

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
WARSZAWA-MIEDZESZYN

BIULETYN

INFORMACYJNY

7(185)

1979

MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

BIULETYN INFORMACYJNY

ROK 19

WARSZAWA 1979

NR 7/185/

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
Branżowy Ośrodek
Informacji Naukowej, Technicznej i Ekonomicznej

Redakcja Biuletynu Informacyjnego

Redaktor Naczelny - prof. mgr inż. Lesław Kędzierski
Z-ca Redaktora Naczelnego - doc. dr inż. Krystyn Plewko

Redaktorzy działów:

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

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowej, Technicznej i Ekonomicznej

Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH RĘKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO

Redaktor: mgr K. Juszkievicz

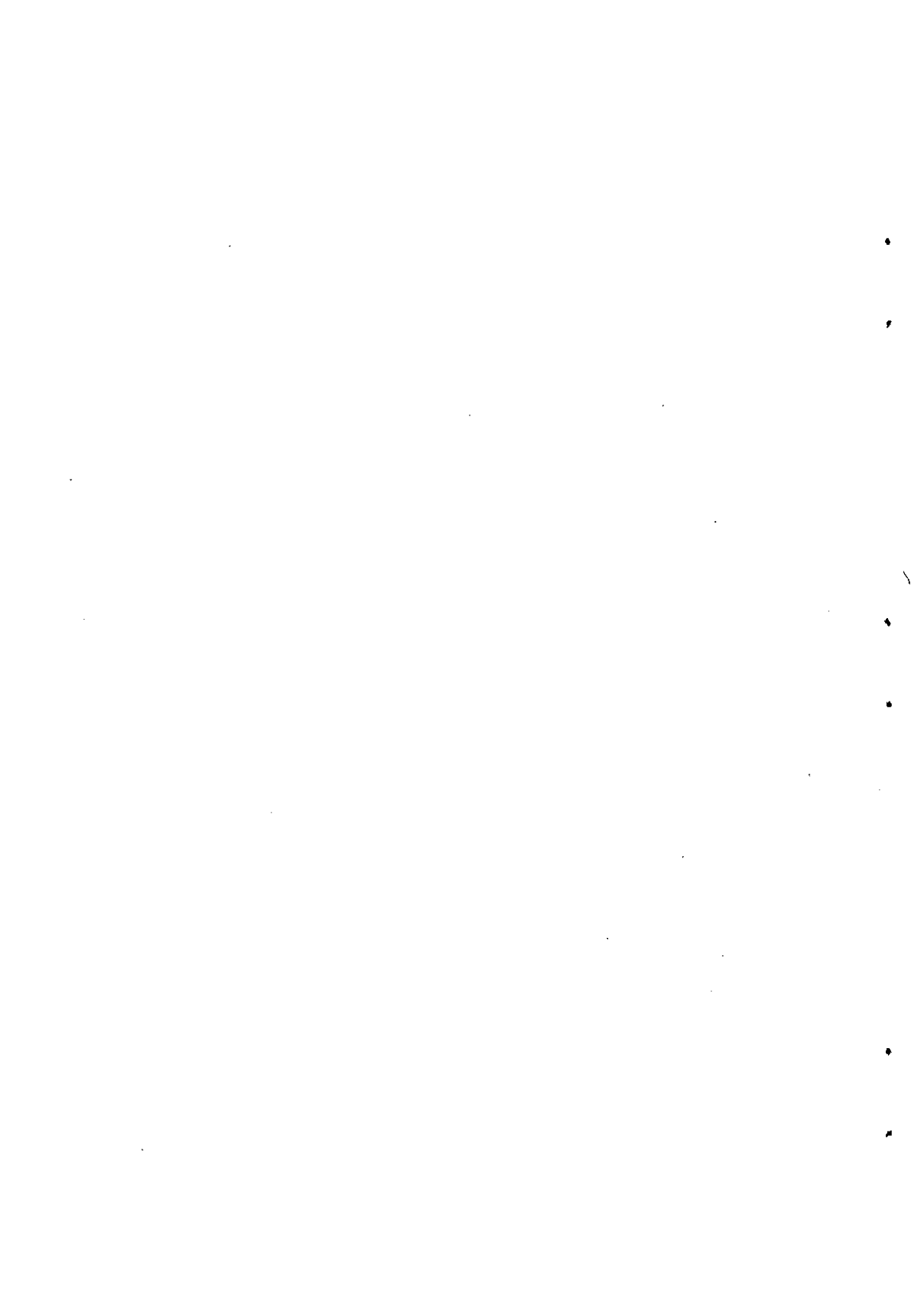
Montaż tekstu: B. Drabik

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 570. Wpłynęło do
Działu Wydawniczego 10.10.1979 r.
Druk ukończono w październiku 1979 r.

SUBIEKTYWNE METODY POMIARÓW STOSOWANE W TELEWIZJI

SPIS TREŚCI

	Str.
1. Wstęp	1
2. Metoda oceny indywidualnej	2
2.1. Rodzaje tablic kontrolnych [4,8]	3
2.1.1. Obrazy przeznaczone do kontroli szczegółowej [4,5,7,8]	6
2.1.2. Zbiorcze /uniwersalne/ tablice kontrolne dla telewizji czarno-białej [4,8]	11
2.1.3. Elektroniczne tablice kontrolne [4,8]	13
2.1.4. Przezrocza kolorowe [4]	17
3. Statystyczne metody oceny parametrów technicznych obrazu telewizyjnego	19
3.1. Warunki przeprowadzania badań statystycznych [1]	20
3.2. Przedstawianie wyników [2]	24
Wykaz literatury	27



SUBIEKTYWNE METODY POMIARÓW STOSOWANE W TELEWIZJI

I. WSTĘP

Metody pomiarowe stosowane przy eksploatacji urządzeń telewizyjnych można podzielić na dwie podstawowe grupy [4]:

- a/ metody subiektywne, polegające na obserwacji obrazów na ekranie odbiorników lub monitorów kontrolnych i subiektywnej ocenie zniekształceń wnoszonych przez tor telewizyjny oraz jakości otrzymywanego obrazu;
- b/ metody obiektywne, polegające na pomiarze parametrów sygnału wizyjnego za pomocą odpowiednich przyrządów pomiarowych.

Pomiary subiektywne, wykonywane przez obserwatorów, zapewniają na ogół mniejszą dokładność niż pomiary obiektywne, wykonywane przy użyciu odpowiednich przyrządów pomiarowych. Jednakże [4,5], sama znajomość przebiegu sygnału wizyjnego, wartości jego zniekształceń oraz wprowadzonych zakłóceń nie zawsze jest wystarczająca do oceny jakości odtwarzania obrazu na ekranie odbiornika. Konieczna bowiem do tego celu jest jeszcze dokładna znajomość związków zachodzących pomiędzy przebiegiem sygnału i wrażeniami wzrokowymi, jakie wywołują obrazy odpowiadające tym sygnałom. Zwłaszcza przy wprowadzaniu nowych systemów telewizyjnych, jak np. systemów telewizji cyfrowej, obiektywne metody badań /polegające na pomiarze określonego typu zniekształceń/, w wielu przypadkach nie dają dokładnej zależności pomiędzy przyczyną i skutkiem, gdyż brak jest korelacji pomiędzy wartością zniekształcenia a wrażeniem wzrokowym, jakie odnosi widz obserwując zniekształcony obraz.

I tak np. szumy o wartości stałej i niezależnej od poziomu sygnału wizyjnego dają różne wrażenia wzrokowe w zależności od tła obrazu. Są one znacznie bardziej zauważalne na ciemnoszarym tle, aniżeli na tle jasnym.

Do innych, specyficznych zjawisk wrażeń wzrokowych, które nie mogą być stwierdzone przy obserwacji, np. oscylogramu sygnału wizyjnego, należą:

- pozorne podkreślenie granic przylegających do siebie powierzchni o różnej luminancji;

- pozorna zmiana luminancji fragmentu obrazu w zależności od tła; szare pole na jasnym tle wydaje się bowiem ciemniejsze, niż to samo pole na tle ciemnym;
- pozorne przesunięcie granicy pomiędzy dwoma powierzchniami o różnej luminancji; biały pas na ciemnym tle wydaje się znacznie szerszy, aniżeli czarny pas o identycznych rozmiarach na białym tle;
- zmiana wrażenia wzrokowego, wywołanego danym kolorem w zależności od bodźców wywołanych kolorami sąsiednich części pola obrazu; kolor obserwowany zależy wówczas od koloru sąsiedniej powierzchni;
- zmiana wrażenia wzrokowego wywołanego danym kolorem w zależności od bodźców wywołanych przez poprzednio oglądany kolor.

Pomiary subiektywne są więc traktowane nie tylko jako uzupełnienie pomiarów obiektywnych, lecz także /jeśli są przeprowadzane na wysokiej klasy monitorach/ jako pomiary wystarczające do dokładnej oceny pracy urządzeń i wielkości wnoszonych zniekształceń.

Subiektywne metody pomiarów w telewizji można z kolei podzielić na:

- 1/ metodę indywidualnej oceny parametrów technicznych, która polega na obserwacji przez obserwatora obrazów kontrolnych o odpowiednio dobranej treści i ocenie pracy urządzeń oraz zniekształceń wnoszonych przez tor telewizyjny na podstawie jakości otrzymywanego obrazu;
- 2/ metodę statystyczną, polegającą na ocenie jakości obrazu i dostrzegalności zniekształceń przez odpowiednią liczbę obserwatorów oraz traktowaniu wyników tych pomiarów w sposób statystyczny.

Metoda indywidualnej oceny parametrów jest stosowana w zasadzie do szybkiej oceny podstawowych charakterystyk toru. Dotyczy to zarówno urządzeń całego toru wizyjnego, jak i urządzeń strony nadawczej czy odbiorczej. Natomiast metoda statystyczna jest stosowana przede wszystkim do ustalenia dopuszczalnych wartości zniekształceń i zakłóceń występujących w torze telewizyjnym.

2. METODA OCENY INDYWIDUALNEJ

Metoda powyższa jest przede wszystkim metodą kontrolną, która umożliwia szybką ocenę podstawowych parametrów jakościowych obrazu i sygnału telewizyjnego oraz wartości zniekształceń wprowadzanych przez kontrolowane urzą-

dzenia. Kontrolę obrazu telewizyjnego tą metodą przeprowadza się zarówno w czasie przygotowania urządzeń do pracy, jak i bezpośrednio przed programem. Do kontroli obrazu telewizyjnego służą specjalne odbiorniki wysokiej klasy, zwane monitorami wizyjnymi, przeznaczone do odbioru całkowitego sygnału wizyjnego. Nie zawierają więc one torów wielkiej i pośredniej częstotliwości oraz toru dźwięku. W celu zwiększenia dokładności obserwacji i oceny jakości obrazu na ekranie monitora opracowano odpowiednie obrazy kontrolne, których treść jest tak dobrana, że umożliwia szybką ocenę, a nawet pomiar wartości niektórych parametrów jakościowych obrazu oraz zniekształceń wprowadzanych przez kontrolowane urządzenia. Obrazy takie zwane są tablicami kontrolnymi.

2.1. Rodzaje tablic kontrolnych [4,8]

Tablice kontrolne powinny umożliwiać ocenę co najmniej następujących, podstawowych parametrów obrazu:

- zdolności rozdzielczej odtwarzanego obrazu w kierunku poziomym i pionowym, zarówno w części centralnej jak i w rogach obrazu, a więc pasma częstotliwości przenoszonych przez dany tor telewizyjny;
- prawidłowości odtwarzania kontrastów obrazu, czyli zniekształceń nieliniarnych toru;
- przenoszenia stanów przejściowych, czyli charakterystyki impulsowej toru w zakresie małych, średnich i wielkich częstotliwości;
- występowania odbić oraz smug w obrazie;
- liniowości odchylenia, czyli prawidłowości odtwarzania kształtów obiektów;
- prawidłowości międzyliniowości wybierania,
oraz dodatkowo dla obrazu kolorowego:
- wierności odtwarzania i rozdzielczości kolorów;
- współbieżności trzech promieni kineskopu kolorowego;
- dynamicznej równowagi bieli;
- zbieżności czasowej sygnałów luminancji i chrominancji.

Tablice kontrolne zawierają więc z reguły obrazy o treści odpowiadają-

cej przeciętnym lub granicznym warunkom przekazywanych przez urządzenia telewizyjne obrazów, przy czym spotyka się dwa rodzaje tablic:

- tablice zawierające figury geometryczne, linie oraz płaszczyzny, którym odpowiadają impulsy elektryczne o odpowiednim czasie trwania i kształcie, umożliwiające kontrolę poszczególnych parametrów jakościowych obrazu i sygnału;
- tablice, które zawierają nieruchome obrazy z natury o dużej liczbie drobnych szczegółów i pełnym zakresie gradacji kontrastów, pozwalające na sprawdzenie wrażenia, jakie odniesie widz przy odbiorze rzeczywistego obrazu.

Tablice, które zawierają figury geometryczne dzielimy na dwie grupy:

- tablice kontroli szczegółowej, umożliwiające sprawdzenie tylko jednego lub najwyżej kilku określonych parametrów obrazu;
- tablice zbiorcze /uniwersalne/, umożliwiające jednoczesny pomiar wszystkich najważniejszych parametrów jakościowych obrazu.

Oczywiście tablice, na których mierzymy tylko jeden parametr są znacznie dokładniejsze od tablic zbiorczych. Dokładność tablic zbiorczych jest jednak wystarczająca do miarodajnej oceny, przy pewnej wprawie, wszystkich najważniejszych parametrów obrazu.

Tablice zawierające obrazy nieruchome wykonane są zwykle w formie fotografii sceny wzorcowej, przy czym w celu ułatwienia oceny jakości obrazu na fotografii mogą być wmontowane kontrolne figury geometryczne.

W zależności od sposobu otrzymywania obrazu kontrolnego, tablice kontrolne dzielimy na optyczne i elektroniczne.

Tablice optyczne wykonywane są zazwyczaj w postaci plansz, przezroczy lub filmów. Umożliwiają one przeprowadzanie kontroli pracy urządzeń telewizyjnych łącznie z urządzeniem analizującym /kamerą lub telekinem/. Przy wykonywaniu pomiarów za pomocą tablic optycznych należy przede wszystkim zwracać uwagę na dokładne ustawienie obrazu testowego w polu widzenia kamery, a więc w taki sposób, aby ramka obrazu dokładnie pokrywała się z polem widzenia kamery. Tylko bowiem w takim przypadku będą słuszne odpowiednie zależności pomiędzy parametrami obrazu a parametrami urządzeń toru telewizyjnego i można uzyskać właściwą dokładność toru. Do dokładnego ustawienia obrazu testowego służą białe lub czarne trójkąty, rysowane z reguły na skraju tablicy. Rozmiary obrazu na ekranie kontrolnym kamery powinny

być więc takie, aby brzegi obrazu pokrywały się dokładnie z wierzchołkami tych trójkątów.

Ważny problem stanowi również właściwe wykonanie tablic optycznych. Prawidłowe wykonanie większości obrazów czarno-białych, zarówno na planszach jak i na filmach, nie stwarza w chwili obecnej dużych trudności. Wyjątek stanowi tu obraz skali gradacji kontrastów, ze względu na trudność uzyskania równomiernego współczynnika odbicia od dość dużych powierzchni pasów. Natomiast wykonanie optycznych obrazów kolorowych jest sprawą bardzo skomplikowaną, ponieważ trudno jest uzyskać jednakowe parametry kolorystyczne sygnałów na całej powierzchni tablicy, a także wykonać w większej liczbie identyczne plansze kolorowe. Wykonanie tablic w postaci przezroczy i filmów kolorowych stwarza również duże trudności, ponieważ parametry kolorymetryczne filmu zależą w dużej mierze od jego jakości, naświetlenia i obróbki chemicznej. Z tego względu w telewizji kolorowej do celów pomiarowych i kontrolnych są najczęściej stosowane elektroniczne obrazy kontrolne. Do mniej dokładnej oceny parametrów jakościowych służą obrazy wykonane w formie przezroczy, zawierających bądź tablice kontrolne, bądź nieruchome obrazy z natury, natomiast optyczne tablice kontrolne dla telewizji kolorowej w postaci plansz nie są już w praktyce wykonywane.

Tablice kontrolne elektroniczne służą do kontroli torów elektrycznych urządzeń telewizyjnych z wyłączeniem urządzeń analizy. Pozwalają one na uniknięcie zniekształceń wprowadzanych przez przetwornik optyczno-elektromowy takich jak: zniekształcenia geometryczne siatki obrazu, szumy oraz niejednorodność tła.

Elektroniczne tablice kontrolne są wytwarzane:

- w monoskopach, będących praktycznie lampami analizującymi, działającymi na zasadzie różnicy współczynnika emisji wtórnej, występującej pomiędzy rysunkiem naniesionego obrazu i tłem;
- w specjalnych generatorach, wytwarzających w ustalonej kolejności impulsy o określonych kształtach, które na ekranie odbiornika tworzą odpowiednie figury geometryczne.

Monoskopy dają lepszą jakość obrazów kontrolnych niż tablice optyczne, jednakże w układach monoskopowych mogą również wystąpić takie zniekształcenia, jak: zmniejszenie liczby odtwarzanych stopni gradacji i zniekształcenia geometryczne siatki obrazowej.

Generatory obrazów kontrolnych, w których obrazy zostają wytworzone na

drodze elektrycznej bez konieczności przekształcenia optyczno-elektronowego pozwalają na uzyskanie obrazów kontrolnych znacznie wyższej jakości.

Sygnaty wizyjne, uzyskiwane bądź z optycznych, bądź z elektronicznych tablic kontrolnych są po przejściu przez badane urządzenia toru telewizyjnego sprawdzane wizualnie na monitorze kontrolnym. Należy przy tym pamiętać, że występujące ewentualnie zniekształcenia obrazu są sumą zniekształceń wprowadzanych przez badane urządzenia toru oraz przez urządzenia kontrolne. Pociąga to za sobą konieczność stosowania odbiorników kontrolnych wysokiej klasy.

Oprócz subiektywnej oceny jakości obrazu na ekranie odbiornika kontrolnego tablice kontrolne pozwalają również na przeprowadzanie z wystarczającą dokładnością niektórych pomiarów metodą obiektywną. Dotyczy to w szczególności pomiaru parametrów sygnałów impulsowych /odpowiadających obrazom optycznym/ za pomocą oscyloskopu wyposażonego w selektor linii.

2.1.1. Obrazy przeznaczone do kontroli szczegółowej [4,5,7,8]

a/ Obraz odpowiadający sygnałowi wizyjnemu 50 Hz [4]

Zniekształcenia charakterystyk impulsowych w zakresie małych częstotliwości są wykrywane najczęściej za pomocą obrazu kontrolnego złożonego z białego i czarnego pasa /rys. 1/x/. Obecność zniekształceń powoduje nierównomierność luminancji pól białego i czarnego w kierunku pionowym. Obraz ten odpowiada sygnałowi wizyjnemu zawierającemu impulsy prostokątne o częstotliwości powtarzania 50 Hz. Występujące zniekształcenia objawiają się w postaci zwisu płaskiej części impulsu.

b/ Obraz kontrolny prostokąta, tzw. "okno" [4]

Obraz kontrolny czarnego prostokąta na białym tle /rys. 2/ służy do kontroli charakterystyk impulsowych w zakresie małych i średnich częstotliwości. Odpowiednikiem jego jest sygnał wizyjny zawierający impulsy prostokątne o częstotliwości powtarzania 50 Hz i czasie trwania zależnym od wysokości prostokąta oraz impulsy o częstotliwości powtarzania 15 625 Hz i czasie trwania zależnym od szerokości prostokąta.

x/ Rysunki są zamieszczone na końcu artykułu.

Czasy trwania odpowiednich impulsów są związane z rozmiarami obrazu następującymi zależnościami:

$$T_p = \frac{t_p w}{W} = 18,4 \cdot 10^{-3} \frac{w}{W}, \quad /1/$$

$$T_l = \frac{t_l h}{H} = 52,5 \cdot 10^{-6} \frac{h}{H}, \quad /2/$$

gdzie: T_p, T_l - czasy trwania impulsów pola i impulsów linii,

$W/mm/, H/mm/$ - wysokość i szerokość całego obrazu kontrolnego,

$w/mm/, h/mm/$ - wysokość i szerokość prostokąta,

t_p, t_l - czasy trwania czynnego pola i czynnej linii, zgodnie z Zaleceniem OIRT:

$$t_p = 18,4 \text{ ms}, \quad t_l = 52,5 \text{ } \mu\text{s}.$$

Obecność zniekształceń w zakresie małych częstotliwości powoduje nierównomierne zaciemnienie czarnego pola, a zniekształcenia w zakresie średnich częstotliwości - występowanie smużeń lub podkreślenie przejść czerni-biel. Na ekranie oscyloskopu natomiast występują odpowiednio zwisy płaskiej części impulsu o częstotliwości 50 Hz oraz zwisy lub wydłużenie czasu opadania impulsów o częstotliwości 15 Hz.

c/ Obrazy kontrolne przeznaczone do oceny smużeń [4,8]

Obrazy kontrolne do oceny smużeń służą do kontroli charakterystyk impulsowych w zakresie średnich częstotliwości. Są one wykonane bądź w formie białego lub czarnego okna o różnych rozmiarach /rys. 3a/, a także czarnych lub białych prostokątów o różnych rozmiarach rozmieszczonych odpowiednio na białym lub czarnym tle /rys. 3b, c, d/. Odpowiadają one impulsom o częstotliwości powtarzania 15 625 Hz i o czasie trwania od 1 μs do 26 μs , a obraz podany na rys. 3c zawiera również impuls o częstotliwości powtarzania 50 Hz.

Występowanie zniekształceń objawia się na obrazie odtworzonym w postaci smug, czyli zmiany luminancji wzdłuż linii występującej za prostokątami. Na ekranie oscyloskopu natomiast występują zwisy płaskiej części impulsów oraz wydłużenie czasu opadania impulsów.

Obrazy służące do kontroli smużeń pozwalają również [8] na sprawdzenie prawidłowości działania komutowanych układów stabilizacji poziomu czerni występujących w torze sygnału wizyjnego.

d/ Obrazy kontrolne przeznaczone do kontroli przenoszenia wielkich częstotliwości [4]

Do kontroli charakterystyk częstotliwościowych toru sygnału wizyjnego w zakresie wielkich częstotliwości służą obrazy grup odpowiednich prążków lub klinów rozdzielczości.

Obrazy grup prążków składają się z kilku grup czarno-białych wąskich prążków /rys. 4/. Szerokości prążków czarnych i białych w każdej grupie są jednakowe, przy czym odpowiadają one kolejno coraz to większym częstotliwościom. Odpowiednie szerokości prążków obliczyć można według wzoru /2/.

Ponieważ $T = 2T_1$ to

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2T_1} = \frac{H}{2 \cdot 52,5 h} \cdot 10^6 = \frac{H}{h} \frac{10^6}{105} \text{ /Hz/} \quad /3/$$

Górną granicę częstotliwości przenoszonych przez badany układ można określić obserwując na monitorze kontrolnym, w której grupie prążki przestają już być rozróżnialne. Dokładny pomiar charakterystyki częstotliwościowej przeprowadza się natomiast na oscyloskopie zawierającym selektor linii. Na ekranie oscyloskopu otrzymuje się wówczas przebieg grup napięć sinusoidalnych o różnych częstotliwościach. Pomiar amplitud tych napięć w poszczególnych grupach pozwala na określenie przebiegu charakterystyki częstotliwościowej dla wielkich częstotliwości.

Obrazy kontrolne rozdzielczości pozwalają na określenie, jaki najmniejszy element obrazu może być rozróżniony. Są one najczęściej wykonane w postaci klina, utworzonego ze zwiężających się czarno-białych pasków /rys.5/. Ponieważ wartość rozdzielczości podaje się zwykle jako równoważną liczbę linii, więc klin jest wyskalowany w liczbie linii, według wzoru:

$$h = \frac{W}{N}, \quad /4/$$

gdzie: h - szerokość paska /lub równa mu odległość pomiędzy paskami/,

W - wysokość obrazu,

N - liczba linii /czarnych i białych/.

Rozdzielczość odczytuje się na ekranie monitora w tym miejscu klina, w którym paski przestają już być rozróżnialne. Odczytaną rozdzielczość można przeliczyć na częstotliwość odpowiadającą rozróżnianej szerokości pasków.

Z wzorów /3/ i /4/ otrzymać można zależność:

$$\frac{W}{N} = \frac{H}{f} \cdot \frac{10^6}{105} \text{ mm} \quad /5/$$

a stąd

$$f = N \cdot \frac{H}{W} \cdot \frac{10^6}{105} = \frac{4}{3} N \frac{10^6}{105} = \frac{N}{79} \cdot 10^6 \text{ /Hz/} \quad /6/$$

ponieważ, zgodnie z Zaleceniem OIRT, $\frac{H}{W} = \frac{4}{3}$.

Jeżeli klin rozdzielczości jest umieszczony na obrazie kontrolnym pionowo, to określa się rozdzielczość poziomą. Natomiast klin umieszczony poziomo umożliwia określenie rozdzielczości pionowej.

e/ Obraz kontrolny do określania prawidłowości przenoszenia składowej stałej sygnału wizyjnego [8]

Do kontroli prawidłowości przenoszenia składowej stałej służą dwa obrazy, z których jeden /rys. 6a/ odpowiada sygnałowi wizyjnemu o dużej składowej stałej, a drugi /rys. 6b/ odpowiada sygnałowi o małej składowej stałej. Prawidłowość przenoszenia składowej stałej można określić obserwując na ekranie oscyloskopu zmiany poziomu czerni w sygnale wizyjnym, przy kolejnych zmianach obrazów kontrolnych przed kamerą.

f/ Obraz kontrolny do oceny prawidłowości gradacji kontrastu [4,8]

W celu określenia liczby dostrzegalnych stopni gradacji kontrastu stosuje się obrazy kontrolne w postaci szeregu pionowych pasów o różnych luminancjach /rys. 7/, przy czym luminancje kolejnych pasów zmieniają się w sposób równomierny. Pasy te mają różniące się od siebie w ściśle określony sposób współczynniki odbicia padającego na nie światła. Współczynnik odbicia dla pasa białego wynosi [8] - 60%. Ponieważ typowy dla systemu telewizyjnego zakres kontrastów wynosi jak 1:40, współczynnik odbicia czarnego pasa powinien wynosić 1,5%.

Współczynniki odbicia kolejnych pasów zmieniają się według charakterystyki o współczynniku $\gamma = 2,2 \div 2,5$, która jest kompensowana przez odwrotną charakterystykę o współczynniku γ toru kamerowego. W przypadku prawidłowo wyregulowanego toru kamerowego odtworzony obraz kontrolny odpowiada sygnałowi schodkowemu o równych amplitudach poszczególnych schodków. Zniekształcenia przenoszenia skali gradacji kontrastu objawiają się na oscyloskopie zmianą amplitud poszczególnych schodków, a na monitorze nierównomierną zmianą kontrastu, przy czym część pasów przestaje być rozróżniana, co odpowiada odpowiednio zmniejszonemu maksymalnemu kontrastowi obrazu.

Spotykane są również obrazy kontrolne, na których współczynniki odbicia dla kolejnych stopni gradacji rosną liniowo, co powoduje liniowy wzrost luminancji kolejnych pasów na ekranie monitora. Natomiast odpowiada im sygnał schodkowy o nierównych amplitudach schodków.

g/ Obrazy kontrolne do określania linearności odchylenia

Do kontroli linearności odchylenia służy obraz dużego okręgu, umieszczony w centralnej części tablicy oraz czterech małych okręgów umieszczonych w pobliżu jej boków. W przypadku występowania zniekształceń zamiast okręgów otrzymuje się elipsy.

Do dokładniejszej oceny amplitud oraz linearności odchylenia służy utworzona z poziomych i pionowych linii siatka dzieląca tablicę na prostokąty lub kwadraty /sygnał kraty/. Przy występowaniu zniekształceń odległości pomiędzy liniami siatki stają się nierówne.

h/ Obraz pasów kolorowych [4,8]

Podstawowym obrazem kontrolnym stosowanym w telewizji kolorowej jest obraz pionowych pasów kolorowych, uszeregowanych w określony sposób. Obraz zawiera osiem pasów, z których trzy mają kolory podstawowe, trzy kolory dopełniające oraz pasy biały i czarny. Przyjęta kolejność kolorów odpowiada równomiernej zmianie luminancji wzdłuż linii i jest następująca: biały, żółty, turkusowy, zielony, purpurowy, czerwony, niebieski i czarny /rys.9/. Powstają one przez doprowadzenie do kineskopu kolorowego sygnałów podstawowych RGB o kształtach podanych na rys. 9.

Sygnał pasów kolorowych charakteryzuje się dwoma parametrami: amplitudą i nasyceniem.

Amplitudą pasów kolorowych nazywamy stosunek maksymalnej amplitudy sy-

gnatów podstawowych U_{\max} /występującej podczas trwania sygnału pasów/ do amplitudy bieli odniesienia U_b

$$A = \frac{U_{\max}}{U_b} \cdot 100\% \quad /7/$$

Nasylenie pasów kolorowych zależy natomiast od minimalnego poziomu napięcia sygnałów podstawowych w stosunku do poziomu wygaszania - U_{\min} oraz od współczynnika F kineskopu i wyraża się wzorem:

$$N = \left[1 - \left(\frac{U_{\min}}{U_{\max}} \right)^2 \right] \cdot 100\% \quad /8/$$

Zgodnie z zaleceniem CCIR [3] przyjęto sposób oznaczania parametrów sygnału pasów kolorowych za pomocą czterocyfrowego symbolu A/B/C/D, w którym:

- A - jest maksymalną wartością amplitudy sygnałów podstawowych występującą podczas pasa białego,
- B - jest minimalną wartością amplitudy sygnałów podstawowych występującą podczas pasa czarnego,
- C - jest maksymalną wartością amplitudy sygnałów podstawowych występującą podczas pasa kolorowego $/U_{\max}/$,
- D - jest minimalną wartością amplitudy sygnałów podstawowych występującą podczas pasa kolorowego $/U_{\min}/$.

Przykłady przebiegów sygnałów podstawowych dla pasów kolorowych o różnych parametrach podano na rys. 10. Jako najbardziej typowy przyjęto u nas sygnał o amplitudzie 75% i o nasyceniu 100% oznaczony jako 100/0/75/0 /rys. 10b/. Obraz kontrolny pasów kolorowych jest wykorzystywany do subiektywnej oceny prawidłowości przenoszenia kolorów, a także do obiektywnej kontroli oraz regulacji koderów i dekoderów telewizji kolorowej, za pomocą odpowiednich przyrządów pomiarowych.

2.1.2. Zbiorcze /uniwersalne/ tablice kontrolne dla telewizji czarno-białej [4,8].

Zbiorcze tablice kontrolne zawierają odpowiednio dobrany zestaw elementów kontroli szczegółowej, umożliwiającą jednoczesną kontrolę wszystkich

najważniejszych parametrów obrazu telewizyjnego. Pozwala to na szybką i operatywną kontrolę urządzeń toru telewizyjnego.

W praktyce, spotyka się wiele rodzajów uniwersalnych tablic kontrolnych. Zawierają one jednak szereg jednakowych lub podobnych elementów umożliwiających kontrolę poszczególnych parametrów obrazu, a mianowicie:

- rozdzielczości pionowej i poziomej, które ocenia się odpowiednio za pomocą klinów poziomych i pionowych, przy czym rozdzielczość w środku obrazu ocenia się za pomocą klinów umieszczonych w centralnej części tablicy, a rozdzielczość w rogach obrazu za pomocą grup klinów rozdzielczości umieszczonych w jego rogach. Ponadto, prawidłowość odtwarzania małych, pojedynczych elementów można ocenić obserwując rzędy kresek lub grupy prążków oznaczonych liczbami, określającymi rozdzielczość odpowiadającą rozmiarom tych elementów;
- prawidłowości przenoszenia średnich częstotliwości sygnału /występowanie smużeń/, którą kontroluje się za pomocą ciemnych lub jasnych pasów o różnej długości, umieszczanych zwykle w górnej i dolnej części obrazu;
- zniekształceń nieliniarnych toru sygnału wizyjnego, które objawiają się jako niewłaściwe odtwarzanie gradacji kontrastów. Można je oceniać za pomocą szeregów kwadratów, /zwykle 10/ o luminancji zmieniającej się w sposób logarytmiczny, umieszczonych zwykle w środkowej części obrazu. W celu wyeliminowania wpływu nierównomierności tła obrazu na pomiar gradacji, na tablicy znajduje się kilka szeregów takich kwadratów;
- odbić oraz oscylacji występujących w sygnale po wąskich impulsach, które można obserwować na obrazie prążków odpowiadających małej rozdzielczości, a także na obrazie linii pionowych siatki, dzielących obraz na kwadraty, lub prostokąty;
- amplitud oraz linearności odchylenia, które kontroluje się za pomocą dużego centralnego okręgu oraz czterech małych okręgów umieszczonych w narożach, a także za pomocą siatki;
- jednorodności obrazu, do oceny czego służy szary sygnał, odpowiadający średniej luminancji sceny telewizyjnej, stanowiący tło obrazu, mające zwykle współczynnik odbicia równy 16%.

Szereg tablic kontrolnych zawiera również elementy umożliwiające wyregulowanie odbiorników kontrolnych, jak:

- linie ukośne w centralnej części obrazu, które służą do oceny międzyliniowości,
- małe kółeczka lub krzyżyk, umieszczone w środku obrazu, które umożliwiają właściwe ustawienie skupienia wiązki strumienia wybierającego w odbiorniku,
- małe krzyżyki umieszczone na środkach boków obrazu, służące do korekcji kineskopów projekcyjnych.

Przykłady stosowanych uniwersalnych tablic kontrolnych dla telewizji czarno-białej podano na rys. 11.

Do ostatecznej oceny wrażenia, jakie odnosi widz oglądając przesyłany obraz, stosuje się tablice kontrolne w postaci fotografii sceny zawierającej dużą liczbę drobnych szczegółów i pełny zakres gradacji kontrastów, w którą wmontowane są podstawowe figury kontrolne, jak np. skala gradacji lub grupy prążków rozdzielczości. Przykład takiej tablicy podano na rys. 12. W przypadku telewizji kolorowej stosowane są fotografie scen kolorowych, przy czym zawierają one przeważnie jako jeden z elementów obraz twarzy ludzkiej o naturalnym kolorze skóry, który umożliwia dokładną kontrolę prawidłowości odtwarzania kolorów. Tablice te oprócz prążków rozdzielczości i skali gradacji mają wmontowane różnokolorowe kwadraty. Przykład takiej tablicy jest podany na rys. 13.

2.1.3. Elektroniczne tablice kontrolne [4,8]

Elektroniczne tablice kontrolne umożliwiają kontrolę urządzeń torów telewizyjnych z pominięciem urządzeń analizy obrazu. Są to generatory wytwarzające sygnały elektryczne, które na ekranie odbiornika dają obrazy odpowiednich figur geometrycznych, podobne do figur znajdujących się na optycznych tablicach kontrolnych, jak np.: obrazy prostokątów i okręgów, krat, kropek, prążków rozdzielczości, skali gradacji itp.

Podobnie, jak w przypadku tablic optycznych elektroniczne obrazy kontrolne dzielimy na:

- obrazy kontroli szczegółowej, na przykład prostokąta, kraty czy kropki,
- obrazy zbiorcze, umożliwiające pomiar wszystkich podstawowych parametrów urządzeń toru telewizyjnego.

Obrazy tego typu przeznaczone dla telewizji monochromatycznej zawierają przeważnie:

- prążki rozdzielczości o częstotliwościach 1, 2, 3, 4, 5 i 6 MHz,
- dziesięciostopniową skalę gradacji kontrastu,
- czarne i białe prostokąty o różnych szerokościach,
- bardzo wąskie białe paski na czarnym tle,
- tęgę utworzoną z cienkich pionowych i poziomych linii białych na ciemnym tle lub czarnych na białym tle,
- centralny okrąg.

Natomiast elektroniczne tablice kontrolne dla telewizji kolorowej zawierają ponadto:

- pasy kolorowe o różnej amplitudzie i nasyceniu,
- różnokolorowe prostokąty o kolorach podstawowych i dopełniających,
- różnokolorowe prążki rozdzielczości, odpowiadające częstotliwościom 0,5 MHz i 1 MHz,
- obraz tęczy, zaczynający się od koloru zielonego, a kończący się kolorem purpurowym z przejściem przez biel.

Oczywiście, nie wszystkie tablice elektroniczne zawierają pełny zestaw obrazów kontrolnych. Przykładem bardzo rozpowszechnionej tablicy elektronicznej dla telewizji czarno-białej jest tablica niemiecka podana na rys.14. Zawiera ona następujące elementy:

- pięć grup prążków dla częstotliwości 1, 2, 3, 4 i 5 MHz, umieszczonych w górnej części tablicy, w celu kontroli rozdzielczości obrazu,
- czarny pas na białym tle, służący do kontroli smużeń i stanowiący tło dla sygnału rozpoznawczego stacji nadawczej,
- wąski prążek o kształcie funkcji sinus-kwadrat, umieszczony na czarnym pasie, pozwalający na kontrolę odbić oraz oscylacji,
- dziesięciostopniową skalę gradacji, umieszczoną w trzech dolnych pasach, odpowiadającą sygnałowi schodkowemu o równych wysokościach schodków.

Obrazy umieszczone na tej tablicy umożliwiają więc szybką ocenę rozdzielczości obrazu, prawidłowości przenoszenia kontrastów, smużeń i odbić, a także występowania szumów w sygnale. Analiza kształtu powyższych sygnałów na ekranie oscyloskopu pozwala poza tym na dokładny pomiar odpowiadających powyższym obrazom parametrów, jak np.: pasma przenieszonego przez tor tele-

wizyjny, linearności charakterystyk urządzeń, zwisów w zakresie częstotliwości pola i linii, odbić, szumów oraz przenoszenia wąskich impulsów.

Uniwersalne elektroniczne tablice kontrolne dla telewizji kolorowej są bardziej skomplikowane, ponieważ oprócz kontroli parametrów jakościowych urządzeń w zasadzie identycznych, jak przy kontroli urządzeń telewizji czarno-białej muszą również umożliwiać kontrolę specyficznych parametrów urządzeń telewizji kolorowej. Dotyczy to na przykład prawidłowości przesyłania sygnałów chrominancji oraz wierności odtwarzania kolorów. Ponieważ w różnych systemach telewizji kolorowej są różne zasady tworzenia sygnałów chrominancji, więc wymagania na uniwersalną tablicę kontrolną telewizji kolorowej zależą od systemu.

Przykładem uniwersalnej elektronicznej tablicy kontrolnej dla telewizji kolorowej systemu SECAM jest tablica opracowana przez RWPG i [9] przedstawiona na rys. 15.

Obraz tablicy jest podzielony kratownicą złożoną z 25 poziomych i 19 pionowych białych linii, przy czym sygnał odpowiadający liniom pionowym składa się z impulsów o kształcie sinus-kwadrat $2T$. Kratownica ta umożliwia kontrolę linearności układów odchyłania oraz współbieżności strumieni wybierających w kineskopie.

Do kontroli amplitud oraz linearności odchyłania służy również duży okrąg centralny oraz cztery małe okręgi boczne. W środkach okręgów są umieszczone białe krzyże, służące do regulacji i kontroli współbieżności. Krzyż umieszczony w środku obrazu ułatwia ponadto właściwe ustawienie osnowy obrazu na ekranie odbiornika.

Na zewnętrznych brzegach tablicy znajduje się czarno-biała ramka, która służy do kontroli jakości synchronizacji, ustawienia rozmiarów obrazu oraz oscyloskopowej kontroli maksymalnego poziomu sygnału wizyjnego w każdej linii.

W wierszu 8 kolumny /od f do v/ umieszczono obraz dziesięciostopniowej skali gradacji kontrastu, w którym poziom połowy pierwszego prostokąta ustawiono poniżej poziomu czerni. Służy on do kontroli przenoszenia kontrastów, ustawiania poziomu czerni, kontroli statycznej i dynamicznej równowagi bieli oraz ustawiania punktów zerowych dyskryminatorów, przy włączonych i wyłączonych torach chrominancji.

W wierszach 10, 11 /kolumny od e do v/ są umieszczone pasy czarno-szaro-białe i biało-szaro-czarny, umożliwiające kontrolę odbić i smużeń.

Linie ukośne nadawane w wierszach 10 /od q do u/ oraz w 11 /od q do j/

pozwalają na kontrolę międzyliniowości, a wąski czarny pasek na białym tle /wiersz 10, kolumna f/ i wąski biały pasek na czarnym tle /wiersz 11, kolumna f/ odpowiadające sygnałowi o kształcie sinus-kwadrat $2T$ / pozwalają na kontrolę odbić oraz oscylacji występujących w obrazie po wąskich impulsach i wywoływanych zniekształceniami fazowymi toru.

W wierszu 16 /od g do t/ jest przesyłany sygnał czarno-białych kwadratów, służący do oceny smużeń, kontroli charakterystyki przenoszenia impulsów prostokątnych oraz kontroli pracy układów macierzy łącznie z sygnałem pasów nadawanym w wierszach 14 i 15.

W wierszu 13 /od f do u/ umieszczono czarno-białe prążki, którym odpowiadają częstotliwości 0,8; 1,8; 2,8; 3,8 i 4,8 MHz. Prążki te pozwalają na ocenę rozdzielczości poziomej toru luminancji oraz ostrości obrazu na ekranie odbiornika. Kontrolę rozdzielczości oraz ostrości obrazu w rogach umożliwiają czarno-białe prążki o częstotliwościach 2,8 i 3,8 MHz, umieszczone w czterech okręgach bocznych /wiersze 3,4 i 17, 18 kolumny d, e i v,w/.

W wierszu 9 /od e do v/ nadawane są dwubarwne prążki /niebiesko-żółte; zielono-purpurowe i czerwono-turkusowe/, które pozwalają na kontrolę rozdzielczości kolorów oraz współbieżności w czasie sygnałów luminancji i chrominancji.

W wierszach 14 i 15 /od f do u/ znajdują się pasy kolorowe o amplitudzie 75% i nasyceniu 100%, których biel znajduje się na poziomie 75% maksymalnego poziomu bieli, a czerń na poziomie 0 /75/0/75/0/. Służą one do oceny przenoszenia kolorów i kontroli układów macierzy. Jako sygnał odniesienia dla tych pasów służy sygnał czarno-białych kwadratów nadawanych w wierszu 16. Przy wyłączeniu dwóch kolorów podstawowych odpowiednie kwadraty powinny mieć taki sam kolor. Przy wyłączeniu na przykład kolorów czerwonego i zielonego kwadraty znajdujące się w wierszach 14, 15 i kolumnach i, j, n, o, s, t oraz w wierszu 16 w kolumnach g, i, k, m; o,q, s powinny mieć taki sam kolor niebieski. Natomiast, w wierszach 6 i 7 i kolumnach od f do u znajdują się pasy kolorowe o amplitudzie 75% i nasyceniu 78%, których biel znajduje się na poziomie 75% maksymalnego poziomu bieli, a czerń na poziomie 37,5% /75/37,5/75/37,5/. Służą one do oceny przenoszenia kolorów i kontroli przejść pomiędzy kolorami.

W wierszu 12 w kolumnie od e do v umieszczono obraz tęczy odpowiadający płynnej zmianie kolorów od zielonego poprzez biel do purpurowego. Odpowiada to liniowej zmianie sygnałów różnicowych. Umożliwia ocenę linearności charakterystyk dyskryminatorów oraz ustawienie ich punktów zerowych.

Znajdujący się w wierszu 5 w kolumnach od I do V czarny pas z białymi liniami pionowej siatki jest przewidziany do przesyłania znaków identyfikacji ośrodka nadawczego, wytworzonych na drodze elektronicznej.

Tablice kontrolne stosowane dla systemu PAL zawierają natomiast wszystkie analogiczne elementy służące do kontroli urządzeń telewizji monochromatycznej oraz pasy kolorowe o różnej amplitudzie i nasyceniu, a ponadto specjalne elementy kolorowe, służące do kontroli synchronizacji koloru oraz elementy odpowiadające sygnałom różnicowym, przeznaczone do kontroli dekoderów i układów macierzy w systemie PAL.

2.4. Przezrocza kolorowe [4]

Do ostatecznej oceny wrażenia, jakie odnosi widz oglądając przesyłany obraz oraz przy statystycznych metodach pomiarowych są stosowane oprócz uniwersalnych tablic kontrolnych również obrazy kontrolne wykonane w formie przezroczy wzorcowej, nieruchomej sceny. Przezrocza te są to określone obrazy, na przykład o dużej liczbie drobnych szczegółów lub dużych jednokolorowych płaszczyznach, charakteryzujące się odpowiednim zestawem kolorów. W wielu obrazach jako jeden z elementów występuje obraz twarzy ludzkiej, ponieważ prawidłowe odtwarzanie naturalnego koloru ciała ludzkiego świadczy o ogólnej prawidłowości odtwarzania kolorów.

W praktyce są stosowane najczęściej dwa zestawy wzorcowych przezroczy kolorowych:

- 1/ przezrocza szwajcarskie PTT^{x/},
- 2/ przezrocza amerykańskie SMPTE^{xx/}.

Zawierają one zasadniczo obrazy podobne do siebie, które różnią się jednak pewnymi szczegółami.

Do zestawu przezroczy amerykańskich wchodzi następujące obrazy:

- 1/ dziewczyna w kuchni,
- 2/ narciarka w rękawiczkach trzymająca kijek,
- 3/ para osób w starszym wieku,
- 4/ dziewczyna z ręką na poręczy schodów,

^{x/} PTT - Poste, Téléphone et Télégraphe.

^{xx/} SMPTE - Society of Motion Picture and Television Engineers.

- 5/ dziewczyna w słomkowym kapeluszu z kwiatami,
- 6/ kobieta z koszem bielizny na tle sznura z bielizną.

Przezrocza szwajcarskie mają natomiast następujący zestaw obrazów:

- 1/ dziewczyna obierająca pomarańcze w kuchni,
- 2/ para narciarzy,
- 3/ para osób przy barze,
- 4/ dziewczyna w słomkowym kapeluszu,
- 5/ kobieta z dzieckiem w ogrodzie,
- 6/ chłopiec z zabawkami.

Jeśli powyższe przezrocza mają być wykorzystywane do jednoznacznej oceny jakości przesyłanego obrazu, a uzyskane wyniki pomiaru mają być porównywalne, to wszystkie przezrocza powinny mieć jednakowe parametry kolorystyczne. Ponieważ zależą one w dużej mierze od jakości filmu, jego naświetlenia i obróbki chemicznej, wykonanie dwóch identycznych obrazów w różnych warunkach jest rzeczą niezwykle trudną. Dlatego też nie tylko jeden cały zestaw, lecz kilka takich samych zestawów powinno być wykonywanych w miarę możliwości na jednym odcinku filmu lub też kilku filmach identycznych, jednakowo naświetlanych i obrabianych chemicznie. Obrazy umieszczane na jednym filmie są praktycznie identyczne, natomiast te same obrazy wykonane na różnych filmach mogą się już nieznacznie różnić między sobą. Dlatego każde przezrocze obrazu kontrolnego ma napisaną na ramce firmę wykonującą, numer filmu, na którym było wykonywane oraz numer danego przezrocza.

Dla przykładu zostaną krótko omówione przezrocza zestawu szwajcarskiego. Na wszystkich z nich znajduje się obraz twarzy ludzkiej o naturalnym odcieniu skóry, który jest najbardziej wrażliwy na wszelkie zniekształcenia kolorów oraz zakłócenia.

- Kobieta obierająca pomarańcze w kuchni, której odpowiednikiem amerykańskim jest dziewczyna w kuchni, zawiera zarówno duże jednokolorowe jasne płaszczyzny, jak i dużą liczbę różnokolorowych elementów o kolorach podstawowych i dopełniających.
- Para narciarzy, której odpowiednikiem jest narciarka trzymająca kijek, zawiera ciemne duże płaszczyzny, ostre przejścia pomiędzy kolorami /krawędzie nart/ oraz dużą liczbę drobnych, różnokolorowych szczegółów.
- Para osób przy barze, której odpowiednikiem amerykańskim jest para osób w starszym wieku, zawiera oprócz dużej liczby drobnych różnokolorowych

szczegółów również duże płaszczyzny, a także te same kolory o różnym nasyceniu /np. niebieski/.

- Dziewczyna w słomkowym kapeluszu analogiczna do amerykańskiego obrazu dziewczyny w słomkowym kapeluszu z kwiatami, zawiera przede wszystkim duży obraz ludzkiej twarzy, a także dużą jasną płaszczyznę i drobne różnokolorowe szczegóły.
- Kobieta z dzieckiem w ogrodzie, której odpowiednikiem jest kobieta z koszem bielizny, zawiera dużą liczbę drobnych szczegółów, zarówno czarno-białych jak i kolorowych.
- Chłopiec z zabawkami zawiera dużą liczbę umieszczonych obok siebie elementów o nasyconych kolorach kontrastowych.

3. STATYSTYCZNE METODY OCENY PARAMETRÓW TECHNICZNYCH OBRAZU TELEWIZYJNEGO

Statystyczne, subiektywne metody badań parametrów technicznych obrazu telewizyjnego polegają na ocenie jakości obrazu i dostrzegalności występujących zniekształceń czy zakłóceń przez odpowiednią liczbę obserwatorów oraz traktowanie tych ocen w sposób statystyczny. Służą one przede wszystkim do zebrania informacji na temat reakcji widzów na poszczególne rodzaje i wartości zniekształceń czy zakłóceń. Metody te stosowane głównie w laboratoriach służą do określania dopuszczalnych poziomów zniekształceń czy zakłóceń, na przykład przy normalizacji systemów telewizyjnych lub określaniu współczynników ochronnych sygnałów telewizji czarno-białej i kolorowej potrzebnych do planowania sieci telewizyjnych itp. Nie są natomiast stosowane do bezpośrednich pomiarów eksploatacyjnych.

Stosuje się jedną z trzech metod badań statystycznych: metodę porównawczą, metodę dyskryminacji oraz metodę skali ocen.

Metoda porównawcza polega na porównywaniu ze sobą dwóch zakłóconych /lub zniekształconych/ obrazów, przy czym zakłócenie wprowadzone na jeden z obrazów ma stałą określoną amplitudę i jest traktowane jako zakłócenie odniesienia. Amplituda zniekształcenia wprowadzanego na drugi z obrazów jest zmieniana do momentu, w którym obserwator ocenia jakość obu obrazów jako jednakową.

Metoda dyskryminacji polega na ustaleniu minimalnej wartości zakłócenia /lub zniekształcenia/, przy której staje się ono zauważalne bądź też

na ustalaniu zmian poziomu zakłócenia, które powodują zauważalne różnice jakości obrazu.

Metoda skali ocen polega na ocenie jakości oglądanego obrazu przez obserwatorów według ustalonych z góry specjalnych stopni skali oceny jakości obrazu.

Metody powyższe są w zasadzie równorzędne, zarówno jeśli chodzi o sposób wykonywania badań jak i o analizę i przedstawienie uzyskiwanych wyników. Uzyskiwanie jednak wyników badań porównywalnych, na przykład w skali międzynarodowej, wymaga dokładnego i jednoznacznego ustalenia wszystkich warunków przeprowadzania badań oraz interpretacji wyników. Metodyka przeprowadzania badań statystycznych została określona przez CCIR /Zalecenie Nr 500-1/ [1], natomiast metody interpretacji uzyskanych wyników są ciągle jeszcze przedmiotem badań tej organizacji [2].

3.1. Warunki przeprowadzania badań statystycznych [1]

a/ Obserwatorzy

Obserwatorami mogą być zarówno specjaliści telewizyjni, jak i osoby nie będące specjalistami. Przy pomiarach laboratoryjnych ocena osób nie będących specjalistami jest jednak uważana za bardziej prawidłową, ponieważ opinie specjalistów są bardziej krytyczne niż przeciętnego widza. Minimalna liczba obserwatorów biorących udział w pomiarach, powinna wynosić co najmniej 10, zaś pożądana jest liczba 20 obserwatorów, przy czym liczba obserwatorów specjalistów może być mniejsza niż obserwatorów nie będących specjalistami. Niezależnie od tego, że obserwatorzy powinni być przed pomiarami zapoznani z metodyką ich przeprowadzania, stosowanymi skalami ocen i rodzajem obserwowanych zakłóceń, to pomiary przeprowadzane przez osoby nie będące specjalistami trwają na ogół dłużej, aniżeli pomiary przeprowadzane przez specjalistów. Dlatego też w przypadku gdy organizatorom zależy na szybkości przeprowadzenia pomiarów powierzają ich wykonanie specjalistom.

Przy pomiarach statystycznych obrazu czarno-białego obserwatorem może być w zasadzie każda osoba posiadająca przeciętny wzrok, natomiast obserwatorzy obrazów kolorowych nie mogą być daltonistami. Jeżeli wyniki pomiarów okażą się niezadowolające /np. w przypadku bardzo dużych rozrzutów pomiedzy ocenami poszczególnych obserwatorów/, należy serię powyższych pomiarów powtórzyć z udziałem innych obserwatorów.

b/ Skale ocen

Bardzo ważnym czynnikiem przy przeprowadzaniu pomiarów statystycznych jest wybór odpowiedniej skali ocen. W zasadzie mogą być stosowane pięcio-, sześć- i siedmiostopniowe skale jakości, zauważalności zniekształceń oraz skale porównawcze. Jednak zgodnie z dokumentami CCIR [1], zalecane są skale pięciostopniowe jakości i zauważalności zniekształceń oraz siedmiostopniowa skala porównawcza /tablica 1 na str. 22/. Wybór rodzaju skali zależy od rodzaju wykonywanych pomiarów. Skalę jakości stosuje się przy ocenie całkowitej jakości obrazu niezależnie od liczby wprowadzanych zakłóceń i występujących zniekształceń, Skalę dostrzegalności zniekształceń stosuje się w przypadku oceny wpływu lub ustalania dopuszczalnej wartości zakłóceń jednego rodzaju o zmieniającym poziomie, przy czym inne rodzaje zakłóceń są traktowane jako parametry stałe. Skalę porównawczą stosuje się natomiast przy porównywaniu dwóch obrazów, z których jeden jest traktowany jako obraz odniesienia, na którym występuje zakłócenie o stałej wartości, a na drugi obraz są wprowadzane inne zakłócenia o zmieniających poziomach.

Oprócz podanych w tablicy 1 rodzajów skal spotykane są również skale z innymi oznaczeniami, np. odwrotną kolejnością cyfr lub literami, dlatego dla uzyskania jednoznaczności interpretacji wyników pomiarów należy zawsze podawać według jakiej skali był oceniany obraz.

Ponieważ w poprzednich okresach często były stosowane sześciostopniowe skale ocen jakości obrazu więc w celu wykorzystywania licznych pomiarów oraz porównywania uzyskanych wyników jest pożądane określenie zależności pomiędzy ocenami poszczególnych skal. Dokładne ustalenie takiej zależności jest bardzo trudne, jednakże w przybliżeniu można przyjąć, że ocena w skali pięciostopniowej A_5 jest powiązana z oceną skali sześciostopniowej A_6 wzorem:

$$A_5 = 5,8 - 0,8 A_6$$

/9/

c/ Stosowane obrazy kontrolne

Pomiary statystyczne są wykonywane przez oceniających w czasie obserwacji obrazów kontrolnych różnego rodzaju, zarówno obrazów ruchomych /z kamery lub z filmu, jak i nieruchomych /przezrocza czarno-białe czy kolorowe/. Ich treść powinna być tak dobrana, aby zauważalność usterek była w ogólności bardziej krytyczna niż przy obrazach przeciętnych. Powinny one na przy-

Skale ocen

I	Skala jakości /jakość obrazu/
1.	Bardzo dobra
2.	Dobra
3.	Dostateczna
4.	Mierna
5.	Zła
II	Skala dostrzegalności /zakłócenia lub zniekształcenia/
1.	Niedostrzegalne
2.	Dostrzegalne, ale nie przeszkadzające
3.	Widoczne, lekko przeszkadzające
4.	Przeszkadzające
5.	Bardzo przeszkadzające
III	Skala porównawcza /obraz/
+3	Znacznie lepszy
+2	Lepszy
+1	Nieco lepszy
0	Taki sam
-1	Nieco gorszy
-2	Gorszy
-3	Znacznie gorszy

kład zawierać jasne i nasycone kolory, ostre kontrastowe krawędzie, dużą liczbę drobnych szczegółów lub kolory nienasycone o małym poziomie jaskrawości, przy czym stosowanie typowych uniwersalnych tablic kontrolnych nie jest zalecane. Seria pomiarów powinna być przeprowadzona przy użyciu około pięciu grup obrazów. Protokół pomiarów powinien zawierać wykaz źródeł sygnałów kontrolnych oraz treści stosowanych obrazów.

d/ Warunki obserwacji

Przy przeprowadzaniu pomiarów statystycznych w celu uzyskania jednoznacznych i porównywalnych wyników należy ściśle określić warunki obserwacji obrazu takie, jak: luminancja i kontrast obrazu, średnie oświetlenie pokoju, kolor światła otaczającego, odległość obserwatora od ekranu, kąt patrzenia na ekran itp. Zalecane [1] warunki obserwacji są podane w tablicy 2 poniżej.

T a b l i c a 2

Zalecane warunki obserwacji

a. Stosunek odległości obserwatora od ekranu do wysokości obrazu	$6^{1/}$
b. Maksymalna luminancja obrazu / cd/m^2 /	$70 \pm 10^{2/}$
c. Stosunek luminancji czarnych części ekranu /strumień odcięty/ do luminancji maksymalnej	$\leq 0,02$
d. Stosunek luminancji ekranu czarnego w ciemnym pokoju do luminancji maksymalnej	ok. 0,01
e. Stosunek luminancji tła za odbiornikiem do maksymalnej luminancji obrazu	ok. $0,1^{3/}$
f. Inne oświetlenie pokoju	małe ^{4/}
g. Kolor tła	biały ^{5/}
h. Stosunek kąta tworzonego przez tę część tła, która spełnia powyższe punkty do kąta patrzenia na obraz	≥ 9

Uwagi: 1/ Można stosować też inny stosunek - powinien jednak być podany.

2/ Wartość znamionowa wynosi $/70 \pm 10/ \text{cd}/\text{m}^2$, lub $/220 \pm 30/ \text{asb}$
 $/1 \text{ asb} = \frac{1}{\pi} \text{cd}/\text{m}^2/$, ale pewne pomiary wymagają zmiany luminancji ze względu na migotanie lub nieostrość.

3/ Jeżeli stosunek jest większy niż 0,1 to kolor tła powinien być bliższy bieli typu D_{65} .

4/ Wartość przybliżona - nie jest krytyczna w przypadku spełnienia warunku c.

5/ Nie bardzo krytyczny. Dopuszczalna jest każda biel standardowa między A i D_{65} . Patrz uwaga 3/.

e/ Kolejność nadawania

Obrazy i zakłócenia powinny być nadawane w sposób przypadkowy, przy czym ten sam obraz nie powinien być nadawany kolejno zarówno z tym samym, jak i z innym poziomem zakłóceń. Czas pracy obserwatora, łącznie z wyjaśnieniami, nie powinien przekraczać pół godziny, przy czym każda seria pomiarów powinna być poprzedzona nadaniem kilku obrazów informacyjnych z pełnym zakresem zakłóceń. Oceny tych obrazów nie powinny być brane pod uwagę przy obliczaniu oceny średniej.

3.2. Przedstawianie wyników [2]

Przeprowadzanie badań statystycznych powyższą metodą daje bardzo dużą liczbę wyników. Są one z reguły notowane na specjalnych arkuszach, które zostają następnie poddane dalszej analizie, w celu określenia ocen średnich.

Metody analizy i przedstawiania uzyskiwanych wyników pomiarów subiektywnie ocenianego pogorszenia jakości obrazów /wywołanego wprowadzaniem określonego rodzaju zniekształceń czy zakłóceń/ są ciągle jeszcze przedmiotem badań organizacji międzynarodowych /CCIR - Program Studiów 3A - 1/11/. W chwili obecnej brak jest jeszcze jednolitej metody interpretacji wyników, co utrudnia ich porównywanie między sobą.

W dokumentach międzynarodowych [2] są proponowane cztery metody obliczania wyników.

- Pierwsza z nich /najprostsza/ najczęściej stosowana polega na obliczaniu średniej oceny subiektywnej, odpowiadającej danemu poziomowi wprowadzanego zniekształcenia czy zakłócenia.

Średnią ocenę dla każdego punktu pomiarowego /poziomu zakłócenia/ uzyskuje się w następujący sposób:

- a/ oblicza się dla danego rodzaju obrazu i danego punktu pomiarowego średnią arytmetyczną ocenę wynikającą z ocen wszystkich obserwatorów;
- b/ oblicza się następnie dla danego punktu pomiarowego średnią arytmetyczną wynikającą z ocen przypisanych wszystkim obrazom.

Wyniki powyższych obliczeń przedstawia się zwykle w formie wykresów podających zależność oceny średniej od wartości wprowadzonych zakłóceń czy zniekształceń.

Przy obliczaniu powyższych średnich arytmetycznych określa się błąd standardowy czy odchylenie standardowe jako:

$$G = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n /x_i - x/2} \quad /10/$$

gdzie: n - liczba obserwacji,

x - średnia arytmetyczna ocen wszystkich obserwacji,

x_i - oceny poszczególnych obserwacji.

Błąd standardowy powinien zawierać się w granicach 0 ÷ 1. W przypadku gdy błąd przekracza wartość 1, należy przy obliczeniach średniej oceny odrzucić oceny najbardziej odbiegające od pozostałych /najmniejszą i największą/. Jeżeli błąd standardowy znacznie przekroczy 1, należy powtórzyć pomiary przy pomocy innej grupy obserwatorów lub też wyeliminować obserwatorów, których wyniki znacznie odbiegają od pozostałych.

Z punktu widzenia statystyki, obliczona w ten sposób średnia stanowi dokładne oszacowanie wartości danych ocen, nie daje jednak informacji o rozkładzie opinii dotyczących określonych warunków zakłóceń.

- W drugiej metodzie analizuje się sumaryczne proporcje liczby obserwatorów, których subiektywne oceny o jakości obserwowanego, poddanego zakłóceniom obrazu są równe lub wyższe od określonego stopnia skali. Wyniki są przedstawiane w formie rodziny sumarycznych krzywych prawdopodobieństwa dla różnych stopni skali. Jednakże, ze względu na dużą liczbę wyników istnieją tu trudności interpretacji.

- W trzeciej metodzie wykorzystuje się średnią arytmetyczną obliczoną według metody pierwszej, a także podaje sumaryczne dane o rozkładzie opinii przez obliczenie odchyłeń standardowych od wartości średniej. Metoda ta jest słuszną, jeśli wartości średnie leżą w środku skali ocen, natomiast dla małych i dużych wartości średnich dokładność jej maleje. Wady tej można uniknąć przez założenie, że rozkład opinii dla danego typu zniekształceń jest zgodny z teoretycznym rozkładem dwumianowym. Metoda ta ma kilka odmian w zależności od przyjętego standardu.

- Metoda czwarta jest stosowana w przypadku gdy, zamiast podawania zależności pomiędzy oceną subiektywną a obiektywną wartością zniekształcenia,

jest wystarczające określenie progu zauważalności zniekształceń. Nosi ona nazwę metody "przypadkowych bodźców" i dopuszcza dwie różne definicje progu zauważalności. Według pierwszej z nich próg zauważalności zniekształceń odpowiada maksymalnemu standardowemu odchyleniu od średniej oceny wszystkich obserwatorów, według drugiej zaś połowie odpowiedzi dodatnich.

Niezależnie od omówionych różnic, występujących w metodach obliczania wyników, jednoznaczna ich interpretacja i porównywanie są utrudnione wskutek stosowania skali o różnych liczbach stopni i różnych oznaczeniach. Ponadto w praktyce na obserwowany obraz ma wpływ kilka rodzajów zakłóceń jednocześnie. Uwzględnienie więc wszystkich możliwych kombinacji bardzo skomplikowałoby i utrudniło wykonywanie pomiarów. Dlatego przyjmuje się eksperymentalne prawo sumowania zniekształceń, które mówi, że jeżeli $u_1, u_2, u_3, \dots, u_r$ są odpowiednio średnimi, standardowymi ocenami dla n niezależnych zakłóceń rozpatrywanych niezależnie, to standardowa średnia ocena \bar{u} dla wszystkich zniekształceń występujących jednocześnie spełnia zależność:

$$\frac{1}{\bar{u}} - 1 = \sum_{r=1}^n \left(\frac{1}{u_r} - 1 \right) \quad /11/$$

W celu określenia wypadkowego pogorszenia jakości obrazu przez jednoczesny wpływ kilku rodzajów zniekształceń czy zakłóceń o różnych poziomach, została wprowadzona jednostka subiektywnego pogorszenia jakości obrazu, zwana "imp", która wyraża się wzorem:

$$J = \frac{1}{\bar{u}} - 1 / \text{imp}$$

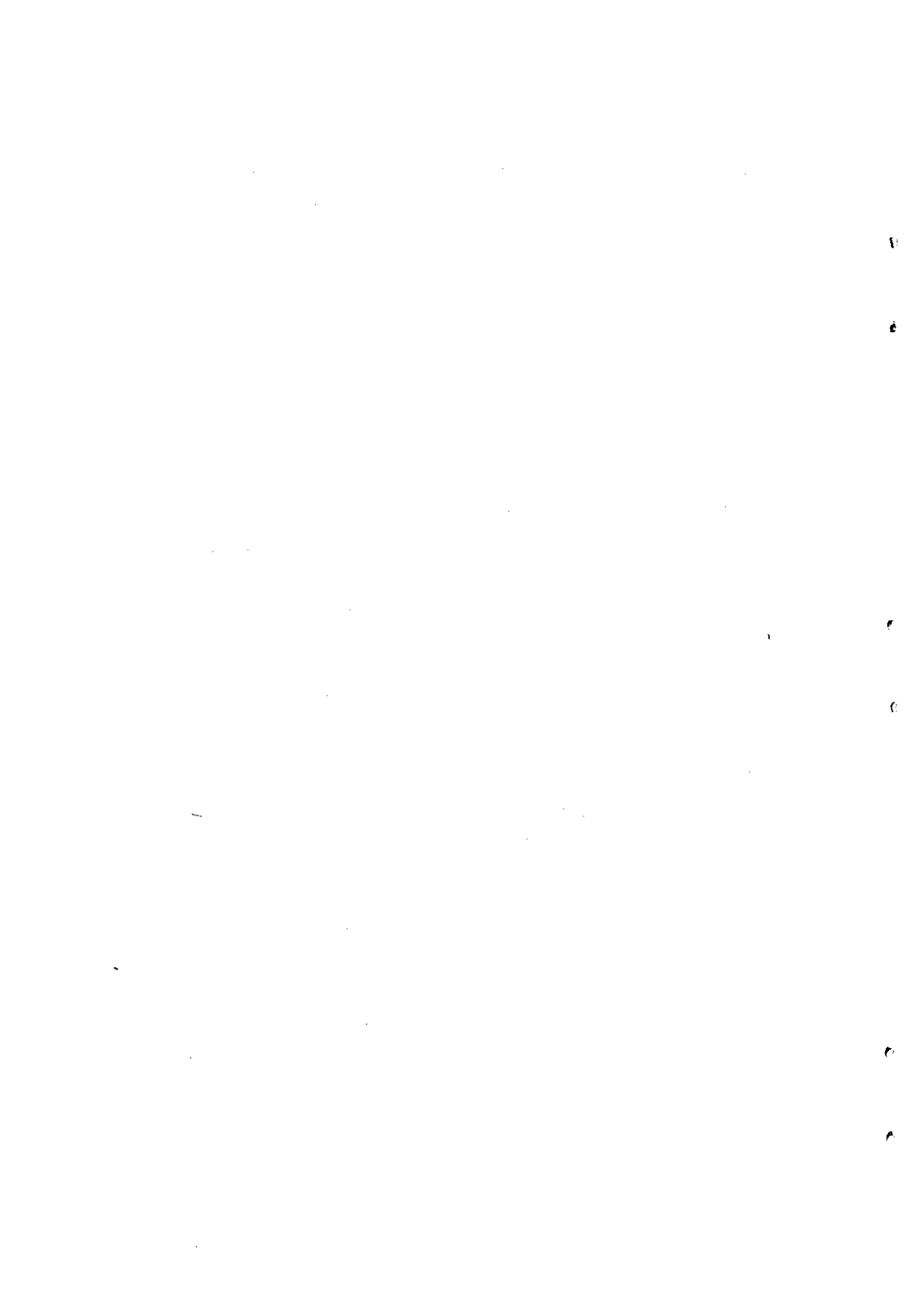
i zawiera się w granicach od 0 dla obrazu bardzo dobrego $\bar{u} = 1/$ do nieskończoności dla obrazu bardzo złego $\bar{u} = 0/$. Dla obrazu średniego $\bar{u} = 0,5/$ wartość J wynosi 1 imp. Doświadczenia wykazały, że wartość $J = 1/8 \text{ imp}$ odpowiada obrazom o małym poziomie zniekształceń takim, jak obrazy uzyskiwane w laboratoriach za pomocą urządzeń wysokiej jakości. $J = 0,25 \text{ imp}$ może być przyjmowane dla każdego z typowych zniekształceń występujących w sieci krajowej, natomiast $J = 0,5 \text{ imp}$ dla każdego zniekształcenia w złożonym systemie transmisyjnym przy przesyłaniu sygnałów na dalekie odległości.

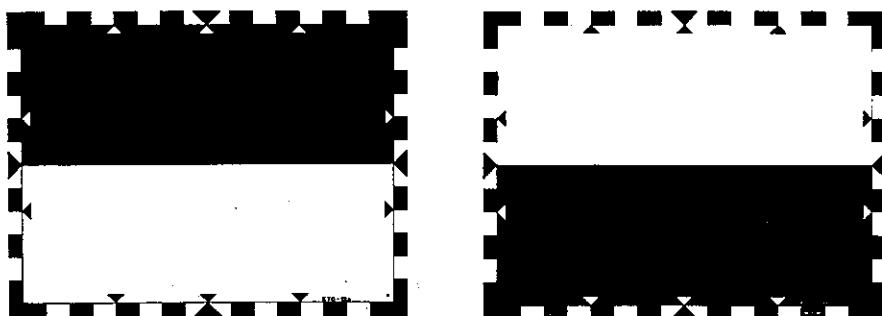
Należy jednak zauważyć, że podane prawo sumowania nie jest słuszne w przypadku różnych typów zniekształceń dających takie samo wrażenie subiektywne na obserwowanym obrazie.

Opisane metody obliczania i interpretacji wyników pomiarów subiektywnych są nadal eksperymentowane w szeregu krajów. Ponieważ do chwili obecnej nie ustalono metody jednolitej, najczęściej jest stosowana metoda pierwsza jako najprostsza. Pozwala ona na uzyskanie zadowalających wyników.

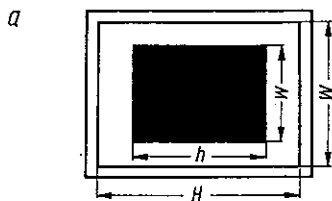
WYKAZ LITERATURY

1. CCIR: Recommendation Nr 500-1. Method for the subjective assessment of the quality of television pictures.
2. CCIR: Report Nr 405-3. Subjective assessment of the quality of television pictures.
3. CCIR: Recommendation Nr 471 - Nomenclature of colour bar signals.
4. Karwowska-Lamparska A.: Miernictwo telewizyjne małej częstotliwości. PP Stacje Radiowe i Telewizyjne. Warszawa 1972.
5. Kriwoszejew M.J.: Podstawy pomiarów telewizyjnych. WKiŁ. Warszawa 1967.
6. Kriwoszejew M.J.: Osnovy televizjonnych izmerenij. Svjaż. Moskwa 1976.
7. Praca zbiorowa: Poradnik technika telewizji. WNT. Warszawa 1970.
8. Praca zbiorowa: Pomiary urządzeń telewizji czarno-białej i kolorowej. WKiŁ. Warszawa 1976.
9. Standard Sew ST-SEW-18.790.01-78: Televidenie. Tablica ispytatelnaja elektronnaja universalnaja. Postrojenje. Formirujuščij generator. Techničeskie trebovanija.
10. SEW: Metodika subbiektivnoj ocenki kačestva televizionnych izobraženij w cifrovom televidenii. Priłożenie 1.1.K protokołu 4/79 rabočevo sovieščanija specialistov PNTS KREP SEW Sekeszfechervar mart 1979.



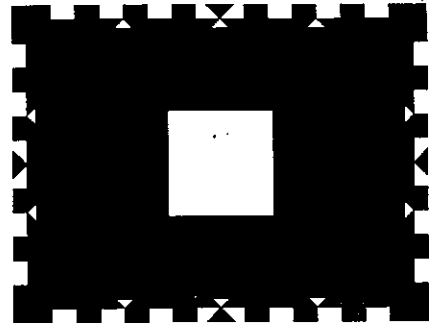
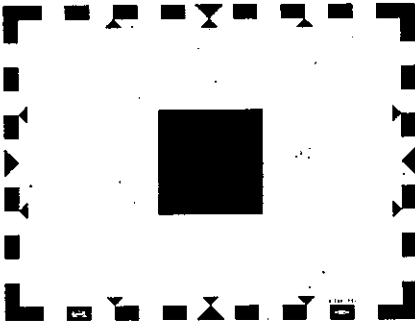
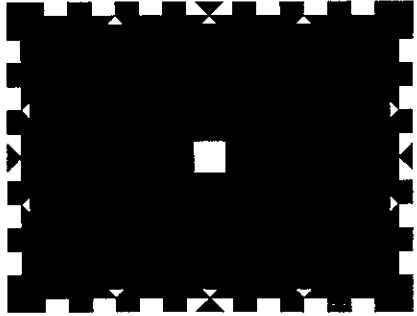
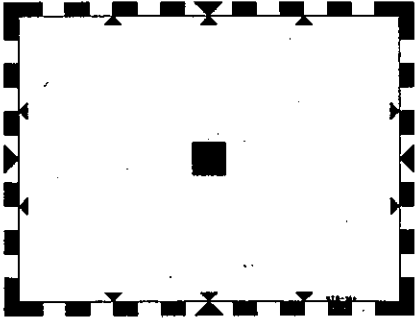


Rys. 1. Obraz odpowiadający sygnałowi wizyjnemu 50 Hz

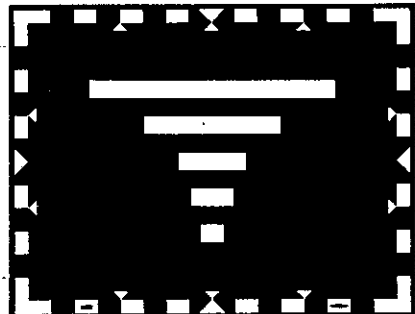


Rys. 2. Obraz prostokąta, tzw. "okno"

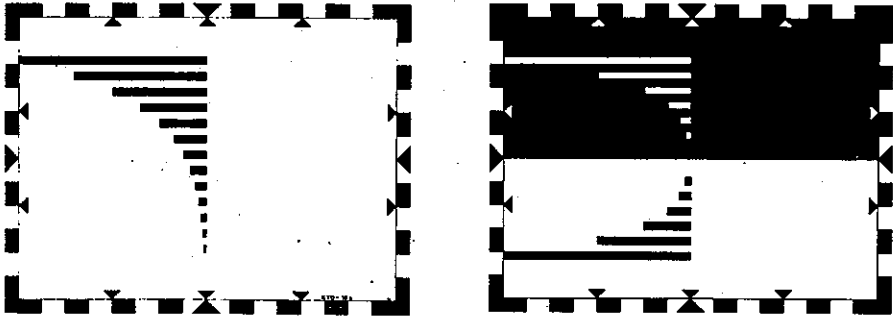
a/



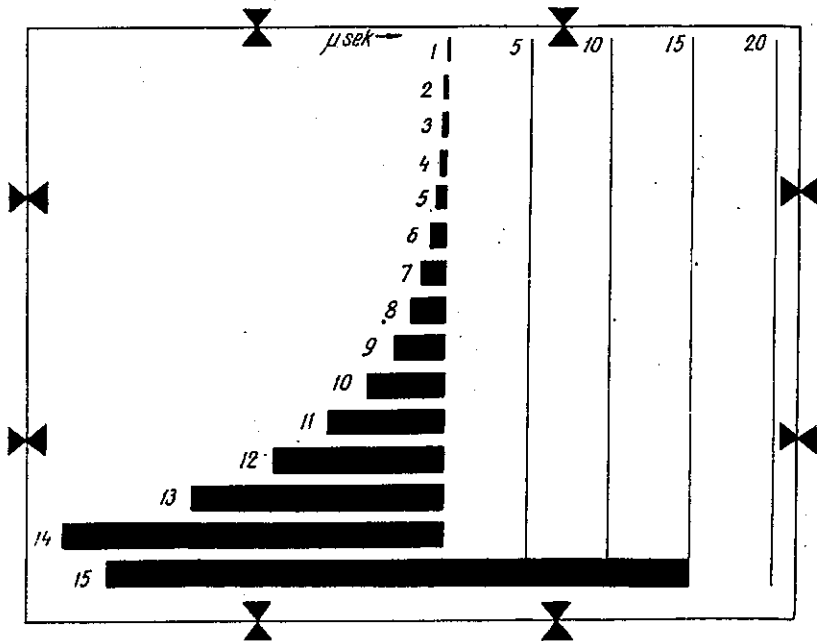
b/



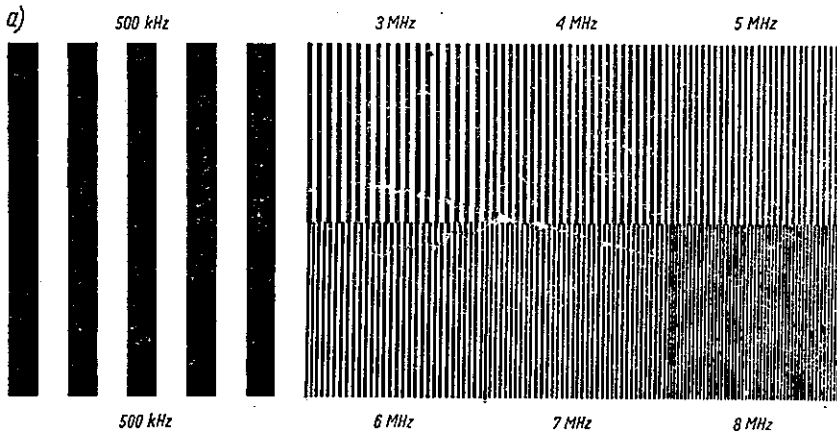
c/



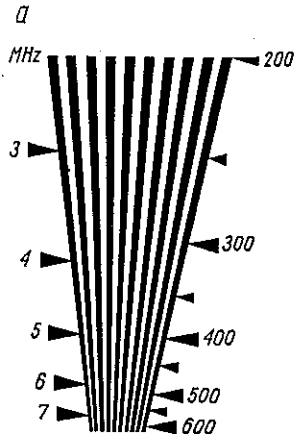
d/



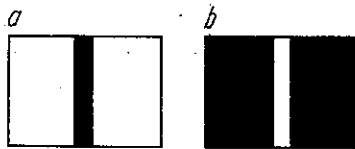
Rys. 3. Obrazy przeznaczone do oceny smużeń



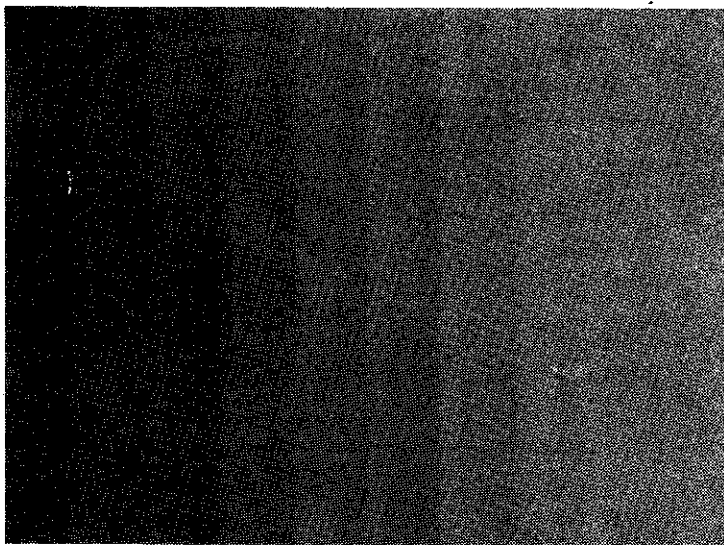
Rys. 4. Obraz prążków odpowiadających określonym częstotliwościom sygnału wizyjnego



Rys. 5. Obraz klina rozdzielczości



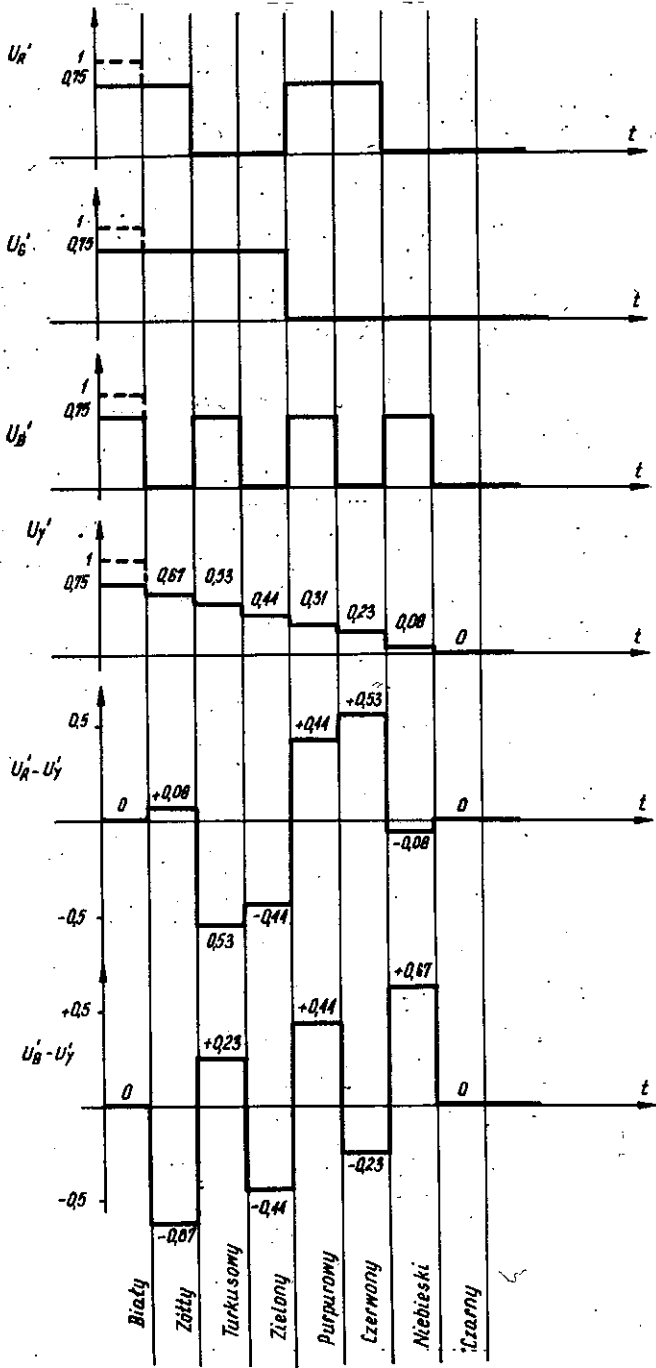
Rys. 6. Obraz do kontroli przeniesienia składowej stałej sygnału wizyjnego



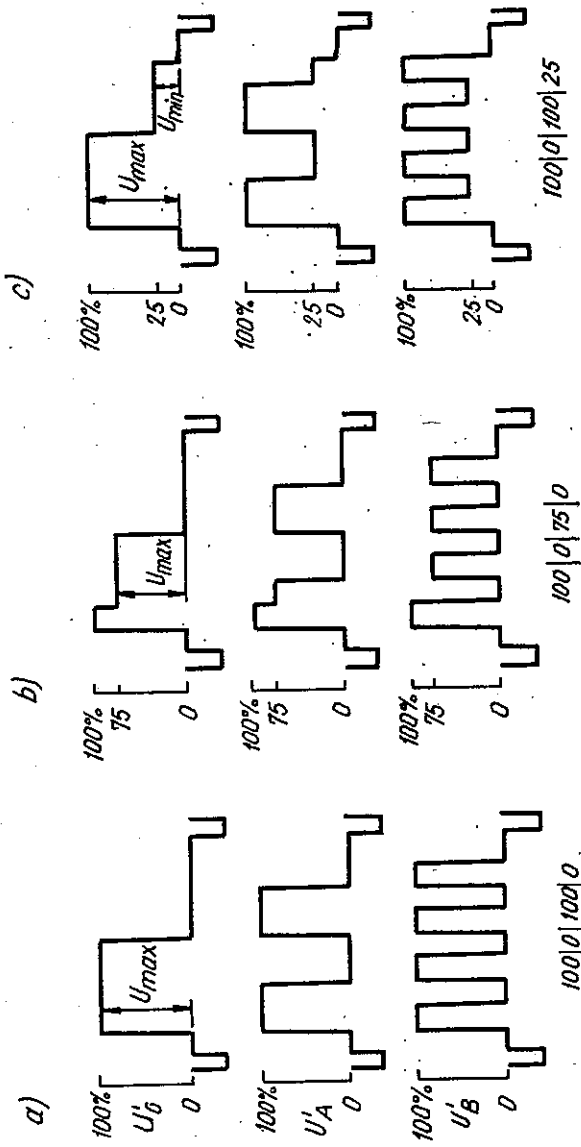
Rys. 7. Obraz do kontroli gradacji kontrastów

Biały
Żółty
Turkusowy
Zielony
Purpurowy
Czerwony
Niebieski
Czarny

Rys. 8. Obraz pasów kolorowych

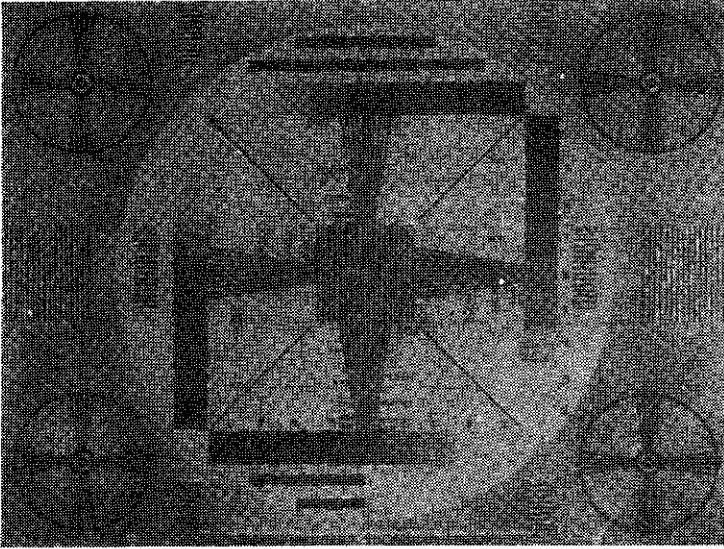


Rys. 9. Zasada tworzenia obrazu pasów kolorowych.

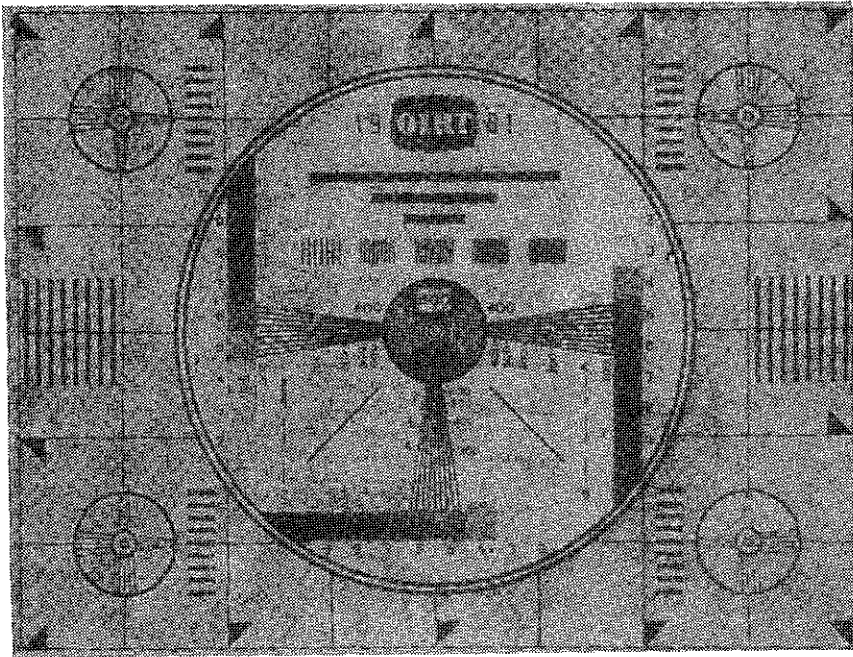


Rys. 10. Sygnały kolorów podstawowych dla pasów kolorowych o różnych parametrach technicznych

a/



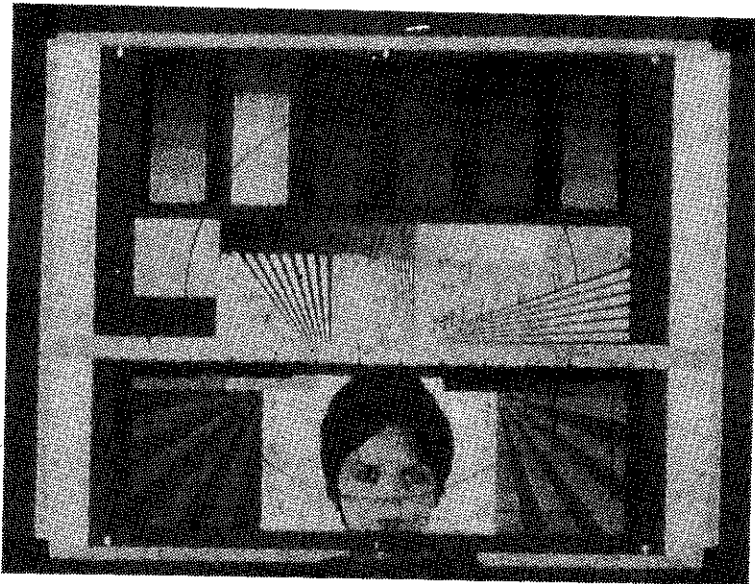
b/



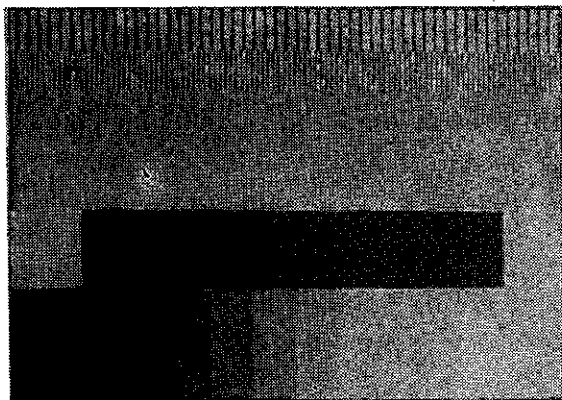
Rys. 11. Uniwersalne tablice kontrolne dla telewizji czarno-białej:
a - tablica kontrolna RETMA, b - tablica kontrolna OIRT



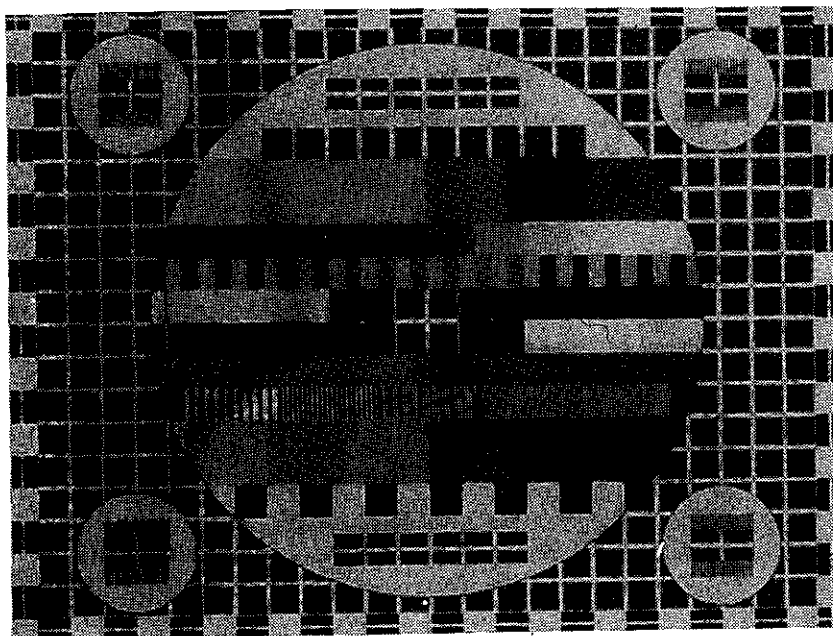
Rys. 12. Tablica kontrolna ze sceną wzorcową dla telewizji czarno-białej



Rys. 13. Tablica kontrolna z obrazem twarzy ludzkiej dla telewizji kolorowej



Rys. 14. Elektroniczna tablica kontrolna dla telewizji czarno-białej



Rys. 15. Uniwersalna tablica kontrolna dla telewizji kolorowej systemu SECAM

