

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

---

KOŁO ZAKŁADOWE STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

Na prawach rękopisu

REFERATY PROBLEMOWE

Zeszyt 53

Alfons Podemski

OKREŚLANIE ZNIEKSZTAŁCEN NIELINEARNYCH  
AMPLITUDY SYGNAŁU WIZYJNEGO

Warszawa - maj 1982

S-9162

Zespół ReJacyjny:

dr inż. Stanisław Sołta, mgr inż. Andrzej Stagowski

mgr inż. Krystyna Frączek

Opracował:

doc. dr inż. Alfons Podemski

Zakład Telewizji /Z-6/

Instytut Łączności

04-894 Warszawa, ul. Szachowa 1, tel. 128-414

Praca nr 834

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI  
BIBLIOTEKA NAUCZONA

Nr: 5-9167

Opiniował: prof. mgr inż. Tadeusz Bzowski

Maszynopis dostarczono dnia 24 lutego 1982 r.

Przeprowadzono analizę metod obliczania zniekształceń nieliniarnych sygnału wizyjnego. Przedstawiono wyniki obliczeń. Zaproponowano jednolitą metodę określania zniekształceń nieliniarnych wspólną dla sygnału luminancji i sygnału chrominancji.

Redaktor: mgr K. Juszkwicz

Montaż tekstu: B. Drabik

Wpłynęło do Działu Wydawniczego Instytutu Łączności  
w Warszawie, ul. Szachowa 1 dnia 19.IV.1982 r.

Nakład 40 egz.

Alfons Podemski

OKREŚLANIE ZNIEKSZTAŁCEŃ NIELINEARNYCH  
AMPLITUDY SYGNAŁU WIZYJNEGO

SPIS TREŚCI

	Str.
1. Wstęp	1
2. Określanie zniekształceń nieliniarnych amplitudy sygnału luminancji	1
3. Określanie zniekształceń nieliniarnych amplitudy sygnału chrominancji	3
4. Określanie błędów metod obliczania zniekształceń nielini- arnych	5
5. Wnioski	12
Wykaz literatury	13

## OKREŚLANIE ZNIEKSZTAŁCEŃ NIELINEARNYCH AMPLITUDY SYGNAŁU WIZYJNEGO

### 1. WSTĘP

Prawidłowe określenie zniekształceń nieliniarnych amplitudy sygnału wizyjnego jest zagadnieniem bardzo trudnym oraz złożonym i dlatego nie zostało dotychczas właściwie rozwiązane.

Zniekształcenia nieliniarne amplitudy sygnału wizyjnego charakteryzują się pojawieniem nowych składowych harmonicznych i objawiają się w postaci zmian kształtu sygnału.

W sygnale telewizji kolorowej rozróżnia się dwa rodzaje zniekształceń nieliniarnych sygnału wizyjnego. Pierwsze z nich dotyczą zniekształceń nieliniarnych składowych małych częstotliwości sygnału wizyjnego /sygnału luminancji/. Natomiast drugie jego składowych wielkich częstotliwości /sygnału chrominancji/, umieszczonych w górnym zakresie pasma sygnału wizyjnego, powszechnie znanych pod nazwą zniekształceń wzmocnienia różnicowego.

### 2. OKREŚLANIE ZNIEKSZTAŁCEŃ NIELINEARNYCH AMPLITUDY SYGNAŁU LUMINANCJI

Stosowane do pomiaru zniekształceń nieliniarnych sygnały pomiarowe zawierają elementy sygnału obrazu umieszczone na różnych poziomach w zakresie od czerni do bieli. Najczęściej są to sygnały piłokształtne lub schodkowe powtarzające się z częstotliwością linii. Często stosuje się także sygnały piłokształtne lub schodkowe z nałożonym napięciem sinusoidalnym. Sygnały pomiarowe zawierają także impulsy synchronizujące i gaszące w celu zapewnienia normalnych warunków pracy urządzeń.

Sygnał schodkowy zawiera kilka schodków i umożliwia pomiar zniekształceń nieliniarnych dla kilku określonych poziomów sygnału.

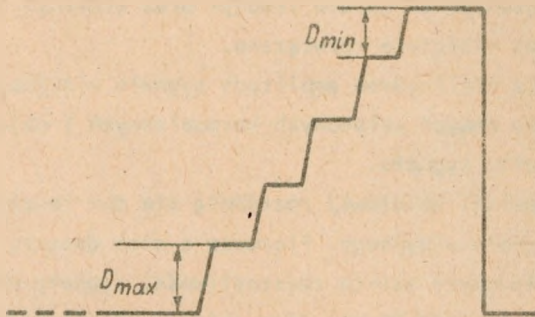
Oceny zniekształceń z wykorzystaniem sygnału schodkowego można dokonać przez pomiar wysokości schodków na wyjściu układu /rys. 1/.

Wartość zniekształceń nieliniarnych określa się za pomocą zależności:

$$K_n = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{D_{\max}} \cdot 100\%$$

/1/

gdzie:  $K_n$  - wartość zniekształcenia  
 $D_{\min}$  - minimalna amplituda schodka  
 $D_{\max}$  - maksymalna amplituda schodka lub impulsu.



Rys. 1. Sygnał schodkowy na wyjściu układu nieliniarnego

Zależność /1/ stosuje się także do określania zniekształceń nieliniarnych z wykorzystaniem sygnału pomiarowego, będącego sumą dwóch sygnałów o znacznie się różniących amplitudach i częstotliwościach.

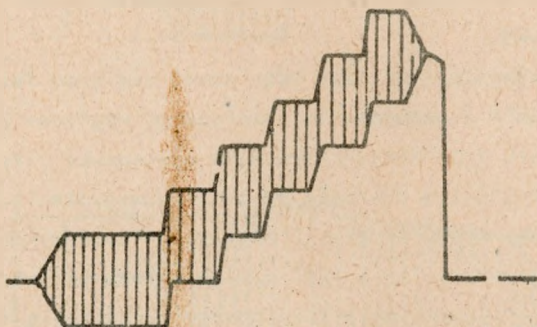
Składową małej częstotliwości stanowi sygnał schodkowy lub piłokształtny o częstotliwości linii z nałożonym napięciem sinusoidalnym o małej amplitudzie i odpowiednio większej częstotliwości /rys. 2/. Dla standardu OIRT częstotliwość napięcia sinusoidalnego dla telewizji monochromatycznej jest równa 1,2 MHz, natomiast dla telewizji kolorowej wyniósł 4,43 MHz.

Sygnał piłokształtny lub schodkowy służy do okresowego przeniesienia małego napięcia sinusoidalnego wielkiej częstotliwości w obszarze roboczego odcinka charakterystyki w zakresie od czerni do bieli.

W zależności od zniekształceń wprowadzanych przez badany układ, amplituda sygnału sinusoidalnego odpowiednio się zmienia. Pomiar amplitudy tego sygnału przeprowadza się z wykorzystaniem oscyloskopu i filtru pasmowo-przepustowego o częstotliwości 1,2 MHz, który wydzieliła napięcie sinusoidalne z sygnału pomiarowego. Wielkość zniekształcenia oblicza się także za pomocą zależności /1/.



Metody określania zniekształceń nieliniarnych wykorzystujące zależność /1/ są powszechnie stosowane do określania zniekształceń amplitudy sygnału wizyjnego w telewizji monochromatycznej, a w początkowym okresie rozwoju telewizji kolorowej były także stosowane do obliczania zniekształceń nieliniarnych sygnału chrominancji /wzmocnienia różnicowego/.



Rys. 2. Sygnał schodkowy z nałożonym napięciem sinusoidalnym o częstotliwości 1,2 MHz

Obecnie ta metoda, zwana metodą określania względem poziomu o maksymalnym wzmocnieniu, jest stosowana głównie do określania zniekształceń nieliniarnych składowych małych częstotliwości sygnału wizyjnego.

### 3. OKREŚLANIE ZNIEKSZTAŁCEŃ NIELINEARNYCH AMPLITUDY SYGNAŁU CHROMINANCJI

Sposób określania zniekształceń nieliniarnych względem poziomu o maksymalnym wzmocnieniu /analogicznie jak w sygnale telewizji czarno-białej/ został w pierwszym etapie telewizji kolorowej przyjęty do określania zniekształceń nieliniarnych amplitudy sygnału chrominancji, znanych powszechnie pod nazwą wzmocnienia różnicowego. Ponieważ sygnał chrominancji występuje w zakresie górnych częstotliwości pasma sygnału wizyjnego, to zniekształcenia wzmocnienia różnicowego nazywa się także zniekształceniami nieliniarnymi w zakresie górnych częstotliwości pasma sygnału.

W celu zapewnienia jednolitości określania zniekształceń fazy różnicowej i wzmocnienia różnicowego w latach siedemdziesiątych międzynarod-

dowe organizacje radiowo-telewizyjne CCIR i OIRT zaleciły określanie zniekształceń wzmocnienia różnicowego względem poziomu wygaszania, tzn. analogicznie jak zniekształcenia fazy różnicowej.

Zniekształceniom fazy różnicowej towarzyszą zwykle zniekształcenia wzmocnienia różnicowego i odwrotnie. Zniekształcenia różnicowe są funkcją poziomu sygnału luminancji, a w zagadnieniach korekcji i sumowania zniekształceń bardzo duże znaczenie ma znajomość przebiegu charakterystyk zniekształceń.

Określanie zniekształceń fazy różnicowej względem fazy podnośnej przy poziomie wygaszania a wzmocnienia różnicowego względem poziomu o maksymalnym wzmocnieniu podnośnej, które może występować przy dowolnym poziomie sygnału luminancji w zakresie od poziomu wygaszania do poziomu białego, jest przyczyną braku korelacji między obliczonymi charakterystykami fazy różnicowej i wzmocnienia różnicowego układu telewizyjnego.

Zniekształcenie wzmocnienia różnicowego określa się zmianami amplitudy podnośnej systemu chrominancji przy różnych poziomach sygnału luminancji względem amplitudy podnośnej przy poziomie wygaszania.

Wzmocnienie różnicowe wyraża się za pomocą dwóch współczynników wyrażonych w procentach X % i Y %, które przedstawiają maksymalne różnice amplitud podnośnej chrominancji na poszczególnych poziomach schodkowego sygnału pomiarowego w odniesieniu do amplitudy podnośnej przy poziomie wygaszania /rys. 3/.

Wartości X i Y określa się za pomocą następujących zależności:

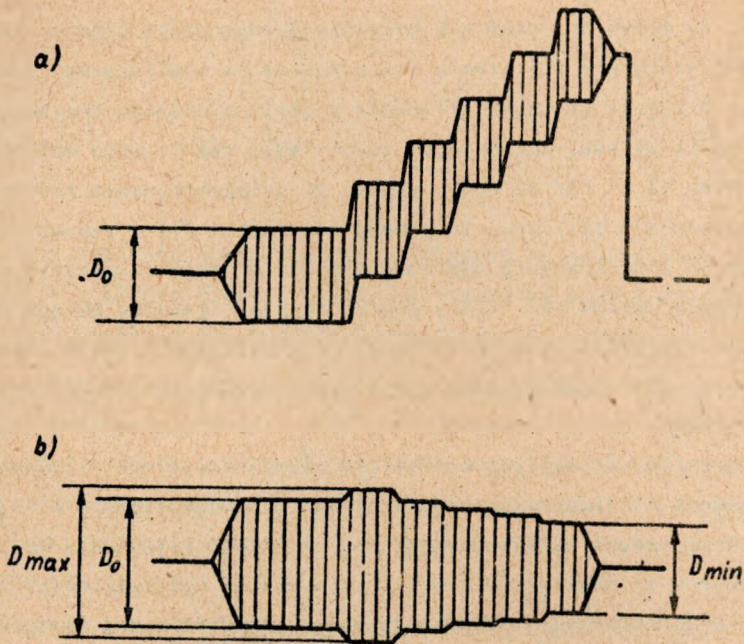
$$X = \frac{D_{\max} - D_0}{D_0} \cdot 100\% \quad /2/$$

$$Y = \frac{D_{\min} - D_0}{D_0} \cdot 100\% \quad /3/$$

gdzie:  $D_0$  - amplituda podnośnej chrominancji przy poziomie wygaszania - wartość odniesienia

$D_{\max}$  - maksymalna amplituda podnośnej chrominancji przy dowolnym poziomie sygnału pomiarowego

$D_{\min}$  - minimalna amplituda podnośnej chrominancji występująca przy dowolnym poziomie sygnału luminancji.



Rys. 3. Sygnał do pomiaru przekształceń nieliniarnych sygnału chrominancji: a/ sygnał pomiarowy, b/ wydzielona podnośna na wyjściu filtra pasmowego

W przypadku gdy  $|X| > |Y|$  uzyskuje się wartość dodatnią zniekształcenia, a gdy  $|Y| > |X|$  ujemną. Jako wielkość wzmacnienia różnicowego charakteryzującą dany czwórnik przyjmuje się wartość większą.

#### 4. OKREŚLANIE BŁĘDU METOD OBLICZANIA ZNIEKSZTAŁCENI NIELINEARNYCH

Z wyżej przeprowadzonych rozważań wynika, że dla sygnału luminancji oblicza się międzyszczytową wartość zniekształcenia, a dla sygnału chrominancji dwie wartości: dodatnią  $X$  i ujemną  $Y$ . Jako wielkość charakteryzującą czwórnik telewizyjny przyjmuje się wartość większą.

Różny sposób określania zniekształceń nieliniarnych sygnału luminancji i sygnału chrominancji jest przyczyną uzyskiwania różnych wartości zniekształceń nieliniarnych sygnału luminancji i sygnału chrominancji, a także jest przyczyną uzyskiwania różnych wartości zniekształceń w zależności od przebiegu charakterystyki nieliniarności układu oraz wielkości zniekształceń.



Jeżeli, na przykład, czwórnik telewizyjny wprowadza przekształcenia nieliniarne statyczne /tj. takie zniekształcenia nieliniarne, których wielkość nie zależy od częstotliwości/ o takim przebiegu charakterystyki nieliniarności układu, że wartości wzmocnienia różnicowego obliczane za pomocą wzorów /2/ i /3/ są sobie równe, to zniekształcenie nieliniarne sygnału luminancji obliczone za pomocą zależności /1/ w zakresie małych zniekształceń będzie prawie dwa razy większe od zniekształcenia obliczonego za pomocą wzorów /2/ i /3/, pomimo że nieliniarność układu /a tym samym zniekształcenie sygnału/ jest dla obu przypadków takie samo, to znaczy takie samo w zakresie małych i wielkich częstotliwości pasma sygnału wizyjnego.

Z tego wynika, że obliczone nieliniarne zniekształcenia jednego sygnału względem nieliniarnych zniekształceń drugiego sygnału w najbardziej niekorzystnych warunkach mogą osiągnąć błąd rzędu 50%. To znaczy, że nieliniarne zniekształcenia w zakresie małych częstotliwości sygnału wizyjnego mogą osiągnąć błąd 50% w stosunku do obliczonej wartości wzmocnienia różnicowego obliczonego za pomocą wzorów /2/ i /3/ : które występuje w zakresie górnych częstotliwości pasma sygnału wizyjnego. Błąd ten w ogólnym przypadku jest różny dla wzorów /2/ i /3/ i w zależności od przebiegu charakterystyk nieliniarności oraz wielkości zniekształceń może się zmieniać w szerokich granicach.

Możliwość występowania tak dużych różnic przy obliczaniu zniekształceń nieliniarnych sygnału luminancji i chrominancji utrudnia:

- prawidłową ocenę urządzeń telewizyjnych i torów przesyłowych,
- określanie dopuszczalnych zniekształceń dla poszczególnych urządzeń i odcinków toru przesyłowego,
- obliczanie sumarycznych zniekształceń kaskadowo połączonych czwórników telewizyjnych.

W celu określenia różnic wyników obliczeń uzyskanych z wzorów /1/, /2/ i /3/, przeprowadzono obliczenia przy ich wykorzystaniu dla różnych wielkości zniekształceń występujących w czwórnikach telewizyjnych jak również przy różnych przebiegach charakterystyki nieliniarności badanego układu.

Na podstawie uzyskanych wyników obliczono błąd jako różnicę zniekształceń za pomocą zależności :

$$\Delta X = K_n - X \quad /4/$$

oraz

$$\Delta Y = K_n - Y \quad /5/$$

gdzie:

$K_n$  - wielkość zniekształceń, obliczona za pomocą wzoru /1/

$X$  - wielkość zniekształceń, obliczona za pomocą wzoru /2/

$Y$  - wielkość zniekształceń, obliczona za pomocą wzoru /3/

Porównanie wyników obliczeń za pomocą trzech różnych wzorów narzuca konieczność przyjęcia jednych z nich jako wartości odniesienia.

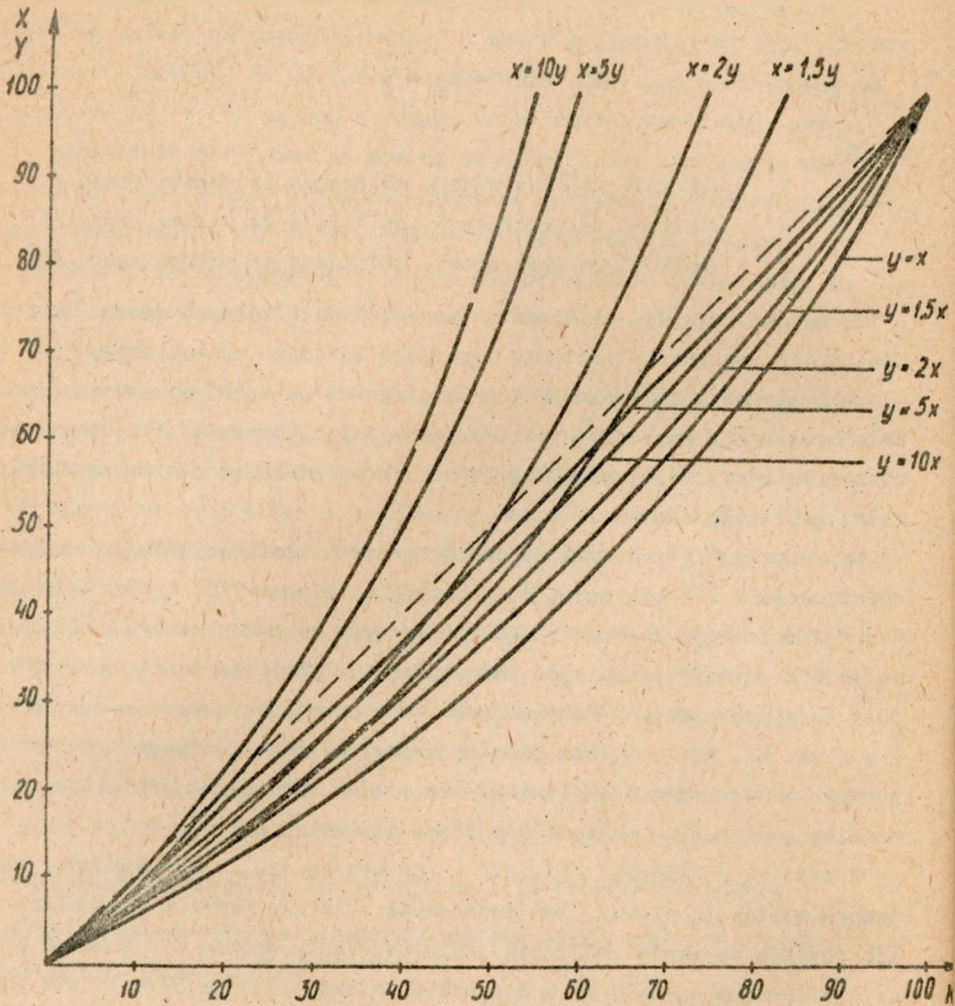
Jako wartości odniesienia przyjęto wyniki obliczeń uzyskane za pomocą zależności /1/, ponieważ wzór ten odpowiada najbardziej fizycznemu oddziaływaniu na zniekształcenia obrazu, uwzględniając minimalną i maksymalną amplitudę sygnału.

Na rysunku 4 przedstawiono charakterystyki zniekształceń wzmocnienia różnicowego  $X$  i  $Y$  obliczonych za pomocą zależności /2/ i /3/ i wyrażonych jako funkcje zniekształceń obliczonych za pomocą wzoru /1/. Obliczono je dla różnych przebiegów charakterystyk nielinearności układu, która jest tutaj parametrem. Parametr ten jest określony związkiem pomiędzy  $x$  i  $y$  /rys. 5/, gdzie  $x$  jest różnicą między wartością maksymalną amplitudy sygnału a wartością odniesienia, zaś  $y$  jest różnicą między wartością minimalną amplitudy a wartością poziomu odniesienia.

Z analizy zależności /1/, /2/ i /3/ wynika, że są one podobne, ale jednak występują między nimi podstawowe różnice, które w zasadniczy sposób rzutują na wyniki obliczeń. Różnica między wzorem /1/ a dwoma pozostałymi polega na tym, że w pierwszym zniekształcenie określa się jako różnicę między maksymalną a minimalną amplitudą do wartości maksymalnej, zaś w drugim i trzecim odpowiednio jako różnicę między wartością maksymalną we wzorze /2/ i minimalną we wzorze /3/ a wartością napięcia odniesienia występującego przy poziomie gaszenia.

Bardzo istotna różnica występuje między wzorami /2/ i /3/, pomimo że w obu przypadkach zniekształcenie określa się względem napięcia odniesienia występującego przy poziomie gaszenia.

Wzór /3/ jest bardzo podobny do wzoru /1/, a w przypadku gdy wartość



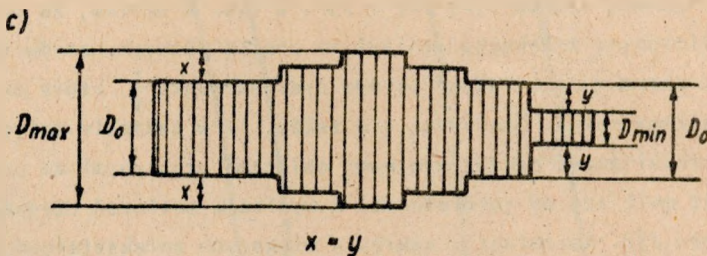
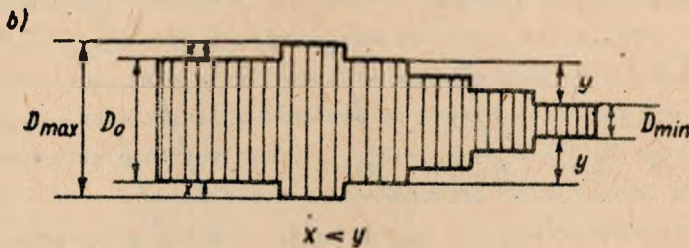
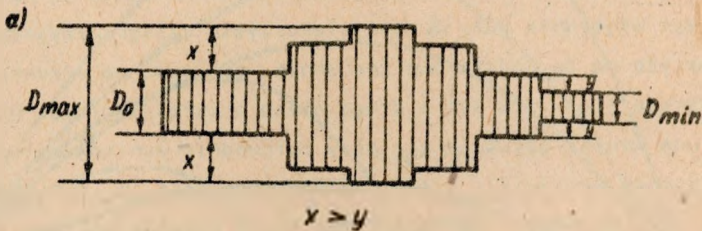
Rys. 4. Charakterystyki wzmocnienia różnicowego  $X$  i  $Y$  czwórnika nieliniowego

napięcia odniesienia  $D_0$  dąży do wartości maksymalnej  $D_{\max}$ , wzór /3/ dąży do wzoru /1/.

Krzywe podane na rys. 4 oznaczone jako  $y$  przedstawiają zniekształcenia wzmocnienia różnicowego obliczone za pomocą zależności /3/. Z rys. 4 wynika, że największa rozbieżność między obliczonymi zniekształceniami za pomocą zależności /1/ i /3/ występuje w przypadku gdy  $x = y$  /gdzie  $x = D_{\max} - D_0$ , a  $y = D_{\min} - D_0$ ; por. rys. 5c/, to znaczy, że w przypadku



gdy różnica między amplitudą sygnału przy poziomie odniesienia a maksymalną amplitudą jest równa różnicy między amplitudą odniesienia a minimalną amplitudą. W przypadku gdy  $x = y$  zniekształcenia obliczone za pomocą wzorów /2/ i /3/ są sobie równe  $/X/ = /Y/$ . Jeżeli  $x$  maleje, to stosunek  $\frac{y}{x}$  rośnie; wtedy  $D_o$  dąży do  $D_{max}$ , a charakterystyki wzmocnienia różni-



Rys. 5. Wydzielona podnośna sygnału pomiarowego na wyjściu układu nieliniowego: a/ dla  $x > y$ , b/ dla  $x < y$ , c/ dla  $x = y$

cowego dążą do linii prostej odpowiadającej charakterystyce zniekształceń obliczonych za pomocą wzoru /1/. Z analizy charakterystyk zniekształceń obliczonych za pomocą wzoru /3/ wynika, że największe rozbieżności występują w zakresie średnich zniekształceń, a najmniejsze przy bardzo małych i bardzo dużych. Rozbieżności występujące przy dużych zniekształ-



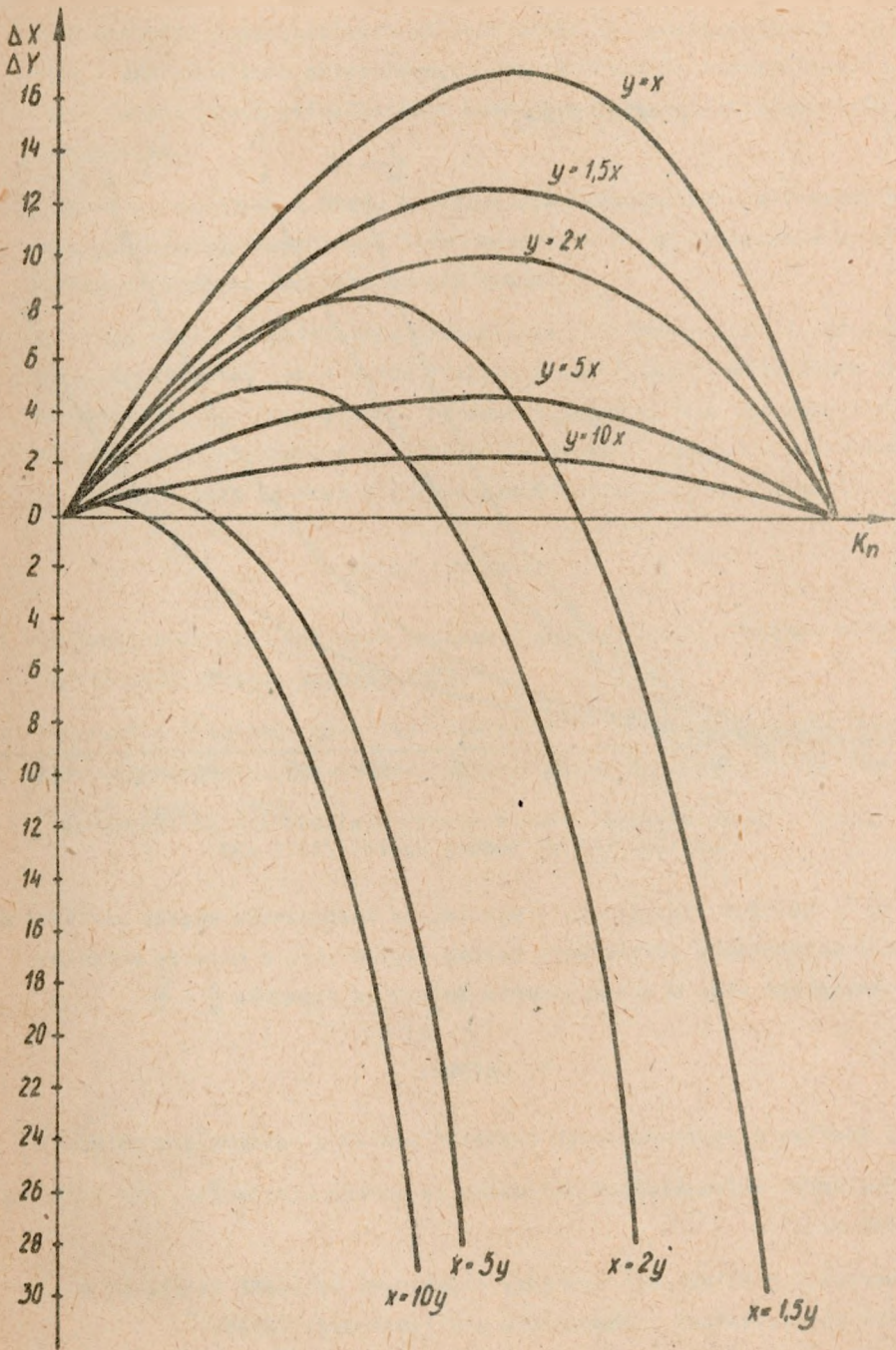
cenach nie mają praktycznego znaczenia, ponieważ tak duże zniekształcenia nie występują w praktyce i obliczone różnice w stosunku do nich są względnie małe. Natomiast zasadnicze znaczenie w praktyce mają rozbieżności w zakresie małych i średnich zniekształceń. Jakkolwiek wartości liczbowe różnicy są tutaj małe, ponieważ zniekształcenia są małe, to ich stosunek jest względnie duży i w najniekorzystniejszym przypadku dąży do 1:2. W praktyce ma to podstawowe znaczenie, ponieważ na przykład jedną metodą uzyskuje się wynik 10% a drugą nieco powyżej 5% /rys. 4/.

Nieco inne wyniki uzyskuje się przy porównaniu wyników obliczeń otrzymanych za pomocą wzorów /1/ i /2/. Spowodowane jest to różnicami we wzorach /2/ i /3/. We wzorze /2/ zniekształcenia określa się jako stosunek różnicy pomiędzy wartością maksymalną amplitudy i wartością amplitudy odniesienia do amplitudy sygnału odniesienia. Natomiast we wzorze /3/ zniekształcenie określa się jako stosunek różnicy między amplitudą odniesienia i minimalną amplitudą sygnału do amplitudy sygnału odniesienia. W związku z tym, pomimo że fizycznie wielkość zniekształcenia będzie taka sama, to znaczy  $D_{\max} - D_0 = D_0 - D_{\min}$ , to wielkość napięcia odniesienia będzie różna /z wyjątkiem szczególnego przypadku gdy  $x = y$ / i zniekształcenie obliczone za pomocą /2/ będzie zawsze większe od zniekształcenia obliczonego za pomocą wzoru /3/.

Na rysunku 6 podano rodzinę charakterystyk różnicy zniekształceń obliczonych za pomocą wzorów /1/, /2/ i /3/. Z rys. 6 wynika, że rozbieżność między obliczonymi zniekształceniami za pomocą różnych wzorów rośnie wraz ze wzrostem zniekształceń układu oraz stosunku  $\frac{x}{y}$ , który określa charakter nieliniowości. Stwierdza się także, iż w zakresie małych zniekształceń rozbieżność między wynikami obliczeń uzyskanymi za pomocą wzoru /2/ jest mniejsza od rozbieżności z wynikami obliczeń uzyskanymi za pomocą wzoru /3/. Natomiast w zakresie większych zniekształceń bardzo szybko rośnie, zwłaszcza wraz ze wzrostem stosunku  $\frac{x}{y}$ , osiągając wartości większe od 100%.

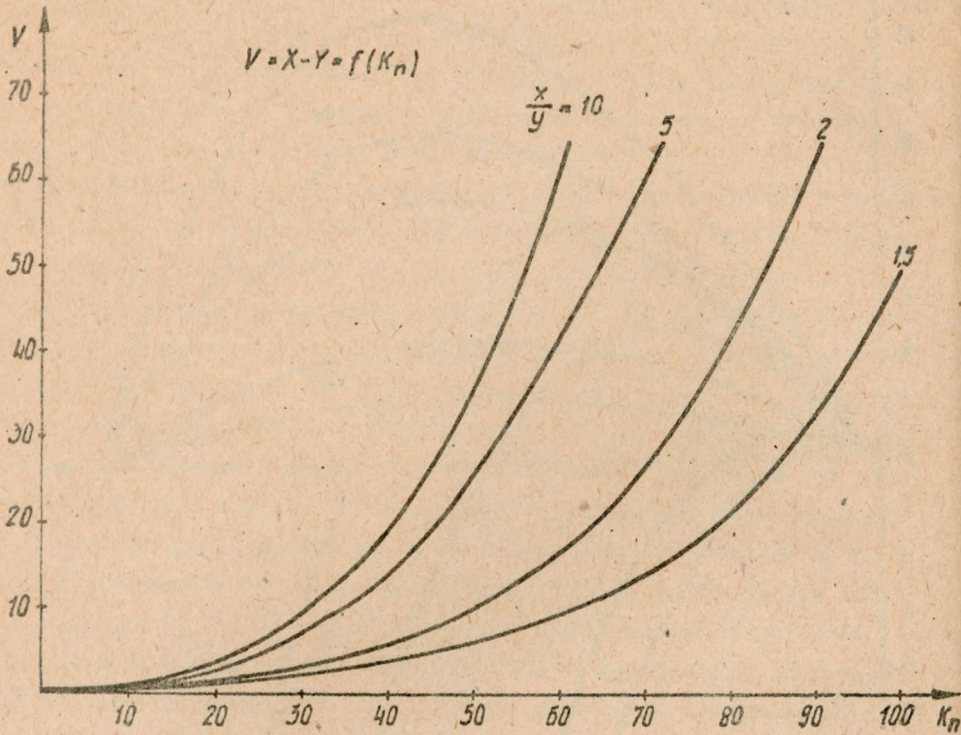
Wartości zniekształceń przekraczające 100% nie mogą występować w praktyce i dlatego nie mogą być brane pod uwagę.

Na rysunku 7 podano charakterystyki różnic między wynikami obliczeń wzmocnienia różnicowego uzyskanego za pomocą wzorów /2/ i /3/  $V = /X/ - /Y/ = f/k'$ . Charakterystyki obliczono dla różnych przebiegów charakterystyk nieliniowości układu, wyrażono je za pomocą stosunku



Rys. 6. Charakterystyki różnic między wielkościami zniekształceń obliczonych za pomocą wzorów /1/ /2/ oraz /1/ i /3/





Rys. 7. Charakterystyki różnic między wielkościami zniekształceń obliczonych za pomocą wzorów /2/ i /3/

$\frac{x}{y} = \frac{y}{x} = 1,5, 2,5, 10$ . Z rys. 7 wynika, że rozbieżność między wynikami obliczeń wzmocnienia różnicowego bardzo szybko rośnie wraz ze wzrostem zniekształceń oraz w dużym stopniu zależy od stosunku  $\frac{x}{y}$  i  $\frac{y}{x}$ .

## 5. WNIOSKI

Z analizy przeprowadzonych rozważań wynikają następujące wnioski:

1. Wielkości zniekształceń obliczone za pomocą wzorów /1/, /2/ i /3/ są różne.
2. Wartości rozbieżności pomiędzy uzyskanymi wynikami zależą od wielkości zniekształceń i charakteru nielinierności układu.
3. Możliwość występowania względnie dużego błędu obliczania zniekształceń nieliniarnych amplitudy sygnału wizyjnego uniemożliwia prawidłową ocenę urządzeń telewizyjnych i torów przesyłowych, określenie właści-

wych wartości dopuszczalnych zniekształceń dla poszczególnych urządzeń i odcinków toru przesyłowego, oraz obliczenie rzeczywistych wartości sumarycznych zniekształceń kaskadowo połączonych czwórników telewizyjnych.

4. W celu wyeliminowania błędów obliczenia zniekształceń nieliniarnych amplitudy należy zastosować jeden wspólny wzór do obliczania zniekształceń zamiast dotychczasowych trzech.
5. Ponieważ wzory do obliczania wzmocnienia różnicowego /2/ i /3/ dają różne wyniki przy takim samym fizycznie istniejącym maksymalnym zniekształceniu sygnału, celowe i uzasadnione wydaje się stosowanie do obliczania zniekształceń nieliniarnych sygnału wizyjnego tylko wzoru /1/, wg obecnych zaleceń międzynarodowych dla sygnału luminancji.

#### WYKAZ LITERATURY

1. Oprzeźdlenie nielinieinych iskażeńi wideosignała. Dokument OIRT. TK-III-1239. Praga, styczeń 1979.
2. Podemski A.: Edinaja metodika rasczeta nielinieinych iskażeńi amplitudy wideosignała. Referat na konferencję naukowo-techniczną "Dni Radia". Moskwa 1979.

INSTYTUT ŁACZNOŚCI  
BIBLIOTEKA ABONOWA

Nr 5-9167



S-9167