

9 / 1

Nr 69

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
WARSZAWA — MIEDZESZYN

BIBLIOTEKA
Instytutu Łączności
№ _____

PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI



BIBLIOTEKA
Instytutu Łączności

№ _____

PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

ROK 11

WARSZAWA 1971

NR 69

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 REKOPISU

29

Redaktor: J. Borkowska

Montaż tekstu: B. Drabik

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 800. Wpłynęło do
Działu Wydawniczego 21.09.1971 r.
Druk ukończono w październiku 1971 r.

PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

Andrzej Kielkiewicz

ZAGADNIENIA PRZYSTOSOWANIA ISTNIEJĄCEJ SIECI TRANSMISYJNEJ I SIECI NADAJNIKÓW DO POTRZEB TELEWIZJI KOLOROWEJ

SPIS TREŚCI

	Str.
1. Wstęp	1
2. Charakterystyczne cechy całkowitego sygnału wizyjnego obrazu kolorowego	3
3. Określenie parametrów technicznych istotnych dla telewizji kolorowej	9
4. Przegląd metod pomiarowych stosowanych do po- miarów parametrów transmisyjnych urządzeń te- lewizji kolorowej	15
5. Kryteria oceny przydatności urządzeń telewi- zyjnych do celów telewizji kolorowej	23
6. Badanie urządzeń linii transmisyjnych i nadajników telewizyjnych	36
6.1. Zakres przeprowadzanych badań	36
6.2. Organizacja pomiarów	37
6.3. Przebieg i wyniki badań telewizyjnych linii transmisyjnych	40

6.4. Przebieg i wyniki badań nadajników telewizyjnych	48
7. Wytyczne przystosowania istniejącej sieci transmisyjnej i sieci nadajników do potrzeb telewizji kolorowej	56

ZAGADNIENIA PRZYSTOSOWANIA ISTNIEJĄCEJ
SIECI TRANSMISYJNEJ I SIECI NADAJNIKÓW
DO POTRZEB TELEWIZJI KOLOROWEJ

1. WSTĘP

Wprowadzenie telewizji kolorowej do eksploatacji i rozpoczęcie nadawania normalnych programów musi być poprzedzone okresem przygotowawczym, poświęconym na odpowiednie wyposażenie telewizyjnych ośrodków programowych oraz sieci transmisyjnej i nadawczej w urządzenia przystosowane do telewizji kolorowej, na zorganizowanie produkcji odbiorników telewizji kolorowej i wreszcie na przeszkolenie personelu technicznego w zakresie obsługi eksploatacyjnej urządzeń telewizji kolorowej i obsługi odbiorników. Oczywiście przebieg okresu przygotowawczego może być bardzo różny, zależny przede wszystkim od przyjętej koncepcji wprowadzania telewizji kolorowej do eksploatacji, od stanu technicznego istniejącej sieci telewizji czarno-białej oraz od wielkości funduszy inwestycyjnych przeznaczanych na ten cel. Odnosi się to w szczególności do telewizyjnej sieci nadawczej, obejmującej telewizyjne ośrodki programowe, sieć linii transmisyjnych oraz sieć nadajników.

Możliwe są tu dwa krańcowe rozwiązania. Jedno z nich

polega na budowie odrębnej sieci telewizji kolorowej całkowicie niezależnej od istniejącej sieci telewizji czarno-białej. Jest zrozumiałe, że takie rozwiązanie jest bardzo kosztowne, wymagające zaangażowania poważnych środków finansowych, gdyż cała sieć musi być budowana "od nowa".

Podstawowym założeniem drugiego rozwiązania jest wykorzystanie w maksymalnym stopniu, o ile na to pozwalają warunki techniczne, urządzeń istniejącej sieci telewizji czarno-białej i uzupełnienie jej tylko tymi urządzeniami, które są niezbędne w celu przystosowania jej do potrzeb telewizji kolorowej. Takie rozwiązanie charakteryzuje się, w przeciwieństwie do pierwszego, stosunkowo niskimi nakładami inwestycyjnymi. Z drugiej jednak strony, parametry jakościowe sieci telewizyjnej, adaptowanej w ten sposób, są niższe, gdyż pracuje tu szeregi urządzeń już częściowo przestarzałych, nie produkowanych specjalnie dla telewizji kolorowej. Jednocześnie rozwiązanie to cechuje w pewnym stopniu konieczność realizacji etapami. W pierwszym etapie poszczególne odcinki sieci telewizji czarno-białej zostają kolejno dostosowywane do potrzeb telewizji kolorowej, dzięki czemu stopniowo cała sieć telewizyjna zostaje objęta możliwościami nadawania programu kolorowego. W drugim etapie zostają wymienione urządzenia telewizji czarno-białej, które zostały uznane za nadające się do telewizji kolorowej i pozostawione w sieci. Wymiana ta następuje po okresie przyjętym za normalny czas użytkowania danego rodzaju urządzenia, wynoszącym przeciętnie kilka do kilku-

nastu lat. Dopiero po zakończeniu drugiego etapu modernizacji sieci telewizyjnej można uznać ją za całkowicie przebudowaną zgodnie z wymogami telewizji kolorowej.

Należy uznać, że jedyną, uzasadnioną ekonomicznie, drogą przystosowania telewizyjnej sieci transmisyjnej oraz sieci nadajników do potrzeb telewizji kolorowej jest w naszych warunkach krajowych ograniczenie inwestycji związanych z importem urządzeń (głównie z krajów kapitalistycznych) do niezbędnego minimum. Oznacza to jednocześnie konieczność wykorzystania w maksymalnym stopniu urządzeń istniejącej sieci telewizji czarno-białej do telewizji kolorowej. Poza tym należy przyjąć zasadę, aby dalsza rozbudowa sieci i jej modernizacja były prowadzone pod kątem widzenia potrzeb telewizji kolorowej tak, aby w chwili podjęcia emisji programu kolorowego sieć była już przygotowana do nowych zadań.

W tej sytuacji wydaje się celowe rozpatrzyć bardziej szczegółowo zagadnienia związane z badaniami przydatności istniejącej sieci transmisyjnej i sieci nadajników telewizji czarno-białej do potrzeb telewizji kolorowej.

2. CHARAKTERYSTYCZNE CECHY

CAŁKOWITEGO SYGNAŁU WIZYJNEGO OBRAZU KOLOROWEGO

Wszystkie trzy obecnie eksploatowane na świecie systemy telewizji kolorowej: NTSC, PAL i SECAM charakteryzują się następującymi cechami wspólnymi:

a) przyjęciem zasady tzw. trójbodźcowego dostrzegania kolorów przez oko ludzkie, w myśl której dowolny ko-

lor można uzyskać przez sumowanie we właściwych proporcjach bodźców świetlnych w trzech kolorach przyjętych za podstawowe: czerwonym (R), zielonym (G) i niebieskim (B);

b) przesyłaniem w formie sygnałów elektrycznych dwóch rodzajów informacji:

- tzw. sygnału luminancji, w zasadzie identycznego jak sygnał wizyjny obrazu czarno-białego, zawierającego informacje o jasności poszczególnych elementów obrazu,
- tzw. sygnału chrominancji, zawierającego informacje o barwie i nasyceniu kolorów poszczególnych elementów obrazu;

c) Przesyłaniem sygnału chrominancji w formie tzw. podnośnej chrominancji o częstotliwości zawartej w górnej części pasma wizyjnego, modulowanej dwoma niezależnymi sygnałami, zwanymi sygnałami różnicowymi koloru;

d) przesyłaniem sygnałów synchronizacji (lub identyfikacji) kolorów w celu umożliwienia prawidłowego odтворzenia kolorów w odbiorniku.

Dzięki przyjęciu takich zasad przesyłania sygnałów we wszystkich trzech systemach telewizji kolorowej jest spełniony warunek odpowiedniości z systemem telewizji czarno-białej. Warunek ten zapewnia możliwość odbioru sygnału telewizji kolorowej za pośrednictwem odbiornika telewizji czarno-białej i uzyskanie prawidłowego obrazu, oczywiście czarno-białego.

W konsekwencji przyjętych zasad telewizji kolorowej

proces tworzenia całkowitego sygnału obrazu kolorowego można podzielić na następujące etapy:

a) w wyniku analizy obrazu kolorowego uzyskuje się trzy sygnały wizyjne kolorów podstawowych R, G, B, reprezentujące: czerwoną (R), zieloną (G) i niebieską (B) składowe nadawanego obrazu;

b) sygnały wizyjne kolorów podstawowych przekształca się w tzw. układach macierzowych na trzy inne sygnały, a mianowicie:

- na sygnał luminancji Y, który jest określony zależnością $Y = 0,30 R + 0,59 G + 0,11 B$ i zawiera składowe wszystkich trzech kolorów podstawowych, dobrane w takich proporcjach, że dają one właściwe wrażenia psychofizjologiczne jaskrawości, dzięki czemu sygnał luminancji jest ścisłym odpowiednikiem sygnału obrazu czarno-białego;

- na dwa sygnały, zwane sygnałami różnicowymi kolorów, oznaczane odpowiednio R-Y oraz B-Y, powstające przez odjęcie od sygnału koloru podstawowego R i od sygnału koloru podstawowego B sygnału luminancji Y;

c) każdym z sygnałów różnicowych kolorów niezależnie moduluje się podnośną chrominancji, uzyskując w ten sposób sygnał chrominancji;

d) w specjalnych układach impulsowych wytwarza się sygnały synchronizacji (lub identyfikacji) kolorów;

e) sumuje się sygnał luminancji, sygnał chrominancji

oraz sygnał synchronizacji (lub identyfikacji) kolorów, tworząc w ten sposób całkowity sygnał wizyjny obrazu kolorowego.

Różnice, jakie występują między opisywanymi trzema systemami telewizji kolorowej NTSC, PAL i SECAM, dotyczą w zasadzie jedynie sposobu modulacji podnośnej chrominancji sygnałami różnicowymi kolorów. Pomijamy tu różnice w standardach telewizyjnych, bowiem system NTSC jest użytkowany w Stanach Zjednoczonych Ameryki i Japonii w standardzie 525-liniowym przy 30 obrazach na sekundę, zaś systemy PAL i SECAM - w Europie w standardzie 625-liniowym przy 25 obrazach na sekundę. Różnice standardów nie mają w tym przypadku wpływu na nasze rozważania, gdyż charakter całkowitego sygnału telewizji kolorowej pozostaje nie zmieniony.

W systemie NTSC stosuje się tzw. modulację kwadraturową, polegającą na tym, że każdym z sygnałów różnicowych kolorów moduluje się amplitudowo podnośną chrominancji, przy czym faza sygnału podnośnej w jednym modulatorze jest przesunięta o 90° względem fazy tego sygnału w drugim modulatorze. Zmodulowane w ten sposób oba sygnały sumuje się, uzyskując sygnał chrominancji o modułowanej amplitudzie i fazie.

System telewizji kolorowej PAL jest bardzo zbliżony do systemu NTSC pod względem sposobu uzyskiwania sygnału chrominancji. Przyjęto tu bowiem również modulację kwadraturową, z tą różnicą, że polaryzację jednego z sygnałów różnicowych koloru, modulujących podnośną chro-

minancji, odwraca się na przeciwną w okresach następujących po sobie linii wybierania.

Inny system modulacji, a mianowicie modulację częstotliwościową przyjęto w systemie SECAM. Ponieważ nie można przeprowadzać modulacji częstotliwościowej jednocześnie dwoma niezależnymi sygnałami, w systemie SECAM moduluje się podnośną chrominancji jednym z sygnałów różnicowych koloru w okresie jednej linii wybierania, zaś w okresie następnej linii - drugim sygnałem.

Różnice, jakie występują między kształtem całkowitego sygnału wizyjnego obrazu kolorowego i całkowitego sygnału wizyjnego obrazu czarno-białego wykazano na przykładzie obrazu pasów kolorowych o następującej kolejności barw: białej, żółtej, turkusowej, zielonej, purpurowej, czerwonej, niebieskiej i czarnej (rys. 2.1)^{x)}.

Na zmianę kształtu sygnału wizyjnego wpływa również obecność impulsów synchronizacji (lub identyfikacji) kolorów. W systemach NTSC i PAL impulsy synchronizacji kolorów przesyła się w postaci wąskich impulsów podnośnej chrominancji, przesyłanych na tylnym progu wygaszania linii (rys. 2.2). W systemie SECAM natomiast impulsy identyfikacji kolorów przesyła się w czasie trwania impulsu wygaszania pola, w okresie kilku linii wybierania (rys. 2.3).

Pomimo wykazanych różnic kształtu całkowitego sygnału wizyjnego obszaru czarno-białego i kolorowego, oba rodzaje sygnałów muszą być prawidłowo przenoszone przez

^{x)} Wszystkie rysunki są zamieszczone na końcu artykułu.

urządzenia telewizyjne przy zachowaniu warunków, o których będzie mowa poniżej. Jest to zgodne ze wspomnianym już warunkiem odpowiedniości systemu telewizji kolorowej z systemem telewizji czarno-białej.

Dodanie sygnału chrominancji do sygnału wizyjnego luminancji nie zmienia szerokości pasma częstotliwości wizyjnych, jakie przyjęto w telewizji czarno-białej (rys. 2.4), dzięki czemu zostaje zachowany warunek odpowiedniości. Następuje jednak istotna zmiana w rozkładzie energii w widmie częstotliwości sygnału wizyjnego obrazu kolorowego. Jak wiadomo, widmo sygnału wizyjnego ma charakter prążkowy, przy czym występują w nim jedynie harmoniczne częstotliwości linii i częstotliwości pola. W sygnale obrazu czarno-białego (sygnale luminancji) obserwuje się bardzo szybki spadek energii przenoszonej przez kolejne harmoniczne częstotliwości linii (rys. 2.5a), natomiast energia przenoszona przez sygnał chrominancji jest zgromadzona w górnej części pasma częstotliwości wizyjnych (rys. 2.5b). Okoliczność ta jest powodem, że w telewizji kolorowej należy zwrócić szczególną uwagę na zniekształcenia w górnej części pasma wizyjnego, gdzie jest przesyłany sygnał chrominancji. Zniekształcenia te bowiem wpływają w decydujący sposób na jakość odtwarzanego obrazu kolorowego, natomiast nie odgrywają istotnej roli w telewizji czarno-białej, gdyż energia sygnału wizyjnego przenoszona w tym zakresie częstotliwości jest bardzo mała.

3. OKREŚLENIE PARAMETRÓW TECHNICZNYCH ISTOTNYCH DLA TELEWIZJI KOLOROWEJ

Wśród urządzeń telewizyjnych można wydzielić grupę urządzeń przeznaczonych do przesyłania całkowitego sygnału wizyjnego. Urządzenia należące do tej grupy tworzą przeważającą część nadawczego toru wizyjnego od źródła sygnału obrazu do wyjścia z nadajnika. Zalicza się do nich przede wszystkim urządzenia linii transmisyjnych radiowych i kablowych, nadajniki telewizyjne, a także wiele urządzeń wizyjnych, jak wzmacniacze rozdzielcze i korekcyjne, urządzenia komutacyjne itp. Jest to okoliczność bardzo ważna, która oznacza, że przeważająca część urządzeń telewizyjnych może być użytkowana zarówno w telewizji czarno-białej jak i w telewizji kolorowej, jeśli weźmie się pod uwagę, że wszystkie obecnie używane systemy telewizji kolorowej spełniają warunek odpowiedniości z systemem telewizji czarno-białej.

W tej sytuacji warto jest zastanowić się, jakie warunki techniczne powinny spełniać urządzenia telewizyjne, aby mogły być wykorzystywane w telewizji kolorowej, zapewniając uzyskanie obrazu możliwie najwyższej jakości. Odpowiedź na to pytanie ma istotne znaczenie w szczególności dla urządzeń istniejącej sieci transmisyjnej i sieci nadajników, pozwalając określić, czy i w jakim stopniu urządzenia te można będzie wykorzystywać do celów telewizji kolorowej oraz jakie należy zastosować przedsięwzięcia techniczne, aby te sieci przystosować.

Jest oczywiste, że jakość uzyskiwanego obrazu zarówno kolorowego jak i kompatybilnego obrazu czarno-białego będzie tym wyższa, im mniejsze będą zniekształcenia sygnału na trasie przesyłowej. W przypadku sygnału wizyjnego obrazu kolorowego należy zwrócić uwagę na prawidłowe przesyłanie jego obu składowych: sygnału luminancji oraz sygnału chrominancji.

Zniekształcenia, jakim ulega przy transmisji sygnał wizyjny, można podzielić na dwie grupy. Do pierwszej z nich należą zniekształcenia linearne, znajdujące swój wyraz w przebiegu charakterystyk amplitudy i fazy w funkcji częstotliwości. Jak powyżej wykazano, podstawowa część energii sygnału obrazu czarno-białego jest przesyłana w zakresie małych i średnich częstotliwości wizyjnych. Z tego względu można dopuścić stosunkowo duże nierównomierności przebiegu charakterystyki amplitudowej i fazowej w górnej części pasma wizyjnego, nie powodując przez to widocznego pogorszenia jakości obrazu czarno-białego. Natomiast w telewizji kolorowej sygnał chrominancji jest, jak wiadomo, przesyłany w górnej części pasma wizyjnego, więc wszelkie nierównomierności przebiegu charakterystyk częstotliwościowych będą silnie wpływać na jakość odtwarzanych kolorów.

Przy nierównomiernym przebiegu charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowej powstają zmiany stosunku amplitudy sygnału chrominancji do sygnału luminancji. W systemach z modulacją kwadraturową podnośnej chrominancji, a więc w systemach NTSC i PAL, objawia się to w postaci zniekształceń nasycenia kolorów. W systemie SECAM,

w którym stosuje się modulację częstotliwościową podnośnej chrominancji, niesymetria wstęp bocznych podnośnej chrominancji jest powodem wystąpienia zniekształceń kolorów.

Jeśli chodzi o charakterystykę fazy w funkcji częstotliwości, to wpływ jej w telewizji kolorowej jest znacznie wyraźniejszy niż w telewizji czarno-białej. Przy nierównomiernym przebiegu tej charakterystyki występują bowiem różnice czasu przejścia dla różnych grup częstotliwości. Na obrazie kolorowym objawia się to w postaci zniekształceń krawędzi kolorowych wskutek niezgodności czasowej skoków amplitudy sygnału luminancji i sygnałów różnicowych koloru.

Do drugiej grupy zniekształceń zaliczamy zniekształcenia nieliniarne, wśród których rozróżniamy: statyczne i dynamiczne.

Zniekształcenia nieliniarne statyczne określają charakterystykę przenoszenia kontrastów, z którą związany jest współczynnik przenoszenia kontrastów, zwany współczynnikiem "gamma". W odniesieniu do tego rodzaju zniekształceń, wymagania są znacznie ostrzejsze w telewizji kolorowej niż w telewizji czarno-białej. Sumaryczna wartość współczynnika gamma całego toru wizyjnego powinna być w telewizji kolorowej równa jedności, aby odtwarzanie kolorów było poprawne. Ponieważ współczynnik gamma kineskopów kolorowych jest większy od jedności (dla kineskopów maskowych wynosi on przeciętnie 2,2 - 2,8), przeprowadza się specjalną korekcję charakterystyki przenoszenia kontrastów tak, aby wartość współczynnika

gamma źródła sygnału obrazu kolorowego, uwzględniając przy tym współczynnik gamma przetwornika optyczno-elektrycznego (np. lampy analizującej), była odwrotnością współczynnika gamma kineskopu. W tej sytuacji charakterystyka przenoszenia kontrastów wszystkich urządzeń toru wizyjnego, włączając źródło sygnału obrazu oraz kineskop kolorowy, powinna być linearna (współczynnik gamma równy jedności). Zniekształcenia tej charakterystyki powinny być utrzymane na możliwie niskim poziomie.

Zniekształcenia nieliniarne dynamiczne, zależne od częstotliwości, odgrywają w telewizji kolorowej bardzo ważną rolę. Określane są one mianem fazy różnicowej i wzmocnienia różnicowego. Wartość fazy różnicowej określa zmiany fazy sygnału chrominancji w zależności od poziomu (chwilowej wartości) sygnału luminancji, natomiast wzmocnienie różnicowe - zmiany amplitudy sygnału chrominancji. Znaczenie zniekształceń różnicowych w telewizji kolorowej staje się zrozumiałe, jeśli weźmie się pod uwagę, że mają one bezpośredni wpływ na przekazywanie informacji o chrominancji, przesyłanej w postaci podnośnej chrominancji, zmodulowanej sygnałami różnicowymi koloru. Zniekształcenia sygnału chrominancji odbijają się więc bezpośrednio na jakości odtwarzanego obrazu kolorowego.

Wpływ zniekształceń różnicowych nie jest jednakowy w poszczególnych systemach telewizji kolorowej. Najbardziej wrażliwy pod tym względem jest system NTSC, w którym zniekształcenia fazy sygnału chrominancji powodują zafałszowanie barw, zaś zniekształcenia amplitudy sygna-

łu chrominancji - zafałszowania nasycenia kolorów. W tym przypadku już niewielkie wartości zniekształceń różnicowych wywołują dostrzegalne zmiany kolorów w obrazie telewizyjnym. W systemie telewizji kolorowej PAL, dzięki komutacji fazy jednej ze składowych sygnału chrominancji, uzyskuje się możliwość kompensacji fazy różnicowej, natomiast wpływ wzmocnienia różnicowego pozostaje taki sam jak w systemie NTSC.

W systemie SECAM, gdzie stosuje się częstotliwościową modulację podnośnej chrominancji, oddziaływanie zniekształceń różnicowych jest inne. Nie mają one bowiem wpływu na jakość odtwarzania kolorów dużych płaszczyzn, gdyż barwa jest związana z chwilową wartością częstotliwości sygnału chrominancji, zaś ogranicznik amplitudy sygnału modulowanego częstotliwościowo wyklucza wpływ pasożytniczych zmian amplitudy. W rzeczywistości jednak wpływ zniekształceń różnicowych zaznacza się na krawędziach płaszczyzn kolorowych przy skokowych przejściach sygnału luminancji z jednego poziomu na inny. Występują wówczas pasożytnicze zmiany częstotliwości sygnału chrominancji, związane z fazą różnicową, które powodują zafałszowania kolorów na krawędziach.

Porównując wymagania stawiane urządzeniom w telewizji czarno-białej i kolorowej należy jeszcze wspomnieć o wpływie szumów. Jest to o tyle istotne, że szum losowy występujący w pasmie częstotliwości sygnału chrominancji ulega zdekodowaniu łącznie z tym sygnałem i przeniesieniu w zakres małych częstotliwości. W niekorzystnych okolicznościach może wystąpić bardzo poważne zakłócenie obrazu kolorowego.

Ustalając warunki, jakim powinny odpowiadać urządzenia telewizyjne, przeznaczone do transmisji sygnału telewizji kolorowej, należy jeszcze zwrócić uwagę na prawidłowy kształt tego sygnału. Chodzi tu mianowicie o części sygnału chrominancji, występujące w całkowitym sygnale wizyjnym obrazu kolorowego na poziomie wygaszania lub poniżej tego poziomu. Odnosi się to w szczególności do impulsów synchronizacji i identyfikacji kolorów. W urządzeniach telewizji czarno-białej stosuje się mianowicie komutowaną stabilizację poziomu wygaszania oraz regenerację całkowitego sygnału synchronizacji połączoną z obcinaniem sygnału wizyjnego na poziomie wygaszania. Oba te procesy powodują poważne zniekształcenia sygnału chrominancji i mogą doprowadzić do częściowej lub całkowitej utraty impulsów synchronizacji lub identyfikacji kolorów. W telewizji kolorowej należy więc stosować takie sposoby stabilizacji poziomu wygaszania i synchronizacji, aby przy tym nie ulegał deformacji ani sygnał chrominancji, ani impulsy synchronizacji lub identyfikacji kolorów.

Reasumując przeprowadzone rozważania, należy stwierdzić, że urządzenia telewizyjne, przeznaczone do telewizji kolorowej, powinny spełniać wszystkie warunki stawiane im w telewizji czarno-białej, a dodatkowo należy zwrócić uwagę na następujące parametry:

- a) tłumienie sygnału chrominancji w stosunku do sygnału luminancji,
- b) opóźnienie sygnału chrominancji w stosunku do sygnału luminancji,

- c) faza różnicowa,
- d) wzmocnienie różnicowe,
- e) stosunek sygnału do szumu w pasmie sygnału chrominancji,
- f) kształt całkowitego sygnału wizyjnego obrazu kolorowego.

Jak z tego wynika, wymagania techniczne są dla urządzeń telewizji kolorowej ostrzejsze niż dla urządzeń telewizji czarno-białej w zakresie zniekształceń linearnych i nielinearnych. Można stąd również wyciągnąć wniosek odwrotny, że urządzenia przystosowane do wymagań telewizji kolorowej na pewno nadają się do telewizji czarno-białej.

4. PRZEGLĄD METOD POMIAROWYCH STOSOWANYCH DO POMIARÓW PARAMETRÓW TRANSMISYJNYCH URZĄDZEŃ TELEWIZJI KOLOROWEJ

Przy badaniach przydatności do potrzeb telewizji kolorowej urządzeń istniejącej sieci transmisyjnej i sieci nadajników telewizji czarno-białej można ograniczyć się tylko do pomiarów tych parametrów elektrycznych, które nie są uwzględnione w telewizji czarno-białej, zakładając przy tym, że badane urządzenie spełnia wymagania stawiane w telewizji czarno-białej.

Parametry, o których mowa, zostały powyżej szczegółowo omówione. Do ich pomiaru stosuje się najczęściej metody oparte na zastosowaniu odpowiednich sygnałów pomiarowych. Zaletą tego sposobu polega przede wszystkim

na tym, że sygnał pomiarowy jest zbliżony kształtem do normalnego sygnału wizyjnego, co zapewnia utrzymanie takich samych warunków pracy badanego urządzenia, jakie panują w czasie normalnej eksploatacji.

Do pomiaru charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowej stosuje się na ogół sygnał o częstotliwości wzbudzonej w granicach pasma wizyjnego. Do sygnału tego dodaje się sygnał wygaszania i synchronizacji, uzyskując dzięki temu sygnał pomiarowy o charakterze zbliżonym do całkowitego sygnału wizyjnego (rys. 4.1). Dla ułatwienia pomiaru dodaje się znaczniki częstotliwości, które umożliwiają dokładne określenie przebiegu charakterystyki. Drugi rodzaj sygnału pomiarowego, często stosowany do szybkiej kontroli przebiegu charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowej, nadający się zwłaszcza przy stosowaniu metody linii kontrolnych, przedstawia szereg grup sygnału sinusoidalnego o częstotliwościach rozłożonych w pasmie wizyjnym, nadawanych w czasie wybierania linii (rys. 4.2). Sygnał tego typu jest zalecany przez organizacje międzynarodowe CCIR (Zalecenie 473, New Delhi 1970) oraz OIRT (Zalecenie Nr 61/1, dok. TK-III-653) do nadawania na liniach kontrolnych obrazu telewizyjnego. Można również stosować ten sygnał do pomiarów jako sygnał ciągły, występujący na wszystkich liniach. Występujący w początkowej części linii impuls prostokątny, o ściśle zdefiniowanym górnym i dolnym poziomie, służy za poziom odniesienia, względem którego można w łatwy i szybki sposób określić, przy obserwacji oscylograficznej sygnału pomiarowego, przebieg charakterystyki amplitudowej.

Pomiar charakterystyki grupowego czasu przejścia, będącej odpowiednikiem zależności fazy od częstotliwości przeprowadza się na ogół metodą podaną przez Nyquista i Branda. W metodzie tej sygnał pomiarowy o częstotliwości zmieniającej się w granicach pasma wizyjnego (np. od 0,1 do 10 MHz) jest modulowany sygnałem odniesienia o stosunkowo małej częstotliwości (np. 20 kHz). Dla określenia różnic czasu przejścia porównuje się fazę sygnału odniesienia na wejściu i na wyjściu badanego urządzenia. Związek między przebiegiem fazy w funkcji częstotliwości a charakterystyką grupowego czasu przejścia obrazuje rys. 4.3. Wynika z niego, że grupowy czas przejścia określa stosunek zmiany kąta fazowego do zmiany częstotliwości. Jeśli przesunięcie fazowe jest proporcjonalne do częstotliwości, wówczas grupowy czas przejścia jest wielkością stałą.

Pomiar urządzeń telewizyjnych tą metodą natrafia pewne trudności. W miernictwie telewizyjnym dąży się mianowicie do tego, aby sygnał pomiarowy nosił cechy sygnału wizyjnego, a w szczególności zawierał impulsy wygaszania i synchronizacji, co zapewnia utrzymanie takich samych warunków pracy badanego urządzenia, jak przy transmisji sygnału wizyjnego. Obecność impulsów synchronizujących zniekształca zdemodulowany sygnał odniesienia i uniemożliwia pomiar grupowego czasu przejścia. Aby tego uniknąć, należy stosować specjalne układy wycinające impulsy synchronizacji.

W ciągu ostatnich kilku lat rozpowszechnia się coraz bardziej w miernictwie telewizyjnym stosowanie im-

pulsów o kształcie sinus-kwadrat, szczególnie jako sygnałów pomiarowych wprowadzanych na linie kontrolne. Jednym z takich sygnałów jest tzw. modulowany impuls sinus-kwadrat 20T, potocznie nazywany w skrócie impulsem 20T. Sygnał taki powstaje przez zsumowanie sygnału podnośnej chrominancji o częstotliwości 4,43 MHz, zmodulowanego symetrycznie impulsem o kształcie sinus-kwadrat z samym impulsem modulującym (rys. 4.4). Powstały w ten sposób impuls ma interesujące własności. Jego widmo częstotliwości zawiera składowe zgrupowane w dwóch przedziałach (rys. 4.5): w zakresie małych częstotliwości, odpowiadających składowym sygnału luminancji, oraz w zakresie wielkich częstotliwości, odpowiadających składowym sygnału chrominancji. Kształt modulowanego impulsu sinus-kwadrat 20T charakteryzuje się tym, że jego podstawa tworzy linię prostą.

Zniekształcenia podstawy impulsu 20T służą do określania tłumienia sygnału chrominancji w stosunku do sygnału luminancji oraz opóźnienia sygnału chrominancji w stosunku do sygnału luminancji.

Zauważmy, że w przypadku, gdy charakterystyka amplitudowo-częstotliwościowa badanego urządzenia opada w górnym zakresie pasma wizyjnego, wówczas składowe w.c.z. impulsu 20T będą stłumione względem składowych m.c.z., w wyniku czego podstawa impulsu stanie się wklęsła asymetrycznie do osi impulsu (rys. 4.6a). Odwrotne zjawisko występuje, gdy charakterystyka podnosi się - obserwujemy wówczas uwypuklenie podstawy impulsu 20T (rys. 4.6b). Jeśli natomiast w danym urządzeniu telewizyjnym występują

jedynie różnice grupowego czasu przejścia w zakresie małych i wielkich częstotliwości wizyjnych, wówczas wystąpią wzajemne przesunięcia składowych małej i wielkiej częstotliwości impulsu 20T, co objawi się jako zafalowanie podstawy impulsu, przy zachowaniu jego amplitudy (rys. 4.7).

W praktyce na ogół rzadko się zdarza, aby występowały jedynie zniekształcenia amplitudowe przy braku fazowych lub odwrotnie. Wskutek tego podstawa impulsu 20T ulega bardziej skomplikowanym odkształceniom (rys. 4.8). Obliczenie na podstawie tych odkształceń tłumienia i opóźnienia sygnału chrominancji względem sygnału luminancji jest stosunkowo proste. Jedną z metod, często stosowaną, polega na wykorzystaniu odpowiednich nomogramów, z których odczytuje się poszukiwane wartości w oparciu o pomierzone zniekształcenia podstawy impulsu 20 T (rys. 4.9). Metoda ta została zaproponowana do stosowania w Regulaminie Interwizji przy przeprowadzaniu pomiarów telewizyjnych linii transmisyjnych.

Inny sposób, dający bardziej precyzyjne wyniki pomiaru polega na takiej kompensacji zniekształceń amplitudowych i fazowych, występujących w badanym urządzeniu, aby na wyjściu uzyskać niezniekształcony impuls 20T. Układy korekcji tłumienia i opóźnienia sygnału chrominancji są kalibrowane, dzięki czemu można określić wartości występujących zniekształceń.

Do pomiaru tłumienia sygnału chrominancji względem sygnału luminancji bywa również stosowany sygnał pomiarowy, który uzyskuje się w podobny sposób jak modulowa-

ny impuls sinus-kwadrat 20T. Do impulsu prostokątnego o częstotliwości linii i szerokości około połowy linii (jak w sygnale Nr 2 wg oznaczeń CCIR i OIRT) zostaje dodany sygnał podnośnej chrominancji modulowany impulsem prostokątnym (rys. 4.10a). Tłumienie sygnału chrominancji określa się jako względną różnicę amplitud sygnału chrominancji i sygnału luminancji z zależności:

$$X = \frac{1 + \frac{a}{A}}{1 - \frac{a}{A}}$$

i wyraża w dB jako $20 \lg X$ (rys. 4.10b).

Zniekształcenia nielinearne, zarówno w zakresie średnich częstotliwości, odnoszące się do sygnału luminancji, jak i różnicowe w zakresie częstotliwości sygnału chrominancji, mierzy się metodą ogólnie stosowaną, przyjętą od szeregu lat zarówno przez CCIR, jak i OIRT. Polega ona na zastosowaniu sygnału pomiarowego, tzw. sygnału Nr 3a i 3b, o kształcie uwidocznionym na rys.4.11. W sygnale tym występuje co czwartą linię napięcie zębate od poziomu czerni do poziomu bieli, natomiast w pozostałych trzech liniach występuje poziom stały sygnału czerni (sygnał Nr 3a) lub bieli (sygnał Nr 3b). Dzięki temu uzyskuje się małą (ok. 10%) lub dużą (ok.90%) średnią wartość sygnału obrazu. Jest to istotne do uzyskania prawidłowych wyników pomiarów, gdyż, jak to wykazuje praktyka, zniekształcenia nielinearne zmieniają się dość znacznie w zależności od średniej wartości sygnału obrazu.

Na napięcie zębate jest nałożony sygnał sinusoidalny o amplitudzie 0,1 V i o częstotliwości 1,2 MHz do pomiaru zniekształceń nieliniarnych w zakresie średnich częstotliwości lub o częstotliwości 4,43 MHz do pomiaru wzmocnienia różnicowego i fazy różnicowej. Miarą zniekształceń nieliniarnych są zmiany amplitudy i fazy tego napięcia.

Zamiast napięcia zębatego w sygnale pomiarowym można również stosować napięcie o przebiegu schodkowym, jak to jest na przykład zalecane dla sygnału pomiarowego wprowadzanego na linie kontrolne nr 17 i 330, zgodnie z zaleceniem OIRT nr 61/1.

Do pomiaru zniekształceń nieliniarnych należy przede wszystkim z sygnału pomiarowego wydzielić za pomocą filtru częstotliwościowego nałożony na napięcie zębate (lub schodkowe) sygnał sinusoidalny. Pomiar linearności wzmocnienia (wzmocnienia różnicowego) można przeprowadzić mierząc bezpośrednio maksymalną i minimalną amplitudę nakładki (rys. 4.12a) i procentową wartość zniekształcenia, obliczając z zależności $(1 - \frac{m_b}{M}) \cdot 100$. Można również zastosować układ detektora szczytowego, uzyskując obwiednię nakładki i mierząc jej ekstremalne wartości (rys. 4.12b).

Pomiar fazy różnicowej wymaga zastosowania detektora fazowego, do którego należy doprowadzić napięcie odniesienia o stałej fazie i częstotliwości równej częstotliwości nakładki. Okoliczność ta powoduje konieczność ustalenia wąskich tolerancji na częstotliwość nakładanego sygnału sinusoidalnego. W cytowanym wyżej zaleceniu

OIRT nr 61/1 wartość tej częstotliwości przyjęto równą $4,43361875 \text{ MHz} \pm 10 \text{ Hz}$. Przy określaniu wartości fazy różnicowej przyjmuje się za fazę odniesienia - fazę sygnału na poziomie czerni. Z założenia tego wynika, że wartości fazy różnicowej mogą być zarówno dodatnie, jak i ujemne (rys. 4.13).

W najnowszych dokumentacjach organizacji międzynarodowych (CCIR, Zalecenie 451-1, New Delhi, 1970) przyjmuje się również i dla wzmocnienia różnicowego za wartość odniesienia - amplitudę nakładki sinusoidalnej na poziomie czerni. Przy takim założeniu wzmocnienie różnicowe może mieć, podobnie jak i faza różnicowa, wartości dodatnie lub ujemne (rys. 4.14).

Należy jeszcze wspomnieć, że napięcie schodkowe w sygnale pomiarowym nr 3a i 3b można wykorzystać do pomiaru linearności wzmocnienia w zakresie częstotliwości linii. Miarą tej linearności jest wysokość poszczególnych schodków napięcia. Przez zastosowanie obwodu różniczkującego uzyskuje się szereg impulsów szpilkowych, których wysokość jest proporcjonalna do wysokości poszczególnych schodków (rys. 4.15).

Pomiar stosunku sygnału do szumów w kanale chrominancji przeprowadza się metodą powszechnie stosowaną w telewizji czarno-białej, z tym że należy zastosować specjalny filtr, który wytłumia składowe sygnału szumów poza pasmem częstotliwości sygnału chrominancji (rys. 4.16).

5. KRYTERIA OCENY PRZYDATNOŚCI URZĄDZEŃ TELEWIZYJNYCH DO CELÓW TELEWIZJI KOLOROWEJ

Prawidłowa ocena, czy dane urządzenie telewizyjne nadaje się do przesyłania sygnału telewizji kolorowej, nie jest zagadnieniem prostym. Z jednej strony odgrywają tu bowiem rolę wymagania stawiane przez określony system telewizji kolorowej, które są, jak wiadomo, różne dla poszczególnych systemów, z drugiej zaś strony ma wpływ rozdział całkowitych dopuszczalnych zniekształceń na poszczególne człony toru wizyjnego.

Jako kryterium do określenia dopuszczalnych zniekształceń sygnału telewizji kolorowej może posłużyć stopień pogorszenia jakości odtwarzanego obrazu kolorowego, przyjęty na podstawie oceny statystycznej, jako graniczny dla danej klasy służby. Dla każdego systemu telewizji kolorowej można tą drogą wyznaczyć dopuszczalne tolerancje wartości poszczególnych parametrów toru wizyjnego.

Do określenia jakości obrazu telewizyjnego przyjęto powszechnie statystyczną metodę oceny subiektywnej. Warunki, w jakich badania jakości obrazu kolorowego powinny być przeprowadzane określono następująco:

1. Obserwatorami powinny być zarówno osoby wyspecjalizowane w dziedzinie telewizji kolorowej, jak i niewyspecjalizowane, odznaczające się normalną ostrością wzroku oraz normalną zdolnością rozróżniania kolorów.
2. Liczba obserwatorów powinna wynosić 6 do 10 osób.

3. Odległość obserwacji powinna wynosić 4 do 6 wysokości obrazu.
4. Maksymalna jaskrawość bieli na ekranie powinna wynosić 130 do 170 apostilbów, zaś oświetlenie ekranu spowodowane światłem zewnętrznym nie powinno przekraczać 1,5 apostilba,
5. Należy stosować następujące skale ocen:

Stopień oceny	Skala I jakość obrazu	Skala II pogorszenie jakości (do- strzegalność zakłóceń)
1	doskonała	niedostrzegalne
2	dobra	ledwie dostrzegalne
3	niezła	dostrzegalne, lecz nie przeszkadzające
4	mierna	lekko przeszkadzające
5	zła	wyraźnie przeszkadzające
6	bardzo zła	niedopuszczalne

Przy subiektywnej ocenie jakości obrazu kolorowego należy brać pod uwagę następujące czynniki:

	Ocena wg skali
a) zakłócenia od sieci energetycznej	II
b) szумы	II
c) interferencje wywołujące mowę na obrazie	II
d) zakłócenia impulsowe	II
e) naruszenie synchronizacji kolorów	II
f) smużenie kolorów	II
g) odbicia, zjawy	II

	Ocena wg skali
h) rozdzielczość	I
i) krawędzie płaszczyzn kolorowych	I
j) dominujący kolor tła	
k) odtwarzanie znanych kolorów (np. twarzy ludzkiej)	I
l) odtwarzanie neutralnych (szarych) elementów obrazu kolorowego	I
m) nasycenie kolorów	I
n) ogólna jakość obrazu	I

Jednocześnie można przeprowadzać badanie jakości kompatybilnego obrazu czarno-białego, oceniając następujące jego parametry:

	Ocena wg skali
a) zakłócenia od sieci energetycznej	II
b) szумы	II
c) interferencje	II
d) zakłócenia impulsowe	II
e) zakłócenia synchronizacji	II
f) smużenia	II
g) odbicia, zjawy	II
h) rozdzielczość	I
i) ogólna jakość obrazu	I

W latach 1962-66 prowadzono w wielu krajach europejskich zakrojone na szeroką skalę badania własności różnych systemów telewizji kolorowej. Między innymi badano również wpływ poszczególnych parametrów toru wizyjnego

na pogorszenie jakości obrazu kolorowego. W ten sposób określono graniczne wartości parametrów istotnych dla telewizji kolorowej, dające określony stopień jakości obrazu. Badania prowadzono w warunkach laboratoryjnych, zmieniając każdorazowo wartość jednego z parametrów. Wyniki obliczano dla dwóch wartości jakości obrazu:

- 2,5 - tzn. jakości obrazu określanej jako dobra przez co najmniej 50% obserwatorów,
- 3,5 - tzn. jakości obrazu określanej jako niezła przez co najmniej 50% obserwatorów.

Zestawienie wyników tych badań zostało opublikowane w sprawozdaniu Grupy Ad Hoc d/s Telewizji Kolorowej UER (Europejska Unia Radiofoniczna) w roku 1965 (tablica 5.1) i zamieszczone również w dokumentach CCIR (Sprawozdanie 406, New Delhi, 1970).

Jak wykazały badania, przy łącznym oddziaływaniu różnych typów zniekształceń, jak ma to na ogół miejsce w warunkach praktycznych, ogólna jakość obrazu pogarsza się. Wskutek tego tolerancje wartości parametrów podawanych w tablicy 5.1 należy zawęzić do około 80%.

Późniejsze dane, oparte o wyniki badań ORTF, są mniej optymistyczne w odniesieniu do zniekształceń różnicowych i określają tolerancje dla obrazu dobrej jakości następujące:

	<u>NTSC</u>	<u>SECAM</u>
Faza różnicowa	$\pm 5^\circ$ do $\pm 8^\circ$	$\pm 20^\circ$
Wzmocnienie różnicowe	20%	60%

T a b l i c a 5.1.

System	NTSC		SECAM		PAL	
Stopień jakości obrazu	2,5	3,5	2,5	3,5	2,5	3,5
Faza różnicowa	$\pm 12^\circ$	$\pm 20^\circ$	$\pm 40^\circ$	$\pm 50^\circ$	$\pm 40^\circ$	$\pm 50^\circ$
Wzmocnienie różnicowe	30%	40%	65%	70%	30%	40%
Tłumienie sygnału chrominancji względem sygnału luminancji	$\pm 2,5$ dB	± 4 dB	$\pm 2,5$ dB	± 4 dB	$\pm 2,5$ dB	± 4 dB
Opóźnienie sygnału chrominancji względem sygnału luminancji	+200 ns -300 ns	+350 ns -500 ns	+200 ns -300 ns	+350 ns -500 ns	+200 ns -300 ns	+350 ns -500 ns

Ocena przydatności danego typu urządzenia do telewizji kolorowej na podstawie wyżej podanych granicznych wartości parametrów jest praktycznie niemożliwa, gdyż podane tolerancje odnoszą się do całości toru wizyjnego, zaś podział różnych typów zniekształceń na oddzielne jego człony dotąd jeszcze nie jest dostatecznie dokładnie ustalony.

Dane ujęte w tabelicy 5.1 nabierają praktycznego znaczenia dopiero w zestawieniu z wartościami parametrów, uzyskiwanymi w rzeczywistych warunkach w nowoczesnych urządzeniach telewizyjnych. W cytowanych wyżej dokumentach UER i CCIR zamieszczono również zestawienie przeciętnych wartości niektórych parametrów osiągalnych w urządzeniach telewizyjnych o nowoczesnej konstrukcji (tabela 5.2).

W podanym wyżej zestawieniu kreska w miejscu wartości parametru oznacza, że dany parametr nie ma w danym przypadku znaczenia, zaś znak zapytania oznacza, że jeszcze jest brak dostatecznych danych do określenia wartości. Jako linię transmisyjną należy rozumieć odcinek linii (radiowej lub kablowej) zawarty między zaciskami sygnału wizyjnego; podane wartości parametrów nie dotyczą więc bardziej złożonych linii transmisyjnych, gdzie może występować wielokrotnie demodulacja sygnału do pasma wizyjnego. Jako typowy zestaw studyjny przyjęto komplet urządzeń składający się z 10 wzmacniaczy rozdzielczych sygnału wizyjnego, 2 urządzeń komutacyjnych oraz krótkiej linii dosyłowej. Taki zestaw można uważać za przeciętny w ośrodkach telewizyjnych, gdzie sygnał wi-

zyjny przechodzi kolejno przez wiele urządzeń zanim zostanie doprowadzony do nadajnika czy też punktu węzłowego linii transmisyjnych.

T a b l i c a 5.2

Rodzaj urządzenia	Faza różnicowa	Wzmocnienie różnicowe	Tłumienie sygnału chrominancji względem sygnału luminancji	Opóźnienie sygnału chrominancji względem sygnału luminancji
Odbiornik	$\pm 5^{\circ}$	10%	-	?
Nadajnik	$\pm 5^{\circ}$	10%	± 1 dB	-
Linia transmisyjna	$\pm 10^{\circ}$	8%	± 2 dB	± 25 ns
Typowy zestaw studyjny	$\pm 3^{\circ}$	5%	?	± 10 ns
Magnetowid	$\pm 4^{\circ}$	2%	?	?

Biorąc pod uwagę, że dane zawarte w tablicach 5.1 i 5.2 są oparte na wynikach bardzo dużej liczby pomiarów, zebranych przez UER, można je uważać za reprezentatywne i przyjąć za podstawę przy ocenie przydatności urządzeń telewizyjnych do celów telewizji kolorowej.

Pożyteczne dane odnoszące się do wartości parametrów jakościowych urządzeń wchodzących w skład toru wizyjnego można znaleźć w normie roboczej Poczty Niemieckiej (NRD) - RFZ 561 11. Norma ta podaje podział całego toru wizyjnego na główne człony, zestaw tych członów z poszczególnych typów urządzeń, metody pomiarowe oraz, co

Tablica 5.3

Oznaczenie	Rodzaj urządzenia lub człon toru wizyjnego	Wzmocnienie różnicowe	Faza różnicowa	Tłumienie sygnału chrominancji	Opóźnienie sygnału chrominancji	Poziorność w kanale chrominancji
		%	stopni	dB	ns	dB
VE	Wizyjna jednostka wzmacniająca	<1,8	± 1	± 0,3	± 30	> 64
OVV	Lokalna linia dosyłowa	<3	± 2	± 0,5	± 50	>55
WVV	Dalekosiężna linia transmisyjna	<7	± 3	± 0,6	± 50	>51
BE + FME	Nadajnik telewizyjny łącznie z demodulatorem pomiarowym	<12	± 8	± 2,0	± 70	>51
BStA	Zestaw studyjny	<8	± 5	± 0,6	± 90	>54
OVA	Zestaw lokalnej linii dosyłowej	<5	± 3	± 0,7	± 65	>54
WVA	Zestaw dalekosiężnej linii transmisyjnej	<8	± 4	± 0,8	± 65	>50
BSA	Zestaw nadawczy całego toru wizyjnego	<14	± 9	± 2,20	± 90	>50
		<23	± 13,9	± 2,53	± 156	>45,5

najważniejsze, zestawienie wartości poszczególnych parametrów dla członów toru wizyjnego i urządzeń tworzących te człony. Wartości parametrów, zawarte w normie, są traktowane jako tymczasowe, stanowiące podstawę do opracowania szczegółowych norm na poszczególne urządzenia telewizyjne. Wartości pięciu interesujących nas parametrów, odnoszących się do telewizji kolorowej, przyjęte w omawianej normie, ujęto w tablicy 5.3.

W cytowanej normie przyjęto następujące określenia i założenia:

- wizyjna jednostka wzmacniająca VE jest pojęciem hipotetycznym; urządzenia rzeczywiste, jak: wizyjne wzmacniacze rozdzielcze, korekcyjne, mieszające itd. mogą zależnie od zastosowania i stopnia trudności technicznych wykazywać większe lub mniejsze tolerancje wartości parametrów, o ile zostaną zachowane warunki, przyjęte dla danego członu toru wizyjnego;
- długość dalekosiężnej linii transmisyjnej WVV przyjęto równą $1/3$ długości łącza odniesienia według Zalecenia 421-2 CCIR;
- przyjęto następujący skład członów toru wizyjnego:
 - a) zestaw studyjny BStA: 9 jednostek wzmacniających VE, 2 jednostki komutacyjne SchE;
 - b) zestaw lokalnej linii dosyłowej OVA: 1 lokalna linia dosyłowa OVV, 2 jednostki wzmacniające VE, 1 jednostka komutacyjna SchE;
 - c) zestaw dalekosiężnej linii transmisyjnej WVA: 1 dalekosiężna linia transmisyjna WVV, 1 jednostka wzmacniająca VE, 1 jednostka komutacyjna SchE;
 - d) zestaw nadawczy BSA: 1 nadajnik telewizyjny łącznie z demodulatorem pomiarowym BS + FME, 3 jednostki wzmacniające VE, 1 jednostka komutacyjna SchE;
- jednostka komutacyjna SchE jest pojęciem hipotetycznym; nie zawiera ona układów wzmacniających i jest o-

kreślona jedynie wartością prześwitów; pozostałe parametry są ujęte w jednostce wzmacniającej.

Przy obliczaniu wartości parametrów jakościowych danego urządzenia, gdy znane są wartości dla całego toru wizyjnego lub jego członów, oraz przy obliczaniu sumarycznych zniekształceń występujących w torze wizyjnym złożonym z szeregu urządzeń, których parametry są znane, jest niezbędna znajomość praw sumowania poszczególnych typów zniekształceń. Na podstawie licznych badań statystycznych ustalono, w jaki sposób można sumować niektóre zniekształcenia występujące w torze wizyjnym.

Wprowadzając współczynnik potęgowy sumowania - h , wyróżniono 3 przypadki praw sumowania:

- a) sumowanie algebraiczne $h = 1$
- b) sumowanie w potęgze $3/2$ $h = 3/2$
- c) sumowanie kwadratowe $h = 2$.

Jeśli P_N jest wartością parametru odcinka toru wizyjnego, składającego się z N urządzeń o jednakowych wartościach tego parametru, wówczas wartość P_n parametru odcinka toru wizyjnego złożonego z n ($n \geq N$) urządzeń można obliczyć z zależności:

$$P_n = P_N \left(\frac{n}{N}\right)^{\frac{1}{h}}$$

W przypadku gdy mamy do czynienia z odcinkiem toru wizyjnego złożonego z urządzeń o niejednakowych wartościach parametrów $P_{N1}, P_{N2}, \dots, P_N$, wówczas przy obliczaniu wartości sumarycznej P_n należy stosować następujące równania:

a) przy współczynniku $h = 1$

$$P_n = P_{N1} + P_{N2} + \dots + P_N$$

b) przy współczynniku $h = 3/2$

$$P_n = \sqrt[3]{(P_{N1} + P_{N2} + \dots + P_N)(P_{N1}^2 + P_{N2}^2 + \dots + P_N^2)}$$

c) przy współczynniku $h = 2$

$$P_n = \sqrt{(P_{N1}^2 + P_{N2}^2 + \dots + P_N^2)}$$

Dla omawianych parametrów przyjęto następujące wartości współczynnika sumowania h (CCIR, Zalecenie 451-1, New Delhi, 1970)

<u>parametr</u>	<u>h</u>
- faza różnicowa	3/2
- wzmocnienie różnicowe	3/2
- tłumienie sygnału chrominancji	2
- opóźnienie sygnału chrominancji	2
- poziom szumów w kanale chrominancji	2

Odnosnie sumowania zniekształceń różnicowych przyjęty dla nich współczynnik $3/2$ jest wartością tymczasową. W wyniku dalszych badań może ona ulec uściśleniu.

Kilkuletnie badania urządzeń telewizyjnych pod kątem widzenia możliwości ich wykorzystania w telewizji kolorowej, prowadzone w Zakładzie Telewizji Instytutu Łączności, doprowadziły do opracowania oryginalnej metody obliczania sumarycznych wartości fazy różnicowej i wzmocnienia różnicowego.

Zgodnie z definicją zniekształcenia różnicowe wyrażają zmiany fazy i amplitudy sygnału chrominancji w zależności od poziomu sygnału luminancji. Urządzenie, w którym występują zniekształcenia różnicowe jest więc czwórnikiem nieliniarnym, którego charakterystyki amplitudy i fazy zależą od poziomu sygnału. Jeśli jednak będziemy przesyłać podnośną chrominancji przez czwórnik nieliniarny na jednym tylko poziomie sygnału luminancji, na przykład na poziomie czerni, wówczas nie wystąpią zmiany charakterystyk amplitudy i fazy, a więc nie wystąpią też zniekształcenia różnicowe. W tym przypadku czwórnik nieliniarny można traktować jako układ liniarny.

Stwierdzenie to ma podstawowe znaczenie dla omawianej metody sumowania zniekształceń różnicowych. Możemy bowiem łańcuch m czwórników nieliniarnych zastąpić n łańcuchami n czwórników, których charakterystyki amplitudy i fazy odpowiadają n poziomom sygnału luminancji (rys. 5.1). Każdy z czwórników w tak utworzonych łańcuchach odznacza się więc określoną wartością wzmocnienia i przesunięcia fazowego przy częstotliwości podnośnej chrominancji. W ten sposób można z łatwością obliczyć sumaryczne zniekształcenia różnicowe na określonych poziomach. Jeśli współczynnik przenoszenia danego czwórnika przedstawi się w postaci zespolonej:

$$\hat{K} = K e^{j\psi}$$

gdzie K - wzmocnienie względne

ψ - przesunięcie fazowe

wówczas współczynnik przenoszenia łańcucha czwórników obliczamy, mnożąc moduły i dodając argumenty według zależności:

$$\hat{K}_w = \hat{K}_1 + \hat{K}_2 + \dots + \hat{K}_n$$

$$K_w = K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_n$$

$$\varphi_w = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n$$

Obliczenia te należy przeprowadzić dla każdego poziomu sygnału luminancji. W rezultacie możemy uzyskać sumaryczne przebiegi fazy różnicowej i wzmocnienia różnicowego. Przy opisywanej metodzie sumowania zniekształceń różnicowych szczególnie przydatny okazuje się schodkowy sygnał pomiarowy z nakładką podnośnej chrominancji (rys. 5.2a). Dzięki niemu można bowiem określić w sposób możliwie dokładny wartość fazy i wzmocnienia różnicowego przy określonych poziomach sygnału luminancji (rys. 5.2b,c) co jest niezbędne do dalszych obliczeń.

Stosowanie metody sumowania zniekształceń różnicowych na poszczególnych poziomach sygnału luminancji jest z jednej strony nieco kłopotliwe, gdyż wymaga pomiaru całego przebiegu fazy czy wzmocnienia różnicowego od poziomu czerni do poziomu bieli, a nie tylko pomiaru wartości maksymalnej, ale z drugiej strony bardzo ułatwia obliczenia. Metoda ta pozwala również na obliczenie wartości parametrów jednego odcinka toru wizyjnego w przypadku, gdy są znane wartości parametrów drugiego odcinka oraz całego toru utworzonego z obu tych odcinków.

6. BADANIE URZĄDZEŃ LINII TRANSMISYJNYCH I NADAJNIKÓW TELEWIZYJNYCH

6.1. Zakres przeprowadzanych badań

Po przygotowawczym okresie badań nad telewizją kolorową, skoncentrowanych głównie na porównaniu własności różnych systemów, w roku 1965 przystąpiono w Zakładzie Telewizji Instytutu Łączności do badań mających na celu określenie stopnia przydatności do telewizji kolorowej urządzeń eksploatowanych w sieci nadawczej telewizji czarno-białej. Pomiarami objęto przede wszystkim linie transmisyjne radiowe i kablowe oraz nadajniki telewizyjne, wykonano również szereg pomiarów urządzeń wizyjnych, stanowiących wyposażenie ośrodków studyjnych. Badania te były prowadzone przy współpracy z jednostkami eksploatacyjnymi: P.P. Stacje Radiowe i Telewizyjne, Centralne Laboratorium Radiokomunikacji oraz Komitet d/s Radia i Telewizji.

Podstawowym celem podjętych prac, stanowiących jeden z pierwszych etapów przygotowań do wprowadzenia telewizji kolorowej do eksploatacji, było zbadanie aktualnego stanu technicznego sieci linii transmisyjnych oraz nadajników telewizyjnych pod kątem widzenia wymagań telewizji kolorowej. Posiadanie tego rodzaju informacji uznano za niezbędne do określenia zakresu prac koniecznych przy przystosowywaniu sieci nadawczej do potrzeb telewizji kolorowej.

W okresie przeszło 5-letnim, od roku 1965 do chwili

obecnej przebadano, z małymi wyjątkami, wszystkie główne linie radiowe i linię kablową (kabel południowy) oraz wszystkie nadajniki telewizyjne. W ciągu ostatnich dwóch lat badano z reguły wszystkie nowe, oddawane do eksploatacji, linie radiowe i nadajniki pod względem przydatności do telewizji kolorowej. Pomiarów szeregu tras linii radiowych oraz niektórych nadajników powtarzano wielokrotnie.

W wyniku tych badań zgromadzono bardzo obszerny materiał doświadczalny w postaci wyników pomiarów, a także obserwacji przyjętych w dotychczasowej praktyce metod eksploatacji urządzeń.

6.2. Organizacja pomiarów

Przystępując do badań eksploatowanych w kraju urządzeń telewizyjnych zdawano sobie sprawę z tego, że wykonanie założonych zadań może natrafić poważne trudności. Główną tego przyczyną był brak możliwości wykonywania pomiarów w dowolnym czasie, najkorzystniejszym z punktu widzenia organizacji badań. Urządzenia przewidziane do zbadania były bowiem przez znaczną część czasu użytkowane w normalnej pracy eksploatacyjnej i pomiary można było przeprowadzać jedynie w stosunkowo krótkich okresach przerw w programie telewizyjnym. Wystąpiło to szczególnie dotkliwie przy badaniu nadajników, które poza normalnym programem telewizyjnym emitują tzw. program przemysłowy na użytek placówek ZURIT.

Pomiary musiały być częstokroć wykonywane częściowo,

zależnie od czasu, jaki był do rozporządzenia. Poza tym przeprowadzanie regulacji danego urządzenia nie zawsze było możliwe w stopniu, jaki był konieczny z punktu widzenia potrzeb pomiarowych. Zawsze jednak po zakończeniu serii pomiarów należało powrócić do takich warunków pracy urządzenia, jakie były przed rozpoczęciem pomiarów, aby dane urządzenie było przygotowane do pracy eksploatacyjnej.

Ze zrozumiałych względów takie postępowanie, aczkolwiek jedyne możliwe w aktualnych warunkach, wymagało znacznie dłuższego czasu, traconego niepotrzebnie na prace przygotowawcze przy wielokrotnym zestawianiu i uruchamianiu przyrządów pomiarowych. Poza tym badania nie zawsze mogły być przeprowadzone w tak szerokim zakresie, jaki byłby konieczny do uzyskania możliwie pełnej informacji, zaś wyniki pomiarów mogły być obarczone stosunkowo dużymi błędami, co znacznie zmniejsza ich powtarzalność.

Innym czynnikiem, który w dużym stopniu utrudniał pomiary i częściowo ograniczył ich zakres było niedostateczne wyposażenie w niezbędne przyrządy.

Dysponowano jedynie pojedynczym zestawem do pomiaru zniekształceń różnicowych, złożonym z generatora sygnałów pomiarowych oraz miernika fazy różnicowej i wzmocnienia różnicowego. W tej sytuacji należało każdorazowo przewozić przyrządy na obiekty, gdzie były aktualnie przeprowadzane pomiary. Było to szczególnie uciążliwe, gdy badano odcinki linii transmisyjnych i należało na początku danego odcinka umieścić generator sygnałów po-

miarowych, a na drugim - miernik. Jediną korzyścią, wynikającą z tego stanu rzeczy, było przeprowadzenie wszystkich pomiarów zniekształceń różnicowych tym samym zestawem przyrządów, co znacznie ułatwia porównywanie wyników.

Następną trudnością w przeprowadzeniu badań w pełnym zakresie był brak przyrządu do pomiaru charakterystyki grupowego czasu przejścia w urządzeniach telewizyjnych. Urządzenie, jakim dysponuje Instytut Łączności, nie nadaje się do pracy z sygnałem zawierającym impulsy wygaszania i synchronizacji. Stało się to powodem rezygnacji z przeprowadzenia pomiarów grupowego czasu przejścia. W końcowym okresie natomiast zaczęto wykorzystywać sygnał pomiarowy, zawierający modulowany impuls sinus-kwadrat 20T, do określania opóźnienia i tłumienia sygnału chrominancji względem sygnału luminancji. Jednak uzyskane tą drogą wyniki pomiarów potraktowano jedynie orientacyjnie, ponieważ wykonany w Instytucie generator impulsów 20T w postaci modelu laboratoryjnego nie zapewnia dostatecznie małych zniekształceń własnych sygnału pomiarowego.

Przeprowadzany program badań obejmował więc:

- pomiar nierównomierności charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowej wykonywany przy wykorzystaniu sygnału pomiarowego grup częstotliwości
- pomiar fazy różnicowej i wzmocnienia różnicowego wykonywany przy wykorzystaniu sygnału schodkowego o średniej wartości 10%, 50% i 90% z nałożonym napięciem sinusoidalnym o częstotliwości 4,43 MHz.

Ponieważ zasadniczym celem prowadzonych badań było ustalenie, jakie optymalne wartości parametrów z punktu widzenia wymagań telewizji kolorowej można uzyskać w danym urządzeniu, należało przyjąć odpowiedni tok postępowania. Przyjęto więc jako zasadę przeprowadzanie pierwszej serii pomiarów bez żadnych wstępnych regulacji urządzenia. Miało to na celu uzyskanie informacji, jakie są przeciętne warunki pracy urządzenia podczas normalnej eksploatacji. Następnie przeprowadzano regulację urządzenia, przewidzianą w jego instrukcji obsługi i ponownie wykonywano pomiary, których wyniki świadczyły o wartościach parametrów uzyskiwanych przy prawidłowo wyregulowanym urządzeniu. Ostatnim wreszcie etapem było takie dobieranie warunków pracy urządzenia, aby uzyskać optymalne wartości parametrów, a więc minimalne wartości fazy różnicowej i wzmocnienia różnicowego przy możliwie płaskim przebiegu charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowej.

Stosując taki tryb postępowania, zwłaszcza przy badaniu nadajników, można było uzyskać maksymalną ilość danych do oceny stopnia przydatności badanego urządzenia do telewizji kolorowej.

6.3. Przebieg i wyniki badań telewizyjnych linii transmisyjnych

Sieć telewizyjnych linii transmisyjnych można podzielić na dwie główne grupy. Jedną z nich tworzą linie zwane magistralnymi, łączące główne punkty węzłowe sieci

krajowej i mające połączenia z sieciami transmisyjnymi krajów sąsiadujących. Linie magistralne stanowią więc odcinki międzynarodowych linii transmisyjnych. Do drugiej grupy należy zaliczyć linie o charakterze lokalnym, tworzące odgałęzienia od sieci linii magistralnych, za-instalowane w celu połączenia telewizyjnych ośrodków studyjnych i nadajników telewizyjnych z siecią.

Krajowa sieć transmisyjna jest pod względem wyposażenia bardzo zróżnicowana. Pracują w niej bowiem urządzenia linii radiowych wielu typów i wielu firm. Urządzenia były instalowane w różnych okresach czasu, spotyka się więc urządzenia linii radiowych, pracujące już od kilkunastu lat, o nieco przestarzałej konstrukcji, jak również urządzenia bardzo nowoczesne, oddane niedawno do eksploatacji.

Na trasach linii magistralnych pracują urządzenia typu stacjonarnego o wysokich parametrach jakościowych, jak: R-600 "Wiosna", FHT 4076, GTT 4000/600 oraz NEC. Natomiast na trasach linii lokalnych spotyka się dotąd urządzenia linii radiowych typu przewoźnego, np. TM 110, TTV 205 oraz "Korab" o niższych parametrach jakościowych.

Chcąc w tej sytuacji uzyskać możliwie pełny obraz stanu technicznego krajowej sieci transmisyjnej, by móc ocenić jej przydatność do celów telewizji kolorowej, należało przeprowadzić badania możliwie wszystkich tras. Pomiary przeprowadzono zarówno na odcinkach tras, na których jest zainstalowany określony typ urządzeń, jak również i na długich trasach, utworzonych z urządzeń róż-

nych typów. Poza tym zrealizowano przy współpracy międzynarodowej pomiary, połączone z transmisją sygnałów telewizji kolorowej, dalekosiężnych telewizyjnych linii transmisyjnych o bardzo złożonej strukturze.

Badania urządzeń linii radiowych różnych typów, pracujących na trasach linii magistralnych przeprowadzano w taki sposób, aby uniknąć wszelkich zniekształceń, wprowadzanych przez urządzenia dodatkowe. Wybierano przy tym takie odcinki tras, aby transmitowany sygnał wizyjny podlegał tylko jednorazowemu procesowi modulacji i demodulacji na stacjach końcowych. Sygnał pomiarowy doprowadzono bezpośrednio na wejście modulatora na stacji nadawczej, zaś pomiar przeprowadzano na sygnale pobieranym bezpośrednio z wyjścia demodulatora na stacji odbiorczej. Zależnie od warunków miejscowych pomiary przeprowadzano dwoma sposobami, a mianowicie:

- wzdłuż trasy, umieszczając generator sygnałów pomiarowych na jednym końcu trasy, zaś przyrządy pomiarowe na drugim;
- w pętli, umieszczając zarówno generator sygnałów pomiarowych, jak i przyrządy pomiarowe na jednym z końców badanej trasy i zamykając pętlę na drugim końcu trasy w pasmie częstotliwości pośredniej.

Sposób przeprowadzania pomiarów w pętli jest możliwy jedynie wtedy, gdy urządzenie linii transmisyjnej jest dwukierunkowe, tzn. umożliwiające jednoczesną transmisję sygnałów wizyjnych w obu kierunkach. Warunek ten spełniają na ogół urządzenia stosowane na liniach magi-

stralnych. Zamknięcie pętli na końcu linii w pasmie częstotliwości pośredniej jest równoznaczne z dwukrotnym przedłużeniem danego odcinka linii transmisyjnej.

Wyniki pomiarów podstawowych parametrów, istotnych dla telewizji kolorowej, a mianowicie: tłumienia i opóźnienia sygnału chrominancji, fazy różnicowej oraz wzmocnienia różnicowego, charakteryzujących różne typy urządzeń linii magistralnych: R-600 "Wiosna" produkcji radzieckiej, GTT 4000/600 produkcji węgierskiej, FHT 4076 produkcji francuskiej oraz NEC produkcji japońskiej, zestawiono w tablicy 6.1.

Analizując wartości parametrów, zamieszczone w tej tablicy, można od razu zauważyć, że urządzenia linii radiowej NEC wykazują zdecydowanie wyższe parametry jakościowe od parametrów pozostałych typów urządzeń. Jest to zrozumiałe, gdyż urządzenia japońskie są wśród badanych najbardziej nowoczesne, oparte o technikę półprzewodnikową i, co najważniejsze, konstruowane z myślą zastosowania w telewizji kolorowej. Urządzenia pozostałych typów wykazują na ogół dobre własności i jeśli porównamy wartości ich parametrów z tolerancjami podanymi w tablicy 5.3 dla dalekosiężnej linii transmisyjnej (WVV), to okaże się, że przekroczenia granic tych tolerancji są nieznaczne. Jednak należy zauważyć, że występują tu duże rozbieżności zniekształceń w poszczególnych torach (np. w linii R-600 wzmocnienie różnicowe w torze 1 wynosi 35%, zaś w pozostałych dwóch torach - 6%). Zjawisko to świadczy, że w danym urządzeniu można w zasadzie uzyskać mniejsze zniekształcenia, zaś ich wzrost należy tłumaczyć brakiem prawidłowego wyregulowania.

T a b l i c a 6.1

Typ linii radiowej	R-600		GTT 4000/600			NEC		PHT 4076		
	w pętli		w pętli			wzdłuż trasy		wzdłuż trasy		
Sposób pomiaru	300		240			300		320		
Długość trasy	6		6			7		6		
Liczba skoków linii	1	3	5	1	2	3	TV1	TV2	rez	
Oznaczenie toru										
Tłumienie sygnału chrominancji	-3,5	-0,7	-0,4	-0,9	+1,5	+1,5	-1	-1,5	-1,7	-0,9
Opóźnienie sygnału chrominancji	-	-	-	-	-	-	+110	+40	0	-
Pass różnicowa (w stopniach) przy średniej wartości sygnału:	4	10	3	-4	-2	3	0,2	0,8	0,2	0
	10 %	7	4	±1	3	6	0,4	1	0,5	2
	4	5	3	4	7	13	0	0,6	0,5	0
Wskazanie różnicowe (w procentach) przy średniej wartości sygnału:	30	6	4	4	8	1	1,5	3	1	0
	35	6	6	2	7	4	1	3	0	3
	35	6	1	3	6	7	0,7	2	0,5	5

Omówione wyżej wyniki dotyczą, jak już wspomniano, tylko samych urządzeń linii radiowych, nie uwzględniają natomiast innych urządzeń wizyjnych, jak wzmacniacze rozdzielcze i korekcyjne, urządzenia komutacyjne, które w rzeczywistych warunkach wchodzi w skład wyposażenia linii transmisyjnych. W tym przypadku należy się liczyć z niższymi parametrami jakościowymi. Dla przykładu warto prześledzić badania przeprowadzone na jednej z dłuższych tras linii transmisyjnych o stosunkowo skomplikowanej strukturze.

Jak to wynika ze schematu trasy uwidocznionej na rys. 6.1, sygnały pomiarowe są wysyłane z punktu początkowego w Instytucie Łączności w Miedzeszynie. Stąd za pomocą linii radiowej TTV 205 sygnał jest przekazywany na stację węzłową w PKiN w Warszawie. Tu następuje demodulacja sygnału do pasma wizyjnego. Połączenie z następnym odcinkiem linii radiowej wymaga zastosowania wizyjnych wzmacniaczy korekcyjnych ze względu na stosunkowo dużą odległość między odbiornikiem linii TTV a wejściem nadajnika linii GTT 4000/600. Następny punkt demodulacji sygnału do pasma wizyjnego i powtórnej modulacji znajduje się na stacji węzłowej linii radiowych, gdzie następuje połączenie linii radiowej GTT 4000/600 z linią typu R-600. Zamknięcie pętli na stacji końcowej może następować bądź w pasmie częstotliwości pośredniej, a więc bez demodulacji do pasma wizyjnego, bądź w pasmie wizyjnym. Droga powrotna sygnału jest identyczna. Pomiarowe urządzenie odbiorcze umieszczono również w Instytucie Łączności w Miedzeszynie.

Jak wynika z opisu trasy, sygnał pomiarowy podlega 4- lub 5-krotnej demodulacji do pasma wizyjnego (nie licząc początkowego i końcowego punktu trasy).

Wyniki pomiarów tej trasy przedstawiają się następująco:

		<u>Zamknięcie pętli w pasmie</u>	
		p.cz.	wizyjnym
Tłumienie sygnału chromi-			
nancji	dB	1,5	3,0
Faza różnicowa (w stop-			
niach) przy średniej			
wartości sygnału:	10%	-68	-87
	50%	-20	-29
	90%	-20	-15
Wzmocnienie różnicowe			
(w procentach) przy			
średniej wartości			
sygnału:	10%	30	25
	50%	10	10
	90%	20	12

Jak z tego widać, wartości parametrów dalekie są od wartości dopuszczalnych przy transmisji sygnału telewizji kolorowej. Dotyczy to zwłaszcza wartości fazy różnicowej. Interesujące może być przy tym stwierdzenie, że podczas transmisji programu telewizji czarno-białej, bezpośrednio przed pomiarami, nie stwierdzano dostrzegalnego pogorszenia jakości obrazu.

Zbadanie źródeł powstawania tak znacznych zniekształceń wymagałoby szczegółowego zbadania poszczególnych urządzeń. Można by wówczas ustalić, które z tych urządzeń są najbardziej odpowiedzialne za powstałe zniekształcenia.

Badaniami własności linii transmisyjnych objęto również i linie radiowe typu przenośnego, stosowane w sieci krajowej na trasach lokalnych. Wyniki pomiarów zniekształceń różnicowych w liniach radiowych typu TTV 205 oraz "Korab", przeprowadzonych na pętli utworzonej z dwóch zestawów nadawczo-odbiorczych, są następujące:

T a b l i c a 6.2

Typ linii	Faza różnicowa (w stopniach) przy średniej wartości sygnału			Wzmocnienie różnicowe (w procentach) przy średniej wartości sygnału		
	10%	50%	90%	10%	50%	90%
TTV 205	4	3,5	1	7	7	4
Korab	17	16	17	15	22	28

Przebieg tych zniekształceń w funkcji poziomu sygnału luminancji przedstawiono na rys. 6.2 i 6.3.

Omawiając badania linii transmisyjnych pod kątem ich przydatności do telewizji kolorowej, należy wspomnieć również o przeprowadzonych w 1969 r. pomiarach linii radiowych i kablowych, w związku z przygotowaniem tych linii do transmisji sygnałów telewizji kolorowej między

Moskwą i Berlinem. W czerwcu i lipcu 1969 r. przeprowadzono pomiary linii kablowej Moskwa-Kijów-Katowice-Praha-Berlin oraz linii radiowej Moskwa-Leningrad-Kalininograd-Warszawa-Poznań-Berlin. W tym czasie wykonano 6 razy pomiar linii kablowej i 4 razy linii radiowej.

Pomiary linii kablowej były wykonywane w Katowicach, zaś linii radiowej - w Warszawie. Pomiary linii radiowej powtórzono w ciągu kolejnych 3 dni września 1969 r., przy czym punkty pomiarowe znajdowały się w Milejewie i Jemiołowie, gdzie są stacje graniczne polskiego odcinka linii radiowej.

Zgodnie z ustalonym programem badań przeprowadzono pomiary parametrów elektrycznych według Regulaminu Interwizji, poszerzone o pomiar zniekształceń różnicowych oraz dokonywano oceny jakości obrazu kolorowego i kompatybilnego obrazu czarno-białego.

Wyniki pierwszej serii badań wykazały, że w obu liniach występują znaczne odchylenia od przyjętych tolerancji, zaś jakość obrazu była średnio oceniana na 3-4. Podczas drugiej serii pomiarów zaobserwowano wyraźną poprawę parametrów jakościowych linii radiowej, - - - - - znalazło odbicie w ocenie jakości obrazu, określonej na 2-3.

6.4. Przebieg i wyniki badań nadajników telewizyjnych

Krajowa sieć nadajników telewizyjnych wykazuje, podobnie jak i sieć linii transmisyjnych, dużą różnorodność pod względem wyposażenia. Z tego więc względu należało poddać badaniom co najmniej wszystkie typy nadajników te-

lewizyjnych, obecnie eksploatowanych, aby uzyskać niezbędne minimum informacji o ich przydatności do telewizji kolorowej. Jednak stwierdzenie, czy poszczególne egzemplarze danego typu nadajnika odznaczają się podobnymi cechami było możliwe dopiero po przebadaniu kilku nadajników tego samego typu.

W najszerszym zakresie przeprowadzono badania warszawskiego nadajnika telewizyjnego I programu. Jest to nadajnik firmy Tesla typu TV-30, o mocy wyjściowej 30 kW, pracujący w 2 kanał częstotliwości. Pomiary interesujących nas parametrów przeprowadzono zgodnie z założonym programem, a więc w warunkach normalnej eksploatacji, następnie po przeprowadzeniu regulacji zgodnie z instrukcją obsługi oraz po dobraniu takich warunków pracy w których zniekształcenia różnicowe osiągały minimalne wartości. Wyniki tych badań podano w tablicy 6.3.

Wyniki ostatnich dwóch pomiarów wymagają omówienia. Zniekształcenia różnicowe zmniejszyły się bowiem tak znacznie (faza różnicowa 3-krotnie, zaś wzmocnienie różnicowe 10-krotnie), że nie można było tego przypisać jedynie prawidłowemu wyregulowaniu nadajnika. Stwierdzono, że głębokość modulacji wynosiła przy tych pomiarach 60%, co jak wykazały późniejsze badania ma decydujący wpływ na wartość zniekształceń różnicowych.

W następnym etapie badań tego nadajnika było ustalenie zależności zniekształceń różnicowych od warunków pracy nadajnika. Przeprowadzono więc pomiary wartości zniekształceń różnicowych w dwóch przypadkach:

T a b l i c a 6.3

Warunki pomiaru nadajnika	Tłumienie sygnału chrominancji dB	Faza różnicowa (w stopniach) przy średniej wartości sygnału			Wzmocnienie różnicowe (w procentach) przy średniej wartości sygnału		
		10%	50%	90%	10%	50%	90%
W normalnych warunkach pracy (bez wstępnej regulacji)	-0,5	13	12	10	40	40	30
Po wyregulowaniu wg instrukcji obsługi	+0,8	14	12	8	50	40	35
Po wyregulowaniu na minimum wzmocnienia różnicowego (przy głębokości modulacji 60%)	+2,5	4,5	4	3,5	4	6	2
Po wyregulowaniu na minimum fazy różnicowej (przy głębokości modulacji 60%)	-	-	3	-	-	4	-

- przy utrzymywaniu stałej mocy wyjściowej nadajnika, odpowiadającej szczytom impulsów synchronizacji i zmianachysterowania nadajnika, co odpowiada zmianom głębokości modulacji;
- przy utrzymywaniu stałej głębokości modulacji, równej 85% i zmianach mocy wyjściowej nadajnika.

Wyniki tych pomiarów przedstawiono wykreślnie na rys. 6.4 i 6.5. Widać wyraźne zmniejszanie się fazy różnicowej przy zmniejszaniu głębokości modulacji lub mocy wyjściowej, natomiast przebieg wzmocnienia różnicowego jest płaski. Wykorzystując powyższe zależności można zmniejszyć zniekształcenia różnicowe, a zwłaszcza fazę różnicową, do wartości dopuszczalnych. Nie można jednak tego uważać za rozwiązanie do przyjęcia jako docelowe, gdyż nadajnik nie pracuje w swych normalnych warunkach.

W celu znalezienia takiego rozwiązania technicznego, które umożliwiłoby zredukowanie zniekształceń różnicowych nadajnika przy zachowaniu jego normalnych warunków pracy, przeprowadzono próby zastosowania odpowiedniego korektora. Urządzenie to powinno wprowadzać takie wstępne zniekształcenia różnicowe do sygnału wizyjnego na wejściu nadajnika, aby mogły one skompensować, przynajmniej częściowo, zniekształcenia powstające w nadajniku. Przygotowawczym etapem opracowania takiego korektora było zbadanie zmienności czasowej zniekształceń różnicowych nadajnika. W tym celu, w okresie około dwóch miesięcy, przeprowadzano pomiary przebiegu fazy różnicowej i wzmocnienia różnicowego w funkcji poziomu sygnału lu-

minancji. Pomiarów wykonywano 2-krotnie w ciągu dnia: przed rozpoczęciem programu telewizyjnego i po jego zakończeniu. Należy zwrócić uwagę, że w danym przypadku nie wystarczały pomiary maksymalnych wartości zniekształceń różnicowych, gdyż należało poznać ich przebieg od poziomu bieli do poziomu czerni, aby móc później wprowadzić w korektorze zniekształcenia o odwrotnym przebiegu.

Dane zebrane w ten sposób posłużyły do sporządzenia zestawienia, które obrazuje pole zmienności czasowej fazy różnicowej (rys. 6.6a) i wzmocnienia różnicowego (rys. 6.6b) występujących w badanym nadajniku. Można na tej podstawie stwierdzić, że w warunkach normalnej eksploatacji występuje średnio kilkuprocentowy spadek wzmocnienia w pobliżu poziomu czerni i znacznie większy, rzędu 20% - spadek w obszarze bieli. Faza różnicowa ma przebieg narastający o kształcie lekko parabolicznym i wartościach dochodzących średnio do $+15^{\circ}$.

Działanie korektora jest oparte na zastosowaniu wzmacniaczy nieliniarnych. Sygnał wizyjny zostaje skierowany do dwóch torów, przy czym w jednym następuje uwydatnianie obszaru czerni, zaś w drugim - obszaru bieli (rys. 6.7). Stopień uwydatniania jest w każdym z torów regulowany niezależnie. Poza tym wprowadza się dodatkowo niewielkie opóźnienie sygnału za pomocą odcinka kabla koncentrycznego, aby skompensować fazę różnicową.

Model korektora zniekształceń różnicowych wykonano jako niezależne urządzenie. Całkowity sygnał wizyjny o nominalnej amplitudzie doprowadza się do wejścia korek-

tora, a sygnał z jego wyjścia o tej samej amplitudzie i polaryzacji - do wejścia nadajnika. Regulację korektora należy przeprowadzać mierząc na wyjściu demodulatora pomiarowego sumaryczne zniekształcenia różnicowe.

Badania skuteczności działania opracowanego korektora potwierdziły słuszność założeń, uzyskano bowiem znaczne zmniejszenie zniekształceń różnicowych nadajnika. Przebieg tych zniekształceń przy pracy nadajnika z pełną mocą znamionową przy głębokości modulacji ok. 90% bez korektora i po zastosowaniu korektora przedstawiono na rys. 6.8 i 6.9.

Wadą zastosowanego korektora zniekształceń różnicowych jest jego statyczne działanie, polegające na wstępnym dobraniu warunków pracy w celu kompensacji średnich wartości zniekształceń różnicowych, występujących w danym nadajniku. Poza tym możliwości korekcyjne urządzenia są dość ograniczone, co uniemożliwia jego zastosowanie do dowolnego nadajnika. Charakterystyki korekcyjne należy więc dobierać indywidualnie do danego nadajnika, w zależności od przebiegu zniekształceń różnicowych.

Próby wykorzystania korektora zniekształceń różnicowych należy uznać jednak za udane, gdyż wykazano możliwości skutecznej kompensacji zniekształceń tego typu.

W sposób podobny do opisanego przeprowadzono badania zniekształceń różnicowych w innych nadajnikach telewizyjnych. Jeśli warunki na to pozwalały, pomiary powtarzano kilkakrotnie, a poza tym badano wpływ warunków pracy nadajnika na wartości zniekształceń. Stwierdzono

przy tym, że zależność zniekształceń różnicowych od głębokości modulacji lub od mocy wyjściowej nie zawsze ma przebieg regularny. W niektórych przypadkach uzyskiwano bowiem wzrost fazy różnicowej lub wzmocnienia różnicowego przy płytszej modulacji lub mniejszej mocy.

W wielu typach nadajników telewizji czarno-białej stosowane są układy regeneracji sygnału synchronizacji, połączone z obcinaniem sygnału wizyjnego na poziomie czerni. Układy tego typu nie mogą być stosowane w telewizji kolorowej, gdyż powodują obcięcie części użytecznego sygnału chrominancji oraz impulsów synchronizacji (lub identyfikacji) kolorów. Mając to na uwadze, badania nadajników przeprowadzono przy wyłączonych układach regeneracji.

Zestawienie wartości zniekształceń różnicowych, uzyskanych przy badaniu nadajników podano w tabelicy 6.4. Widać z niego po pierwsze, że wartości zniekształceń poza nielicznymi wyjątkami wyraźnie przekraczają dopuszczalne tolerancje, a po drugie, że rozrzuty między minimalnymi i maksymalnymi wartościami zniekształceń, występującymi w warunkach eksploatacyjnych, są bardzo duże. Sytuacja taka jest więc niekorzystna z punktu widzenia wykorzystania tych nadajników do telewizji kolorowej.

Należy jeszcze zwrócić uwagę na sposób przeprowadzania pomiarów parametrów nadajnika telewizyjnego. Jak wiadomo, pomiary przeprowadza się na wyjściu demodulatora pomiarowego, zwanego również odbiornikiem Nyquista. Wynika stąd, że w rzeczywistości mierzy się zniekształce-

T a b l i c a 6.4

Badany nadajnik telewizyjny		Maksymalne wartości zmierzono		Minimalne wartości zmierzono	
Typ	Producent	Lokalizacja	Faza różnicowa	Faza różnicowa	Wzmocnienie różnicowe
			stopni	stopni	%
TV-30	Tesla	Bydgoszcz	1	10	60
TV-30	Tesla	Kielce	27	15	40
216 Y 616/2	Siemens	Wrocław	7	10	50
NTV-2/10-III	ZARAT	Łódź I A	29	8	
NTV-2/10-III	"	Łódź I B	15	28	31
NTV-2/10-III	"	Białystok	17	40	65
NTV-2/10-III	"	Szczecin	13	35	70
NTV-2/10-III	"	Poznań	25	9	50
NTV-2/10-III	"	Lublin B	9	3	14
NTV-2/10-III	"	Łódź II	11	5	20
NTV-0,2/1-III	"	Kraków II	25	2	21
NTV-0,2/1-I	"	Warszawa II	6	13	13
NTV-0,06/0,3-III	"	Katowice II	12	14	
NTV-0,06/0,3-III	"	Olsztyn tor 1	2	6	
ZONA 2x2,5 kW	Tesla	tor 2	0,5	10	

nia powstające w zestawie nadajnik-demodulator. W przypadkach gdy nie ma pewności, że demodulator działa poprawnie, nie można określić, jaki jest rozkład zniekształceń na nadajnik i demodulator. Należy w tym miejscu podkreślić, że podczas opisanych badań nadajników telewizyjnych nie dysponowano wzorcowym demodulatorem pomiarowym o gwarantowanych parametrach elektrycznych, których wartości są w normach stolerowane bardzo wąsko. Pomiaru przeprowadzano przy wykorzystaniu demodulatora, stanowiącego normalne wyposażenie danego nadajnika. Z tego więc względu uzyskane wyniki pomiarów mogą być obciążone błędami, których źródłem może być demodulator.

7. WYTYCZNE PRZYSTOSOWANIA ISTNIEJĄCEJ SIECI TRANSMISYJNEJ I SIECI NADAJNIKÓW DO POTRZEB TELEWIZJI KOLOROWEJ

Zgodnie z perspektywicznym planem rozwoju telewizji w Polsce przewiduje się w pierwszym etapie wprowadzania telewizji kolorowej do eksploatacji wykorzystanie istniejącej sieci linii transmisyjnych i nadajników telewizyjnych. Nie jest to łatwe, gdyż, jak wiadomo, pracujące w kraju urządzenia telewizyjne nie były przewidywane do pracy w telewizji kolorowej. Są one bardzo różnorodnego pochodzenia, część z nich jest już przestarzałej konstrukcji i przedstawiają różny poziom techniczny, który, ogólnie oceniając, nie odpowiada wymaganiom telewizji kolorowej.

Jak wykazały badania prowadzone przez szereg lat w

Zakładzie Telewizji Instytutu Łączności, istnieją pewne możliwości wykorzystania obecnie eksploatowanych urządzeń w telewizji kolorowej. Należy jednak zdawać sobie jasno sprawę z tego, że należy to traktować jako rozwiązanie zastępcze, które można tolerować jedynie w pierwszym etapie rozwoju telewizji kolorowej. Dalsza droga postępowania musi polegać na stopniowym wycofywaniu urządzeń eksploatowanych i zastępowaniu ich nowymi, całkowicie spełniającymi warunki telewizji kolorowej.

Przystępując do przystosowania do telewizji kolorowej sieci transmisyjnej oraz sieci nadajników, należy przede wszystkim wyodrębnić grupę urządzeń, które mogą być uznane za nadające się do telewizji kolorowej. Spośród nadajników można by tu wymienić nadajniki Tesla TV-30 oraz ZONA, zaś z krajowych - nadajniki nowej serii zunifikowanej, które w zasadzie powinny spełniać wymagania telewizji kolorowej. W nadajnikach TV-30 należałoby przerobić istniejące układy stabilizacji poziomu czerni. Jeśli chodzi o linie radiowe, to istnieją możliwości wykorzystywania wszystkich urządzeń typu stacjonarnego, pod warunkiem przestrzegania bardzo starannej ich eksploatacji.

W świetle wymagań telewizji kolorowej jest niezbędne znaczne zaostrzenie warunków obsługi urządzeń w taki sposób, aby wartości parametrów były utrzymywane blisko wartości optymalnych i wykazywały jak najmniejsze odchylenia w czasie pracy. W szczególności należy dbać o staranne utrzymywanie nominalnego poziomu sygnału wizyjnego nie tylko na początku i końcu danego toru wizyjnego,

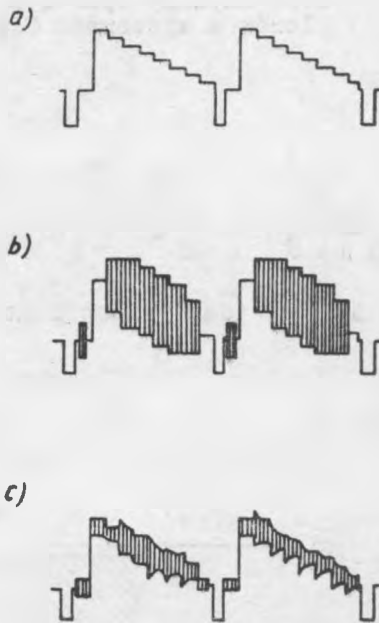
ale i we wszystkich punktach pośrednich. Jak wykazały bowiem badania, stosunkowo niewielkie odchylenia od wartości nominalnej sygnału na wejściu lub na wyjściu danego urządzenia pociągają za sobą znaczny wzrost zniekształceń różnicowych. Zaobserwowano to szczególnie wyraźnie w liniach radiowych i wzmacniaczach rozdzielczych wizji.

Trasy linii radiowych, na których jest przewidywana transmisja sygnałów telewizji kolorowej, należy w jak największym stopniu uprościć. Chodzi tu przede wszystkim o ograniczenie do niezbędnego minimum liczby połączeń w pasmie wizyjnym. W szczególności połączenia między urządzeniami różnych typów powinny być wykonywane w pasmie częstotliwości pośredniej, o ile jest to technicznie możliwe.

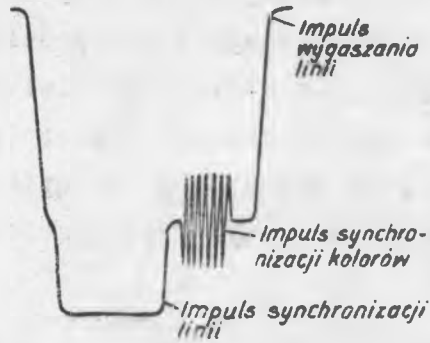
Należy w poważnym stopniu ograniczyć zniekształcenie sygnału wizyjnego w ośrodkach studyjnych, na stacjach linii radiowych i stacjach nadawczych. Źródłem tych zniekształceń są wszelkiego rodzaju wzmacniacze wizyjne rozdzielcze i korekcyjne, wzmacniacze stabilizujące (liniowe), urządzenia komutacyjne, zbyt długie odcinki kabla koncentrycznego itp. Przede wszystkim należy wykluczyć stosowanie wzmacniaczy liniowych, w których występuje obcinanie sygnału na poziomie wygaszania. Jako naczelną zasadę należy tu przyjąć maksymalne uproszczenie przebiegu drogi sygnału wizyjnego, aby ograniczyć liczbę niezbędnych urządzeń wizyjnych i skrócić drogę przebiegu sygnału.

W świetle powyższych uwag wydaje się, że najbardziej racjonalną drogą przystosowywania istniejącej sieci na-

dawczej do telewizji kolorowej będzie wybór określonego obiektu telewizyjnego i przeprowadzenie w nim wszelkich niezbędnych prac w celu umożliwienia nadawania programów telewizji kolorowej. Dopiero po całkowitym zakończeniu tych prac można by przystąpić do przystosowywania następnego obiektu, wykorzystując doświadczenia zdobyte na poprzednim etapie.



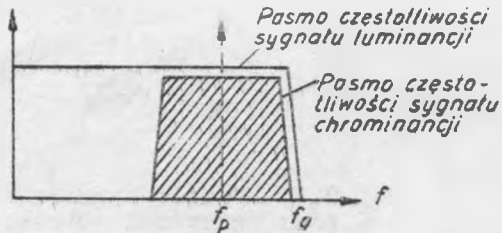
2.1. Kształt sygnału wizyjnego przy nadawaniu obrazu pionowych pasów kolorowych: a) w telewizji czarno-białej; b) w telewizji kolorowej systemu NTSC i PAL, c) w telewizji kolorowej systemu SECAM



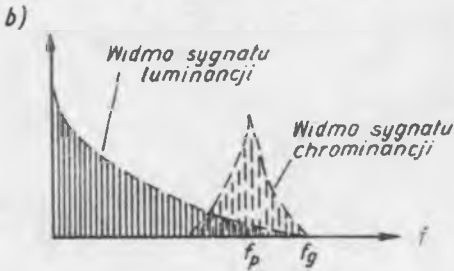
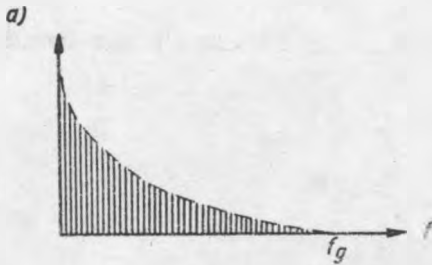
2.2. Impulsy synchronizacji kolorów w systemach NTSC i PAL



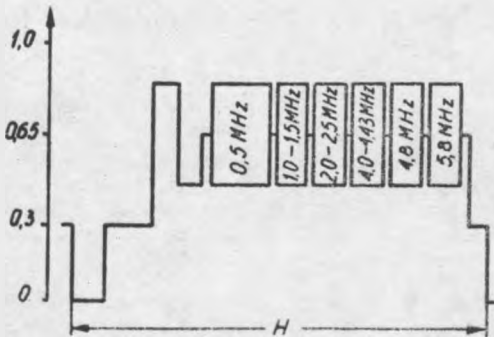
2.3. Impulsy identyfikacji kolorów w systemie SECAM



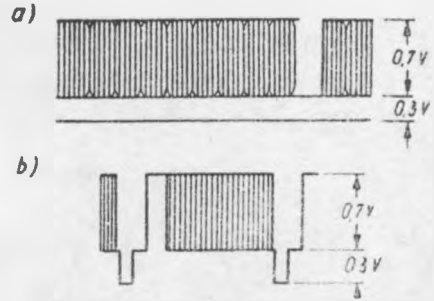
2.4. Pasmo częstotliwości sygnałów luminancji i chrominancji w telewizji kolorowej



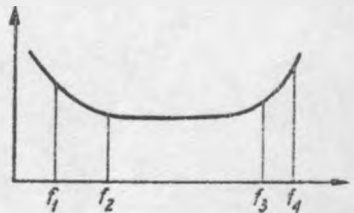
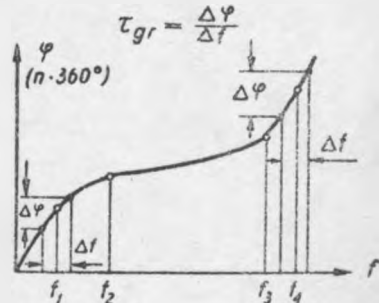
2.5. Widmo sygnału wizyjnego:
 a) w telewizji czarno-białej,
 b) w telewizji kolorowej



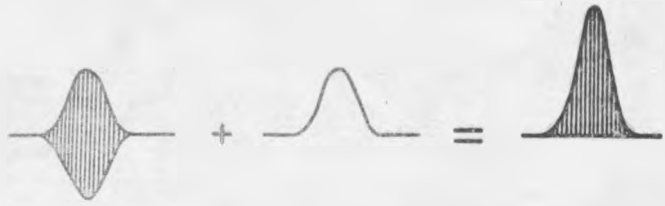
4.2. Sygnał pomiarowy grup częstotliwości



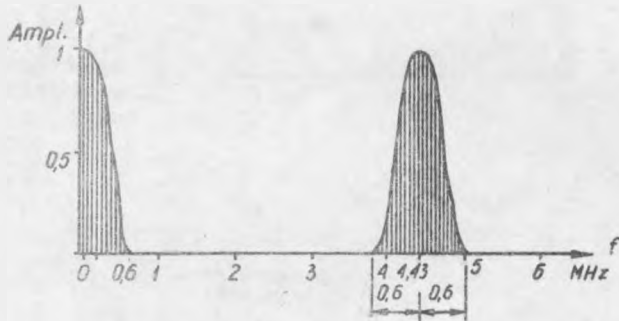
4.1. Sygnał pomiarowy o wobulowanej częstotliwości: a) kształt w okresie pola obrazu telewizyjnego, b) kształt w okresie linii obrazu telewizyjnego



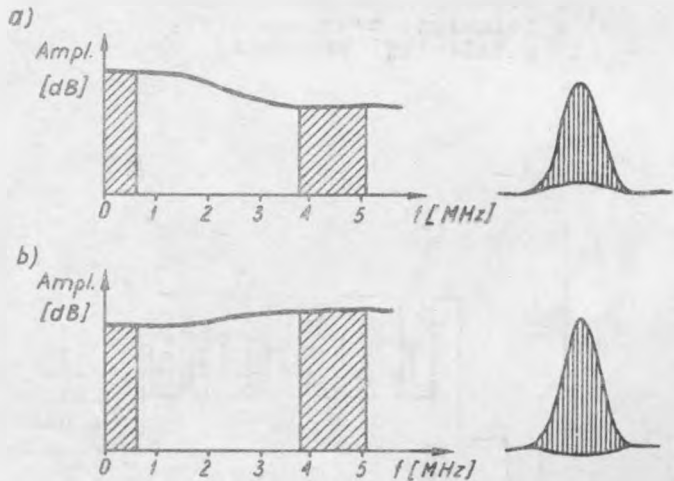
4.3. Związek między przebiegiem fazy w funkcji częstotliwości a charakterystyką grupowego czasu przejścia



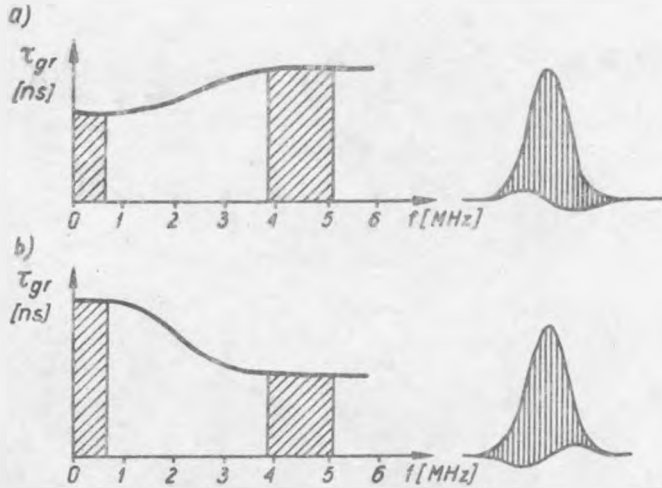
4.4. Tworzenie zmodulowanego impulsu sinus-kwadrat 20T



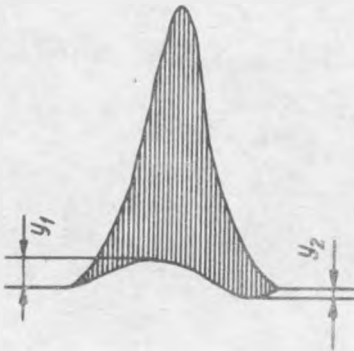
4.5. Widmo częstotliwości modułowanego impulsu sinus-kwadrat 20T



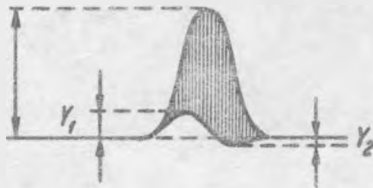
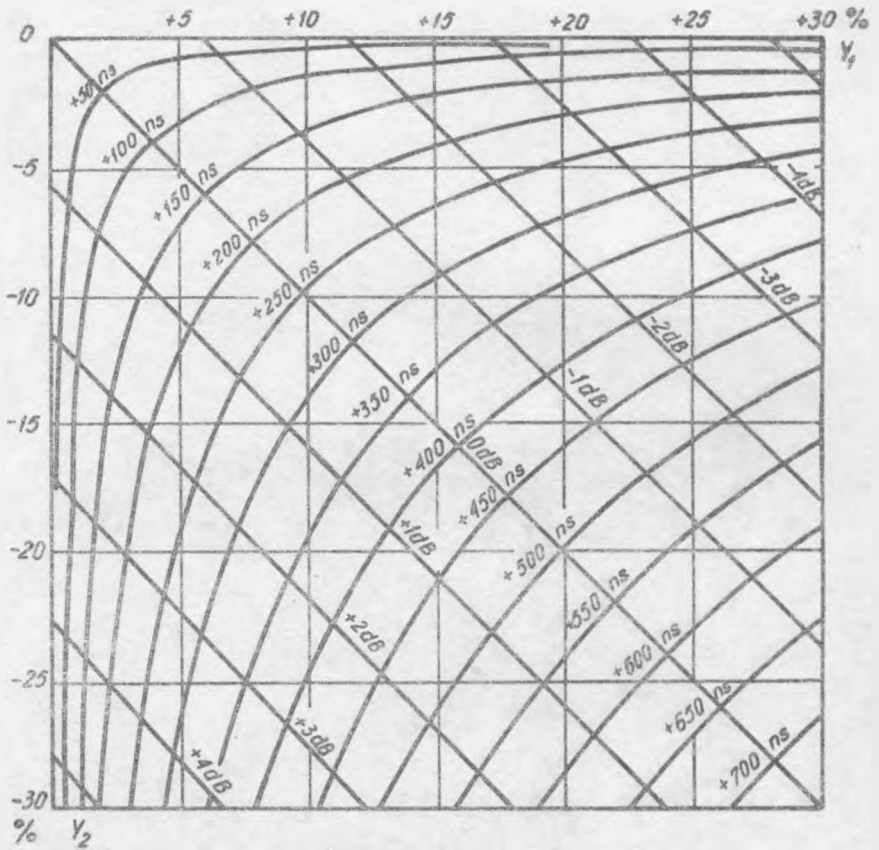
4.6. Zniekształcenie impulsu 20T przy nierównomierności charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowej; a) tłumienie większych częstotliwości, b) uwydatnianie większych częstotliwości



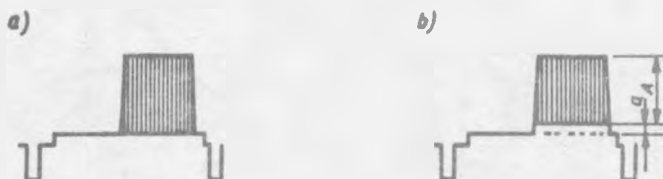
4.7. Zniekształcenie impulsu 20T przy nierównomierności charakterystyki grupowego czasu przejścia; a) opóźnienie sygnału chrominancji, b) przyspieszenie sygnału chrominancji



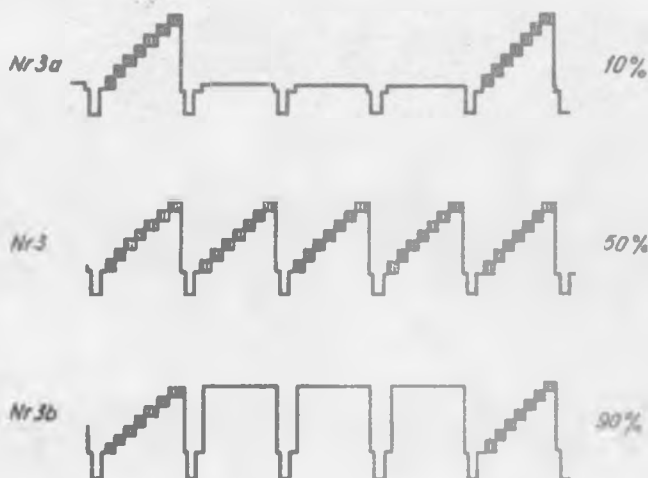
4.8. Zniekształcenie impulsu 20T przy jednoczesnej nierównomierności charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowej i charakterystyki grupowego czasu przejścia



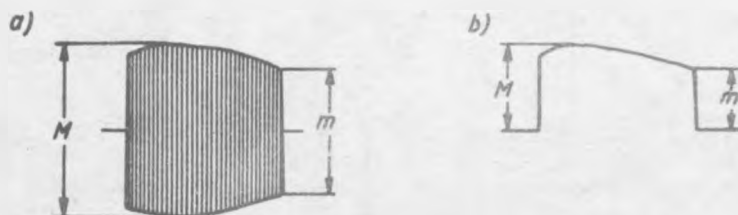
4.9. Nomogram do obliczenia tłumienia i opóźnienia sygnału chrominancji względem sygnału luminancji na podstawie pomiaru zniekształceń podstawy impulsu $20T$



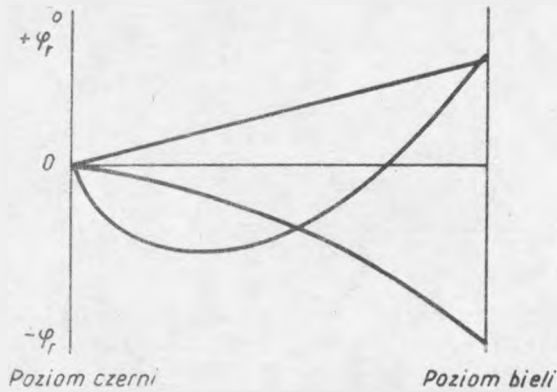
4.10. Pomiar tłumienia sygnału chrominacji względem sygnału luminancji: a) sygnał pomiarowy, b) sygnał na wyjściu badanego urządzenia



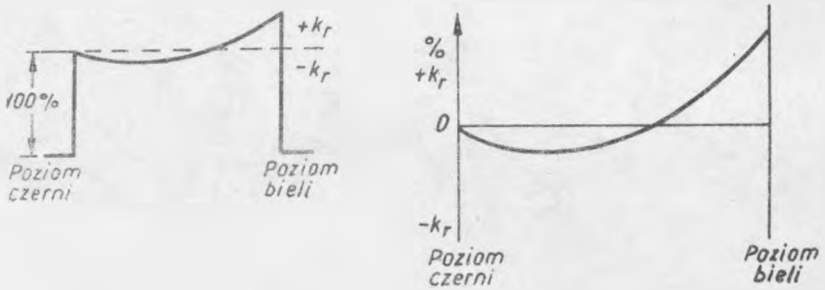
4.11. Sygnał Nr 3a i 3b do pomiaru zniekształceń nieliniarnych



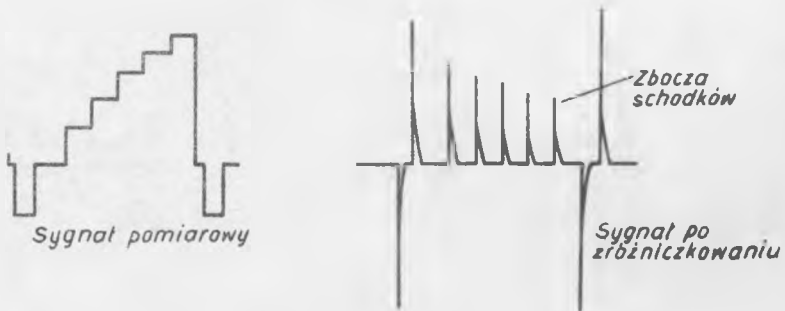
4.12. Pomiar wzmocnienia różnicowego: a) sygnał nakładki po odfiltrowaniu, b) sygnał nakładki po odfiltrowaniu i detekcji



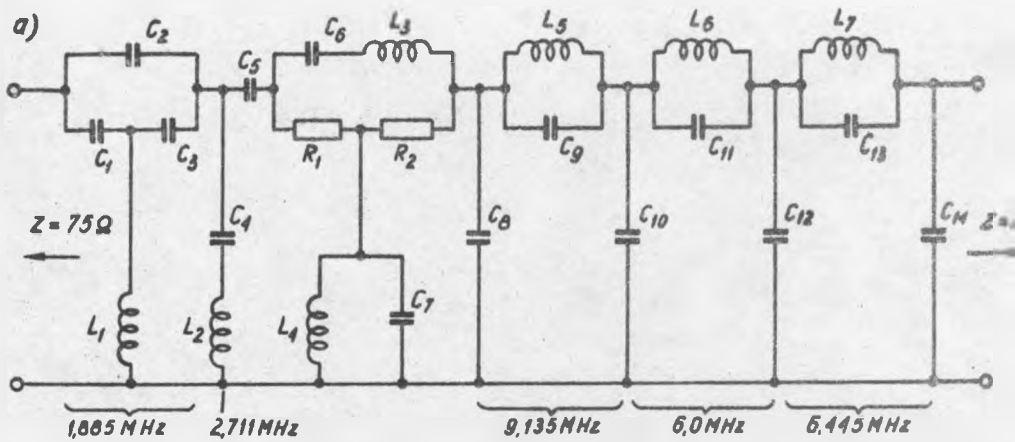
4.13. Przykłady przebiegów fazy różnicowej



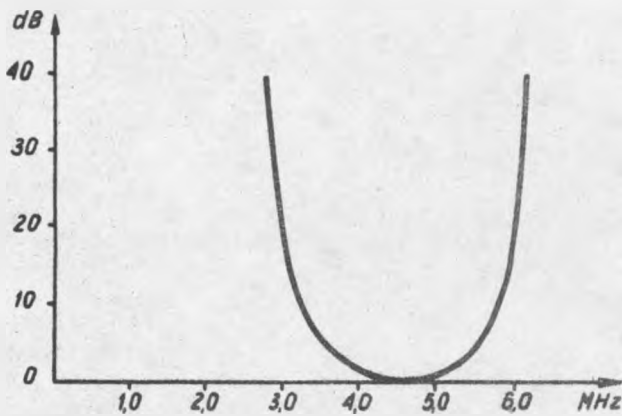
4.14. Przebieg wzmocnienia różnicowego przy ustaleniu amplitudy odniesienia na poziomie czerni



4.15. Pomiar linearnego wzmocnienia za pomocą napięcia schodkowego



b)



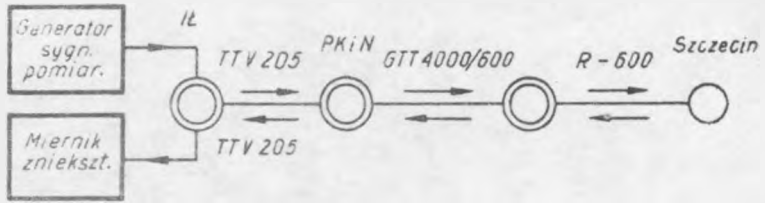
4.16. Filtr do pomiaru poziomu szumów w kanale chrominacji:
 a) układ elektryczny, b) charakterystyka tłumieniowa



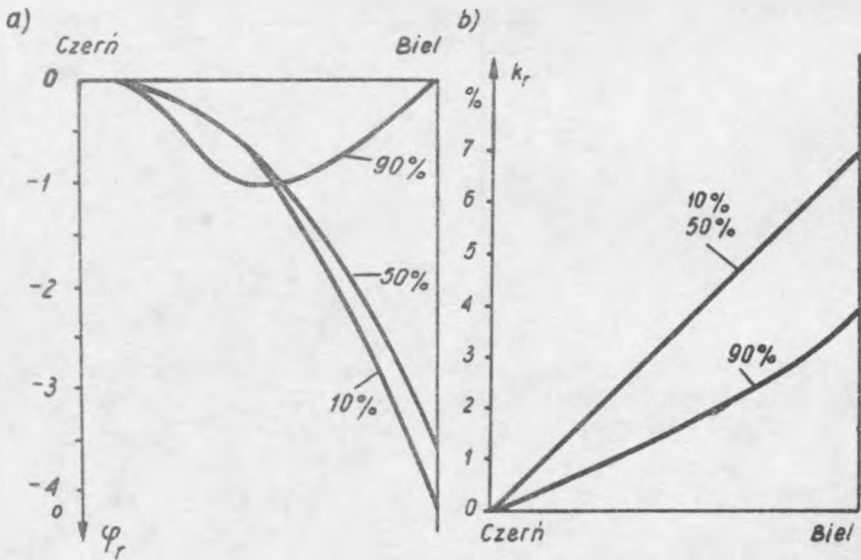
5.1. Układ czwórników nieliniarnych połączonych łańcuchowo (a) i układ zastępczy złożony z czwórników linearnych (b)



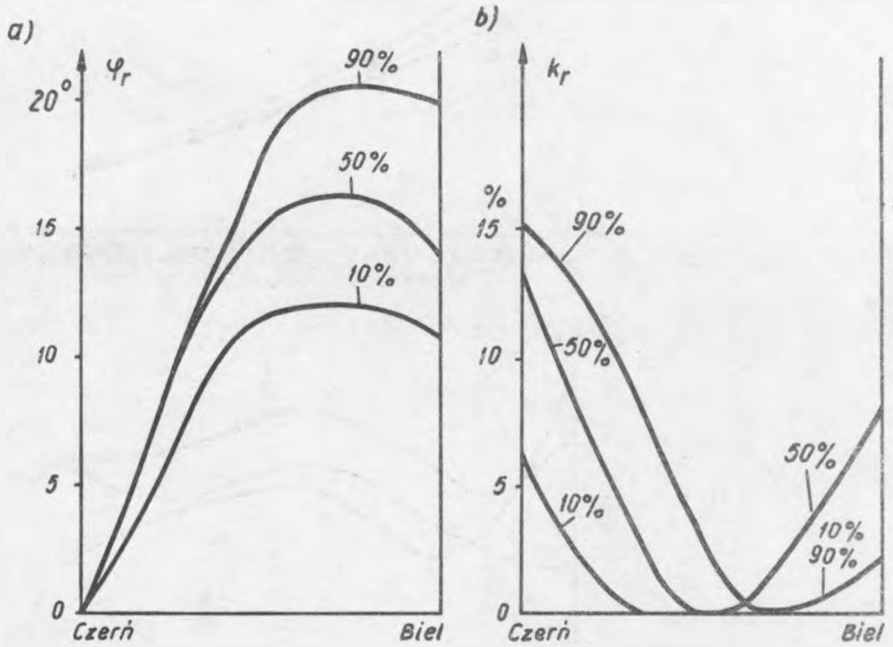
5.2. Pomiar zniekształceń różnicowych za pomocą schodkowego sygnału pomiarowego z nakładką podnośnej chrominancji: a) sygnał pomiarowy, b) przykładowy przebieg wzmacnienia różnicowego, c) przykładowy przebieg fazy różnicowej



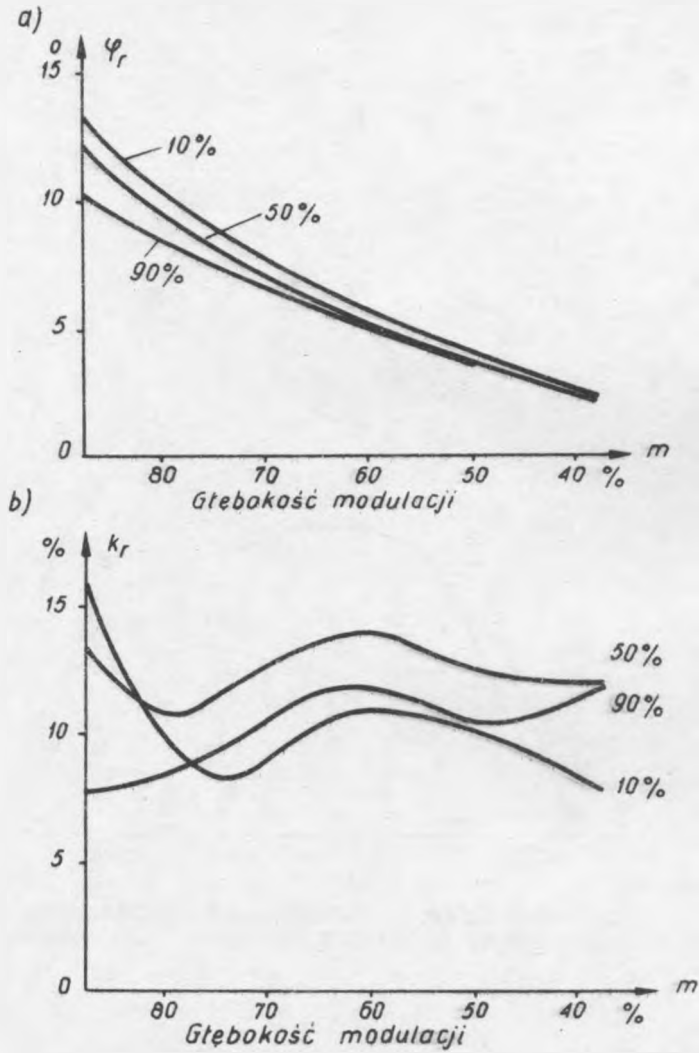
6.1. Schemat trasy linii radiowych Warszawa-Szczecin



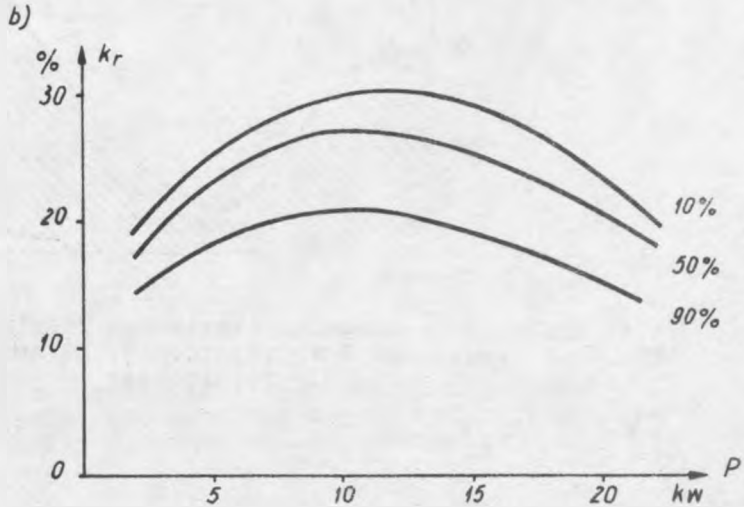
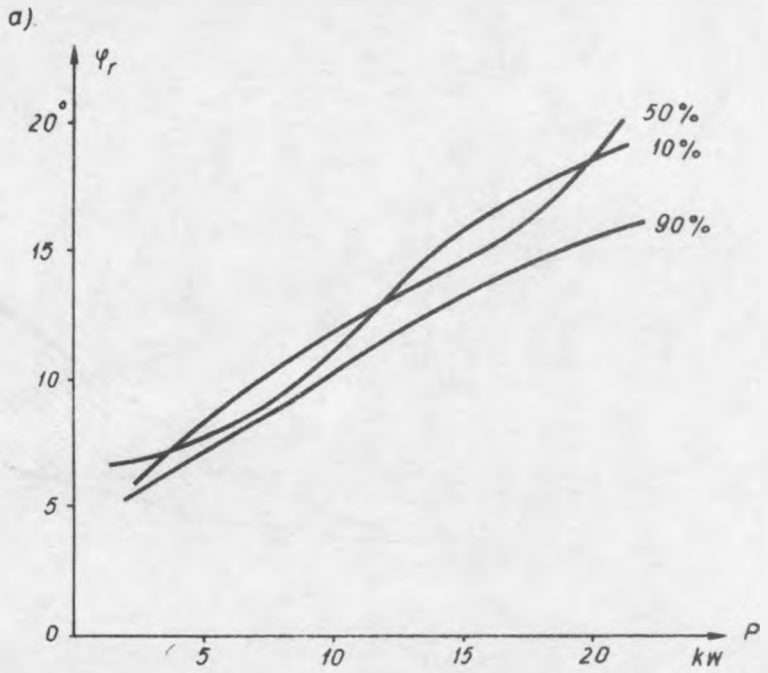
6.2. Przebieg zniekształceń różnicowych w linii radiowej typu TTV 205: a) faza różnicowa, b) wzmożenie różnicowe



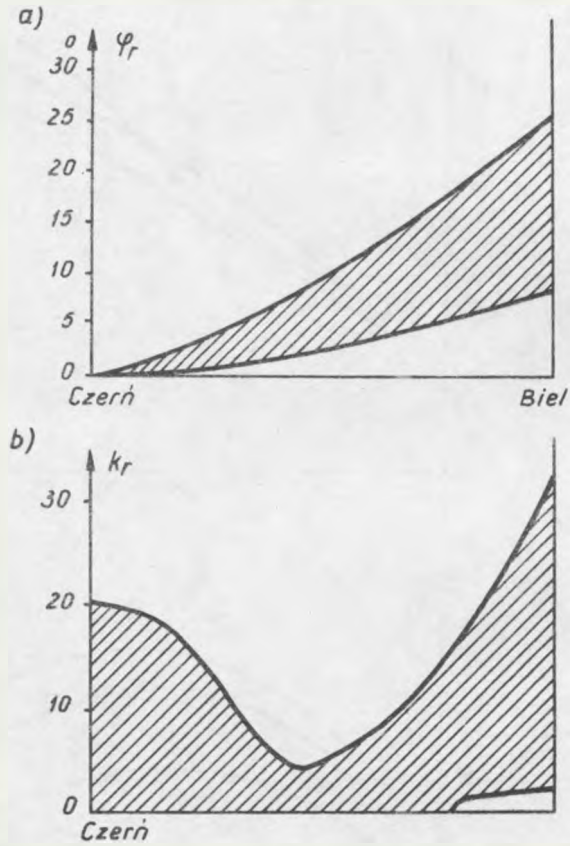
6.3. Przebieg zniekształceń różnicowych w linii radiowej typu Korab a) faza różnicowa, b) wzmacnienie różnicowe



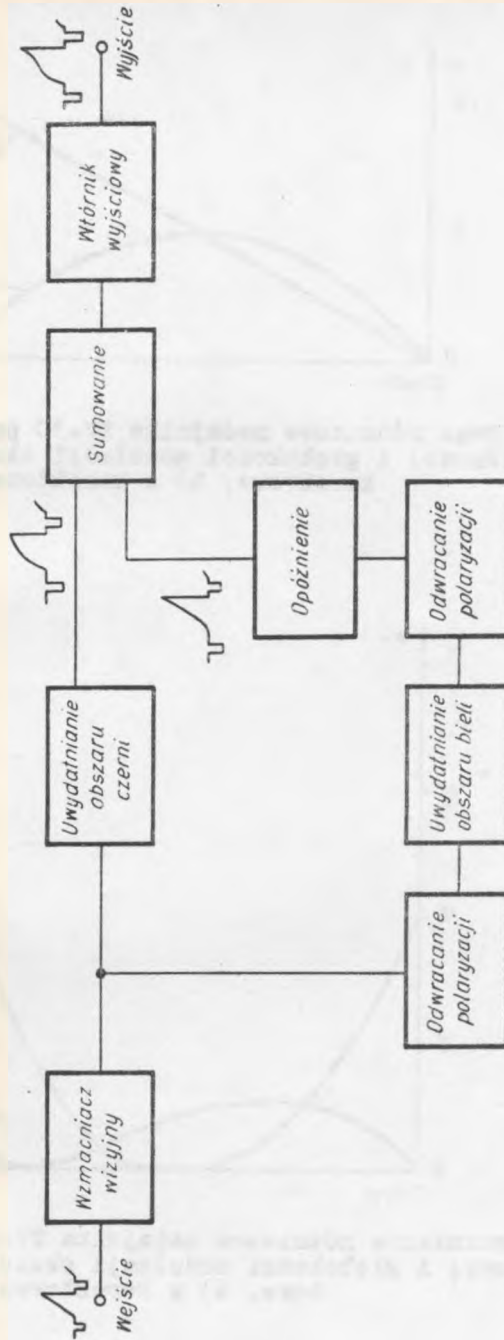
6.4. Zależność zniekształceń różnicowych od głębokości modulacji przy stałej mocy wyjściowej nadajnika TV-30: a) faza różnicowa, b) wzmocnienie różnicowe



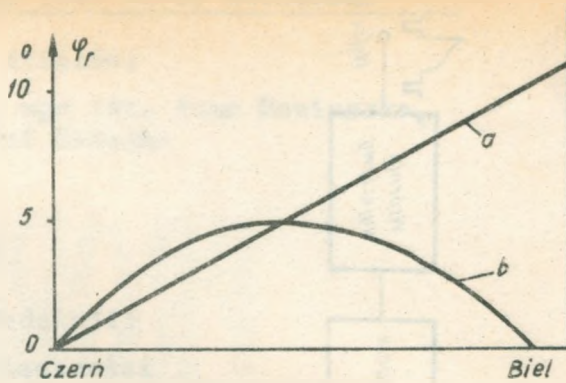
6.5. Zależność sniekstałceń różnicowych od mocy wyjściowej nadajnika TV-30: a) faza różnicowa, b) wzmocnienie różnicowe



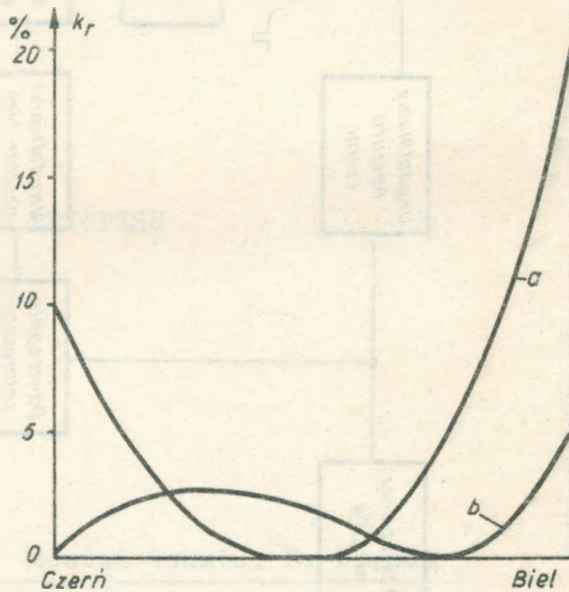
6.6. Zmienność osasowa zniekształceń różnicowych nadajnika TV-30; a) zmienność fazy różnicowej, b) zmienność wzmocnienia różnicowego



6.7. Schemat blokowy korektora zniekształceń różniolowych



6.8. Faza różnicowa nadajnika TV-30 przy pełnej mocy znamionowej i głębokości modulacji około 90%; a) bez korektora, b) z korektorem



6.9. Wsmocnienie różnicowe nadajnika TV-30 przy pełnej mocy znamionowej i głębokości modulacji około 90%; a) bez korektora, b) z korektorem

