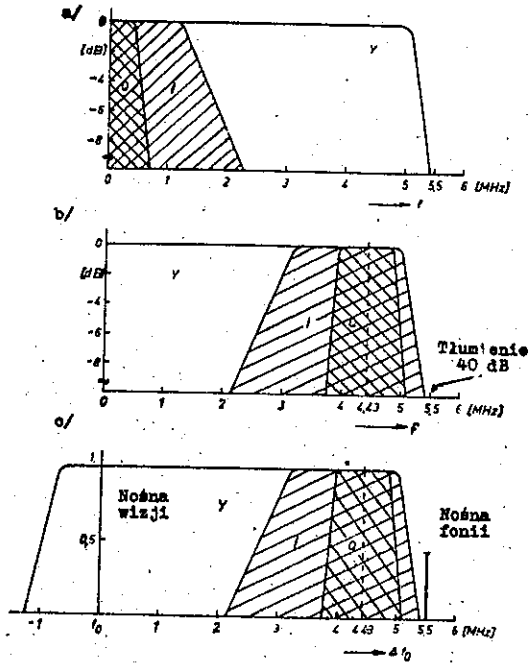
Rys. 1. System jednoczesny ze zmniejszoną szerokością pasma sygnałów kolorów podstawowych i wspólnym przesyłaniem górnych częstotliwości  
 G - kanał zielony, R - kanał czerwony, B - kanał niebieski,  $M_H$  - wspólne składowe wielkich częstotliwości, Indeks U - sygnał o ograniczonym pasmie



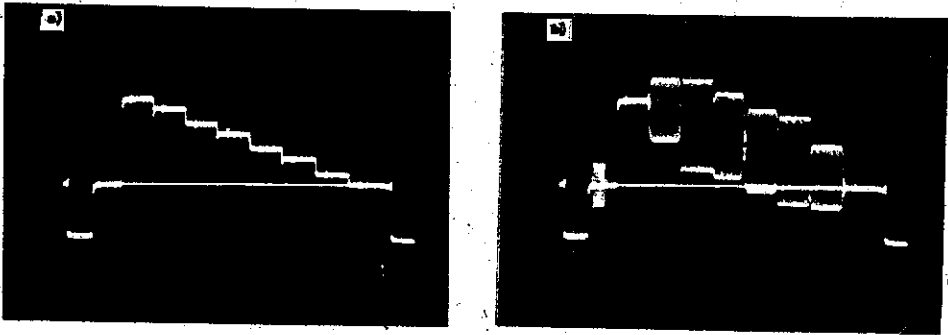
Rys. 2. Okrąg barw dla przedstawiania wektorów chrominancji. Kątowi jest przyporządkowana określona barwa, natomiast amplituda wektora określa nasycenie



Rys. 3. Modulacja kwadraturowa z wyluznieniem linii nośnej: a/ schemat podwójnego modulatora zrównoważonego, b/ wykres wektorowy

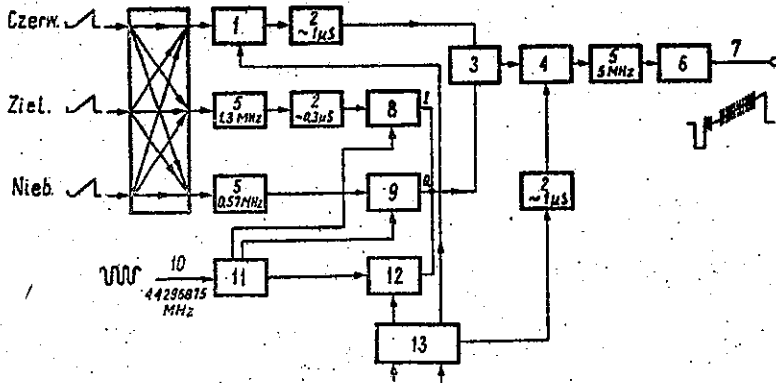


Rys. 4. Szerokości pasma sygnałów Y, I i Q systemu NTSC dla standardu 625-liniowego z odstępem nośnych wizji i fonii 5,5 MHz: a/ sygnał wizyjny, b/ sygnał kodowany, c/ sygnał promieniowany



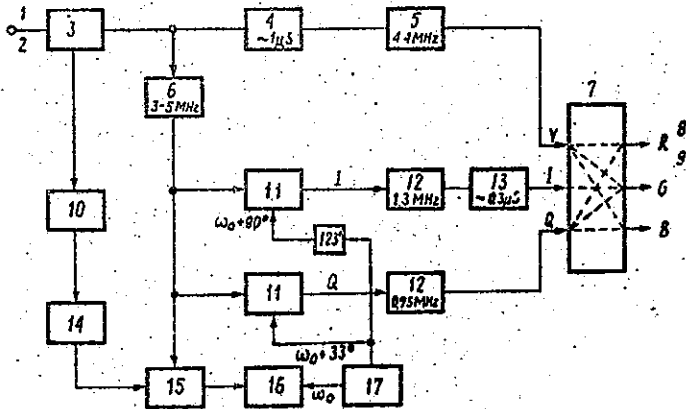
Rys. 5. Oscylogramy: a/ składowej luminancji sygnału telewizyjnego kolorowego / sygnał pasów kolorowych/, b/ całkowitego sygnału systemu NTSC





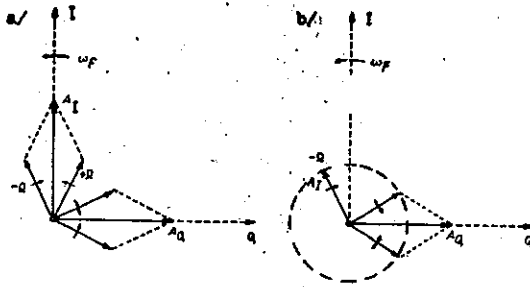
Rys. 6. Schemat blokowy kodera NTSC

1 - stopień wygaszania, 2 - linia opóźniająca, 3 - stopień sumowania, 4 - mieszacz synchronizacji, 5 - filtr dolnoprzepustowy, 6 - wzmacniacz wyjściowy, 7 - WGS kolor, całkowity sygnał telewizyjny kolorowy, 8 - modulator I, 9 - modulator Q, 10 - nośna chrominacji, 11 - rozdzielacz nośnej chrominacji, 12 - wytwarzanie impulsu synchronizacji kolorów, 13 - kształtowanie impulsów



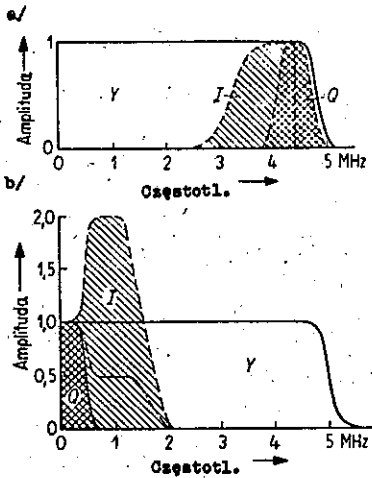
Rys. 7. Schemat blokowy dekodera NTSC

1 - wejście, 2 - całkowity sygnał telewizyjny kolorowy, 3 - wzmacniacz, 4 - linia opóźniająca  $\sim 1 \mu s$ , 5 - filtr nośnej chrominacji 4,4 MHz, 6 - filtr pasmowy 3-5 MHz, 7 - układ macierzyowy, 8 - sygnał koloru podstawowego, 9 - wyjście, 10 - separator amplitudowy, 11 - demodulator synchroniczny, 12 - filtr dolnoprzepustowy, 13 - wyznaczenie czasu przejścia, 14 - kształtowanie impulsów, 15 - wydzielenie impulsu synchronizacji kolorów, 16 - porównanie fazy, 17 - generator podnośnej 4,4295875 MHz

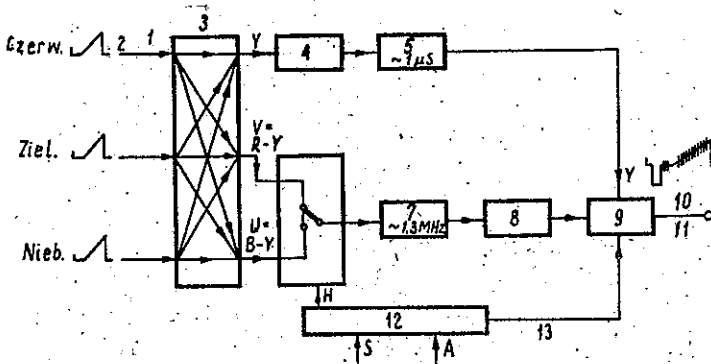


Rys. 8. Wykresy wektorowe modulaacji kwadraturowej z wytkumieniem fali nośnej: a/ modulaacja obu składowych przy dwustętowym przenoszeniu, b/ modulaacja jednej składowej przy jednostętowym przenoszeniu

$A_I$  - wypadkowa amplituda składowej I,  $A_Q$  - wypadkowa amplituda składowej Q,  $\omega_F$  - pulsacja nośnej chrominancji,  $\omega$  - częstotliwość sygnałów różnicowych chrominancji

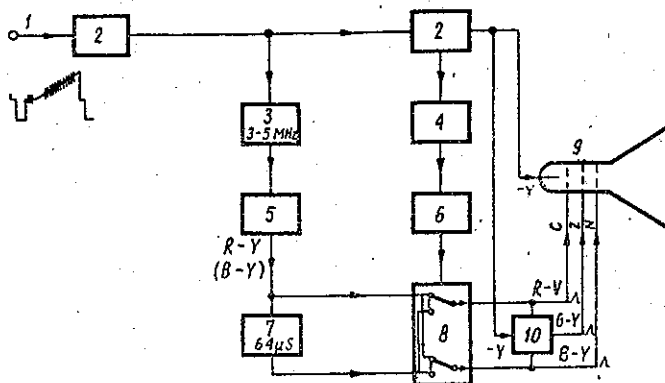


Rys. 9. Szerokości pasma sygnałów: a/ w modulatorze, b/ w demodulatorze



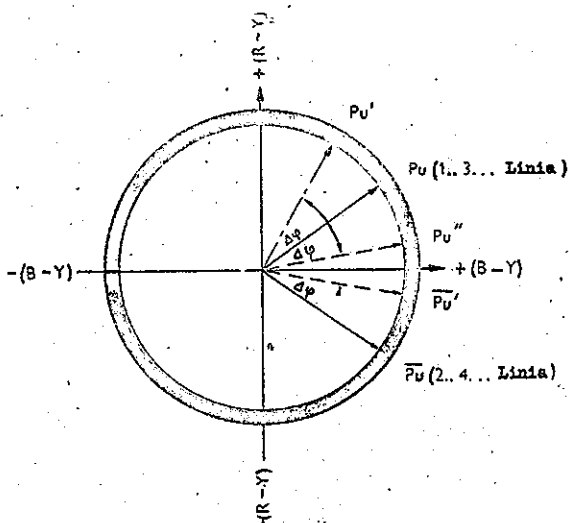
Rys. 10. Schemat blokowy kodera SECAM

1 - sygnał koloru podstawowego, 2 - wejścia, 3 - układ macierzowy, 4 - stopień wzmacniający, 5 - linia opóźniająca, 6 - przełącznik elektronowy, 7 - filtr dolnoprzepustowy, 8 - modulator częstotliwościowy  $\omega_F = 4,4275$  MHz, 9 - stopień sumujący, 10 - wyjście, 11 - całkowity sygnał telewizji kolorowej, 12 - kształtowanie impulsów, 13 - sygnał synchronizacji, synchronizacji koloru

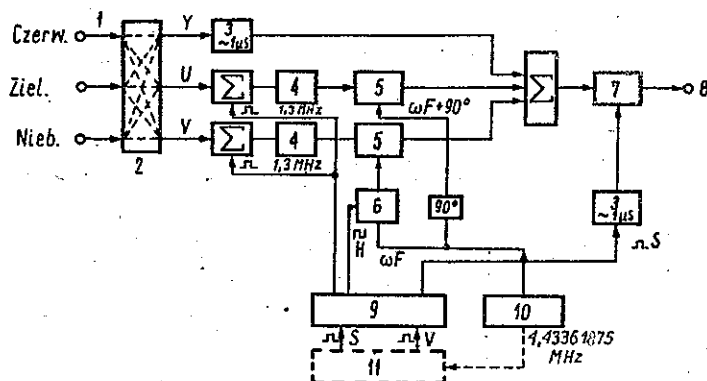


Rys. 11. Schemat blokowy dekodera SECAM

1 - wejście całkowitego sygnału telewizyjnego kolorowego, 2 - stopień wzmacniający, 3 - filtr pasmowy, 4 - separator amplitudowy, 5 - dyskryminator, 6 - kształtowanie impulsów, 7 - linia opóźniająca, 8 - przełącznik elektroniczny, 9 - kolorowa lampa obrazowa, 10 - układ macierzowy

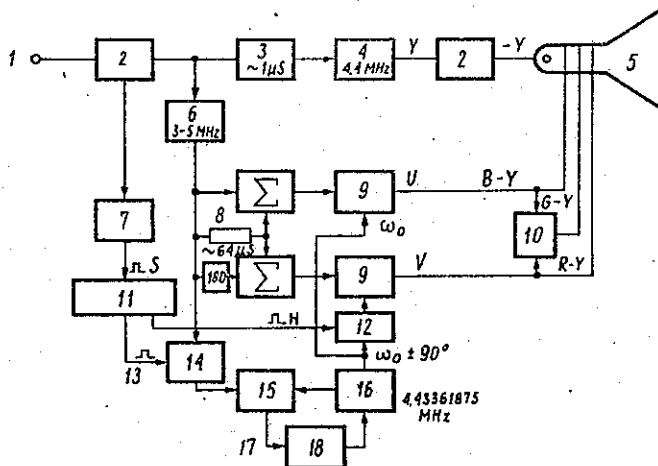


Rys. 12. Wykres wektorowy sygnału chrominancji. System PAL przy zniekształceniach fazowych na drodze transmisji



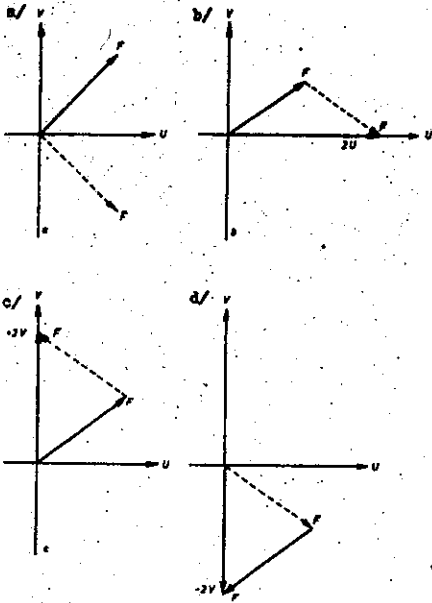
Rys. 13. Schemat blokowy kodera PAL

1 - wejścia, 2 - układ matrycowy, 3 - linia opóźniająca, 4 - filtr dolnoprzepustowy, 5 - modulator zrównoważony, 6 - przełącznik elektroniczny, 7 - mioszacz synchronizacji, 8 - wyjście całkowitego sygnału telewizyjnego, 9 - kształtowanie impulsów, 10 - generator nośnej chrominancji, 11 - generator synchronizujący

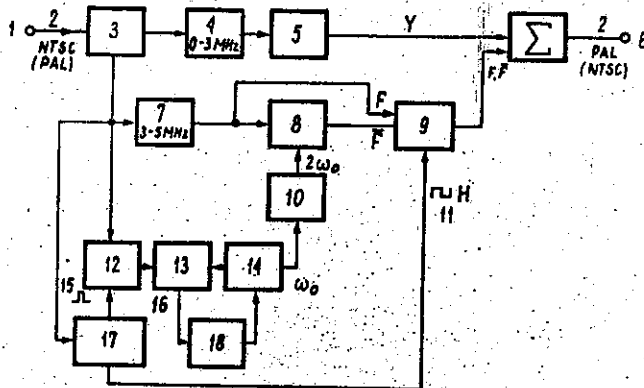


Rys. 14. Schemat blokowy dekodera PAL

1 - wejście całkowitego sygnału telewizyjnego kolorowego, 2 - wzmacniacz, 3 - linia opóźniająca, 4 - filtr nośnej chrominancji, 5 - kolorowa lampa obrazowa, 6 - filtr pasmowy, 7 - separator amplitudowy, 8 - linia opóźniająca, 9 - demodulator synchroniczny, 10 - układ macierzowy, 11 - kształtowanie impulsów, 12 - przełącznik elektroniczny, 13 - impuls bramkujący, 14 - wydzielanie impulsu synchronizacji kolorów, 15 - porównywanie fazy, 16 - generator nośnej chrominancji, 17 - napięcie regulacyjne, 18 - stopień reaktancyjny

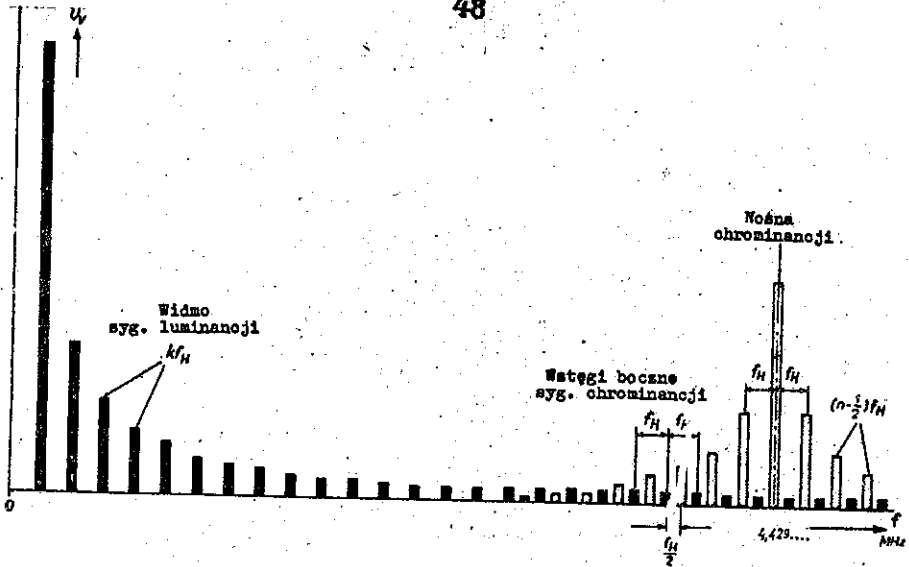


Rys. 15. Suma lub różnica wektorowa sygnałów chrominacji w położeniu normalnym i sprzężonym: a/ sygnał chrominacji; — w położeniu normalnym, - - - w położeniu sprzężonym; b/ suma wektorów sygnału chrominacji daje  $2U$ ; c/ różnica wektorów sygnału chrominacji daje  $+2V$ ; d/ różnica wektorów sygnału chrominacji daje  $-2V$ .

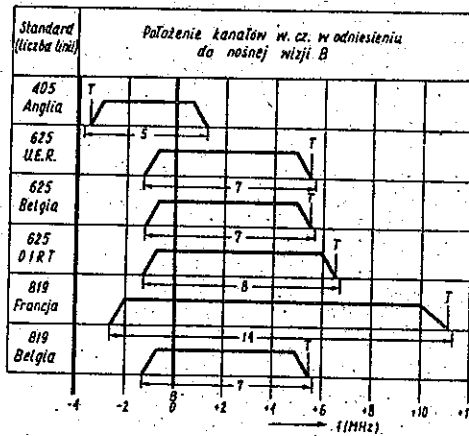


Rys. 16. Podstawowy układ transkodowania NTSC/PAL/PAL/NTSC/ bez przesunięcia nośnej chrominacji

1 - wejście, 2 - całkowity sygnał telewizyjny kolorowej, 3 - wzmacniacz, 4 - filtr dolnoprzepustowy, 5 - wyrównanie czasu przejścia, 6 - wyjście, 7 - filtr pasmowy, 8 - modyfikator mieszacz, 9 - przełącznik elektroniczny, 10 - podwójny częstotliwości, 11 - impuls przełączający, 12 - wydzielanie impulsu synchronizacji kolorów, 13 - porównanie fazowe, 14 - generator kwarcowy, 15 - impuls brakujący, 16 - napięcie regulacyjne, 17 - separator amplitudowy i kształtowanie impulsów, 18 - stopień reaktancyjny

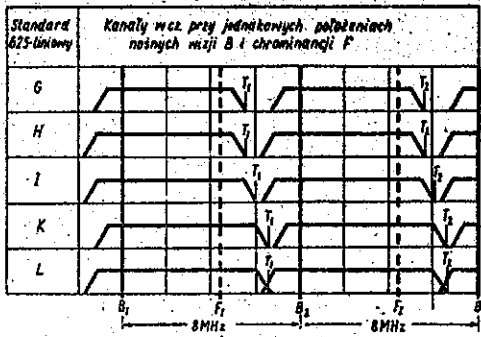


Rys. 17. Przeplotanie widm sygnału luminancji Y i chrominancji przy offsecie półliniowym podnośnej



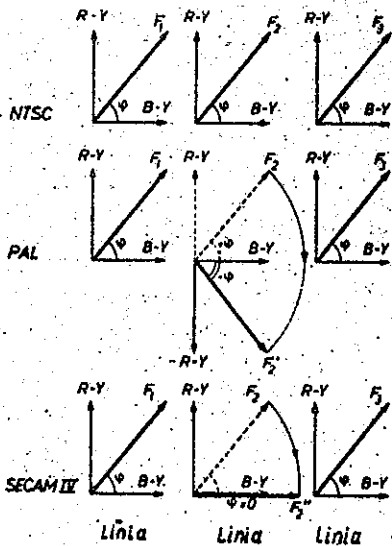
Standard /liczba linii/	Pasma wizyjne /MHz/	Odstęp nośnych wizji i fonii /MHz/	Szczątkowa wstęga boczna /MHz/	Modulacja wizyjna	Modulacja foniczna	$N_B/N_F$
405 Ang.	3	-3,5	+0,75	Poz.	AM	4:1
625 UER	5	+5,5	-0,75	Neg.	FM	5:1
625 Belg.	5	+5,5	-0,75	Poz.	AM	4:1
625 OIRT	6	+6,5	-0,75	Neg.	FM	2:1 5:1
819 Franc.	10	+11,15	-2	Poz.	AM	4:1
819 Belg.	2	+5,5	-0,75	Poz.	AM	4:1

Rys. 18. Europejskie standardy telewizyjne w I i III zakresie częstotliwości

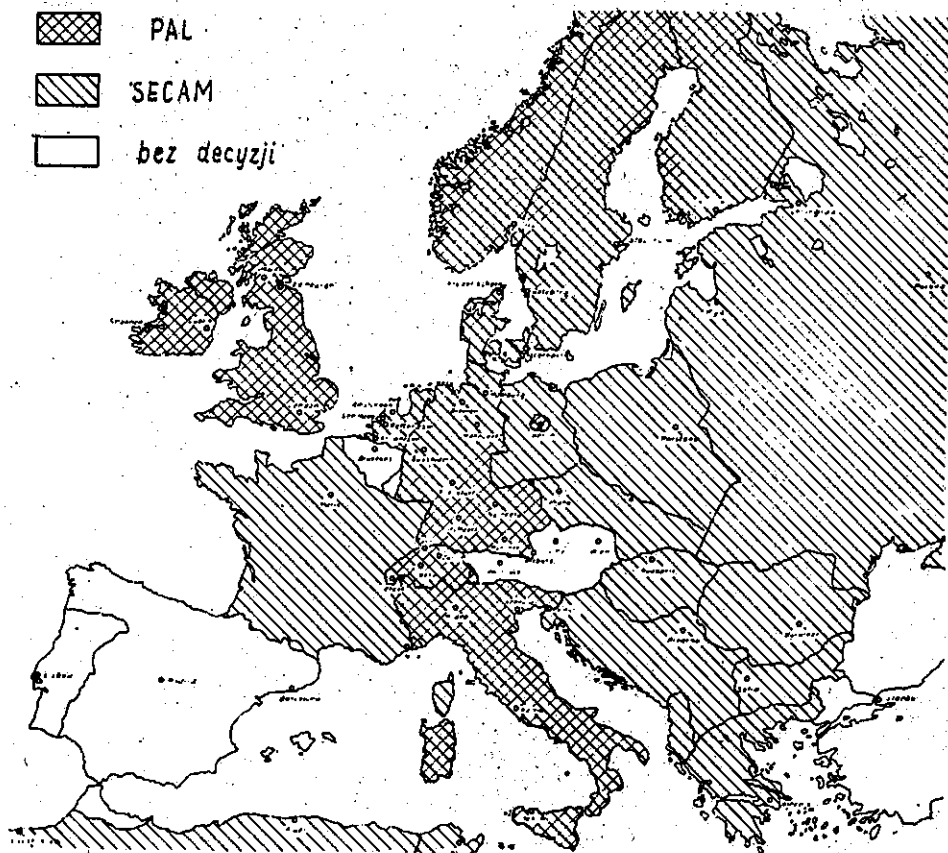


Standard 625-liniowy	Pasmo wizyjne /MHz/	Odstęp nosnych wizji i fonii /MHz/	Szczątkowa waga boczna /MHz/	Modulacja wizyjna	Modulacja foniczna	Nośna obrotowa	$N_B/N_T$
G	5	5,5	0,75	Neg.	FM	4,43	5:1
H	5	5,5	1,25	Neg.	FM	4,43	5:1
I	5,5	6	1,25	Neg.	FM	4,43	5:1
K	6	6,5	0,75	Neg.	FM	4,43	5:1
L	6	6,5	1,25	Pos.	AM	4,43	8:1

Rys. 19. Europejskie standardy telewizyjne w IV i V zakresie częstotliwości



Rys. 20. Zasada systemu SECAM IV /NIIR/ w porównaniu z NTSC i PAL



Rys. 21. Geograficzny rozdział systemów telewizji kolorowej w Europie, Oslo 1966





