

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI  
WARSZAWA-MIEDZESZYN

BIBLIOTEKA  
Instytutu Łączności

PROBLEMY

ŁĄCZNOŚCI

102

1973

**BIBLIOTEKA**  
Instytutu Łączności

№ \_\_\_\_\_

# PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

ROK 13

WARSZAWA 1973

NR 102

---

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

Branżowy Ośrodek  
Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Redakcja Problemów Łączności

---

Redaktor Naczelny - mgr inż. Jerzy Rutkowski

Redaktorzy działów:

mgr inż. Władysław Cetner, mgr inż. Adam Moniuszko,

mgr inż. Józef Możejko

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH RĘKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO

Redaktor: J. Borkowska

Montaż tekstu: B. Drabik

---

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności  
Format B5. Nakład 570. Wpłynęło do  
Działu Wydawniczego 12.06.1973 r.  
Druk ukończono we wrześniu 1973 r.

# PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

Alfons Podemski

## ZNIEKSZTAŁCENIA SYGNAŁÓW TELEWIZJI KOLOROWEJ I ICH POMIARY

### SPIS TREŚCI

	Str.
1. Wstęp	1
2. Właściwości toru sygnału wizyjnego	2
3. Wpływ rodzaju modulacji podnośnej chrominancji na odporność systemu telewizji kolorowej na zniekształcenia różnicowe	5
4. Zniekształcenia w urządzeniach wizyjnych telewizji kolorowej	8
4.1. Zniekształcenia linearne	8
4.2. Zniekształcenia nielinarne	12
5. Nielinearne urządzenia telewizyjne jako układy parametryczne	16
6. Powstawanie zniekształceń różnicowych	19
6.1. Powstawanie zniekształceń nieliniarnych amplitudy w urządzeniach wizyjnych	19
6.2. Powstawanie zniekształceń fazy różnicowej w urządzeniach wizyjnych	21

	Str.
6.3. Zniekształcenia różnicowe w obwodach wielkiej częstotliwości	28
7. Pomiary zniekształceń w torach przesyłowych sygnałów telewizji kolorowej	36
7.1. Wiadomości ogólne	36
7.2. Pomiar różnicy wzmocnienia i czasu przejścia sygnału luminancji i chrominancji	38
7.3. Pomiary zniekształceń nieliniarnych	45
7.4. Pomiar wpływu sygnału chrominancji na sygnał luminancji	49
7.5. Przyrządy do kontroli sygnału telewizji kolorowej	50
8. Szumy w sygnałach telewizji kolorowej	55
Wykaz literatury	56

ZNIEKSZTAŁCENIA SYGNAŁÓW TELEWIZJI KOLOROWEJ  
I ICH POMIARY

## 1. WSTĘP

W idealnych warunkach wszystkie podstawowe systemy telewizji kolorowej zapewniają wysoką jakość odtwarzanego obrazu kolorowego. Zniekształcenia wywołane zasadami działania systemów /ograniczenie pasma częstotliwości sygnału chrominancji, różne szerokości pasma częstotliwości sygnałów  $U_I$  i  $U_Q$ , przeplatanie widma sygnałów luminancji i chrominancji, zniekształcenia przejść kolorowych na skutek niedokładności linii opóźniającej itd. / przy współczesnych lampach analizujących i kineskopach nie są na ogół duże i są wskutek tego mało zauważalne na ekranie odbiornika. Zniekształcenia systemowe określają jednak nie rzeczywistość, a raczej potencjalnie możliwą do osiągnięcia jakość odtwarzanego obrazu kolorowego.

Rzeczywistą jakość odtwarzanego obrazu u telewidza określają natomiast zniekształcenia toru sygnału wizyjnego .

Podstawowe źródła zniekształceń sygnału wizyjnego są następujące:

- 1/ nieidealność charakterystyki tłumieniowej i fazowej lub grupowego czasu przejścia urządzeń telewizyjnych;
- 2/ niedostateczna szerokość pasma częstotliwości /ograniczenie górnych częstotliwości pasma sygnału chrominancji/;

- 3/ nielinearność charakterystyki amplitudowej urządzeń /zniekształcenia nielinearne statyczne i dynamiczne/;
- 4/ Zakłócenia w torze przesyłowym: a/ fluktuacyjne, b/ harmoniczne i impulsowe,
- 5/ odbicia sygnałów przy odbiorze wielodrogowym;
- 6/ specyficzne zniekształcenia zapisu magnetycznego /wahania szybkości, przeskakiwanie fazy przy komutacji główek/ itp.

W miarę rozwoju techniki poszczególne rodzaje zniekształceń mogą być usunięte, ale mogą się także pojawić nowe, związane z wykorzystaniem nowych urządzeń /np. przetworników standardów, środków łączności kosmicznej/. Przykładem nowego rodzaju zniekształceń może być na przykład wpływ zjawiska Dopplera na częstotliwość podnośnej chrominancji, występujący przy łączności kosmicznej [1].

W niniejszej pracy omówiono zniekształcenia sygnałów występujących w telewizji kolorowej oraz opisano niektóre metody pomiarowe.

## 2. WŁAŚCIWOŚCI TORU SYGNAŁU WIZYJNEGO

O ogólnej jakości toru sygnału wizyjnego świadczy stopień odkształcenia sygnału transmitowanego. Odkształcenie sygnału jest efektem sumarycznym oddziaływania wszystkich parametrów elektrycznych toru. Dla zapewnienia więc wymaganej jakości transmisji należy wartości poszczególnych parametrów elektrycznych urządzeń utrzymywać w dopuszczalnych granicach.

Jednym z podstawowych czynników stanowiących o jakości odtwarzanego obrazu kolorowego są zniekształcenia sygnału wizyjnego wprowadzane na drodze pomiędzy wyjściem urządzenia kodującego a wejściem urządzenia dekodującego. Dla poszczególnych systemów telewizji kolorowej są określone sumaryczne dopuszczalne wartości zniekształceń dla całego toru sygnału wizyjnego. Wartości te rozkładają się na poszczególne urządzenia. Urządzenia telewizyjne wykorzystywane do przesyłania sygnałów telewizji kolorowej muszą przy tym spełniać wszystkie wymagania stawiane im z punktu widzenia potrzeb telewizji monochromatycznej oraz dodatkowe wymagania wynikające z konieczności jednoczesnego przesyłania informacji o kolorze.

Przy przesyłaniu sygnałów telewizji monochromatycznej podstawowa część widma sygnału wizyjnego jest skupiona w zakresie małych częstotliwości, dlatego nawet stosunkowo duże nierównomierności charakterystyki tłumieniowej nie wywołują znacznego pogorszenia jakości odtwarzanego obrazu. W sygnale telewizji kolorowej natomiast całkowita informacja o chrominancji jest umieszczona w górnym zakresie pasma częstotliwości sygnału wizyjnego. Deformacje więc charakterystyk tłumieniowych w tym zakresie częstotliwości będą silnie wpływać na jakość obrazu kolorowego. Wynika stąd, że przy przesyłaniu sygnałów telewizji kolorowej tolerancje charakterystyki tłumieniowej i fazowej muszą być znacznie węższe niż w telewizji czarno-białej.

Zniekształcenia tłumieniowe mogą wywoływać zmiany stosunku amplitudy sygnału luminancji do amplitudy sygnału chrominancji. Spadek charakterystyki w górnym zakresie częstotliwości sygna-



lu wpływa poza tym na zmniejszenie rozdzielczości oraz może spowodować wystąpienie zakłócenia synchronizacji kolorów, ponieważ ta informacja jest przesyłana w pobliżu górnej granicy pasma częstotliwości przenoszonych.

Analogicznie ostre wymagania stawia się także charakterystykom fazowo-częstotliwościowym, które są przyczyną powstawania różnic w czasie przejścia sygnału luminancji i chrominancji, wywołując zniekształcenia przejść kolorowych /krawędzi kolorowych/ w obrazie. W celu jego wykrycia stosuje się porównanie opóźnienia przy częstotliwościach zbliżonych do częstotliwości podnośnej z opóźnieniem występującym przy średnich częstotliwościach sygnału wizyjnego, zawierających informacje o luminancji dużych elementów obrazu.

Podobnie, znacznie ostrzejsze wymagania stawia się urządzeniom telewizyjnym z punktu widzenia zniekształceń nieliniarnych. Rozróżniamy tutaj dwa rodzaje zniekształceń nieliniarnych: statyczne i dynamiczne. Zniekształcenia nieliniarne statyczne są to takie, które nie zależą od częstotliwości sygnału. Związana z nimi jest jakość odtwarzania gradacji kontrastu dużych płaszczyzn obrazu telewizyjnego. Wymagania dotyczące dopuszczalnych wartości tego rodzaju zniekształceń są ostrzejsze w telewizji kolorowej niż w telewizji monochromatycznej. Drugim rodzajem zniekształceń nieliniarnych są zniekształcenia nieliniarne dynamiczne, które zależą od częstotliwości sygnału. Te ostatnie zniekształcenia nie występują przy przesyłaniu sygnałów telewizji monochromatycznej i powstają na skutek przesyłania dodatkowej informacji chrominancji w pasmie częstotliwości sygnału wizyjnego. Są to

zmiany fazy i amplitudy podnośnej chrominancji pod wpływem zmian amplitud sygnału luminancji.

Ponieważ poziom sygnału chrominancji jest znacznie mniejszy /5 + 8 razy/ od poziomu sygnału luminancji, to dynamiczny punkt pracy na charakterystyce lampy lub tranzystora dla sygnału chrominancji jest określany przez sygnał luminancji. Na skutek nieliniowości charakterystyk tych urządzeń sygnał chrominancji jest narażony na tzw. zniekształcenia różnicowe amplitudy, zwane wzmocnieniem różnicowym, i fazy, zwane fazą różnicową, występujące w takt zmian sygnału luminancji.

Zniekształcenia fazy różnicowej były główną przyczyną pojawienia się szeregu rozmaitych systemów telewizji kolorowej. Celem każdego nowo opracowanego systemu było przede wszystkim usunięcie, a co najmniej zmniejszenie wrażliwości systemu na zniekształcenia fazy różnicowej.

### 3. WPŁYW RODZAJU MODULACJI PODNOŚNEJ CHROMINANCJI NA ODPORNOŚĆ SYSTEMU TELEWIZJI KOLOROWEJ NA ZNIEKSZTAŁCENIA RÓŻNICOWE

Zniekształcenia różnicowe, występujące w poszczególnych ogniwach toru sygnału wizyjnego, wpływają na jakość odtwarzania obrazu na ekranie odbiornika telewizji kolorowej. Stopień pogorszenia jakości obrazu zależy od odporności danego systemu telewizji kolorowej na zniekształcenia różnicowe, co jest związane ze sposobem przesyłania informacji o chrominancji obrazu kolorowego.

Obecnie w świecie są eksploatowane trzy systemy telewizji kolorowej: NTSC, SECAM i PAL. W systemach NTSC i PAL informacje o chrominancji przesyła się na częstotliwości podnośnej chrominancji modulowanej kwadraturowo, natomiast w systemie SECAM stosuje się modulację częstotliwości podnośnej chrominancji. Dla każdego z tych systemów zostały określone pomiarowo dopuszczalne wartości fazy różnicowej i wzmocnienia różnicowego dla całego toru sygnału wizyjnego.

W systemach telewizji kolorowej z modulacją kwadraturową moduluje się amplitudowo dwie składowe kwadraturowe podnośnej chrominancji, a następnie oba modulowane przebiegi sumuje się geometrycznie, uzyskując sygnał zmodulowany amplitudowo i fazowo. Amplituda sygnału odpowiada przy tym nasyceniu koloru, a faza jego barwie.

Zmiany amplitudy zmodulowanej podnośnej chrominancji przy zmianach poziomu sygnału luminancji /wzmocnienie różnicowe/ wywołują więc zmiany nasycenia koloru, a zmiany fazy /faza różnicowa/ wywołują zmiany barwy.

Związek między luminancją, nasyceniem i barwą koloru w systemach z modulacją kwadraturową można poglądowo przedstawić na wykresie trójwymiarowym w postaci walca /rys. 1/<sup>x/</sup> [2].

Na rysunku podnośna jest przedstawiona w postaci wektora  $S$ , którego koniec porusza się po kole, który odpowiada chwilowej wartości sygnału chrominancji. Wektor ten może przesuwać się w dół lub w górę, zależnie od poziomu sygnału luminancji. Jeże-

---

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

li znajduje się w górnym skrajnym położeniu, to odpowiada to obrazowi białemu o maksymalnej luminancji, a w skrajnym dolnym położeniu odpowiada obrazowi czarnemu. ten sposób połączone wspólnie sygnały luminancji i chrominancji tworzą tzw. walec kolorów.

Jeżeli w układzie przesyłowym wystąpi faza różnicowa, to płaszczyzny o stałej barwie ulegną skręceniu. Natomiast w przypadku, gdy w układzie występuje wzmocnienie różnicowe, to "walec kolorów" ulegnie zniekształceniu /tworząca walca nie będzie linią prostą/.

W telewizji kolorowej systemu NTSC zniekształcenia fazy różnicowej i wzmocnienia różnicowego wywołują zauważalne pogorszenie jakości odtwarzanego obrazu kolorowego zwłaszcza na dużych kolorowych płaszczyznach obrazu. Dopuszczalne zniekształcenia dla całego toru sygnału wizyjnego wynoszą dla fazy różnicowej  $20^{\circ}$ , a dla wzmocnienia różnicowego 40%.

W systemie PAL sposób modulacji podnośnej jest analogiczny jak w NTSC, ale występuje tutaj kompensacja fazy różnicowej dzięki zastosowaniu komutacji z częstotliwością linii jednego z sygnałów różnicowych. Dopuszczalna wartość fazy różnicowej dla systemu PAL wynosi  $70^{\circ}$ , zaś dopuszczalne wzmocnienie różnicowe 40%.

W telewizji kolorowej systemu SECAM stosuje się modulację częstotliwościową podnośnej chrominancji jednym z dwu sygnałów kolorowości obrazu, zmienianych na każdej kolejnej linii obrazu. W związku z tym wydawałoby się, że zniekształcenia różnicowe nie powinny występować, ponieważ barwa jest określona częstotliwością, a stosowanie w odbiorniku ogranicznika

amplitudy sygnałów modulowanych częstotliwościowo powinno wykluczać oddziaływanie pasożytniczych zmian amplitudy podnośnej. W rzeczywistości istnieje jednak pewien wpływ tych zniekształceń na jakość odtwarzanego obrazu. Duża odporność systemu na zniekształcenia nieliniarne nie budzi jednak wątpliwości.

Na dużych płaszczyznach obrazu przy stałej wartości ich luminancji zniekształcenia fazy różnicowej nie zmieniają barwy, która zależy tylko od częstotliwości.

Zniekształcenia barwy mogą natomiast powstawać podczas zmian wartości sygnału luminancji [3]. Rozpatrzmy np. skok napięcia sygnału luminancji, na które jest nałożony sygnał chrominancji /rys. 2a/. Zmiana poziomu sygnału luminancji w urządzeniu wprowadzającym fazę różnicową wywoła dodatkową zmianę fazy sygnału chrominancji  $\Delta\varphi_{\max}$  /rys. 2b/, która spowoduje pasożytniczą zmianę częstotliwości, a więc i zmianę barwy. Zniekształcenia te będą występować tylko w momentach zmian poziomu sygnału luminancji.

## 4. ZNIEKSZTAŁCENIA W URZĄDZENIACH WIZYJNYCH TELEWIZJI KOLOROWEJ

### 4.1. Zniekształcenia linearne

Wartość zniekształceń przebiegu wzmacnianych sygnałów jest podstawowym parametrem zarówno wzmacniacza wizyjnego jak i całego toru.

Poszczególne odcinki toru wizyjnego oraz cały tor wizyjny można przedstawić jako czwórnik. Określając podstawowe charakte-

rystyki toru wizyjnego można posługiwać się ogólnie przyjętymi metodami wyznaczania charakterystyk czwórnika [5].

Zniekształcenia sygnału telewizyjnego wnoszone przez tor wizyjny dzielą się na linearne i nielinearne.

Zniekształcenia linearne są spowodowane elementami reakcyjnymi w układach wzmacniaczy. Można je określić na podstawie charakterystyk tłumieniowych i fazowych.

Charakterystyka tłumieniowa telewizyjnego toru przesyłowego określa możliwości odtwarzania elementów w kierunku poziomym. Jeżeli przyjmiemy, że charakterystyka fazowa jest idealna, to można wykazać [6], że rozdzielczość obrazu jest funkcją całki charakterystyki tłumieniowej układu przesyłowego, to znaczy płaszczyzny objętej tą krzywą. Zmiany kształtu charakterystyki w pobliżu granicznych częstotliwości przenoszonego pasma nie wywierają zauważalnego wpływu na jakość odtwarzanego obrazu, jeżeli średnia krzywizna krzywej w tym zakresie częstotliwości jest stała. Jednakże nawet względnie małe zmiany charakterystyki tłumieniowej na jej podstawowej płaskiej części wywołują zniekształcenia obrazu. Obserwacje wykazały, że w telewizji kolorowej zmiany amplitudy w zakresie podnośnej chrominancji o  $1 \pm 2$  dB w stosunku do składowych małych częstotliwości obserwatorzy określają jako jeszcze znośne pogorszenie jakości obrazu [6]. W zakresie małych częstotliwości powinny być stosowane ostre wymagania zarówno dla telewizji monochromatycznej, jak i kolorowej.

W celu uniknięcia zniekształceń sygnału konieczne jest, aby charakterystyka tłumieniowa była równomierna, tzn. współczyn-

nik przenoszenia w całym zakresie częstotliwości sygnału wizyjnego był jednakowy.

Do przenoszenia złożonej informacji, z jaką mamy do czynienia w przypadku sygnału telewizyjnego, oprócz odpowiednich charakterystyk tłumieniowych musi być także równomierna charakterystyka grupowego czasu przejścia czwórnika transmisyjnego w zakresie przenoszonego pasma częstotliwości. Charakterystyka grupowego czasu przejścia w funkcji częstotliwości jest równa pochodnej charakterystyki fazowej w funkcji częstotliwości, to znaczy jest odchyleniem od charakterystyki kąta fazowego proporcjonalnego do częstotliwości /rys. 3/.

W zakresie sygnału wizyjnego z charakterystyki grupowego czasu przejścia można określić charakterystykę fazową. Jeżeli charakterystyka grupowego czasu przejścia w zakresie częstotliwości wizyjnych jest w przybliżeniu stała, to z tego wynika, że charakterystyka fazy w funkcji częstotliwości ma przebieg w przybliżeniu liniowy /rys. 4/.

Staly grupowy czas przejścia w całym torze przesyłowym oznacza, że poszczególne grupy częstotliwości przesyłanej informacji, np. sygnału telewizyjnego, który składa się z wielu pojedynczych drgań harmoniczných o stale zmieniających się wartościach amplitud, są przenoszone ze stałą prędkością. W takim przypadku na wyjściu toru przesyłowego początkowy sygnał może być odtworzony bez zniekształceń. Przy przesyłaniu obrazów telewizyjnych różnice czasu przejścia wprowadzają specjalne zakłócenia, ponieważ oko ludzkie jest bardziej czułe na niedoskonałości toru przesyłowego od ucha, które nie rejestruje różnicy faz dwóch

tonów jednego w stosunku do drugiego. Jeżeli czas przejścia toru przesyłowego nie jest stały względnie charakterystyka fazowa w funkcji częstotliwości nie jest liniowa, wówczas przy przesyłaniu sygnałów telewizyjnych występują zniekształcenia impulsów. Związek między charakterystyką fazową grupowego czasu przejścia jest określony za pomocą następującej zależności

$$\tau_g = \frac{d\varphi}{d\omega} \quad /1/$$

gdzie:  $\varphi$  - charakterystyka fazowa  
 $\omega$  - pulsacja.

Jest to opóźnienie przy dowolnej częstotliwości. Prościej można powiedzieć jest to nachylenie charakterystyki kąta fazowego w funkcji częstotliwości. W ogólnym przypadku  $\varphi$  jest funkcją częstotliwości.

Charakterystyki grupowego czasu przejścia wykorzystuje się do określania zniekształceń fazowych torów transmisyjnych.

Rozpatrzmy czwórnik o czasie przejścia  $\tau_z$  i impedancji wyjściowej  $Z$ , który jest zakończony rezystancją  $R \neq Z$  /rys. 5/.

W przypadku zamknięcia czwornika na rezystancję  $R \neq Z$  część energii  $E_1$  dostarczanej przez generator zostanie odbita  $E_2$ /.

Okres wahań  $E_1$  i  $E_2$  można określić z czasu przejścia czwornika  $\tau_z$ ; im dłuższy czas przejścia, tym krótszy okres wahań /rys. 6/.

Wahaniom amplitudy odpowiadają odpowiednie okresowe wahania fazy. Takie okresowe wahania fazy w zależności od czasu przejścia dla odpowiednio długiego i odpowiednio krótkiego okre-



su, lecz o stałej amplitudzie pokazano na rys. 6. Wielkość fazy nie zmienia się i w związku z tym jakość transmisyjna czwórnika nie pogarsza się, jednak na skutek szybkich zmian fazy uzyskuje się w wyniku pomiaru odpowiednio większe zniekształcenia grupowego czasu przejścia /rys. 7/.

Jeżeli faza toru przesyłowego przy odpowiednio długim czasie przejścia wielokrotnie się obróci, oznacza to, że są duże zniekształcenia grupowego czasu przejścia, ale nie ma dużych zniekształceń fazy. Jakość transmisji praktycznie się nie pogorszyła, chociaż pomiar wykaże większe zniekształcenia grupowego czasu przejścia, odpowiednio do wzrostu pochodnej charakterystyki fazowej  $\frac{d\varphi}{d\omega}$ .

#### 4.2. Zniekształcenia nielinearne

Tor przesyłowy sygnałów telewizji kolorowej zwykle jest w pewnym stopniu nieliniarny. Zniekształcenia nielinearne takiego toru zależą od średniej wartości sygnału luminancji, wartości chwilowej sygnału luminancji i amplitudy sygnału chrominancji. Zniekształcenia sygnału telewizji kolorowej są bardzo złożone.

Nieliniarność toru wizyjnego wzrasta ze zmianą stosunku między amplitudami sygnału wejściowego i wyjściowego sygnałów luminancji i chrominancji i jest przyczyną powstawania charakterystycznych zniekształceń typu intermodulacyjnego między tymi sygnałami. Taki rodzaj zniekształceń jest spowodowany specyfiką jednoczesnego przesyłania sygnałów luminancji i chrominancji. Jeden z możliwych wariantów podziału zniekształceń sygnałów telewizji kolorowej podano na rys. 8.

Przy takim sposobie klasyfikacji, zniekształcenia najpierw dzieli się na zniekształcenia nieliniarne impulsów synchronicznych i zniekształcenia sygnału obrazu. Następnie zniekształcenia sygnału obrazu można podzielić na zniekształcenia sygnału luminancji i zniekształcenia sygnału chrominancji. Inaczej można podzielić je na 6 grup, przy czym dwie z nich wpływają na sygnał luminancji, a cztery na sygnał chrominancji. Trzy z nich są zależne od składowych sygnału, a trzy pozostałe od amplitudy innego sygnału /efekt intermodulacji, np. faza i wzmocnienie różnicowe/. Te trzy oddziaływania wywołane amplitudą i zniekształcenia impulsów synchronizujących są silnie zależne od średniej wartości poziomu sygnału. Pomiary tych parametrów przeprowadza się dla wypełnienia 10% i 90% i przyjmuje się wynik najniekorzystniejszy.

Oddziaływanie sygnału chrominancji na sygnał luminancji może być rozpatrywane jako detekcja dużych amplitud składowych sygnału chrominancji i dodawanie ich do składowych małych częstotliwości lub składowej sygnału luminancji.

Zniekształcenia sygnału luminancji, przy ustalonej średniej wartości poziomu sygnału, definiuje się jako brak proporcjonalności między amplitudą małego napięcia na wejściu układu i odpowiadającą mu amplitudą na wyjściu układu przy przesuwaniu tego napięcia od czerni do bieli i określa się za pomocą następującej zależności:

$$k_n = 1 - \frac{k/U}{k_{\max}} \quad /2/$$

gdzie:

$k_n$  - zniekształcenie

$k/U/$  - wzmocnienie układu w zakresie od czerni do bieli  
 $k_{\max}$  - maksymalne wzmocnienie układu.

Zniekształcenia nieliniarne amplitudy sygnału chrominancji, dla ustalonej wartości sygnału luminancji i średniej wartości poziomu sygnału, zdefiniowano jako brak proporcjonalności między amplitudą podnośnej chrominancji na wejściu układu i odpowiadającą mu amplitudą na wyjściu układu, jeżeli amplituda podnośnej zmienia się od zera do swojej wartości maksymalnej.

Analogicznie można zdefiniować zniekształcenia nieliniarne fazy podnośnej chrominancji, dla ustalonego poziomu sygnału luminancji i ustalonej średniej wartości sygnału, jako zmiany fazy podnośnej chrominancji przy zmianie jej amplitudy od zera do wartości maksymalnej.

Wpływ zniekształceń nieliniarnych amplitudy i fazy podnośnej chrominancji na jakość obrazu kolorowego jest nieznaczący.

Oddziaływanie typu intermodulacyjnego jest wzajemne, to znaczy sygnał luminancji wpływa na amplitudę i fazę podnośnej, a sygnał chrominancji wpływa na amplitudę sygnału luminancji. Jeżeli sygnał chrominancji jest nałożony na stały poziom sygnału luminancji i doprowadzony do wejścia układu, intermodulację sygnału chrominancji na sygnał luminancji definiuje się jako zmianę poziomu sygnału luminancji na wyjściu układu wywołaną sygnałem chrominancji; średnia wartość poziomu sygnału jest utrzymywana na stałym poziomie.

W technice telewizyjnej bardzo duże znaczenie ma wpływ intermodulacji sygnału luminancji na sygnał chrominancji, ściślej mówiąc na amplitudę i fazę podnośnej chrominancji. To oddziaływa-

nie omawialiśmy już jako zniekształcenia fazy różnicowej i wzmocnienia różnicowego.

Jeżeli do wejścia układu jest doprowadzona podnośna chrominancji o stałej i małej amplitudzie, to wzmocnienie różnicowe definiuje się jako zmiany amplitudy podnośnej na wyjściu układu przy zmianie poziomu sygnału luminancji w zakresie od czerni do bieli, przy czym średnia wartość poziomu sygnału jest utrzymywana na stałym poziomie. Wielkość wzmocnienia różnicowego można obliczyć za pomocą zależności /2/.

Jeżeli podnośna chrominancji o małej i stałej amplitudzie i bez modulacji fazy jest nałożona na sygnał luminancji i doprowadzona do wejścia układu, to faza różnicowa jest zdefiniowana jako zmiany fazy podnośnej chrominancji na wyjściu układu w funkcji zmian sygnału luminancji w zakresie od czerni do bieli. Średnia wartość poziomu sygnału jest utrzymywana na określonym poziomie. Charakterystykę fazy różnicowej można obliczyć za pomocą następującej zależności

$$\varphi_r = \varphi_{cz} - \varphi/U_L / \quad /3/$$

gdzie:

$\varphi_r$  - charakterystyka fazy różnicowej

$\varphi_{cz}$  - faza podnośnej przy poziomie czerni

$\varphi/U_L /$  - faza podnośnej jako funkcja poziomu sygnału luminancji.

Zniekształcenia fazy różnicowej i wzmocnienia różnicowego są pewnym specyficznym rodzajem zniekształceń nieliniarnych, a układy wprowadzające takie zniekształcenia można zaliczyć do u-

układów parametrycznych. W związku z tym omówimy podstawowe właściwości układów parametrycznych.

## 5. NIELINEARNE URZĄDZENIA TELEWIZYJNE JAKO UKŁADY PARAMETRYCZNE

Element bierny /rezystancja, indukcyjność lub pojemność/, którego parametry zależą od doprowadzonych prądów lub napięć, ale zmieniają się według pewnej zależności, nazywa się elementem parametrycznym. Układ elektryczny składający się z elementów linearnych i chociaż jednego ze zmiennym parametrem nazywa się układem parametrycznym.

Układy parametryczne w większości przypadków składają się z obwodów nieliniarnych i dodatkowego źródła napięcia. Ta właściwość pozwala przedstawić zmiany parametrów elementów nieliniarnych w postaci funkcji okresowej, zmieniającej się z częstotliwością dodatkowego napięcia.

Dla uzyskania rezystancji  $R/t$  zmiennej w czasie według określonej zależności i niezależnej od sygnału wejściowego może służyć układ podany na rys. 9. Położenie punktu pracy na charakterystyce  $i_a = f/U_a$  jest określone stałym napięciem  $U_o$ .

W stosunku do sygnału  $U_s/t$  o wystarczająco małej amplitudzie rezystancję rozpatrywanego układu można określić za pomocą wyrażenia

$$R_d = \left. \frac{dU_a}{di_a} \right|_{U_a=U_o} = \operatorname{ctg} \alpha \quad (4)$$

gdzie:  $\alpha$  - kąt nachylenia stycznej do krzywej w punkcie  $A / U_a = U_o /$

Parametr  $R_d$  nazywa się rezystancją dynamiczną lub rezystancją różniczkową. Fizycznie rezystancję dynamiczną należy pojmować jako rezystancję, jaką przedstawia dany dwójnik dla prądu zmiennego w przypadku, gdy przy pewnej dużej polaryzacji stałej /dużej składowej stałej/ płynie stosunkowo mała składowa zmienna.

Analogicznie można określić przewodność dynamiczną /nachylenie/ za pomocą zależności

$$S_d = \frac{di_a}{du_a} \quad /5/$$

Na rysunku 9 pokazano zależność  $S_d$  od  $U_a$  na kwadratowym odcinku charakterystyki  $i_a = f/U_a$ . Z rys. 9 wynika, że funkcja  $S_d = f/U_a$  jest linią prostą. Jeżeli na stałe napięcie  $U_o$  nałożymy napięcie sterujące  $U_y$ , to nachylenie  $S_d$  będzie się zmieniać według tej samej zależności co  $U_y = f/t$ . W stosunku do małego sygnału  $U_s/t$  przewodność  $S_d$  można rozpatrywać jako parametr linearny, niezależny od wielkości sygnału.

Odwrotność  $S_d$  jest rezystancją dynamiczną  $R_d$  i będzie się zmieniać odwrotnie proporcjonalnie do napięcia  $U_y$ . Na stosunkowo niedużym odcinku zmian  $U_y$ , funkcję  $R_d/U_y$  można uważać za linearną.

Wobec tego elektroniczny układ z kwadratową charakterystyką dla napięcia sterującego  $U_y$  o względnie dużej amplitudzie jest układem nieliniarnym, a dla sygnału  $U_s$  o względnie małej amplitudzie układem linearnym [8]. Elementy nieliniarne można przy określonych warunkach rozpatrywać jako układy linearne z parametrami zmiennymi w czasie.

Z analizy układów parametrycznych wynika, że istnieje analogia między tymi układami a telewizyjnymi układami z nielinearnością dynamiczną. Występują także istotne różnice między nimi. W układzie parametrycznym celowo wprowadza się zmianę parametru w celu uzyskania odpowiedniego przekształcenia widma sygnału. W telewizyjnym układzie przesyłowym zmiany parametrów układu powstają na skutek nielinearności układu oraz pewnych właściwości całkowitego sygnału obrazu kolorowego.

Do układu parametrycznego doprowadza się dwa napięcia. Jedno z nich jest sygnałem użytecznym o małej amplitudzie, a drugie o większej amplitudzie, spełnia rolę sygnału zmieniającego parametr układu według określonej zależności. Do układu telewizyjnego doprowadza się całkowity sygnał obrazu kolorowego, który jest sumą dwóch sygnałów. Pierwszy z nich sygnał chrominancji odpowiada sygnałowi użytecznemu w układzie parametrycznym, a drugi sygnał luminancji spełnia tutaj podwójną rolę. Pierwszą jego funkcją jest głównie przenoszenie informacji o luminancji obrazu, a drugą szkodliwą funkcją jest zmiana parametrów układu przesyłowego.

Ze względu na to, że przy rozpatrywaniu zagadnień sumowania zniekształceń różnicowych analizuje się zniekształcenia układów transmisyjnych składających się z dużej ilości elementów nielinearnych, nie będziemy tutaj rozpatrywać wpływu sygnału luminancji na zmiany parametrów poszczególnych elementów układu, lecz na współczynnik przenoszenia układu.

Rozpatrzmy prosty przypadek, gdy całkowity sygnał obrazu kolorowego reprezentuje sygnał pomiarowy składający się z napię-

cia o małej częstotliwości i względnie dużej amplitudzie  $U_L \cos \Omega t$  oraz napięcia o względnie małej amplitudzie i wielkiej częstotliwości  $U_P \cos \omega t$ . Taki sygnał doprowadzamy do układu parametrycznego. Przyjmujemy, że zmiany impedancji układu powstają na skutek okresowych zmian równoległej pojemności układu. Ponieważ zmiany pojemności układu są funkcją poziomu napięcia, to współczynnik przenoszenia czwórnika też będzie funkcją poziomu napięcia. W rozpatrywanym przypadku sygnału telewizji kolorowej funkcję tę spełnia sygnał luminancji, a sygnałem użytecznym jest sygnał chrominancji.

Zmiana impedancji układu spowodowana zmianą pojemności układu w takt zmiany amplitudy sygnału luminancji wywołuje zmiany charakterystyki amplitudowej i fazowej czwórnika. Ze względu na przyjęte wyżej założenie, że zmienna pojemność jest przyłączona równoległe do układu, zmiany charakterystyki amplitudy i fazy wystąpią jedynie w zakresie górnych częstotliwości przenoszonego pasma częstotliwości sygnału wizyjnego. W związku z tym można przyjąć, że w zakresie małych częstotliwości sygnału wizyjnego rozpatrywany czwórnik zachowuje się jak układ linearny.

## 6. POWSTAWANIE ZNIEKSZTAŁCENÍ RÓŻNICOWYCH

### 6.1. Powstawanie zniekształceń nieliniarnych amplitudy w urządzeniach wizyjnych

Zniekształcenia nieliniarne powstają na skutek nieliniarnych charakterystyk elementów urządzeń elektrycznych / lampy, diody, tranzystory itp. /. W praktyce występują najczęściej w modulatorach



rach, demodulatorach oraz stopniach mocy pracujących z dużym wysterowaniem. Na rys. 10 dla przykładu pokazano zmiany sygnału TV po przejściu przez układ zniekształcający. W telewizji szczególnie niekorzystne są zniekształcenia, gdy występuje kompresja /ścieśnianie/ sygnału w pobliżu poziomu czerni. Wywołuje to utratę ciemnych półtonów i pogorszenie jakości obrazu. Wymagania telewizji kolorowej są ostrzejsze i wiąże się to również z niewłaściwym odtwarzaniem nasycenia kolorów.

Zniekształcenia nielinearne są ściśle związane z jakością aparatury i starannością jej eksploatacji [9]. Szczególnie ważne jest utrzymywanie właściwych parametrów urządzeń.

Zniekształcenia wzmocnienia różnicowego występują zarówno w urządzeniach lampowych, jak i tranzystorowych na skutek nieliniarności charakterystyk. Maksymalna wartość wzmocnienia różnicowego jest równa maksymalnym zmianom nachylenia charakterystyki w zakresie wysterowania

$$K_{r \max} = 1 - \frac{S_{\min}}{S_{\max}} \quad /6/$$

gdzie:

$S$  - nachylenie charakterystyki.

Przy rozpatrywaniu tranzystorowych wzmacniaczy wizyjnych zwykle przyjmuje się, że parametry tranzystorów są linearne. W praktyce ten warunek jest spełniony tylko w zakresie małych amplitud sygnału. Przy dużych amplitudach sygnału występują zniekształcenia powstające na skutek nieliniarności charakterystyk tranzystorów. Wpływ tych nieliniarności na wielkość wzmocnienia różnicowego można określić dokonując aproksymacji przebie-

gu charakterystyki wejściowej i przejściowej tranzystora [10].

Charakterystyka przejściowa tranzystora w układzie ze wspólnym emiterem jest określona zależnością między napięciem baza-emiter a prądem kolektora  $I_k = f(U_B)$  /rys. 11a/, a nachylenie tej charakterystyki  $S$  jest określone jako  $S = \frac{dI_k}{dU_B}$  przy  $U_{CE} = \text{const}$  /rys. 11b/.

Szczegółowa analiza zniekształceń wzmocnienia różnicowego w układach tranzystorowych została przeprowadzona w pracy [11].

Po dokonaniu aproksymacji wymienionych charakterystyk otrzymano następującą zależność na przebieg nachylenia  $S$  w funkcji prądu kolektora

$$S = \frac{\ln \frac{I_{k2}}{I_{k1}}}{U_{B2} - U_{B1}} \cdot I_k \quad /7/$$

gdzie:

$I_{k1}, I_{k2}$  - wartości prądu kolektora odpowiadające napięciom złącza baza-emiter odpowiednio  $U_{B1}$  i  $U_{B2}$

Wielkość wzmocnienia różnicowego można obliczyć za pomocą zależności /6/.  $S_{\min}$  i  $S_{\max}$  można otrzymać dzięki aproksymacji bezpośrednio z przebiegu zależności /7/.

## 6.2. Powstawanie zniekształceń fazy różnicowej w urządzeniach wizyjnych

Zniekształcenia fazy różnicowej powstają w urządzeniach, w których charakterystyki fazowe czwórnika są funkcją poziomu sy-

gnału luminancji. Zniekształcenia fazy różnicowej powstają w układach wizyjnych systemów transmisyjnych z modulacją amplitudy i częstotliwości.

W urządzeniach wizyjnych zniekształcenia fazy różnicowej występują głównie w stopniach, w których lampa pracuje w zakresie górnego zakrzywienia charakterystyki w pobliżu punktu odcięcia i z prądem siatki. Wzmacniacze wizyjne pracujące w normalnych warunkach mogą wprowadzać znaczne zniekształcenia różnicowe, a zwłaszcza stopnie z ujemnym sprzężeniem zwrotnym.

Kąt fazowy wzmacniacza można określić za pomocą zależności

$$\varphi = \text{arc tg } \frac{1}{R_r \omega C_s} \quad /8/$$

gdzie:

$R_r$  - równoległe połączenie rezystancji anodowej lampy  $V_1$  /rys. 12/, rezystancji siatkowej lampy  $V_2$  i rezystancji wejściowej lampy  $V_2$

$C_s$  - suma pojemności własnych i montażu układu.

Podczas zmian poziomu sygnału luminancji zmienia się impedancja układu, co z kolei wywołuje zmiany fazy i amplitudy podnośnej chrominancji. Przyczyną zmian impedancji jest zmiana pojemności i rezystancji wejściowej i wyjściowej lampy, które zmieniają się wraz ze zmianą punktu pracy określonego przez poziom sygnału luminancji. Na skutek tego zmienia się moduł i argument rezystancji czwórnika przy przejściu od poziomu czerni do poziomemu bieli.

Jeżeli wzmocnienie układu przy poziomie czerni jest równe

$$\bar{K}_1 = K_1 e^{j\varphi_1} \quad /9/$$

a przy poziomie bieli

$$\bar{K}_2 = K_2 e^{j\varphi_2} \quad /10/$$

to faza różnicowa jest równa

$$\varphi_r = \varphi_1 - \varphi_2 \quad /11/$$

Przyczyną powstawania zniekształceń fazy różnicowej może być także obwód korekcji wielkich częstotliwości w obwodzie wzmocnienia wizyjnego /rys. 13/. Jeżeli do siatki stopnia z korekcją w katodzie doprowadzi się całkowity sygnał obrazu kolorowego, to ze względu na to, że składowa luminancji zmienia się powoli /w porównaniu z okresem podnośnej/, można przyjąć, że wzmocnienie podnośnej chrominancji jest zależne od punktu pracy określonego przez poziom sygnału luminancji. Przy zmianie punktu pracy zmienia się nachylenie lampy S.

Szczegółowa analiza zniekształceń fazy różnicowej we wzmacniaczach wizyjnych została przeprowadzona w pracy [12], gdzie wykazano, że faza sygnału wyjściowego zmienia się w zależności od nachylenia charakterystyki lampy S oraz od częstotliwości. Zmiany poziomu sygnału luminancji w zakresie od bieli do czerni wywołują zmiany nachylenia charakterystyki lampy i od zmiany przesunięcia fazy składowych prądu anodowego o częstotliwości podnośnej, tj. fazy różnicowej. Jeżeli przy poziomie bieli nachylenie lampy jest równe  $S_1$ , a przy poziomie czerni  $S_2$ , to fazę różnicową można określić następująco [12]

$$\varphi_r = \text{arc tg} \frac{\Omega_k S_1 R_k / 1 - \frac{S_2}{S_1} /}{1 + \Omega_k^2 + S_1 R_k \left[ 1 + \frac{S_2}{S_1} / 1 + S_1 R_k / \right]} \quad /12/$$

gdzie:

$C_k$  - pojemność katodowa

$$\Omega_k = C_k R_k \omega$$

$\omega$  - pulsacja podnośnej

$R_k$  - opór katodowy

$S_1, S_2$  - nachylenie.

Jeżeli do siatki sterującej lampy doprowadza się całkowity sygnał obrazu kolorowego o dodatniej polaryzacji, to  $S_1 > S_2$  i  $\varphi_r > 0$ , co odpowiada opóźnieniu fazy podnośnej chrominancji na poziomie czerni w stosunku do fazy przy poziomie bieli. Na rys. 14 pokazano zależność zniekształceń fazy różnicowej w funkcji  $S_2/S_1$  przy wartości  $\Omega_k = 1$  i  $R_k S_k = 1$ . Z rys. 14 wynika, że ze wzrostem stosunku  $S_2/S_1$  /wzrost amplitudy sygnału luminancji/ zniekształcenia fazy różnicowej wzrastają. Z tego wynika, że największe zniekształcenia wprowadzają stopnie wyjściowe.

Zniekształcenia fazy różnicowej wprowadza także wtórnik katodowy pracujący na obciążenie pojemnościowe. Wtórnik katodowy pracuje zwykle na kabel koncentryczny i jeżeli układ nie jest dobrze dopasowany, to obciążenie takie można rozpatrywać jako obciążenie oporowo-pojemnościowe, którego wielkość będzie się zmieniać w dużym zakresie w zależności od długości kabla i dokładności dopasowania.

Wobec tego wtórnik katodowy, z punktu widzenia zniekształceń różnicowych, można traktować jako wzmacniacz z korekcją w.c.z. w katodzie. Przy zmianie amplitudy sygnału luminancji zmienia się nachylenie lampy, co wywołuje zniekształcenia fazy różnicowej i wzmocnienia różnicowego. Wielkość zniekształceń fazy różnicowej wprowadzonej przez wtórnik katodowy jest równa fazie różnicowej wprowadzonej przez układ z korekcją w.c.z. w obwodzie katodowym przy równych wielkościach  $R_k C_k$ ,

Zniekształcenia różnicowe mogą być także wywołane pasożytniczymi sygnałami podnośnej chrominancji. Jeżeli do siatki wzmacniacza pracującego nieliniowo doprowadzimy sygnał schodkowy o częstotliwości linii z nałożoną podnośną chrominancji /rys. 10/, to w obwodzie anodowym uzyskamy sygnał, którego amplituda zmienia swoją wartość w zakresie od bieli do czerni. Gdy do obwodu anodowego przeniknie jakikolwiek sygnał pasożytniczy o częstotliwości podnośnej  $U_p$ , chociaż o bardzo małej amplitudzie, to sygnał wypadkowy w obwodzie anodowym będzie określony przez sygnał pasożytniczy i sygnał użyteczny /rys. 15/. Przy zmianie amplitudy sygnału użytecznego będzie się zmieniać faza i amplituda wypadkowego sygnału.

Zniekształcenia fazy różnicowej mogą powstawać we wzmacniaczach wizyjnych z ujemnym sprzężeniem zwrotnym, obejmującym kilka stopni. W zakresie górnych częstotliwości przenoszonego pasma występuje w stopniach wzmocnienia przesunięcie fazowe między napięciem wyjściowym a wejściowym i dlatego nie udaje się utrzymać napięcia sprzężenia zwrotnego dokładnie w przeciwfazie.

Na skutek zmian nachylenia charakterystyki wielkość wzmocnienia zmienia się w zależności od poziomu sygnału luminancji. Schemat wzmacniacza wizyjnego z ujemnym sprzężeniem zwrotnym, w którym wzmocnienie pętli zmienia się od 5 w pobliżu poziomu biele do 3,5 w pobliżu czerni, podano na rys. 16. W tym przykładzie każdy czwórnik międzystopniowy wprowadza na częstotliwości podnośnej przesunięcie fazy około  $45^\circ$ .

Na wykresie podanym na rys. 17 pokazano wykresy wektorowe napięć występujących w pętli sprzężenia zwrotnego. Kąt  $\varphi_{12}$  przedstawia przesunięcie fazy między napięciem wejściowym i wyjściowym. Przy zmianie wzmocnienia pętli przesunięcie fazy między napięciem wejściowym i wyjściowym będzie równe  $\varphi'_{12}$ . Faza różnicowa  $\varphi_r$  na częstotliwości podnośnej w tym przykładzie jest rzędu kilku stopni. Fazę różnicową można zmniejszyć przez zwiększenie ujemnego sprzężenia zwrotnego oraz przez zmniejszenie przesunięcia fazy wprowadzonego przez czworniki międzystopniowe.

Analogicznie powstają zniekształcenia fazy różnicowej w tranzystorowych urządzeniach wizyjnych. Tranzystorowy wzmacniacz wizyjny w praktyce jest zwykle linearny w zakresie małych amplitud sygnału. Przy dużych amplitudach sygnału występują zniekształcenia. W celu określenia charakterystyki zniekształceń fazy różnicowej jako funkcji zmian poziomu sygnału luminancji w układach tranzystorowych rozpatrzmy prosty wzmacniacz wizyjny, którego schemat podano na rys. 18. Schemat zastępczy wzmacniacza pokazano na rys. 19.

Sprzężenie między obwodem wyjściowym i wejściowym występu-

je przez pojemność  $C'_{bc}$ . Wpływ tego sprzężenia można uwzględnić przez równoległe dołączenie do wejścia i wyjścia odpowiednich pojemności, których wartości są zależne od napięcia wejściowego.

Pojemność wyjściowa  $C_a$  jest funkcją napięcia kolektor-emiter. Przy odpowiednimysterowaniu układu prąd wyjściowy zmienia się proporcjonalnie do sygnału wejściowego, zmienia się więc także napięcie kolektor-emiter, co wywołuje zmiany wyjściowej pojemności tranzystora /rys. 20/. Szczegółowa analiza zniekształceń fazy różnicowej w wizyjnych wzmacniaczach tranzystorowych została przeprowadzona w pracy [13]. Wielkość fazy różnicowej  $\varphi_r$  wywołanej zmianą pojemności wyjściowej można określić za pomocą następującej zależności /13/

$$\varphi_r = \omega_p \cdot R_c / 1 + \delta // C_{o1} - C_{o2} / \quad /13/$$

gdzie:

$$\delta = \frac{1 + \alpha}{R_c}; \quad \alpha = \frac{R_c}{R_E}$$

$\omega_p$  - pulsacja podnośnej chrominancji

$C_{o1}, C_{o2}$  - wartości pojemności wyjściowej przy dwu różnych poziomach sygnału luminancji.

Oprócz zmian pojemności wyjściowej  $C_a$  w tranzystorze wraz ze zmianą sygnału luminancji zmienia się również nachylenie wewnętrzne  $g_m$ , impedancja  $Z'_{be}$  oraz rezystancja rozproszona bazy  $r_{bb}$ , które są także przyczyną powstawania fazy różnicowej.



### 6.3. Zniekształcenia różnicowe w obwodach wielkiej częstotliwości

#### 6.3.1. Zniekształcenia sygnałów z modulacją amplitudy

Zniekształcenie różnicowe w systemach z modulacją amplitudy powstaje na skutek zmian tłumienia obwodów wielkiej częstotliwości obciążonych układami czynnymi, których impedancja wejściowa zależy od punktu pracy, tzn. jest funkcją poziomu sygnału. Tego rodzaju zniekształcenia występują w obwodach zasilających detektor w odbiornikach telewizyjnych lub w stopniach p.c.z pracujących w warunkach przesterowania oraz w stopniach modulowanych nadajników telewizyjnych, jeżeli lampa pracuje na obwód strojony lub filtr.

Na skutek niewłaściwego tłumienia zmienia się nachylenie charakterystyki fazowej w zakresie od poziomu bieli do poziomu czerni, które wywołuje zmiany fazy obwiedni. Wielkość zniekształcenia fazy różnicowej można obliczyć [14] za pomocą następującej zależności

$$\varphi_r = \frac{2}{\omega_0} / Q_1 - Q_2 / \cdot f_p \cdot 360^\circ \quad /14/$$

gdzie:  $\omega_0$  - pulsacja obwodu

$Q_1 - Q_2$  - różnica dobroci dla dwóch różnych tłumień obwodu  
 $f_p$  - częstotliwość podnośnej chrominacji.

Na rysunku 21a podano przykład obwodów sprzężonych [10] obciążonych wzmacniaczem z uzienną siatką, a na rys. 21b zależ-

ność zmian rezystancji wejściowej w zakresie od poziomu bieli do poziomu czerni.

Zniekształcenia fazy różnicowej mogą powstawać także podczas sumowania sygnałów. Na rys. 22 podano wykres wektorowy napięcia w przypadku sumowania mocy dwóch nadajników, mających różne przesunięcia fazowe oraz nielinearności. Na rys. 22a wektor napięcia na wyjściu toru pierwszego przy poziomie czerni przedstawia  $A_1$ , a  $B_1$  wektor napięcia wyjściowego przy poziomie czerni toru drugiego.  $C_1$  jest wypadkowym wektorem napięcia. Jeżeli pierwszy tor jest linearny i wektor napięcia przy poziomie bieli jest równy  $A_2$ , to wtedy wypadkowe napięcie jest równe  $C_2$ . Kąt  $\varphi_r$  między wektorami  $C_1$  i  $C_2$  określa fazę różnicową.

Tego rodzaju zniekształcenia występują także w przypadku, gdy nielinearności w obu torach są tak dobrane, że w sumie układ jest linearny /rys. 22b/. Faza różnicowa występująca w tym przypadku jest równa  $\varphi'_r$ .

Przy jednowstęgowym przesyłaniu sygnału telewizyjnego obok użytecznej modulacji amplitudy powstaje także pasożytnicza modulacja fazy sygnału wielkiej częstotliwości. Faza obwiedni nie ma w zasadzie istotnego znaczenia, o ile nie zależy od poziomu sygnału luminancji. Jeżeli przesyłany sygnał zawiera podnośną chrominancji nałożoną na sygnał luminancji i faza obwiedni sygnału wielkiej częstotliwości zależy od poziomu sygnału luminancji, to podnośna będzie modulowana fazowo w takt zmian poziomu sygnału luminancji. Zniekształcenia fazy różnicowej powstające na skutek jednowstęgowego przesyłania sygnału są nieduże, rzędu kilku stopni.

Szczegółowa analiza powstawania zniekształceń fazy różnicowej została przeprowadzona w pracy [17]. Zniekształcenia te nie są spowodowane wadami urządzeń, ale wyłącznie sposobem nadawania sygnałów telewizyjnych z częściowym tłumieniem jednej wstęgi bocznej modulacji fali nośnej wizji. Zniekształcenia te powstają we wszystkich trzech podstawowych systemach telewizji kolorowej /NTSC, PAL, SECAM/, ale ich wpływ na jakość odtwarzanego obrazu kolorowego jest różny dla poszczególnych systemów telewizji kolorowej. W celu uniknięcia wpływu tych zniekształceń na jakość odtwarzanego obrazu kolorowego przy przesyłaniu sygnałów w systemie SECAM należy przedsięwziąć specjalne środki, a mianowicie w nadajniku i odbiorniku zastosować specjalne obwody korekcji o charakterystyce zwanej dzwonową. W odbiorniku obwód ten występuje w postaci filtra wąskopasmowego. Zakłócająca modulacja częstotliwości  $\Delta f$  powstaje w nadawczej części toru wielkiej częstotliwości; wymieniony wyżej obwód w odbiorniku powinien być wąskopasmowy w takim stopniu, żeby nie zdążył silnie reagować na szybkie zmiany  $\Delta f$ .

### 6.3.2. Zniekształcenia różnicowe w systemach transmisyjnych z modulacją częstotliwości

Sygnały telewizyjne na dalekie odległości przesyła się za pomocą linii radiowych, w których stosuje się modulację częstotliwości. W układach transmisyjnych z modulacją częstotliwości każdej wartości napięcia /poziomowi luminancji/ sygnału wizyjnego odpowiada pewna określona częstotliwość. Jeżeli do sygnału luminancji zostanie dodana podnośna chrominancji, to wywoła

ona dodatkową modulację częstotliwości. Jeżeli amplituda podnośnej jest mała, to odpowiadająca jej dewiacja też będzie mała i można uwzględnić tylko częstotliwości boczne pierwszego rzędu.

Rozpatrzmy zniekształcenia różnicowe występujące w pojedynczych elementach toru linii radiowej. Na rys. 23 podano schemat blokowy linii radiowej. Na początku układu znajduje się modulator, który wytwarza sygnał z modulacją częstotliwości. Częstotliwość środkowa sygnału z modulacją częstotliwości w systemach linii radiowych z pośrednim pasmem częstotliwości wynosi 70 MHz. W nadajniku przesuwana się widmo sygnału do zakresu wielkich częstotliwości. Na stacji pośredniej linii radiowej, która składa się z odbiornika i nadajnika, odbywa się dwukrotne przesuwanie widma sygnału z wielkiej częstotliwości na pośrednią częstotliwość i z pośredniej częstotliwości na wielką częstotliwość. Sygnał pierwotny uzyskuje się na stacji końcowej w demodulatorze.

Właściwości transmisyjne toru linii radiowej, wykorzystywanego do przesyłania sygnałów z modulacją częstotliwości, charakteryzują charakterystyki fazowe i tłumieniowe  $k/\Omega/$  i  $\varphi/\Omega/$ . Obie te charakterystyki wywierają wpływ na amplitudy i fazy składowych widma sygnału z modulacją częstotliwości. Charakterystyka amplitudy /zależność sygnału wyjściowego od wejściowego/ nie odgrywa roli, ponieważ sygnał jest ograniczony na odpowiednim poziomie.

Przy zmianie poziomu sygnału luminancji zmieni się odpowiednio częstotliwość w pasmie pośredniej częstotliwości lub wielkiej częstotliwości. Zmiany sygnału luminancji /względnie pilotkształtnego sygnału testowego/ są stosunkowo powolne, dlatego

sygnał posiada bardzo powoli zmieniającą się częstotliwość chwilową. Ten sygnał z powoli zmieniającą się częstotliwością jest modulowany częstotliwościowo nałożoną podnośną chrominancji. Ponieważ podnośna chrominancji ma względnie małą amplitudę, powstająca modulacja częstotliwości jest wąskopasmowa. Wobec tego można rozpatrywać tylko falę nośną /określoną sygnałem luminancji/ i prążki boczne, które są przesunięte względem częstotliwości środkowej o częstotliwość podnośnej chrominancji. Tak więc nierównomierna charakterystyka tłumieniowa i nieliniarna charakterystyka fazowa wywołują zmiany wzajemnych stosunków amplitudowych i fazowych w widmie sygnału z modulacją częstotliwości. Na skutek tego w sygnale z modulacją częstotliwości pojawi się dodatkowa modulacja częstotliwości, co w konsekwencji jest zniekształceniem sygnału chrominancji /zniekształceniem fazy różnicowej i wzmocnienia różnicowego/.

Wzmocnienie różnicowe i faza różnicowa są funkcją zniekształceń charakterystyki tłumieniowej  $k/\Omega/$  i fazowej  $\Psi/\Omega/$ .

Odcinek linii radiowej składa się z modulatora urządzeń, torów wielkiej i pośredniej częstotliwości i demodulatora. Zniekształcenia całego odcinka linii radiowej są sumą zniekształceń wprowadzanych przez układy transmisyjne torów p.cz. i w.cz. o charakterystykach  $k/\Omega/$  i  $\Psi/\Omega/$  oraz zniekształceń własnych modulatora i demodulatora. Na zniekształcenia własne modulatora składają się zniekształcenia sygnału przenoszonego w pasmie wizyjnym, zniekształcenia układu modulacyjnego i zniekształcenia w torze p.cz. lub w.cz., gdzie przenosi się już sygnał z modulacją częstotliwości. Analogicznie jest w demodulatorze.

Zniekształcenia różnicowe powstające w liniach radiowych są dwóch rodzajów. Jedne wprowadzane do sygnału wizyjnego zależą od wielkości nielinearności charakterystyk amplitudowych i fazowych jako funkcji poziomu sygnału luminancji, a drugie powstają w układach przenoszących sygnał z modulacją częstotliwości na skutek zniekształceń charakterystyk tłumieniowych i fazowych. Tak więc zniekształcenia fazy różnicowej i wzmocnienia różnicowego są zniekształceniami nielinearnymi powstającymi w torach przesyłowych. Zniekształcenia różnicowe w modulatorze i demodulatorze zależą od nieidealności charakterystyk amplitudy  $k/U$  i fazy  $\Psi/U$  jako funkcji amplitudy sygnału i częstotliwości  $k/\omega$  i  $\Psi/\omega$ , zaś w torach przesyłowych wielkiej i pośredniej częstotliwości zależą tylko od nieidealności charakterystyk amplitudy i fazy jako funkcji częstotliwości  $k/\Omega$  i  $\Psi/\Omega$ .

Rozpatrzmy układ jednego lincika linii radiowej, w którym połączono bezpośrednio modulator-demodulator /rys. 24a/. Na rys. 24b podano szczegółowy schemat zastępczy układu z rys. 24a dla przeprowadzenia dalszych rozważań.

W modulatorze są obwody, gdzie jest przenoszony sygnał z pasmem podstawowym. Następnym układem jest właściwy modulator, w którym realizuje się modulację częstotliwości oraz obwody pośredniej częstotliwości, które przenoszą sygnał z modulacją częstotliwości. Podobnie jest w demodulatorze.

W układach przenoszących całkowity sygnał z pasmem wizyjnym można przyjąć, że charakterystyka amplitudowa jest linearna. Przyjmuje się także, że charakterystyka fazowa w pasmie podnośnej chrominancji nie zależy od poziomu sygnału chrominancji, ale

to założenie nie zawsze w praktyce jest spełnione [18]. Właściwy modulator częstotliwości nie ma idealnych charakterystyk. Charakterystyki układu modulatora i demodulatora częstotliwości zależą od charakterystyk amplitudowych i fazowych bezpośrednio z nimi współpracujących wzmacniaczy wizyjnych oraz częściowo od charakterystyk tłumieniowych i fazowych obwodów pośredniej częstotliwości modulatora i demodulatora.

Następnym źródłem zniekształceń różnicowych sygnałów z modulacją częstotliwościową są kable łączące anteny nadawcze z nadajnikiem i anteny odbiorcze z odbiornikiem. W kablach występuje bardzo często nierównomierność impedancji, powodująca występowanie odbić, które z kolei są przyczyną powstawania zniekształceń różnicowych.

Analogicznie zniekształcenia różnicowe mogą także powstawać na skutek niejednorodności rozchodzenia się fal w troposferze i odbić od ziemi. Taki ośrodek przenoszeniowy zachowuje się jak czwórnik [18] z nieplaską charakterystyką tłumieniową i nieliniarną charakterystyką fazową.

Odcinek linii radiowej składa się z elementów transmisyjnych połączonych z sobą. Poszczególne elementy mają różne odchylenia od idealnych charakterystyk przenoszeniowych. Wypadkowe zniekształcenia fazy różnicowej i wzmocnienia różnicowego składają się z sumy zniekształceń wprowadzanych przez poszczególne elementy odcinka linii radiowej.

Na podstawie przeprowadzonej wyżej analizy można określić zależności do ilościowego obliczania wielkości zniekształceń różnicowych. Wzory do obliczania zniekształceń w układach wizyjnych

zostały już wyżej szczegółowo omówione i dlatego nie będą powtórnie analizowane. W niniejszym rozdziale zostaną rozpatrzone ogólne zależności do obliczania zniekształceń w elementach wielkiej i pośredniej częstotliwości odcinka linii radiowej. Główny wpływ tych elementów na zniekształcenia różnicowe ma charakterystyka fazowa  $\Psi/\Omega$  i charakterystyka tłumieniowa  $k/\Omega$ .

W celu określenia zmian amplitudy i fazy podnośnej chrominancji po demodulacji trzeba określić wpływ toru transmisyjnego na amplitudę i fazę poszczególnych częstotliwości widma sygnału modulowanego częstotliwościowo, a następnie całkowity sygnał ograniczyć i zdemodulować.

Na rysunku 25 pokazano charakterystykę fazową i tłumieniową toru transmisyjnego wielkiej częstotliwości. Na rys. 26a podano wykres widma nośnej i częstotliwości bocznych dla określonego poziomu sygnału luminancji na wejściu toru transmisyjnego, a na rys. 26b na wyjściu. Na wejściu częstotliwości boczne wywołane modulacją podnośnej są w fazie, a na wyjściu są przesunięte w fazie odpowiednio o kąt  $\Psi_2 - \Psi_0$  i  $\Psi_0 - \Psi_1$ , natomiast amplitudy nośnej i częstotliwości bocznych ulegną zmianie proporcjonalnie do współczynników  $k_0$ ,  $k_1$  i  $k_2$ .

Po przejściu przez ogranicznik zostanie usunięta modulacja amplitudy, a suma geometryczna napięcia nośnej i częstotliwości bocznych jest stała. Napięcie wyjściowe dyskryminatora  $U_2$  jest proporcjonalne do  $d\Phi/dt$ , tzn. do chwilowych zmian częstotliwości nośnej.

W celu określenia amplitudy i fazy podnośnej chrominancji należy uwzględnić składowe częstotliwości bocznych prostopadle do nośnej.



Napięcie wyjściowe można określić za pomocą zależności:

$$U_2 \approx \frac{k_1}{k_0} \sin \omega t - |\psi_0 - \psi_1| + \frac{k_2}{k_0} \sin \omega t - |\psi_2 - \psi_0|$$

Amplitudę podnośnej można określić za pomocą zależności

$$A_2 \approx \frac{1}{k_0} k_1^2 + k_2^2 + 2k_1 k_2 \cos 2\gamma$$

zaś faza podnośnej jest równa

$$\varphi = \frac{\psi_2 - \psi_1}{2} + \arctg \frac{k_1 - k_2}{k_1 + k_2} \operatorname{tg} \gamma$$

gdzie:

$$\gamma = \psi_0 - \frac{\psi_1 + \psi_2}{2}$$

Przy znanych kształtach charakterystyk fazowych i tłumieniowych toru transmisyjnego wielkiej częstotliwości można określić zmiany amplitudy i fazy podnośnej chrominancji w zależności od zmian poziomu sygnału luminancji.

## 7. POMIARY ZNIEKSZTAŁCEŃ W TORACH PRZESYŁOWYCH SYGNAŁÓW TELEWIZJI KOLOROWEJ

### 7.1. Wiadomości ogólne

Przyrządy przeznaczone do pomiarów zniekształceń sygnałów telewizji kolorowej powinny zapewniać możliwość oceny wszystkich parametrów sygnału wizyjnego telewizji czarno-białej i specyficznych parametrów sygnału chrominancji.

Zniekształcenia sygnału chrominancji są jednym z podstawowych zniekształceń transmisyjnych sygnałów telewizji kolorowej, stanowiących o jakości odtwarzanego obrazu kolorowego.

Cały tor transmisyjny sygnałów telewizji kolorowej i poszczególne jego ogniwa powinny zapewniać wymagania stawiane torom przesyłowym telewizji czarno-białej oraz dodatkowe wymagania związane ze specyfiką przesyłania sygnałów telewizji kolorowej. Ponieważ całkowity sygnał telewizji kolorowej jest sumą sygnału luminancji, który odpowiada sygnałowi telewizji czarno-białej, i sygnału chrominancji, to tor przesyłowy sygnału wizyjnego można traktować jako tor luminancji i tor chrominancji z pokrywającymi się pasmami częstotliwości.

Do specyficznych pomiarów w telewizji kolorowej można zaliczyć:

- różnicę wzmocnienia i czasu przejścia sygnałów luminancji i chrominancji,
- wzmocnienie różnicowe i fazę różnicową,
- wpływ sygnału chrominancji na sygnał luminancji,
- zniekształcenia nieliniarne w torze chrominancji,
- stosunek sygnał/szum z uwzględnieniem wizualnego oddziaływania przy przesyłaniu sygnałów telewizji kolorowej.

Ze względu na ograniczony zakres artykułu zostaną omówione tylko niektóre metody i przyrządy pomiarowe, szczególnie ważne z punktu widzenia potrzeb telewizji kolorowej.

## 7.2. Pomiar różnicy wzmocnienia i czasu przejścia sygnału luminancji i chrominancji

Różnica wzmocnienia i czasu przejścia sygnału luminancji i chrominancji powstaje na skutek zniekształceń linearnych toru transmisyjnego i bezpośrednio jest związana z charakterystykami tłumieniowymi i fazowymi. Zniekształcenia te są przyczyną powstawania zniekształceń obrazu na przejściach kolorowych. Doświadczalnie ustalono, że dopuszczalna różnica nie powinna przekraczać  $\pm 2,5$  dB, a różnica czasu przejścia 40 ns [19].

Pomiary różnicy wzmocnienia i czasu przejścia sygnałów luminancji i chrominancji przeprowadza się za pomocą specjalnych sygnałów testowych, odpowiadających sygnałowi luminancji i chrominancji. Jako sygnały testowe wykorzystuje się impulsy typu  $\sin^2$ .

W ostatnich latach do pomiarów charakterystyk torów telewizyjnych stosuje się impuls  $\sin^2 2T$  i impuls prostokątny, gdzie  $T = \frac{1}{2f_g}$ ,  $f_g$  jest górną częstotliwością sygnału wizyjnego. Dla standardu 625 linii  $f_g = 6$  MHz i  $T = 0,16$   $\mu$ s.

Na rysunku 27 podano charakterystyki spektralne impulsów  $\sin^2$  i impulsu prostokątnego. Sygnał testowy składający się z impulsu prostokątnego i impulsu  $\sin^2 2T$  reprezentują podstawowe elementy obrazu telewizyjnego; dlatego są powszechnie stosowane. Z rysunku tego wynika, że charakterystyka widmowa impulsu  $\sin^2 2T$  i impulsu prostokątnego nie przekracza górnej częstotliwości granicznej sygnału wizyjnego. Impuls prostokątny, którego największa ilość energii jest skupiona w zakresie małych częstotliwości, jest bardzo wygodny do określania zniekształceń w zakresie małych częstotliwości sygnału wizyjnego w paśmie do kilkuset kHz.

Impuls  $\sin^2 2T$  nadaje się do pomiaru zniekształceń w pasmie obejmującym 60 ± 80% nominalnej szerokości pasma sygnału wizyjnego. Sygnał ten może być wykorzystywany do pomiaru zniekształceń sygnału telewizji czarno-białej, ponieważ w zakresie górnych częstotliwości jest skupiona bardzo mała część energii widma sygnału.

W telewizji kolorowej informacja o chrominancji jest przesyłana w górnym zakresie częstotliwości pasma sygnału i dlatego impuls  $\sin^2 2T$  nie nadaje się do pomiarów zniekształceń sygnału chrominancji w torach przesyłowych telewizji kolorowej. Do tego celu może być wykorzystywany impuls  $\sin^2 T$ , ale wynik pomiaru będzie obciążony pewnym błędem, ponieważ jego widmo wykracza poza częstotliwość graniczną i będzie reagował także na zniekształcenia występujące poza pasmem sygnału wizyjnego.

Jak wyżej powiedziano, sygnał testowy do pomiaru zniekształceń toru transmisyjnego sygnałów telewizji kolorowej powinien być podobny do całkowitego sygnału telewizji kolorowej.

Do tego celu może być wykorzystana podnośna chrominancji modulowana impulsem  $\sin^2$ . Czas trwania tego impulsu mierzony w połowie jego wysokości musi być tak dobrany, aby suma najwyższej częstotliwości impulsu i podnośnej chrominancji była mniejsza od górnej częstotliwości granicznej.

W takim przypadku sygnał przenoszony przez idealny tor transmisyjny będzie przenoszony bez zniekształceń. Jeżeli w torze przesyłowym wystąpią zniekształcenia, to sygnał testowy ulegnie odkształceniu.

Jako sygnał testowy do pomiaru zniekształceń linearnych torów

transmisyjnych sygnałów telewizji kolorowej stosuje się tzw. modulowany impuls  $\sin^2 20T$  /rys. 28/. Sygnał taki uzyskuje się przez zmodulowanie /100%/ podnośnej chrominancji impulsem  $\sin^2 20T$ . Na rys. 28a i 28b pokazano składowe impulsu  $\sin^2 20T$  wypełnionego podnośną chrominancji, tzn. impuls  $\sin^2 20T$  i podnośną zmodulowaną tym impulsem. Po dodaniu z odpowiednią fazą obu tych przebiegów uzyskuje się właściwy sygnał pomiarowy impuls  $\sin^2 20T$  /rys. 28c/. Szerokość pasma impulsu modulującego wynosi 10% pasma. Wobec tego dla standardu OIRT wyniesie 600 kHz.

Na rysunku 29 pokazano charakterystykę widmową impulsu pomiarowego  $\sin^2 20T$ . Ponieważ impuls zawiera składowe i małej i wielkiej częstotliwości, energia jego widma jest skupiona w dwóch zakresach, pierwszy obejmuje zakres częstotliwości od zera do 600 kHz, a drugi pasmo sygnału chrominancji  $/4,43 \pm 0,6 \text{ MHz}/$ .

Ze względu na to, że linie spektralne widma impulsu  $\sin^2 20T$  wypełnionego podnośną chrominancji wypadają w zakresach częstotliwości, w których jest zawarta główna informacja sygnału luminancji i sygnału chrominancji, różne charakterystyki przeniesienia w obu kanałach objawiają się w postaci zniekształceń obwiedni impulsu  $\sin^2 20T$  wypełnionego podnośną chrominancji.

Jeżeli charakterystyka tłumieniowa badanego czwórnika opada w górnym zakresie częstotliwości pasma przenoszonego, to następuje zmniejszenie amplitud wielkiej częstotliwości, co na impulsie  $20T$  objawia się w postaci zmniejszenia jego amplitudy i jednocześnie wklęsnięcia jego podstawy o taką samą wartość. Wklęsnięcie ma charakter kosinusoidalny i jest symetryczne względem pionowej osi impulsu, co pokazano na rys. 30a.

Odwrotnie jest w przypadku, gdy charakterystyka tłumieniowa wzrasta w górnej części pasma częstotliwości. Powoduje to wzrost składowych wielkich częstotliwości, wzrost ich amplitudy oraz uwypuklenie podstawy impulsu o wartość równą wzrostowi amplitudy. W tym przypadku zniekształcenie będzie miało również charakter kosinusoidalny i będzie również symetryczne względem pionowej osi impulsu /rys. 30b/. Amplituda dolnej kosinusoidalnej obwiedni wskazuje bezpośrednio różnicę wzmocnienia w torze chrominancji w stosunku do małych częstotliwości w torze luminancji. Spadek wzmocnienia podnośnej chrominancji o 10% powoduje kosinusoidalne zniekształcenie dolnej podstawy modulowanego impulsu  $20T$  o 5%.

Jeżeli w torze przesyłowym występują zniekształcenia sygnału wywołane różnymi grupowymi czasami przejścia w zakresie małych i wielkich częstotliwości, to wystąpią między nimi wzajemne przesunięcia w czasie. Amplituda sinusoidalnego zniekształcenia dolnej obwiedni impulsu  $\sin^2 20T$  odpowiada określonej różnicy opóźnienia obwiedni sygnału chrominancji i sygnału luminancji.

Na rysunku 31 pokazano zniekształcenia impulsu  $\sin^2 20T$  spowodowane przez różnicę grupowego czasu przejścia między sygnałem luminancji i chrominancji.

W ogólnym przypadku w torze przesyłowym występują jednocześnie zniekształcenia amplitudy i fazy, wtedy podstawa impulsu ma kształt krzywej o dwóch ekstremach, których znaki są różne /rys. 32/. Jeżeli pierwsze ekstremum jest dodatnie, a drugie ujemne, wtedy mamy do czynienia z opóźnieniem sygnału chrominancji w stosunku do sygnału luminancji i odwrotnie, gdy pierwsze ekstremum

jest ujemne, a drugie dodatnie, to występuje wyprzedzenie sygnału luminancji względnie sygnału chrominancji. Wzajemny stosunek wartości obu ekstremów daje informacje o przebiegu charakterystyki tłumieniowej. Jeżeli wartość dodatniego ekstremum jest większa od wartości ujemnego ekstremum, to świadczy o spadku charakterystyki tłumieniowej w zakresie sygnału chrominancji. Natomiast przy wzroście charakterystyki tłumieniowej wartość dodatniego ekstremum podstawy impulsu  $\sin^2 20T$  będzie mniejsza od wartości ujemnej.

W przypadku gdy wzajemne opóźnienie między sygnałem luminancji i chrominancji będzie równe zero, wówczas na podstawie impulsu występuje tylko jedno ekstremum dodatnie lub ujemne /rys. 30/, w zależności od tego, czy występuje spadek czy wzrost charakterystyki tłumieniowej w zakresie częstotliwości podnośnej chrominancji.

Różnicę wzmocnienia i czasu przejścia można łatwo określić za pomocą wykresów podanych na rys. 33.

Sposób postępowania jest następujący:

- zmniejszyć /na ekranie oscyloskopu/ wysokość impulsu bieli  $U_b$  oraz obie wartości  $U_1$  i  $U_2$ ,
- obliczyć wartości względne /w %/

$$\Delta_1 = \frac{U_1}{U_b} \cdot 100\%; \quad \Delta_2 = \frac{U_2}{U_b} \cdot 100\%$$

- w oparciu o obliczone wartości  $\Delta_1$  i  $\Delta_2$  odczytuje się z wykresów podanych na rys. 33 różnice wzmocnienia  $\Delta k$  /%/ oraz wzajemne opóźnienie  $\tau$  /ns/.

Należy zaznaczyć, że opisany sposób pomiaru zniekształceń linearnych za pomocą impulsu  $\sin^2 20T$  jest nieco uproszczony, gdyż nie uwzględnia zniekształceń linearnych sygnału chrominancji. Jednak jeżeli są one nie duże, to można ich wpływ pominąć.

Na rysunku 34 podano impuls  $\sin^2 20T$  po przejściu przez tor wprowadzający jednoczesne zniekształcenia linearne i nieliniarne.

Na rysunku 35 pokazano całkowity sygnał testowy do pomiaru zniekształceń linearnych w torach przesyłowych telewizji kolorowej, a na rys. 36 jego charakterystyki widmowe. Impuls  $\sin^2 20T$  przy przesyłaniu przez idealny tor transmisyjny nie ulega żadnym zniekształceniom.

Opisany wyżej sposób pomiaru różnicy wzmocnienia i czasu przejścia jest trudny i mało dokładny, ponieważ wykorzystuje wyniki pomiarów uzyskane za pomocą oscyloskopu oraz obliczenia przeprowadza się za pomocą wykresu. Z tego względu stosuje się także inną metodę pomiarową [19]. Schemat blokowy takiego układu pomiarowego pokazany jest na rys. 37a. W tej metodzie oscyloskop jest wskaźnikiem zerowym. Sygnał pomiarowy /rys. 37b/ doprowadzony do wejścia przyrządu pomiarowego rozdziela się na dwa sygnały przy użyciu filtra małej częstotliwości i filtra pasmowego. Pasma przenoszenia filtra dolnoprzepustowego wynosi około 0,5 MHz, a pasmo przenoszenia filtra pasmowego około 1 MHz. W celu uzyskania kompensacji tłumienia i przesunięcia fazy między tymi sygnałami sygnał chrominancji przechodzi przez wzmacniacz o stałym wzmocnieniu i następnie zostaje opóźniony w linii opóźniającej o stałym opóźnieniu. Sygnał małej częstotliwości po przejściu przez filtr dolnoprzepustowy przechodzi przez wzmacniacz regulowany i linię opóźniającą o regulowanym opóźnieniu. Oba sygna-



ły doprowadza się do układu sumującego, do którego wyjścia jest dołączony oscyloskop. Gdy impuls  $\sin^2 2\omega T$  jest zniekształcony, kompensuje się jego zniekształcenia amplitudy i fazy za pomocą wzmacniacza o regulowanym wzmocnieniu i linii opóźniającej o regulowanym opóźnieniu. Poszukiwane zniekształcenia odczytuje się z położenia przełączników wzmacniacza i linii opóźniającej.

Ostatnio został zaproponowany /jeszcze nie zrealizowany/ nowy sygnał testowy i metoda pomiaru zniekształceń linearnych i nielinearnych sygnału chrominancji [22]. Jako sygnał testowy do pomiaru różnicy wzmocnienia i czasu przejścia proponuje się sygnał składający się z dwóch grup napięć sinusoidalnych nałożonych na sygnał wizyjny odpowiadający poziomowi szaremu /rys. 38/. Napięcie małej częstotliwości odpowiada sygnałowi luminancji, a napięcie wielkiej częstotliwości sygnałowi chrominancji. Wielka częstotliwość jest harmoniczną małej częstotliwości, co można zapisać następująco:

$$f_{ch} = k \cdot f_1$$

gdzie:

- $f_1$  - częstotliwość odpowiadająca sygnałowi luminancji,
- $f_{ch}$  - częstotliwość odpowiadająca sygnałowi chrominancji,
- $k$  - stała.

Jeżeli przyjmiemy  $f_{ch} = 4,429687$  MHz oraz  $k = 63$ , to  $f_1 = 70,312$  kHz.

Na rysunku 39 podano ogólny schemat blokowy przyrządu pomiarowego. Sygnał testowy z wyjścia badanego urządzenia przesyłowego przechodzi do układu bramkującego, który z całkowitego sy-

gnału wydziela obie grupy częstotliwości. Pierwsza synchronizuje generator małej częstotliwości, a druga generator podnośnej. Oba generatory są stabilizowane kwarcowo. Napięcie wyjściowe generatora małej częstotliwości przechodzi przez układ nieliniarny, a następnie przez układ powielaczy, które na wyjściu dostarczają napięcie odniesienia o częstotliwości podnośnej chrominancji, następnie doprowadzone do detektora fazy. Ze względu na to, że zostało ono wytworzone po stronie odbiorczej toru przesyłowego nie zawiera zniekształceń fazy. Do drugiego wejścia detektora fazy doprowadza się napięcie z generatora podnośnej. Napięcie wyjściowe detektora odpowiada zniekształceniom fazy toru przesyłowego i doprowadza się je do wskaźnika zniekształceń. Pomiar tłumienia podnośnej przeprowadza się za pomocą oscyloskopu.

### 7.3. Pomiar zniekształceń nieliniarnych

Istnieje wiele metod pomiaru zniekształceń różnicowych. Na rys. 40 podano przykład podziału metod pomiaru fazy różnicowej, a na rys. 41 wzmocnienia różnicowego.

Pomiar wzmocnienia różnicowego przeprowadza się przez analizę całkowitego sygnału testowego lub sygnału podnośnej wydzielonego za pomocą filtra, bądź też przez analizę obwiedni podnośnej chrominancji po przeprowadzeniu detekcji amplitudy. Wielkość wzmocnienia różnicowego określa się z uzyskanych na drodze pomiarowej przebiegów.

Przy automatycznych pomiarach przeprowadza się odpowiednie opracowanie wyników pomiarów i zwykle przedstawia się w postaci cyfrowej. Pomiar przeprowadza się po wydzieleniu podnośnej chrominancji za pomocą filtra.

Wzmocnienie różnicowe można także pomierzyć za pomocą wektoryskopu. W tym przypadku pomiar polega na wydzieleniu obu składowych kwadraturowych podnośnej chrominancji i na pomiarze wielkości wektorów.

Przy pomiarach fazy różnicowej oddziela się podnośną chrominancji od sygnału luminancji za pomocą filtru pasmowego. Informację mierzoną uzyskuje się przez wydzielenie składowych kwadraturowych podnośnej chrominancji za pomocą detekcji fazy lub częstotliwości podnośnej chrominancji. Przy detekcji częstotliwości wydziela się chwilowe zmiany częstotliwości sygnału powstające na skutek zniekształceń fazy podnośnej chrominancji [19].

Jako sygnały testowe wykorzystuje się zwykle sygnał schodkowy lub piłokształtny o częstotliwości linii z nałożonym napięciem sinusoidalnym o częstotliwości podnośnej chrominancji /rys. 42/.

Zasada pomiaru fazy różnicowej polega na porównaniu fazy sygnału pomiarowego z sygnałem odniesienia /rys. 43/. Przy wydzieleniu składowych kwadraturowych sygnału wynik pomiaru uzyskuje się na ekranie wektoroskopu.

Najbardziej rozpowszechnione są metody pomiaru fazy różnicowej z detekcją fazową. Schemat blokowy przyrządu pomiarowego zależy głównie od rodzaju wykorzystywanego sygnału testowego. Mogą to być przyrządy pomiarowe, w których podnośną odniesienia wytwarza się w urządzeniu pomiarowym za pomocą zsynchronizowanych generatorów kwarcowych. Są także przyrządy pomiarowe, gdzie podnośną odniesienia przesyła się w sygnale testowym.

Na rysunku 44 podano uproszczony schemat blokowy przyrządu do pomiaru zniekształceń różnicowych, który wytwarza napię-

cie odniesienia i sygnału testowego. Sygnał schodkowy lub piłokształtny z nakładką napięcia sinusoidalnego na wejściu układu rozdziela się na dwa tory. Pierwszy tor prowadzi przez filtr pasmowy i filtr kwarcowy do detektora fazy. Z wyjścia filtru pasmowego sygnał podnośnej przechodzi do drugiego wejścia detektora i  $v_i$  do detektora amplitudy. Podnośna uzyskana na wyjściu wąskopasmowego filtru kwarcowego jest podnośną odniesienia. Napięcia wyjściowe detektora fazy i amplitudy odpowiadające fazie różnicowej i wzmacnieniu różnicowemu doprowadza się następnie do oscyloskopowego wskaźnika. Drugi tor prowadzi do odchyłania poziomego oscyloskopu.

Przykład innego rozwiązania miernika fazy z dwoma generatorami kwarcowymi podano na rys. 45. Sygnał podnośnej chrominancji wydziela się z sygnału pomiarowego za pomocą filtru pasmowego i doprowadza do dwóch układów bramkujących, sterowanych impulsami kluczującymi wytwarzanymi w urządzeniu sterującym. Na wyjściu pierwszego układu bramkującego wydziela się podnośna na poziomie czerni, a na wyjściu drugiego podnośna chrominancji umieszczona na jednym ze schodków sygnału testowego. Wydzielone sygnały synchronizują odpowiednie generatory kwarcowe I i II, przy czym faza napięcia pierwszego generatora odpowiada fazie na poziomie czerni /faza odniesienia/, a faza napięcia z drugiego generatora odpowiada fazie podnośnej na jednym ze schodków sygnału testowego [19].

Oba napięcia porównuje się w detektorze fazy, którego sygnał wyjściowy doprowadza się do wskaźnika. Dokładność pomiaru w tych metodach zależy głównie od liniowości detektorów fazy.

Wykorzystanie omawianych wyżej metod pomiarowych napotyka trudności przy przeprowadzaniu pomiarów fazy różnicowej w czasie nadawania programów. W związku z tym zostały opracowane nowe metody pomiarowe, w których zastosowano sygnały testowe zawierające podnośną odniesienia w sygnale pomiarowym [15].

Istnieją dwa warianty tej metody. W jednym wariacie podnośną odniesienia przesyła się na jednej linii, a sygnał testowy na drugiej. W drugiej metodzie oba sygnały przesyła się na jednej linii. Na rys. 46 pokazano dwa warianty sygnału testowego. Na rys. 46a pokazany jest wariant pierwszy, gdzie sygnał testowy przesyła się na dwóch sąsiednich liniach, a na rys. 46b wariant drugi gdy sygnał testowy przesyła się na jednej linii.

Ogólny schemat blokowy przyrządu pomiarowego podano na rys. 46c.

Sygnał testowy z wyjścia urządzenia przesyłowego doprowadza się do filtra pasmowego, a z jego wyjścia podnośną chrominancji doprowadza się bezpośrednio do jednego wejścia detektora fazy. Jednocześnie doprowadza się podnośną przez linię opóźniającą i kalibrowany przesuwnik fazy do drugiego wejścia detektora fazy. Czas przejścia linii opóźniającej powinien być równy połowie czasu trwania wydzielonej grupy napięć podnośnej chrominancji. Na wyjściu detektora fazy otrzymuje się sygnał, który odpowiada charakterystyce fazy różnicowej badanego urządzenia. Wartość zniekształceń fazy różnicowej odczytuje się na skali kalibrowanego przesuwnika fazy.

Inny sposób pomiaru zniekształceń fazy różnicowej przy wykorzystaniu sygnałów pomiarowych nadawanych na liniach kontrolnych opisano w pracy [23].

Na rysunku 47 podano uproszczony schemat blokowy przyrządu pomiarowego, w którym zapewniono podstrajanie napięcia odniesienia podnośnej chrominancji.

Sygnal wejściowy po przejściu przez układ badany doprowadza się do układu generacji impulsów kluczujących, którymi steruje się układ do wytwarzania impulsów regulacyjnych i urządzenie końcowe oraz do filtra pasmowego podnośnej chrominancji. Następnie podnośną doprowadza się do jednego wejścia detektora fazy. Sygnal wyjściowy detektora fazy doprowadza się do urządzenia końcowego ze stabilizacją poziomu oraz do układu generacji sygnałów regulacyjnych, sterowanego impulsami kluczującymi, wytwarzanymi w układzie generacji impulsów kluczujących. Impulsy kluczujące są w taki sposób umiejscowione, że ich położenie odpowiada położeniu podnośnej chrominancji w sygnale testowym na poziomie czerni. Równocześnie na wyjściu układu generacji impulsów regulacyjnych powstanie sygnał, którego amplituda będzie proporcjonalna do różnicy faz napięcia podnośnej odniesienia i modulowanego sygnału podnośnej w sygnale pomiarowym na poziomie czerni. Ten sygnał steruje przesuwnik fazy aż do momentu, kiedy faza napięcia odniesienia stanie się równa fazie podnośnej chrominancji przesyłanej na poziomie czerni w sygnale testowym. Wtedy na wyjściu detektora fazy i urządzenia końcowego wystąpi sygnał odpowiadający fazie różnicowej badanego toru przesyłowego.

#### 7.4. Pomiar wpływu sygnału chrominancji na sygnał luminancji

Zniekształcenia nieliniarne sygnału chrominancji wywołują często wpływ na amplitudę sygnału luminancji. Zniekształcenia te można wykryć przez włączanie i wyłączanie podnośnej nałożonej na sy-

gnał schodkowy. Do pomiaru tych zniekształceń stosuje się sygnał testowy [19] pokazany na rys. 48a, składający się z impulsu prostokątnego z nałożoną podnośną chrominancji. Na rys. 48b pokazano zniekształcenia sygnału luminancji, występujące przy różnych poziomach sygnału chrominancji.

### 7.5. Przyrządy do kontroli sygnału telewizji kolorowej

Możliwość szybkiej kontroli parametrów przesyłanego sygnału ma w eksploatacji podstawowe znaczenie. Po wprowadzeniu do eksploatacji telewizji kolorowej powstała konieczność opracowania nowych metod pomiarowych i specjalnych sygnałów testowych do kontroli parametrów sygnału kodowanego. Do kontroli i pomiaru parametrów sygnału w systemach telewizji kolorowej z modulacją kwadraturową opracowano specjalny przyrząd pomiarowy, zwany wektoryskopem, który umożliwia obserwację wektorów sygnału chrominancji, odpowiadających kolorom podstawowym. Wektoryskop umożliwia pomiar zniekształceń sygnału chrominancji bez demodulacji podnośnej chrominancji, co jest możliwe dzięki zastosowaniu modulacji amplitudy w systemach NTSC i PAL.

Wektoryskop umożliwia pomiar zniekształceń amplitudy i fazy podnośnej chrominancji. Pomiary przeprowadza się na ekranie lampy oscyloskopowej przez bezpośrednią obserwację wykresu wektorowego we współrzędnych biegunowych.

Uproszczony schemat blokowy pokazano na rys. 49.

Do wejścia wektoryskopu doprowadza się sygnał pasów kolorowych /rys. 50a/, który przechodzi przez filtr pasmowy, gdzie wydziela się sygnał chrominancji. Sygnał ten następnie doprowadza

się do detektorów synchronicznych. Jednocześnie sygnał wejściowy doprowadza się do układu wytwarzania impulsów kluczujących, którymi steruje się układ bramkujący. Na wyjściu układu bramkującego uzyskuje się impulsy synchronizacji koloru przesyłane na linii tonie wygaszania, którymi synchronizuje się lokalny generator podnośnej odniesienia. Podnośna odniesienia może być także doprowadzona z generatora zewnętrznego, a następnie przechodzi przez przesuwnik fazy do wejścia pierwszego detektora synchronicznego. Jednocześnie przechodzi ona przez przesuwnik fazy  $90^\circ$  do wejścia drugiego detektora synchronicznego. Na wyjściach detektorów występują sygnały różnicowe  $E_{R-Y}$  i  $E_{B-Y}$ , które po przejściu przez filtry małej częstotliwości i wzmacniacze doprowadza się do płytek odchyłania poziomego i pionowego lampy oscyloskopowej.

Na ekranie oscyloskopu uzyskamy obraz wektorów, których liczba jest określona liczbą pasów kolorowych w sygnale testowym.

W układzie współrzędnych biegunowych, pokazanym na rys. 51, końce wektorów określają amplitudę i fazę podnośnej dla każdego pasa kolorowego, a także odpowiednią amplitudę i fazę impulsu synchronizacji koloru.

Ze względu na to, że w systemie PAL sygnał chrominancji w dwóch sąsiednich liniach jest zespolony w celu uzyskania prawidłowego obrazu na ekranie oscyloskopu, podnośną odniesienia do jednego detektora trzeba doprowadzać przez specjalny komutator, na wyjściu którego faza podnośnej powinna zmieniać się co linię o  $180^\circ$ . Dla oceny prawidłowości kodowania sygnałów chrominancji na ekran lampy wektoryskopu nakłada się szablon z zaznaczo-



nymi dopuszczalnymi odchyłkami od nominalnych parametrów sygnału.

W urządzeniach kodujących systemu NTSC i PAL wymagana jest wysoka dokładność kwadratury podnośnej chrominancji. Pomiar kwadratury podnośnej chrominancji można przeprowadzić za pomocą wektoryskopu, jakkolwiek istnieją także inne metody pomiaru.

W systemie telewizji kolorowej SECAM, gdzie stosuje się kolejne przesyłanie sygnałów chrominancji i modulację częstotliwości, trzeba stosować inne metody analizy sygnału. W związku z tym opracowano specjalny przyrząd pomiarowy analogiczny do wektoryskopu, zwany secamskopem [24]. Przyrząd ten umożliwia dokładne sprawdzenie parametrów sygnałów dostarczanych przez różne urządzenia i jest przeznaczony głównie do pomiaru parametrów całkowitego sygnału wizyjnego, uzyskiwanego przy nadawaniu pasów kolorowych.

Przyrząd ten może być wykorzystywany jako konwencjonalny oscyloskop, do pomiarów poziomów sygnału luminancji, amplitudy podnośnej i amplitudy impulsów synchronizujących. Oprócz tego ma on specjalne układy do pomiaru preemfazy wielkiej częstotliwości oraz dewiacji częstotliwości, odpowiadających poszczególnym pasom kolorowym sygnału testowego względnie sygnałów identyfikacji. W celu zapewnienia odpowiedniej dokładności pomiaru zastosowano wewnętrzne urządzenie kalibrujące. Napięcie kalibrujących dostarcza wewnętrzny generator częstotliwości wzorcowych. Mogą być one także doprowadzane z zewnętrznego generatora. Schemat blokowy przyrządu podano na rys. 52. Część sche-

matu objęta linią przerywaną stanowi konwencjonalny oscyloskop pomiarowy.

Za pomocą tego przyrządu mogą być przeprowadzane pomiary całkowitego sygnału obrazu kolorowego lub składowych małych częstotliwości sygnału luminancji wydzielonych za pomocą filtra dolnoprzepustowego albo składowych wielkich częstotliwości /sygnału podnośnej/ wydzielonych za pomocą filtra pasmowego. W takim przypadku w oscyloskopie wykorzystuje się normalną podstawę czasu.

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 jest możliwy pomiar amplitudy całkowitego sygnału obrazu kolorowego, sygnału luminancji, modulowanej podnośnej przed układem deemfazy wielkiej częstotliwości i na wyjściu układu deemfazy wielkiej częstotliwości oraz sygnału wyjściowego dyskryminatora przed układem deemfazy małej częstotliwości i na **wyjściu** układu deemfazy małej częstotliwości.

Zasada pomiaru [24] polega na doprowadzeniu do wzmacniacza odchyłania poziomego oscyloskopu zdemodulowanej podnośnej bez wprowadzenia deemfazy małej częstotliwości a do wzmacniacza odchyłania pionowego sygnału podnośnej, oddzielonego od sygnału luminancji. Przebieg tego sygnału jest określony działaniem preemfazy wielkiej częstotliwości. Przy odpowiednim wyskalowaniu

przrzędu uzyskuje się wykres, który powinien się wpisać we-  
wnątrz szablonu utworzonego przez dwie linie pionowe odpowia-  
dające granicznym dewiacjom oraz przez dwie linie krzywe, wklęsłe  
względem poziomej osi środkowej, przedstawiające charakterysty-  
kę preemfazy wielkiej częstotliwości. Oś pozioma może być wyska-  
lowana znacznikami częstotliwości wytwarzanymi przez lokalny  
generator kwarcowy.

W przypadku kontroli sygnału testowego pasów kolorowych po-  
szczególne częstotliwości, odpowiadające ustalonym poziomom sy-  
gnałów modulujących, zostaną przedstawione w postaci jaśniejsz-  
szych prążków pionowych. Teoretyczna pozycja tych prążków oraz  
ich amplituda mogą być zaznaczone odpowiednimi kreskami na wy-  
mienionym szablonie.

Wykres teoretycznych wartości częstotliwości chwilowych o-  
raz charakterystykę preemfazy wielkiej częstotliwości pokazano  
na rys. 53. Wykres ten może być uproszczony, jeżeli rozróżnia  
się oddzielnie prążki  $E_{R-y}$  i  $E_{B-y}$ . W tym celu wystarczy do cy-  
lindra Wehnelta lampy oscyloskopowej doprowadzić napięcie o  
przebiegu fali kwadratowej i częstotliwości równej połowie czę-  
stotliwości odchylenia poziomego. Wtedy uzyskuje się wygaszanie  
strumienia elektronowego co drugą linię analizy. Można również  
za pomocą przełącznika elektronowego porównywać położenie prąż-  
ków, uzyskanych w wyniku działania sygnału pasów kolorowych,  
dotarczanego z kodera z położeniem prążków innego sygnału,  
przyjętego za wzorcowy. Za pomocą takiego przrządu można bez  
trudności określić ewentualne błędy dewiacji mniejsze od 1 kHz  
oraz błędy amplitudy mniejsze od 1 dB.

Przedstawienie sygnału pasów kolorowych za pomocą secamskopu jest zbliżone do wykresu na ekranie wektoryskopu w systemie NTSC w tym sensie, że umożliwia szybką wizualną kontrolę częstotliwości i amplitud podnośnej chrominancji oraz unaocznia ewentualne błędy różnych koderów.

## 8. SZUMY W SYGNAŁACH TELEWIZJI KOLOROWEJ

Szumy i zakłócenia zmniejszają rozdzielczość i kontrast obrazu oraz wywołują u telewidza nieprzyjemne wrażenie na skutek chaotycznego migotania jasności i kolorów małych elementów obrazu. Szczególną rolę odgrywają szumy w sygnale telewizji kolorowej. Składowe widma szumów występujące w zakresie podnośnej chrominancji zostaną w odbiorniku zdemodulowane wspólnie z sygnałami różnicowymi. Zdetektowane składowe szumów są bardzo małej częstotliwości i dlatego są bardzo silnie zauważalne i oddziałują na obraz kolorowy wspólnie z szumami występującymi w pasmie sygnału luminancji.

Wizualne spostrzeżenie szumów jest związane z metodami kodowania obrazu kolorowego i widma szumów. Przy tym uwzględnia się, że widmo szumów jest ciągle w całym pasmie sygnału wizyjnego, a widmo sygnału wizyjnego ma wyraźnie charakter struktury prążkowej i najbardziej intensywnie występuje w zakresie małych i średnich częstotliwości /do  $1 \pm 1,5$  MHz/ i w zakresie podnośnej chrominancji.

Przy przesyłaniu sygnałów telewizji kolorowej szczególne znaczenie mają szumy przenikające do pasma częstotliwości zajmowanego przez sygnał chrominancji. Zwiększenie zauważalności szu-

mów może być także spowodowane spadkiem charakterystyki tłumieniowej w zakresie przesyłania informacji chrominancji oraz występowaniem zniekształceń intermodulacji w układach przesyłowych i nieliniarną charakterystyką amplitudy. Szумы w torze luminancji oddziałują na obraz podobnie jak w telewizji czarno-białej.

Pomiary szumów w torach przesyłowych sygnałów telewizji kolorowej można przeprowadzać jednocześnie w całym pasmie sygnału wizyjnego lub też oddzielnie w torze chrominancji i torze luminancji. Dla każdego z przypadków trzeba stosować filtry ważkości o odpowiedniej charakterystyce tłumieniowej. Na rys. 53a podano charakterystykę tłumieniową filtru dla systemu NTSC, a na rys. 53b dla systemu PAL [19]. Na rys. 54c pokazano charakterystyki tłumieniowe filtrów toru luminancji i sygnałów kolorów podstawowych, a na rys. 54d podano charakterystykę tłumieniową filtru do pomiaru szumów w torze chrominancji.

#### WYKAZ LITERATURY

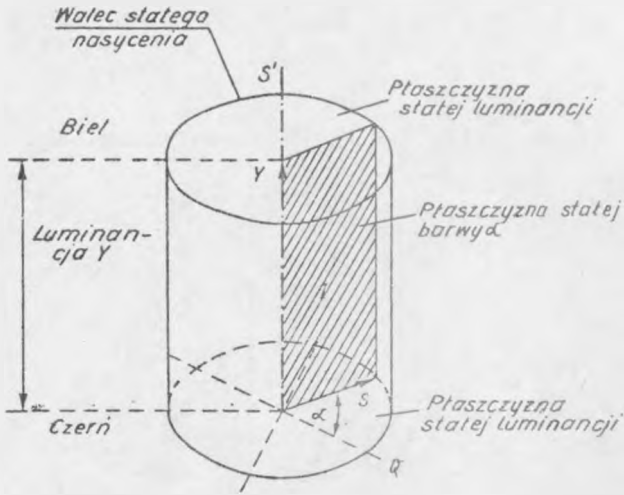
1. Pewzner B.M.: *Sistemy cwiетного telewidenia*. Leningrad 1969.
2. Bruch W.: *Farbfernseh Systeme: NTSC, PAL, SECAM*. Funkschau Jahrgang 36 /1964/. Heft 23.
3. Kopyłow P.M.: *Differencjalnyje iskażenia w cwiетnom telewideni*. Elektroswiaż. 3. 1968.
4. Sobotka Z.: *Distorsion par phase differentielle dans le systeme de television en couleur. SECAM*. *Londe Electrique* nr 486, september 1967.

5. Kriwoszejew M.: Podstawy pomiarów telewizyjnych. Warszawa 1967.
6. Jefrussi I.: Impulsnyje metody telewizionnych izmiereni. Moskwa 1961.
7. Doc. CMTT/1040-E. November 1969. Transmission Performance of Television Circuits.
8. Philipow E.: Nieliniejnaja elektrotechnika. Moskwa 1968.
9. Podejko J., Podemski A.: System telewizji kolorowej SECAM. Problemy Łączności Nr 40/1969.
10. Lewanowski L.: Układ do pomiaru fazy różnicowej. Praca dyplomowa. Politechnika Warszawska 1970.
11. Vambera K.: Príspevek ke stanoveni zkresleni diferencialniho zesileni tranzistorowego zesilovace. Slaboproudy obzor 24/1963/ nr 8.
12. Kowrygin W.N., Pogorelow N.I.: Differencjalno-fazowyje iskażeniya w wideousilitielach. Technika Kino i Telewidienja 1964 nr 5.
13. Banfi V.: Distorsione di fase differenziale di uno stadio amplificatore video transistorizzato. Alta Frequenza 1965 nr 6.
14. Piening J.: Über Entstehung und Messung pegelabhängiger Phasen und Amplituden Änderungen bei Hilfsträgerübertragung im Farbferschen. NTZ 1958 nr 2.
15. Podemski A.: Zniekształcenia fazy różnicowej i wzmocnienia różnicowego w urządzeniach telewizyjnych. Przegląd Telekomunikacyjny 1965 nr 11.

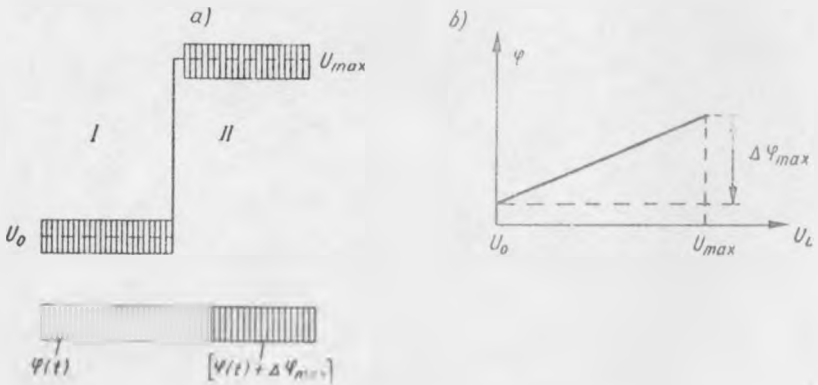
16. Technika cwiętnego telewidenija. Moskwa 1959.
17. Szanto L.: Zniekształcenia typu fazy różnicowej przy nadawaniu sygnałów telewizyjnych z częściowym tłumieniem jednej wstęgi bocznej. Monografie ITR. 1967 nr 3.
18. Stranak F.: Zkrešleni barvonosne vlny diferencialnim ziskom a diferencialni fazi pri prenosu barevneho obrazoveho signalu radiorelejowym spojem s kmitoctovou modulaci. Slaboprůdny obzor 1971 nr 6.
19. Kriwoszejew M.I., Dworkowicz B.P.: Izmierenia w cwiętnom telewidenii. Swiaź 1971.
20. Wolf P.: Eine zweckmässige erweiterung des Impuls und Sprungsignals. Rundfunktechnisch. Mitteilungen 1965 nr 1.
21. Mayer N., Sand R.: Gärete zur messung der Differentiellen Phase und ihre anwendungsmöglichkeiten. Rundfunktechnische Mitteilungen 1964 nr 6.
22. Podemski A.: Sposób pomiaru zniekształceń sygnału chrominancji i urządzenie do stosowania tego sposobu. Patent nr 66075.
23. Voigt K.: Messung Differentieller Phasenfehler Mit Prüfzeitensignalen Ohne Zusätzliche Übertragung Einer Referenzschwingung. Rundfunktechnische Mitteilungen 1969 nr 6.
24. Cassagne P.: Zasady i koncepcje wyposażenia studyjnego dla systemu telewizji kolorowej SECAM. Monografie ITR 1967 nr 3.

25. Mayer N.: Technik des Farbfernsehens in Theorie und Praxis. Berlin 1967.
26. Weaver L.E.: Television measurement techniques. London 1971.

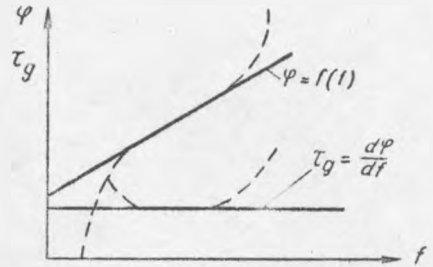




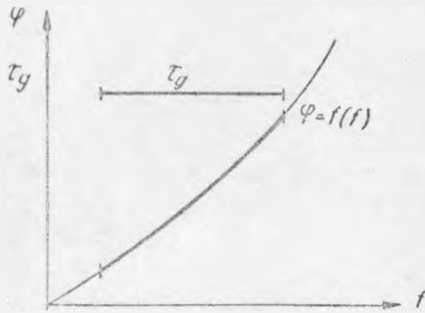
Rys. 1. Wykres trójwymiarowy sygnału telewizyjnego kolorowego



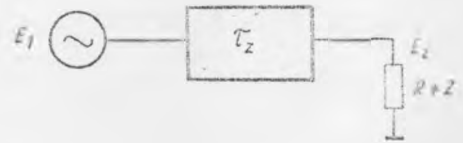
Rys. 2. Powstawanie zniekształceń fazy różnicowej w systemie z modulacją podnośnej chrominancji: a/ przebieg czasowy sygnału chrominancji, b/ przebieg zmiany fazy w funkcji poziomu sygnału luminancji



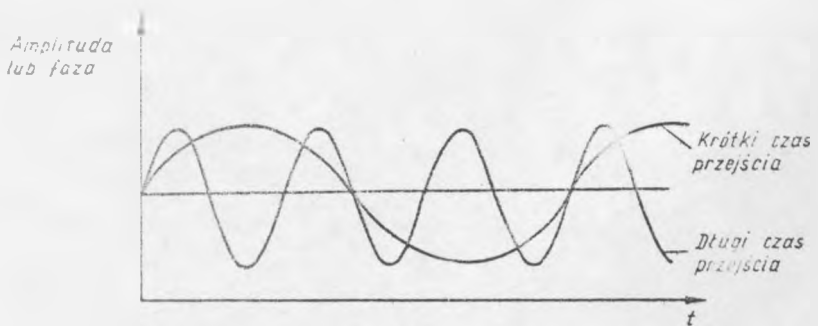
Rys. 3. Przebieg charakterystyk fazowych i grupowego czasu przejścia czwornika telewizyjnego



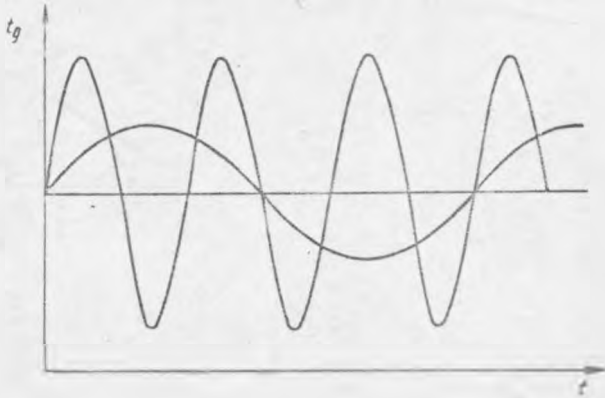
Rys. 4. Charakterystyka fazowa i grupowego czasu przejścia układu wizyjnego



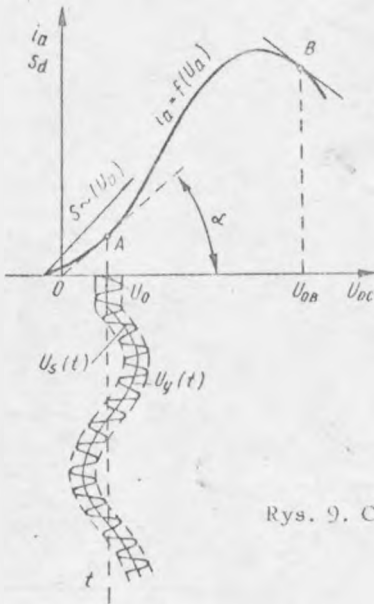
Rys. 5. Odbicia na wejściu czwornika nie dopasowanego



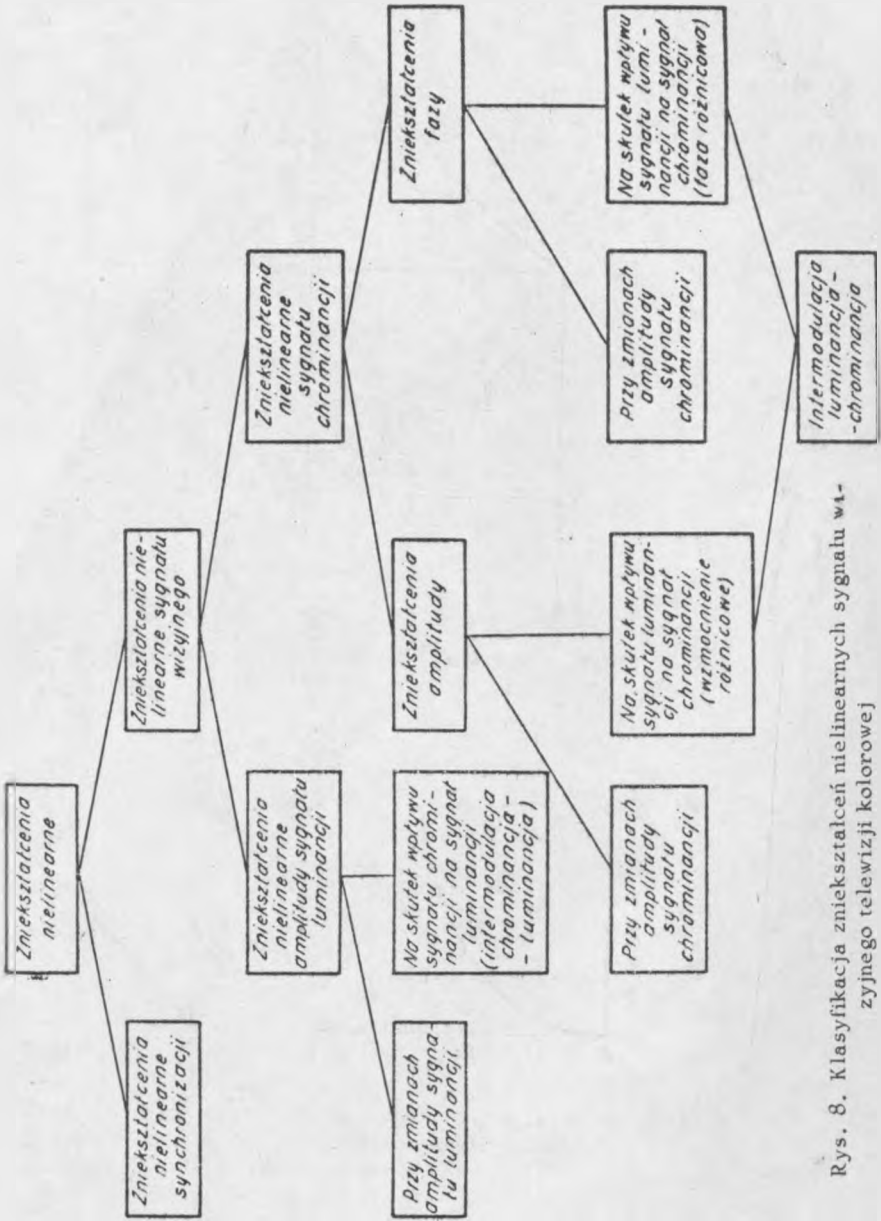
Rys. 6. Zmiany amplitudy i fazy na wejściu czwornika



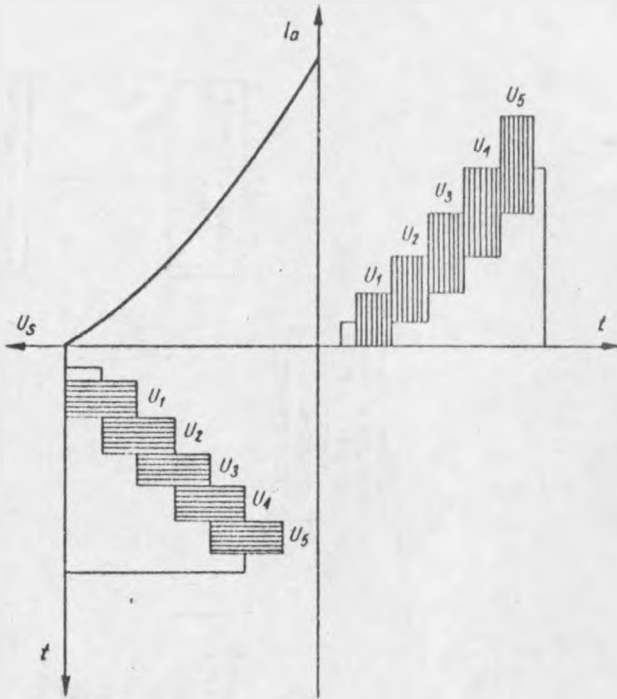
Rys. 7. Zmiany grupowego czasu przejścia odpowiadające szybkim i powolnym zmianom fazy



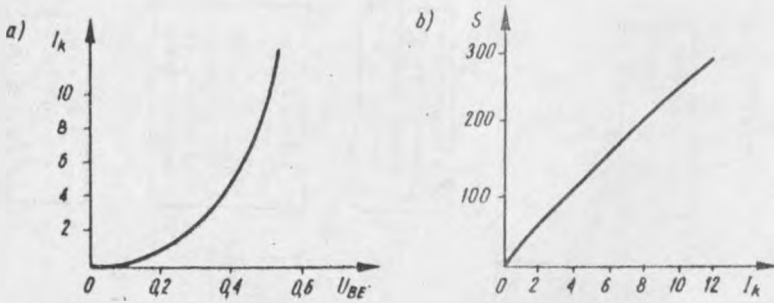
Rys. 9. Charakterystyka układu o zmiennej rezystancji



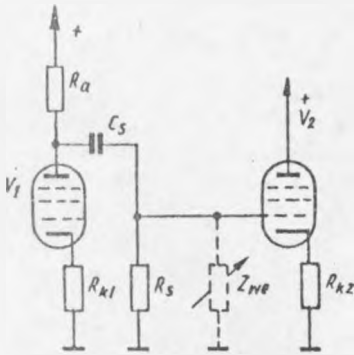
Rys. 8. Klasyfikacja zniekształceń nieliniarnych sygnału wizyjnego telewizji kolorowej



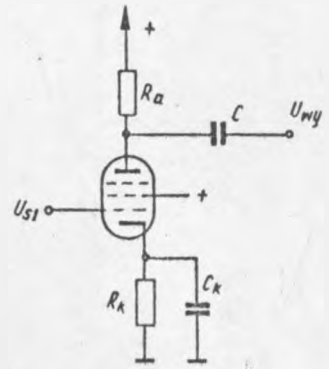
Rys. 10. Sygnal na wejściu i wyjściu czwórnika nieliniarnego



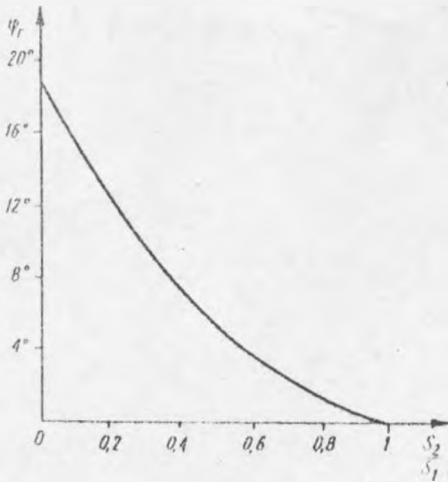
Rys. 11. Charakterystyka tranzystora: a/ charakterystyka przejściowa, b/ nachylenie charakterystyki



Rys. 12. Schemat układu wzmacniacza wizyjnego



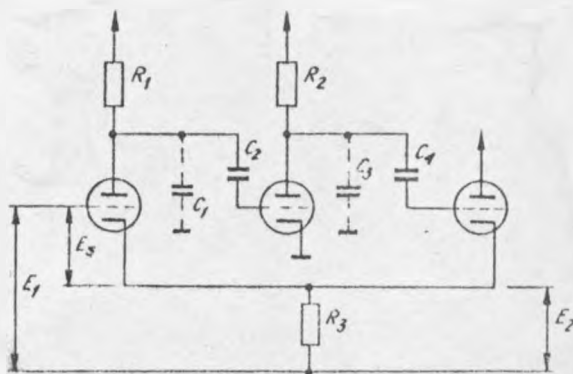
Rys. 13. Schemat układu wzmacniacza z korekcją w obwodzie katody



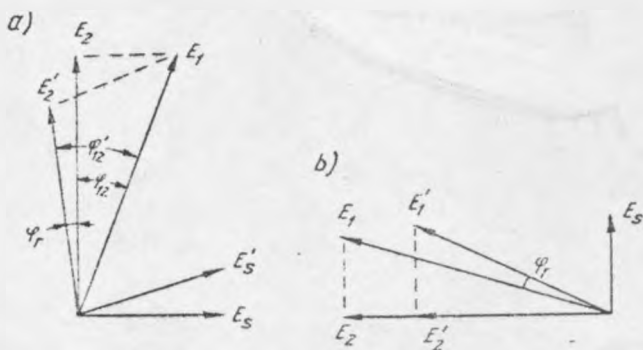
Rys. 14. Zależność fazy różnicowej w funkcji  $S_2/S_1$



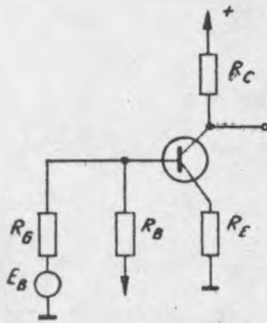
Rys. 15. Wpływ nieliniowości charakterystyki wzmacniacza i sygnału pasożytniczego podnośnej chrominancji na fazę różnicową



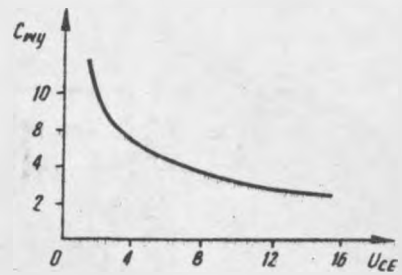
Rys. 16. Schemat wzmacniacza tranzystorowego



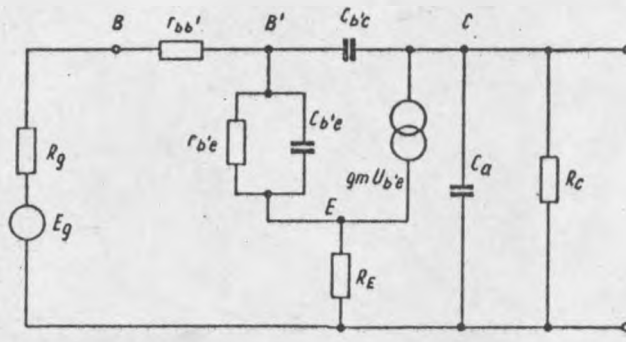
Rys. 17. Wykresy wektorowe napięć wzmacniacza z ujemnym sprzężeniem zwrotnym: a/ wykres wektorowy przy założeniu  $E_s = \text{const}$ , b/ wykres wektorowy przy założeniu  $E_1 = \text{const}$



Rys. 18. Schemat tranzystorowego wzmacniacza wizyjnego



Rys. 20. Zmiany pojemności wyjściowej



Rys. 19. Schemat zastępczy wzmacniacza tranzystorowego

$$R'_g = R_g \parallel R_b$$

$r_{bb'}$  - rezystancja rozproszona bazy

$r'_{bc}$  - rezystancja dyfuzyjna złącza emiter-baza

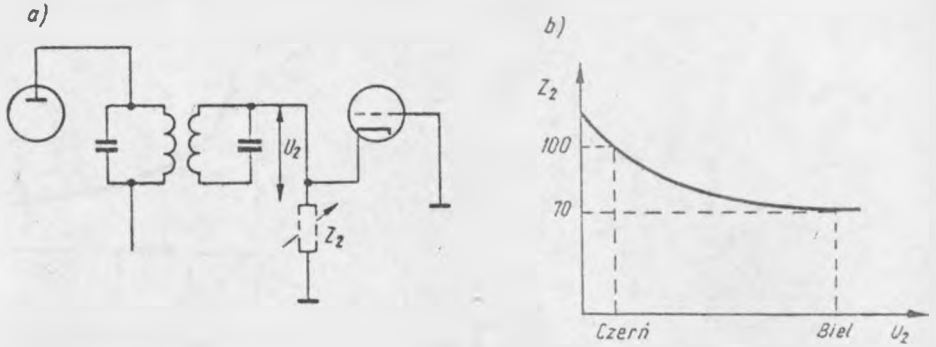
$C'_{bc}$  - pojemność wewnętrzna złącza baza-kolektor

$C_{be}$  - pojemność dyfuzyjna złącza emiter-baza

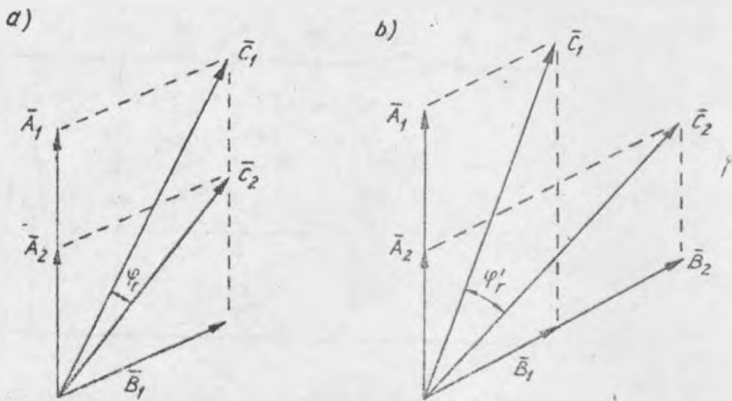
$C_a$  - pojemność wyjściowa

$g_{in}$  - nachylenie wewnętrzne tranzystora

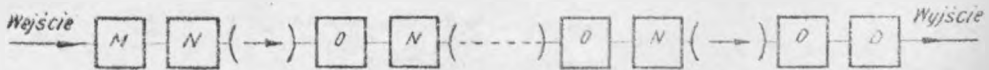




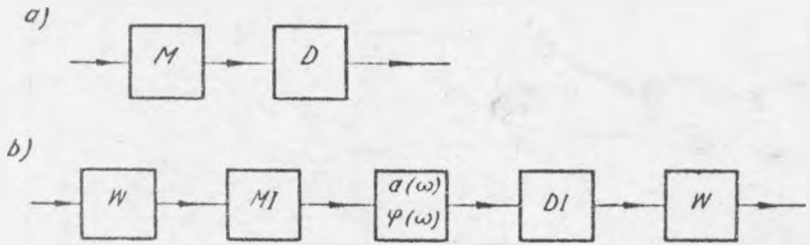
Rys. 21. Zniekształcenia fazy różnicowej we wzmacniaczu liniowym: a/ schemat układu, b/ zmiany impedancji  $Z_2$  w funkcji poziomu sygnału



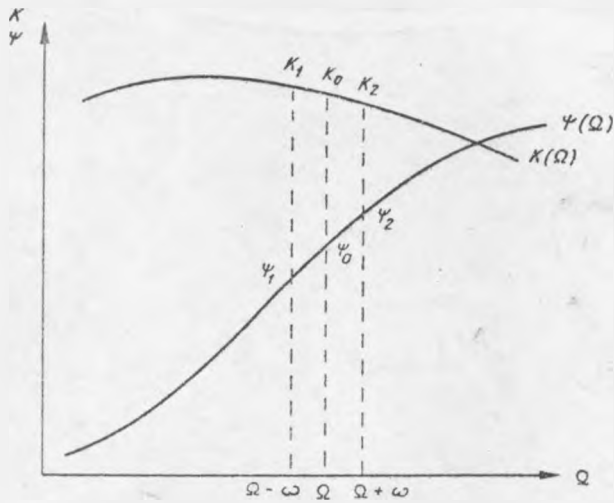
Rys. 22. Wykresy wektorowe napięć nadajnika telewizyjnego przy sumowaniu mocy



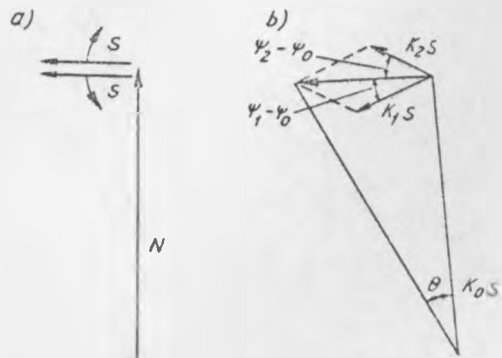
Rys. 23. Ogólny schemat blokowy trasy linii radiowej



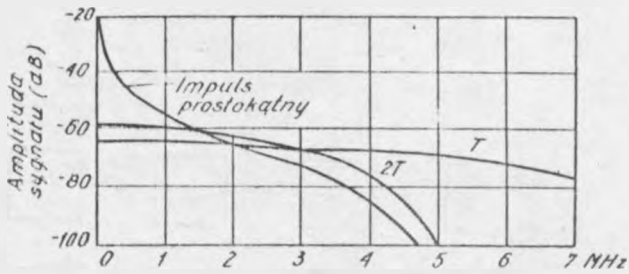
Rys. 24. Schemat blokowy odcinka linii radiowej



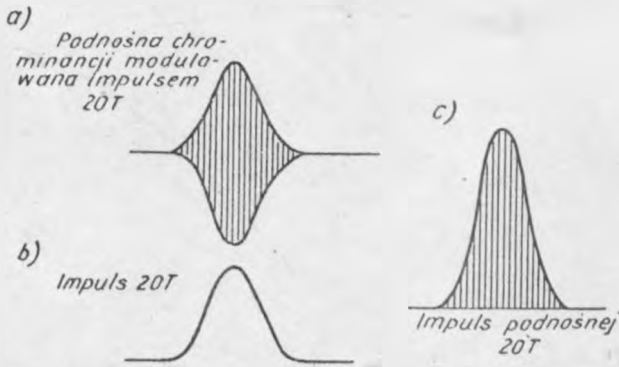
Rys. 25. Charakterystyka tłumieniowa i fazowa toru wielkiej częstotliwości



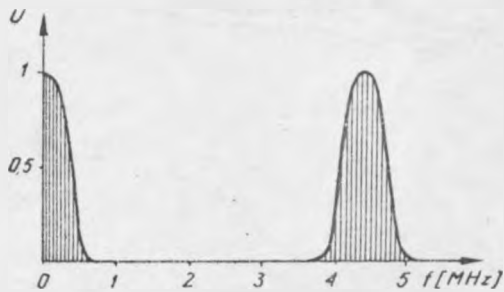
Rys. 26. Wykres widma nośnej i częstotliwości bocznych



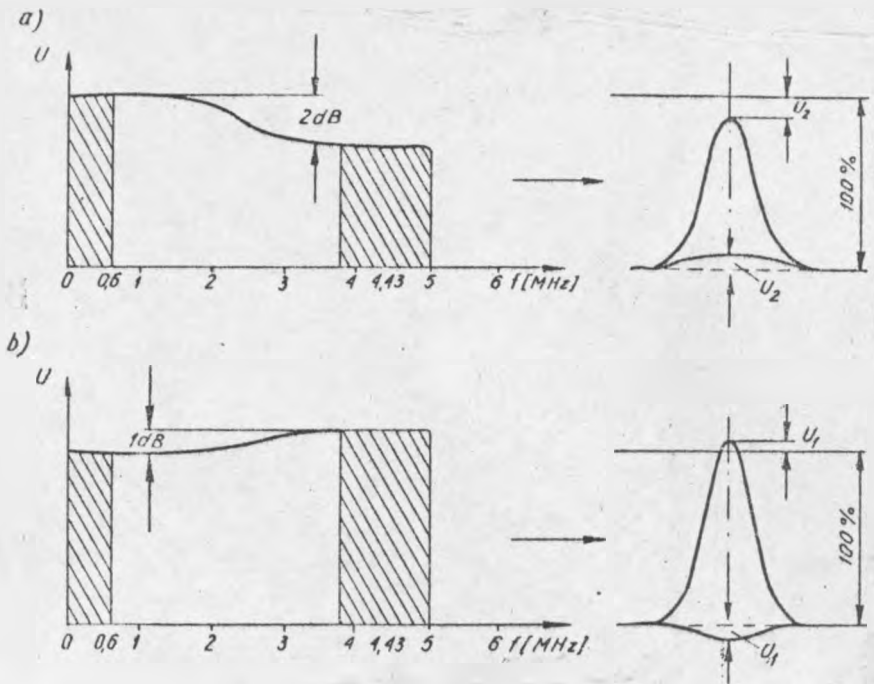
Rys. 27. Charakterystyka widna sygnałów testowych



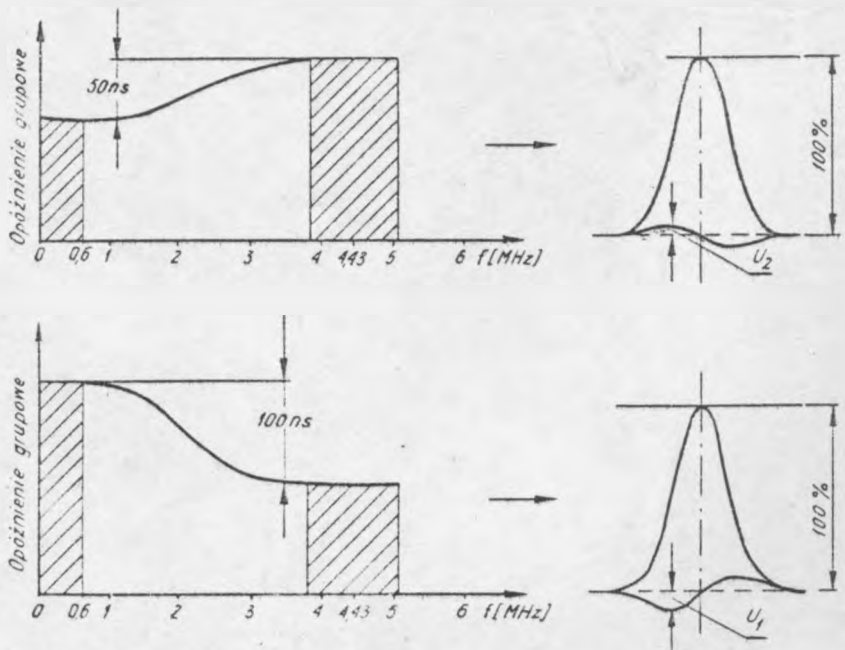
Rys. 28. Wytwarzanie modulowanego impulsu  $\sin^2 20T$



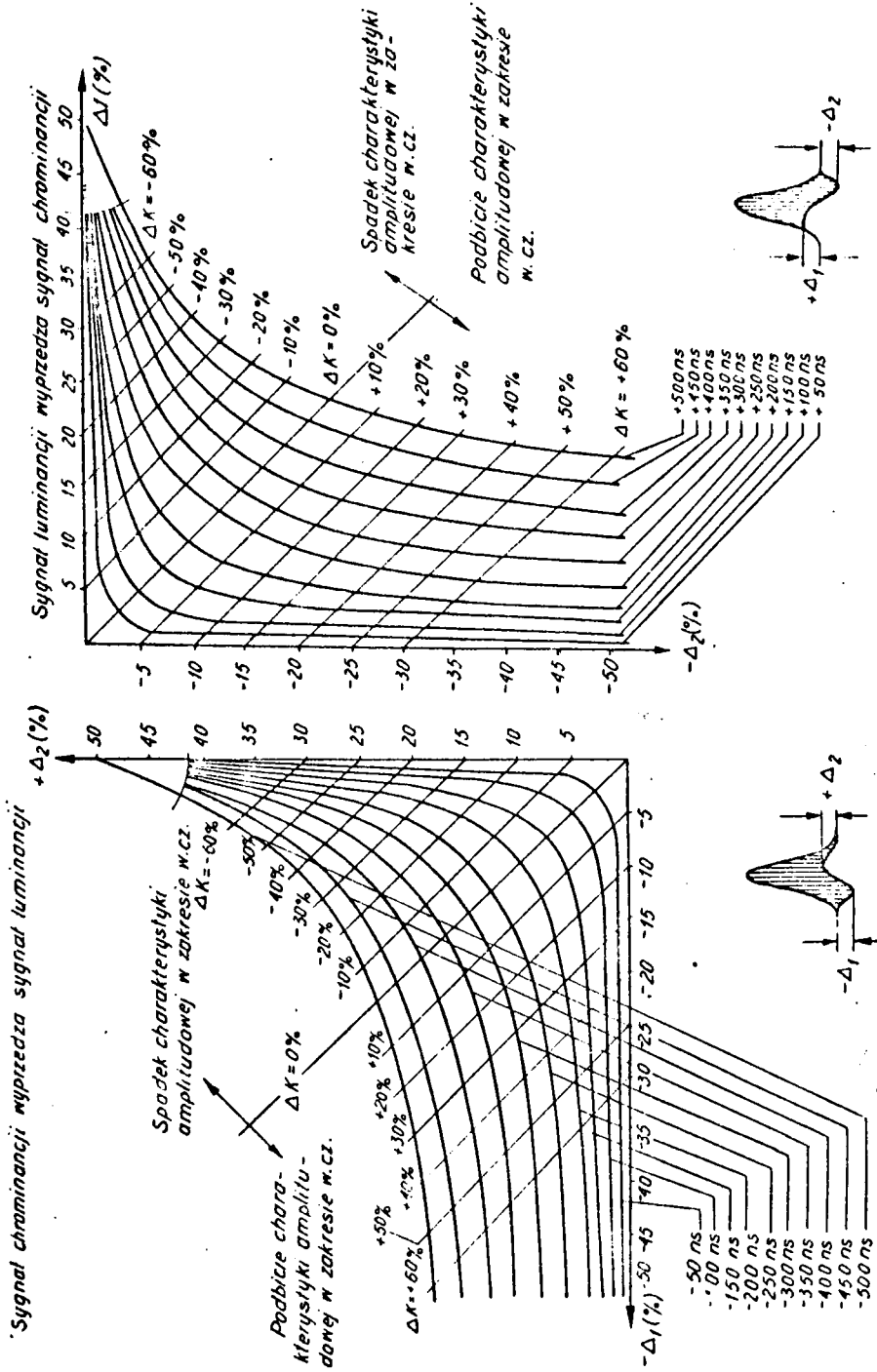
Rys. 29. Charakterystyka widna modulowanego impulsu  $\sin^2 20T$



Rys. 30. Zniekształcenia impulsu  $\sin^2 20t$  wywołane zniekształceniami tłumieniowymi

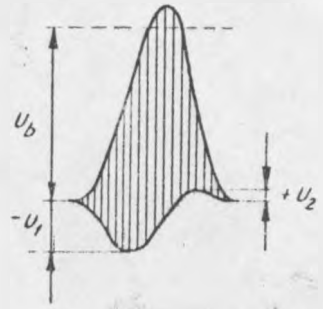


Rys. 31. Zniekształcenia impulsu  $\sin^2 20t$  wywołane zniekształceniami fazowymi

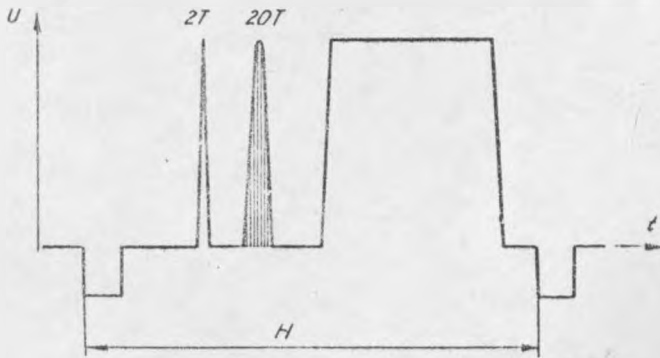
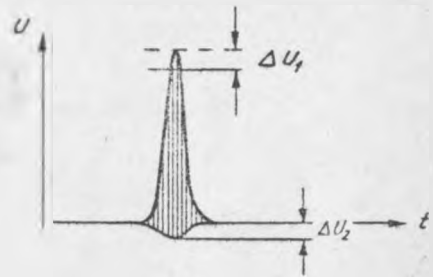


Rys. 33. Wykresy do określania różnicy wzmocnienia i czasu przejścia

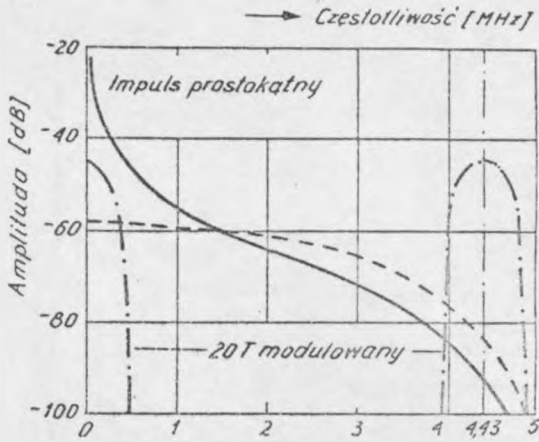
Rys. 32. Zniekształcenia impulsu  $\sin^2 20T$  wywołane zniekształceniami tłumieniowymi i fazowymi



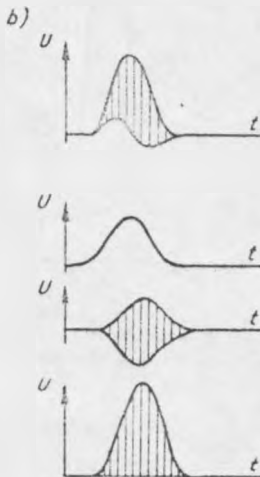
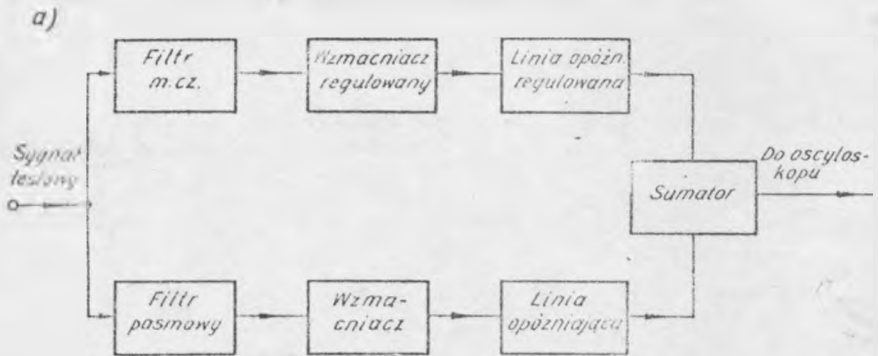
Rys. 34. Zniekształcenia impulsu  $\sin^2 20T$  wywołane zniekształceniami linearnymi i nieliniarnymi



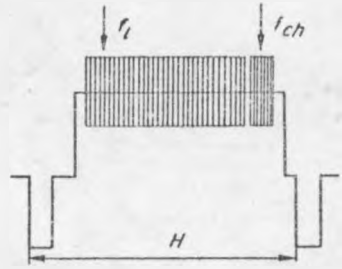
Rys. 35. Całkowity sygnał testowy do pomiaru zniekształceń linearnych torów przesyłowych telewizji kolorowej



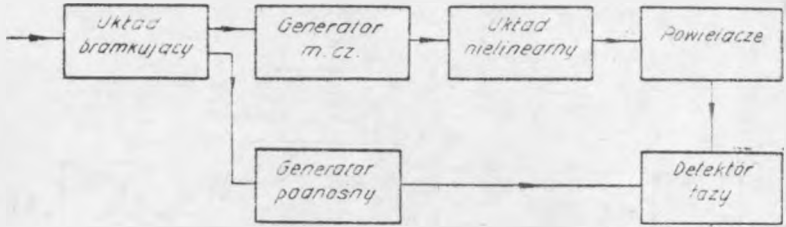
Rys. 36. Charakterystyki widma sygnału z rys.35



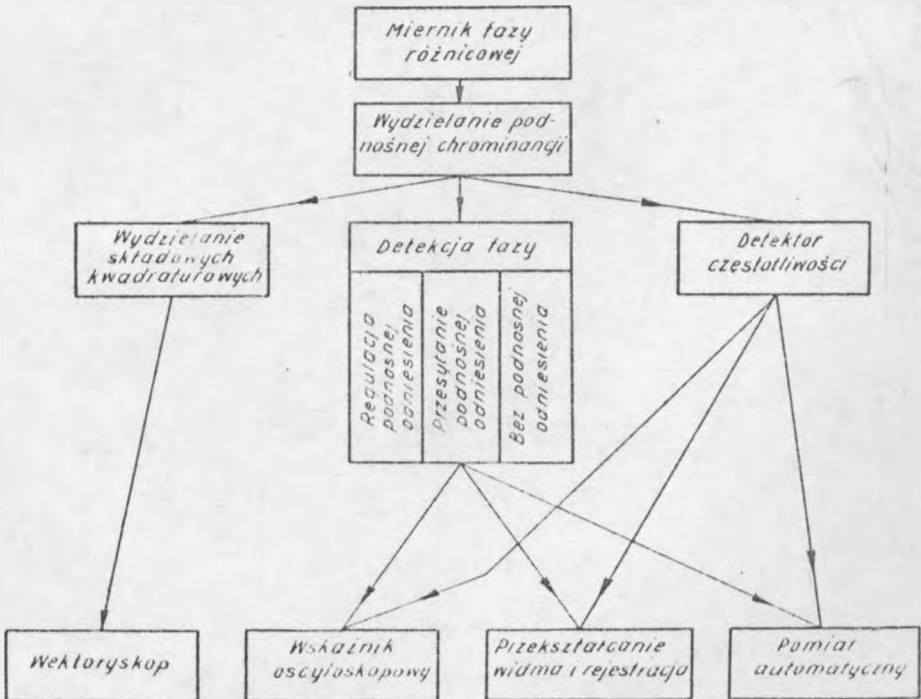
Rys. 37. Schemat blokowy układu pomiarowego metodą kompensacyjną



Rys. 38. Sygnal testowy grup częstotliwości

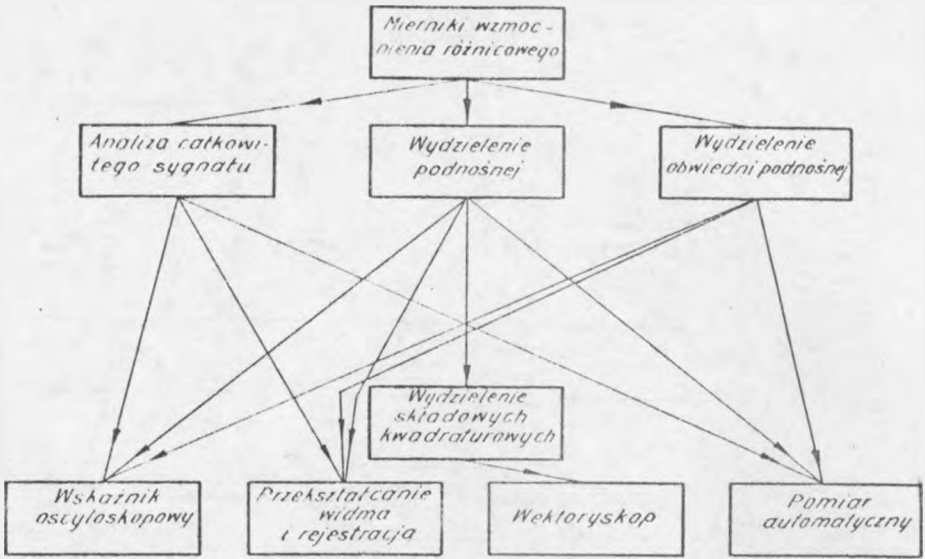


Rys. 39. Schemat blokowy układu pomiarowego

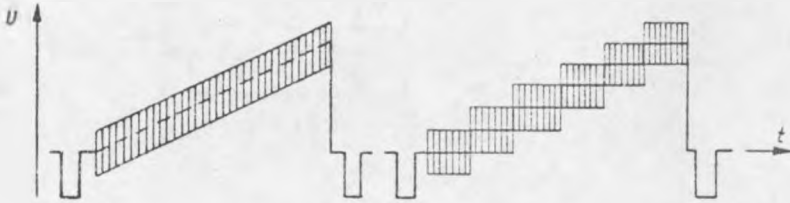


Rys. 40. Podział metod pomiaru fazy różnicowej

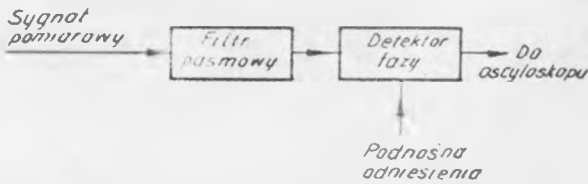




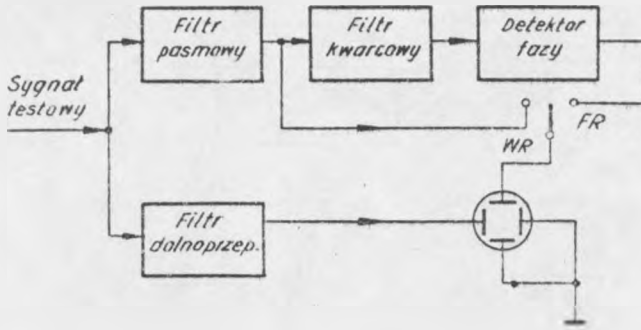
Rys. 41. Podział metod pomiaru wzmacnienia różnicowego



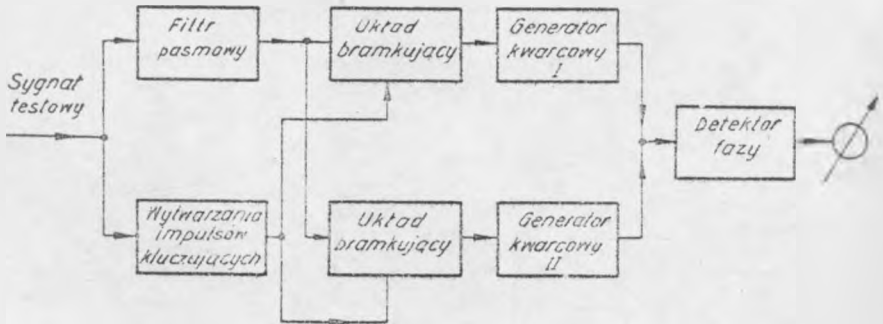
Rys. 42. Sygnały testowe do pomiaru zniekształceń różnicowych



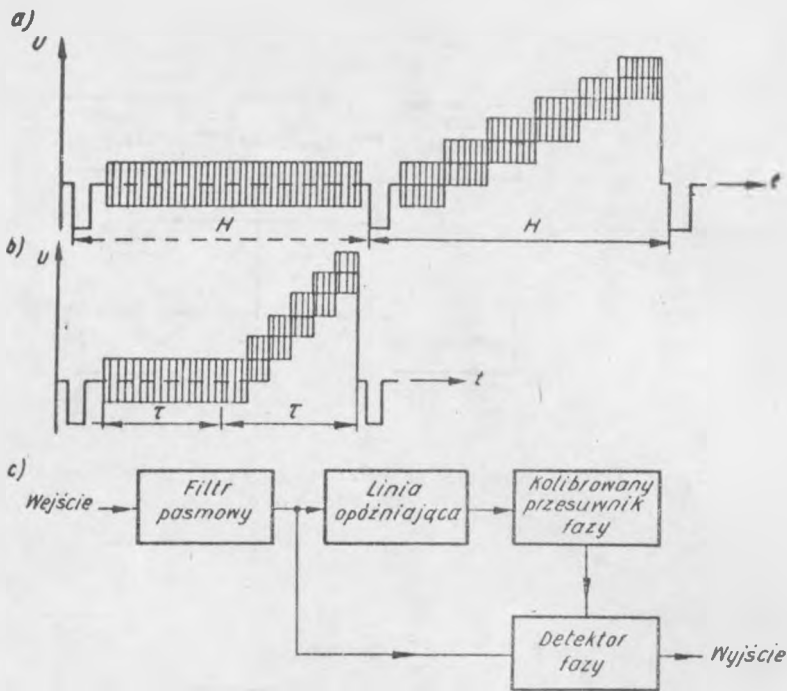
Rys. 43. Zasada pomiaru fazy różnicowej



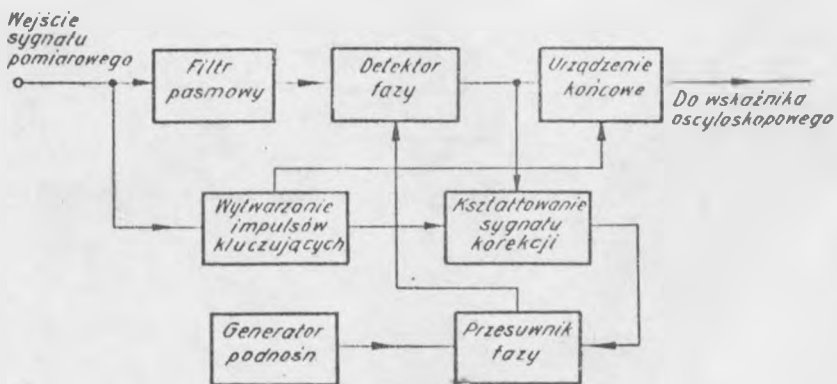
Rys. 44. Uproszczone schemat blokowy przyrządu do pomiaru fazy różnicowej



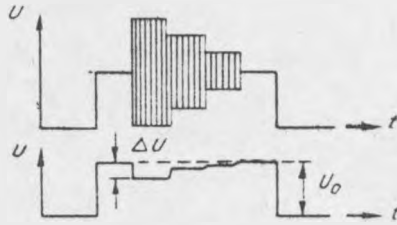
Rys. 45. Układ z dwoma generatorami do pomiaru fazy różnicowej



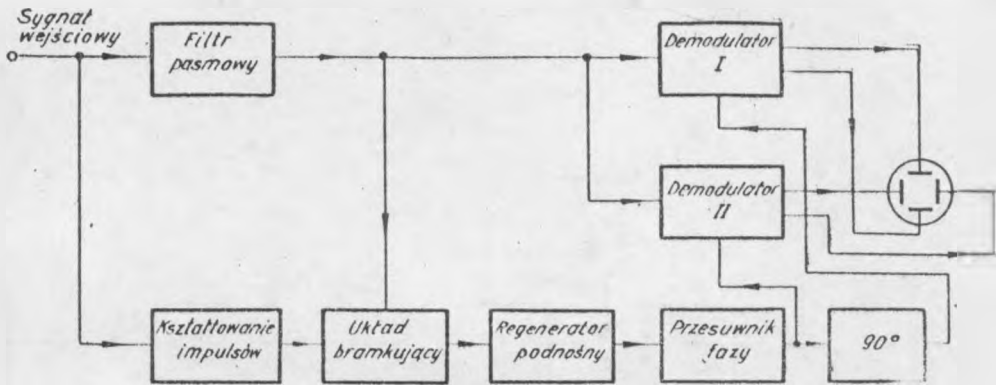
Rys. 46. Pomiar fazy różnicowej bez regeneracji pełnołkowej: a/ sygnał testowy I, b/ sygnał testowy II, c/ schemat blokowy układu pomiarowego



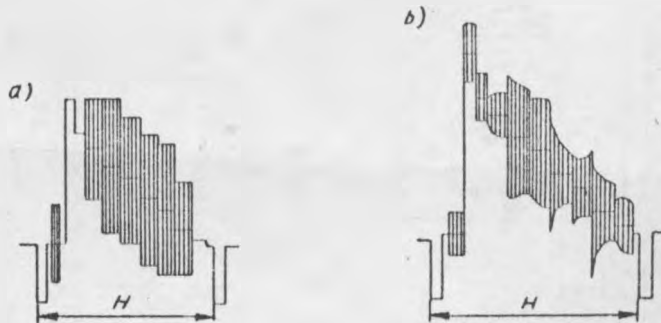
Rys. 47. Układ do pomiaru fazy różnicowej z podstrajającym generatorem pełnołkowej



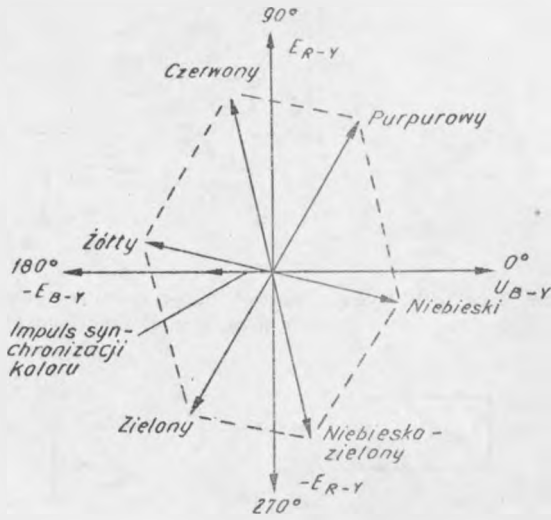
Rys. 48. Sygnał testowy do pomiaru wpływu sygnału chrominancji na sygnał luminancji



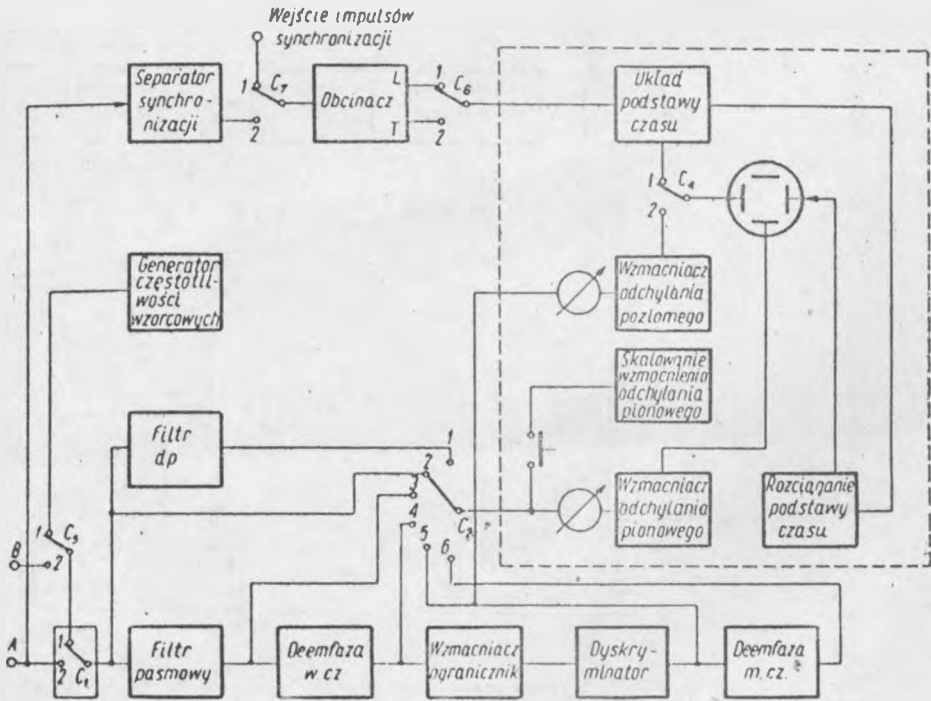
Rys. 49. Schemat blokowy wektoryskopu



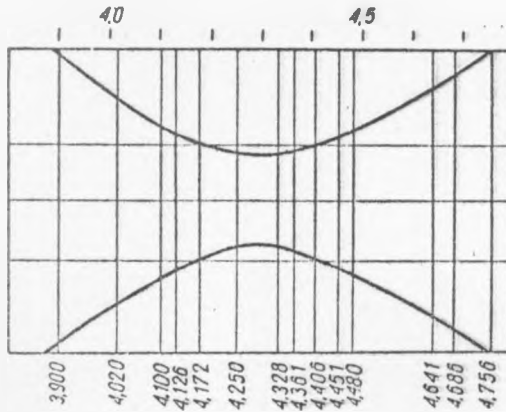
Rys. 50. Sygnał testowy pasów kolorowych: a/ z modulacją amplitudy, b/ z modulacją częstotliwości



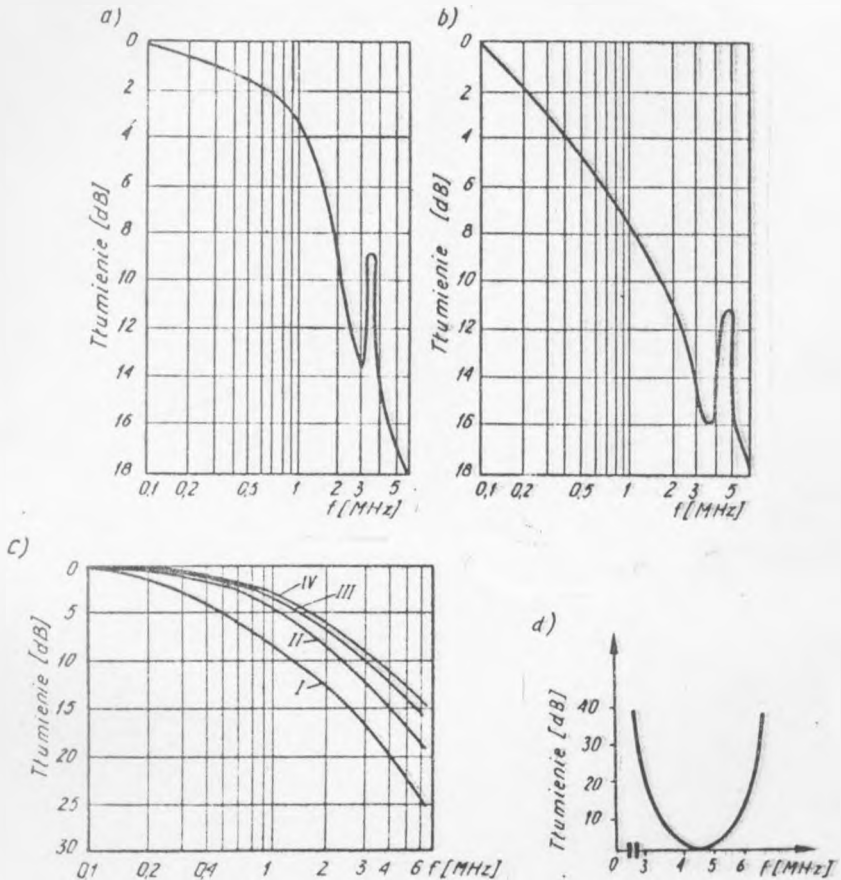
Rys. 51. Obraz sygnału testowego pasów kolorowych na ekranie wektoryskopu



Rys. 52. Schemat blokowy secanoskopu



Rys. 53. Obraz sygnału pasów kolorowych odtwarzany na ekranie secamskopu



Rys. 54. Charakterystyki tłumieniowe filtrów wazkości: a) dla systemu NTSC, b) dla systemu PAL, c) dla sygnału luminancji i sygnałów kolorów podstawowych: I - tor luminancji, II - tor niebieski, III - tor czerwony, IV - tor zielony, d) dla sygnału chrominancji

