

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

KOŁO ZAKŁADOWE STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

Na prawach rękopisu

REFERATY PROBLEMOWE

Zeszyt 51

Zbigniew Kowalski

METODA KOMPENSACYJNA
WYZNACZANIA ORTOTELEFONICZNEJ FUNKCJI WAGI
DLA TŁUMIENNOŚCI PASMOWEJ

Warszawa - marzec 1982

Zespół Redakcyjny:

dr inż. Stanisław Sońta, mgr inż. Andrzej Siagrowski

mgr inż. Krystyna Frączek

Opracował:

dr inż. Zbigniew Kowalski

Zakład Sieci Telekomunikacyjnych /Z-3/

BIBLIOTEKA
Instytutu Łączności
Nr. 5-9164

Instytut Łączności

04-894 Warszawa, ul. Szachowa 1, tel. 128-246

Praca Nr RB - 1.2.01.F.01

Opiniował: doc. dr hab. Stanisław Dymowski

Maszynopis dostarczono dnia 24 listopada 1981 r.

W referacie przedstawiono metodę wyznaczania optymalnej funkcji gęstości wagi dla naturalnego pasma telefonicznego, polegającą na sekwencyjnym określaniu wartości parametrów coraz dokładniejszych przybliżeń poszukiwanej funkcji. Zasadę optymalizacji oparto na postulacie równości obliczonego i doświadczalnie wyznaczonego przyrostu tłumienności, kompensującego wpływ zniekształceń tłumieniowych łańcucha telefonicznego na jakość transmisji.

Redaktor: mgr K. Juszkiewicz

Montaż tekstu: B. Drabik

Wpłynęło do Działu Wydawniczego Instytutu Łączności
w Warszawie, ul. Szachowa 1 dnia 8.11.1982 r.

Nakład 40 egz.

S P I S T R E Ś C I

Zbigniew Kowalski

METODA KOMPENSACYJNA WYZNACZANIA ORTOTELEFONICZNEJ FUNKCJI WAGI DLA TŁUMIENNOŚCI PASMOWEJ

	Str.
1. Wprowadzenie	1
1.1. Sformułowanie problemu	1
1.2. Zasada kompensacji	2
1.3. Koncepcja optymalizacji	3
2. Postać funkcji gęstości wagi	4
2.1. Ogólna postać funkcji	4
2.2. Przybliżenie funkcji	6
3. Metoda wyznaczania parametrów funkcji gęstości wagi	8
3.1. Kryterium optymalizacji	8
3.2. Realizacja procesu optymalizacji	9
3.3. Etap I - Optymalizacja jednoparametrowa	10
3.4. Etap II - Optymalizacja dwuparametrowa	11
3.5. Dalsze etapy optymalizacji	13
4. Przykład wyznaczania optymalnej funkcji gęstości wagi	13
5. Zakończenie	17
Wykaz literatury	18

METODA KOMPENSACYJNA
WYZNACZANIA ORTOTELEFONICZNEJ FUNKCJI WAGI
DLA TŁUMIENNOŚCI PASMOWEJ

1. WPROWADZENIE

1.1. Sformułowanie problemu

W referacie [4] wprowadzono rodzinę skalarnych wielkości nazwanych tłumiennościami pasmowymi, które stanowią uogólnienie na całe pasmo przesyłowe wielkości znanych z klasycznej teorii czwórników elektrycznych: tłumienności punktowych, wyznaczanych przy ustalonych częstotliwościach transmitowanych sygnałów. Tłumienność pasmową określonego rodzaju /skrośną, falową, skuteczną, .../ czwórnika zdefiniowano jako funkcjonant:

$$\bar{A} = \int_{f_d}^{f_g} g(f) \varphi(f) df \quad /1-1/$$

gdzie g jest unormowaną funkcją gęstości wagi w pasmie przesyłowym o częstotliwościach granicznych: dolnej f_d i górnej f_g , zaś φ jest częstotliwościową charakterystyką tłumienności odpowiedniego rodzaju rozważanego czwórnika.

Zastosowanie tłumienności pasmowych przewiduje się m.in. przy projektowaniu sieci telefonicznych zamiast dotychczas stosowanej tłumienności odniesienia, która wykazuje istotne wady użytkowe /patrz pkt. 1 referatu [4]/. Wprowadzenie tłumienności pasmowych do stosowania przy projektowaniu sieci telefonicznych wymaga ustalenia najodpowiedniejszej funkcji g gęstości wagi w naturalnym pasmie telefonicznym.

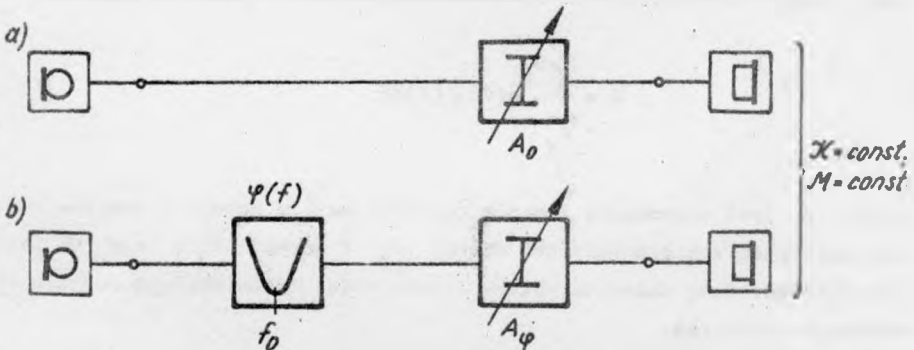
Celem niniejszego referatu jest przedstawienie jednej z możliwych metod wyznaczania takiej optymalnej dla telefonii funkcji gęstości wagi.

Idea wyznaczenia optymalnej funkcji g gęstości wagi dla pasma telefonicznego została oparta na postulatcie równości obliczonego i doświadczalnie wyznaczonego przyrostu tłumienności, kompensującego wpływ znie-

kształceń tłumieniowych na jakość transmisji telefonicznej przy ustalonym kryterium \mathcal{K} oceny tej jakości.

1.2. Zasada kompensacji

Niech będzie dany, przedstawiony na rys. 1a, eksperymentalny łańcuch telefoniczny nie wnoszący zniekształceń tłumieniowych w pasmie przesyłowym $[f_d, f_g]$. Łańcuch ten składa się z dopasowanych impedancyjnie trzech członów: układu nadawczego, toru z regulowanym tłumikiem oraz układu odbiorczego. Pierwszy etap eksperymentu polega na wyznaczeniu takiej wartości A_0 tłumienności części torowej łańcucha, której odpowiada ustalona wartość miary \mathcal{M} jakości transmisji telefonicznej według przyjętego kryterium \mathcal{K} . Drugi etap eksperymentu jest wykonywany po



Rys. 1. Układ eksperymentalny do wyznaczania przyrostu tłumienności, kompensującego wpływ zniekształceń tłumieniowych łańcucha telefonicznego na jakość transmisji przy ustalonym kryterium \mathcal{K} oceny tej jakości

wprowadzeniu do części torowej łańcucha układu o częstotliwościowej charakterystyce tłumienności $\varphi(f)$, przy czym zostaje spełniony warunek $\varphi(f_0) = A_0$, gdzie f_0 jest ustaloną częstotliwością odniesienia w pasmie przesyłowym $[f_d, f_g]$. Tak zmodyfikowany łańcuch telefoniczny /przedstawiony na rys. 1b/ wykazuje niższą od poprzedniej miarę jakości transmisji. Drugi etap eksperymentu polega na zmniejszeniu tłumienności części torowej badanego łańcucha aż do wartości A_φ , przy której uzyskuje się poprzednio ustaloną wartość miary \mathcal{M} jakości transmisji telefonicznej według przyjętego kryterium \mathcal{K} .

Wprowadźmy następujące oznaczenia:

$$\dot{\varphi}(f) = \varphi(f) - \varphi(f_0) \quad /1-2/$$

dla częstotliwościowej charakterystyki zniekształceń tłumieniowych badanego łańcucha oraz

$$\mathcal{J} = A_0 - A_{\varphi} \quad /1-3/$$

dla przyrostu tłumienności, który kompensuje wpływ powyższych zniekształceń tłumieniowych na jakość transmisji telefonicznej przy ustalonym kryterium.

Sformułowana wyżej idea wyznaczenia optymalnej funkcji g gęstości wagi dla pasma telefonicznego jest zatem oparta o postulat równości:

$$\hat{\varphi} \int_{f_d}^{f_g} g(f) \dot{\varphi}(f) df = \mathcal{J} \quad /1-4/$$

gdzie $\mathcal{J} = \mathcal{J}(\varphi)$, dla każdej częstotliwościowej charakterystyki tłumienności φ łańcucha telefonicznego.

1.3. Koncepcja optymalizacji

Jeżeli przeprowadzony eksperyment obejmował badania n różnych częstotliwościowych charakterystyk tłumienności φ_j /gdzie $j = 1, \dots, n$ / w wyniku których uzyskano n odpowiadających wartości przyrostów tłumienności \mathcal{J}_j /gdzie $j = 1, \dots, n$ /, to koncepcja wyznaczenia optymalnej funkcji gęstości wagi sprowadza się do minimalizacji funkcjonału:

$$D = \lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left[\int_{f_d}^{f_g} g(f) \dot{\varphi}_j(f) df - \mathcal{J}_j \right]^2} \quad /1-5/$$

względem argumentu g , tzn.:

$$D(g) = \min I \quad /1-6/$$

Efektywne rozwiązanie problemu minimalizacji funkcjonatu $D(g)$ jest możliwe przez sprowadzenie go do minimalizacji funkcji m zmiennych:

$$D(a_1, \dots, a_m) = \min ! \quad /1-7/$$

gdzie a_1, \dots, a_m są parametrami funkcji

$$g_m \equiv g_m(f; a_1, \dots, a_m) \quad /1-8/$$

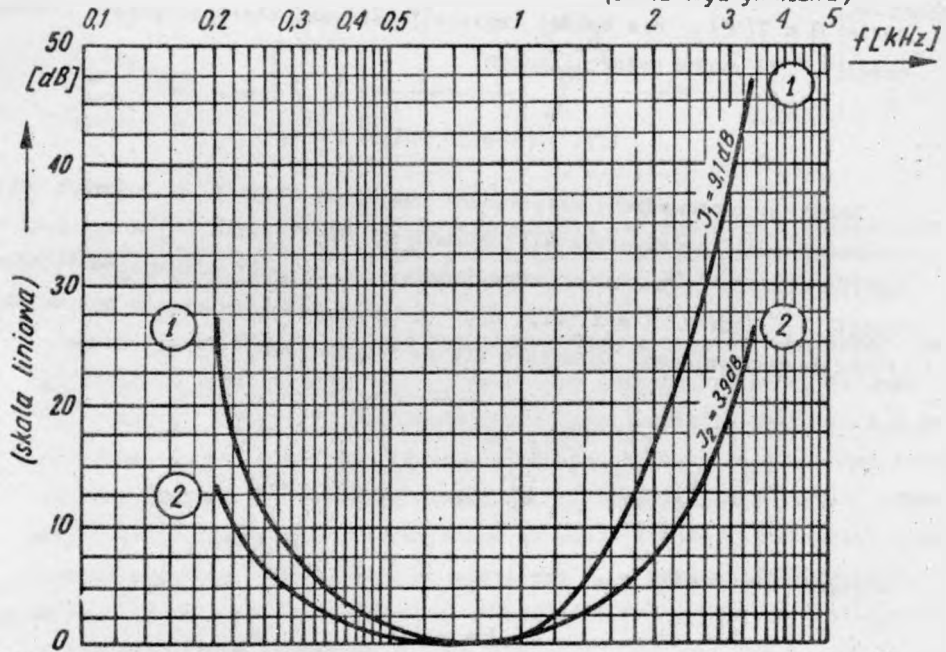
stanowiącej zadowalające przybliżenie optymalizowanej funkcji gęstości wagi g .

2. POSTAĆ FUNKCJI GĘSTOŚCI WAGI

2.1. Ogólna postać funkcji

Częstotliwościowe charakterystyki tłumienności zazwyczaj przedstawia się w logarytmicznej skali częstotliwości /rys. 2/. Założmy, że na pod-

(skala logarytmiczna)



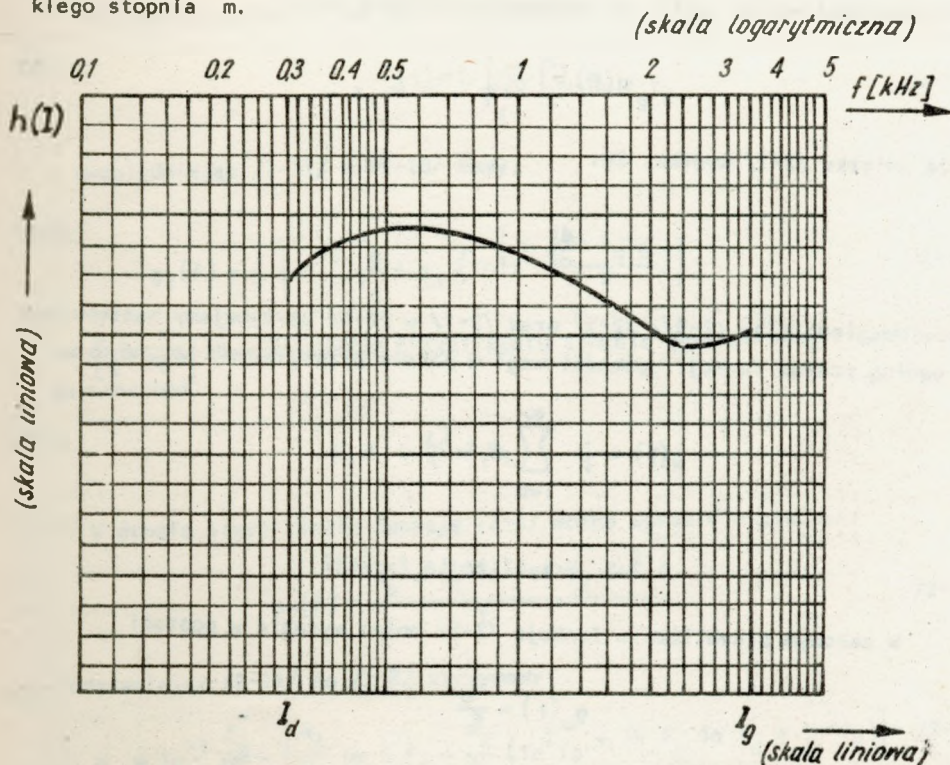
Rys. 2. Przykładowe wykresy charakterystyk zniekształceń tłumieniowych części torowej łańcucha telefonicznego

stawie badań eksperymentalnych sporządzono w logarytmicznej skali częstotliwości wykres funkcji gęstości wagi /rys. 3/ o ciągłym przebiegu w całym pasmie przesyłowym $[f_d, f_g]$. Jak każdą funkcję ciągłą w skończonym przedziale domkniętym, uzyskaną doświadczalnie funkcję gęstości wagi $h(l)$, gdzie:

$$l = \ln f$$

/2-1/

można aproksymować z dowolną dokładnością wielomianem dostatecznie wysokiego stopnia m .



Rys. 3. Wykres hipotetycznego rozkładu gęstości wagi w funkcji logarytmu częstotliwości $l = \ln f$

Ponieważ zachodzi związek:

$$\lim_{m \rightarrow \infty} \left| h(l) - \sum_{i=0}^m a_i l^i \right| = 0$$

/2-2/

włąc w dalszych rozważaniach przyjmujemy, że

$$h(l) = \sum_{l=0}^{\infty} a_l l^l \quad /2-3/$$

Ze względu na to że funkcja /2-1/ jest ściśle monotoniczna, przy danym wzorem /2-3/ rozkładzie gęstości wagi w zależności od logarytmu częstotliwości $h(l)$, można uzyskać wyrażenie rozkładu gęstości wagi w zależności od częstotliwości $g(f)$ na podstawie ogólnego wzoru:

$$g(f) = \left| \frac{dl}{df} \right| \cdot h(l) \quad /2-4/$$

Ze związku /2-1/ wynika, że:

$$\frac{dl}{df} = \frac{1}{f} \quad /2-5/$$

Uwzględniając /2-5/, /2-3/ oraz /2-1/ w /2-4/ otrzymujemy następującą ogólną postać funkcji gęstości wagi w pasmie przesyłowym $[f_d, f_g]$:

$$g(f) = \frac{1}{f} \sum_{l=0}^{\infty} a_l \ln^l f \quad /2-6/$$

2.2. Przybliżenia funkcji

W zerowym przybliżeniu funkcję /2-6/ można wyrazić w postaci

$$g_0(f) = \frac{a_0}{f} \quad /2-7/$$

przy czym występującą w powyższym wzorze stałą a_0 można wyznaczyć uwzględniając warunek unormowania funkcji gęstości wagi, a mianowicie:

$$\int_{f_d}^{f_g} g(f) df = 1 \quad /2-8/$$

Podstawiając /2-7/ do /2-8/ otrzymamy:

$$a_0 = \ln^{-1} \frac{f}{f_d} \frac{g}{f_d} \quad /2-9/$$

W pierwszym przybliżeniu funkcję /2-6/ można wyrazić w postaci:

$$g_1(f) = \frac{a_0 + a_1 \ln f}{f} \quad /2-10/$$

Podstawiając /2-10/ do /2-8/ otrzymamy:

$$a_0 = \ln^{-1} \frac{f}{f_d} \frac{g}{f_d} - \frac{a_1}{2} \ln f_g f_d \quad /2-11/$$

a uwzględniając /2-11/ w /2-10/ mamy:

$$g_1(f) = \frac{1}{f} \left\{ \ln^{-1} \frac{f}{f_d} \frac{g}{f_d} + a_1 \left(\ln f - \frac{\ln f_g f_d}{2} \right) \right\} \quad /2-12/$$

co oznacza, że w pierwszym przybliżeniu funkcja gęstości wagi jest jedno-parametrowa:

$$g_1 \equiv g_1(f; a_1) \quad /2-13/$$

W drugim przybliżeniu funkcję /2-6/ można wyrazić w postaci:

$$g_2(f) = \frac{a_0 + a_1 \ln f + a_2 \ln^2 f}{f} \quad /2-14/$$

Podstawiając /2-14/ do /2-8/ otrzymamy:

$$a_0 = \ln^{-1} \frac{f}{f_d} \frac{g}{f_d} - \left[\frac{a_1}{2} \ln f_g f_d + \frac{a_2}{3} (\ln^2 f_g + \ln f_g \ln f_d + \ln^2 f_d) \right] \quad /2-15/$$

a uwzględniając /2-15/ w /2-14/ mamy:

$$g_2(f) = \frac{1}{f} \left\{ \ln^{-1} \frac{f}{f_d} \frac{g}{f_d} + a_1 \left(\ln f - \frac{\ln f_g f_d}{2} \right) + a_2 \left(\ln^2 f - \frac{\ln^2 f_g + \ln f_g \ln f_d + \ln^2 f_d}{3} \right) \right\} \quad /2-16/$$

co oznacza, że w drugim przybliżeniu funkcja gęstości wagi jest dwuparametrowa:

$$g_2 \equiv g_2(f; a_1, a_2) \quad /2-17/$$

Postępując w analogiczny sposób, można uzyskać m -te przybliżenie funkcji /2-6/ w postaci:

$$g_m(f) = \frac{1}{f} \sum_{i=0}^m a_i \ln^i f \quad /2-18/$$

przy czym:

$$a_0 = \ln^{-1} \frac{f_g}{f_d} - \sum_{i=1}^m \frac{a_i}{i+1} \sum_{j=0}^i \ln^{i-j} f_g \ln^j f_d \quad /2-19/$$

a więc:

$$g_m(f) = \frac{1}{f} \left\{ \ln^{-1} \frac{f_g}{f_d} + \sum_{i=1}^m a_i \left(\ln^i f - \frac{1}{i+1} \sum_{j=0}^i \ln^{i-j} f_g \ln^j f_d \right) \right\} \quad /2-20/$$

co oznacza, że w m -tym przybliżeniu funkcja gęstości wagi jest m -parametrowa:

$$g_m \equiv g_m(f; a_1, \dots, a_m) \quad /2-21/$$

Przez zwiększenie liczby m parametrów a_1, \dots, a_m można uzyskać coraz dokładniejsze przybliżenie funkcji gęstości wagi określonej wzorem /2-6/.

3. METODA WYZNACZANIA PARAMETRÓW FUNKCJI GĘSTOŚCI WAGI

3.1. Kryterium optymalizacji

Wprowadźmy wielkość:

$$D_m = \lim_{n \rightarrow \infty} \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left[\int_{f_d}^f g_m(f) \hat{\psi}_j(f) df - J_j \right]^2} \quad /3-1/$$

stanowiącą funkcję m zmiennych:

$$D_m \equiv D_m(a_1, \dots, a_m) \quad /3-2/$$

Minimalizując tę wielkość uzyskuje się optymalne wartości parametrów a_1, \dots, a_m . Minimalna wartość wielkości określonej wzorem /3-1/.

$$\hat{D}_m = \inf_{\{a_1, \dots, a_m\}} D_m \quad /3-3/$$

jest miarą niedopasowania m -tego przybliżenia poszukiwanej funkcji wagi g do zbioru danych doświadczalnych.

Ze względu na wzrost dokładności przybliżenia poszukiwanej funkcji wagi wraz ze wzrostem liczby parametrów zachodzi związek:

$$\hat{D}_1 > \hat{D}_2 > \dots > \hat{D}_m \quad /3-4/$$

Jeżeli przez \hat{D} oznaczymy dopuszczalną górną granicę miary niedopasowania przybliżenia poszukiwanej funkcji gęstości wagi g do zbioru danych doświadczalnych, to liczba m optymalizowanych parametrów jest dostateczna, gdy:

$$\hat{D}_m \leq \hat{D} \quad /3-5/$$

3.2. Realizacja procesu optymalizacji

Realizacja procesu optymalizacji parametrów odbywa się metodami numerycznymi za pomocą EMC [6], przy czym częstotliwościowe charakterystyki zniekształceń tłumieniowych aproksymuje się wielomianami dostatecznie wysokiego stopnia s , co umożliwia przyjęcie praktycznej równości:

$$\hat{\psi}_j(f) = \sum_{l=0}^s c_{jl} \ln^l f \quad /3-6/$$

Przy obliczeniach całkę zastępuje się jej p-punktową aproksymatą, przy czym przez przyjęcie liczby $p \gg (s + 1)$ uzyskuje się dokładną równość:

$$\int_{f_d}^g g_m(f) \sum_{l=0}^s c_{jl} \ln^l f df = \sum_{k=1}^p G_k \sum_{l=0}^s c_{jl} \ln^l f_k \quad /3-7/$$

gdzie współczynniki wagowe G_k są określone wzorem /2-13/ podanym w referacie [3], przy ustalonych częstotliwościach f_k /gdzie $k=1, \dots, p$ / pasma przesyłowego $[f_d, f_g]$.

Dlatego w praktyce optymalizację wartości parametrów a_1, \dots, a_m funkcji gęstości wagi przeprowadza się przez minimalizację wielkości:

$$D_{m,n} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (s_j - \hat{s}_j)^2} \quad /3-8/$$

gdzie:

$$s_j = \sum_{k=1}^p G_k \sum_{l=0}^s c_{jl} \ln^l f_k \quad /3-9/$$

Optymalizację przeprowadza się sekwencyjnie dla kolejnej liczby parametrów, aż do spełnienia warunku /3-5/.

3.3. Etap I - Optymalizacja jednoparametrowa

W pierwszym etapie optymalizacji przyjmuje się, że liczba parametrów wynosi jeden, a więc są obliczane wielkości $D_{1,n}$ określone wzorami /3-8/ oraz /3-9/ dla $m = 1$.

Występujące we wzorze /3-9/ współczynniki wagowe:

$$G_k \equiv G_k(f_1, \dots, f_p; m_1, \dots, m_{p-1}) \quad /3-10/$$

zależą od momentów zwyczajnych rozkładu wagi o funkcji gęstości określonej wzorem /2-12/. Momenty zwyczajne rzędu r /gdzie $r = 1, \dots, p-1$ / takiego rozkładu wagi wynoszą:

$$m_r = \frac{1}{r} \left\{ \frac{f_g^r - f_d^r}{\ln \frac{f_g}{f_d}} + \left[f_g^r \left(\frac{1}{2} \ln \frac{f_g}{f_d} - \frac{1}{r} \right) + f_d^r \left(\frac{1}{2} \ln \frac{f_g}{f_d} + \frac{1}{r} \right) \right] a_1 \right\} \quad /3-11/$$

a więc współczynniki wagowe:

$$G_k \equiv G_k(f_1, \dots, f_p; a_1) \quad /3-12/$$

są funkcjami parametru a_1 . Oznacza to, że w pierwszym etapie obliczeń wielkości:

$$S_j \equiv S_j(a_1) \quad /3-13/$$

są funkcjami optymalizowanego parametru a_1 .

Proces minimalizacji wielkości:

$$D_{1,n} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n [S_j(a_1) - \mathcal{J}_j]^2} \quad /3-14/$$

rozpoczyna się w punkcie $a_1 = 0$. W wyniku minimalizacji zostaje wyznaczona optymalna wartość $\hat{a}_1^{(n)}$ poszukiwanego parametru

Jeżeli zostaje spełniony warunek:

$$\hat{D}_{1,n} \equiv D_{1,n}(\hat{a}_1^{(n)}) \leq \hat{D} \quad /3-15/$$

to proces optymalizacji zostaje zakończony.

3.4. Etap II - optymalizacja dwuparametrowa

Jeżeli warunek /3-15/ nie jest spełniony, następuje drugi etap optymalizacji przy którym przyjmują się, że liczba parametrów wynosi dwa, a

więc są obliczane wielkości $D_{2,n}$ określone wzorami /3-8/ oraz /3-9/ dla $m = 2$.

W tym przypadku funkcja gęstości wagi jest określona wzorem /2-16/, a momenty zwyczajne takiego rozkładu wagi wynoszą:

$$m_r = \frac{1}{r} \left\{ \frac{f_g^r - f_d^r}{\ln \frac{g}{f_d}} + a_1 \left[f_g^r \left(\frac{1}{2} \ln \frac{f_g}{f_d} - \frac{1}{r} \right) + f_d^r \left(\frac{1}{2} \ln \frac{f_g}{f_d} + \frac{1}{r} \right) \right] + \right. \\ \left. + a_2 \left[f_g^r \left(\frac{2}{3} \ln^2 f_g - \frac{1}{3} \ln f_g \ln f_d - \frac{1}{3} \ln^2 f_d - \frac{2}{r} \ln f_g + \frac{2}{r^2} \right) + \right. \right. \\ \left. \left. - f_d^r \left(\frac{2}{3} \ln^2 f_d - \frac{1}{3} \ln f_g \ln f_d - \frac{1}{3} \ln^2 f_g - \frac{2}{r} \ln f_d + \frac{2}{r^2} \right) \right] \right\} \quad /3-16/$$

Dlatego współczynniki wagowe określone wzorem /3-10/ przyjmują postać:

$$G_k \equiv G_k(f_1, \dots, f_p; a_1, a_2) \quad /3-17/$$

a więc są funkcjami dwóch parametrów. Oznacza to, że w drugim etapie obliczeń określone wzorem /3-9/ wielkości:

$$S_j \equiv S_j(a_1, a_2) \quad /3-18/$$

są funkcjami optymalizowanych dwóch parametrów.

Proces minimalizacji wielkości

$$D_{2,n} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n [S_j(a_1, a_2) - J_j]^2} \quad /3-19/$$

rozpoczyna się w punkcie $(a_1 = a_1^{(1)}, a_2 = 0)$.

W wyniku minimalizacji wielkości $D_{2,n}$ zostają wyznaczone optymalne wartości $a_1^{(2)}$, $a_2^{(2)}$ poszukiwanych parametrów.

Jeżeli zostaje spełniony warunek:

$$\hat{D}_{2,n} \equiv D_{2,n} \left(\begin{matrix} a_1^{(1)} \\ a_2^{(2)} \end{matrix} \right) \leq \hat{D} \quad /3-20/$$

to proces optymalizacji zostaje zakończony.

3.5. Dalsze etapy optymalizacji

Jeśli warunek /3-20/ nie jest spełniony, następuje trzeci etap optymalizacji itd., aż do spełnienia warunku /3-5/. Należy tu zwrócić uwagę, że spełnienie warunku /3-5/ jest możliwe tylko wówczas, gdy założona górna granica \hat{D} miary niedopasowania poszukiwanej funkcji gęstości wagi do zbioru danych doświadczalnych jest większa od błędu standardowego σ_j ocen przyrostów tłumienności określonych wzorem /1-3/, tzn. gdy:

$$\hat{D} > \sigma_j \quad /3-21/$$

Ponadto warto zauważyć, że im mniejszy jest błąd standardowy σ_j ocen przyrostów tłumienności, tym dokładniej można wyznaczyć optymalne parametry poszukiwanej funkcji gęstości wagi.

4. PRZYKŁAD WYZNACZANIA OPTIMALNEJ FUNKCJI GĘSTOŚCI WAGI

Proces wyznaczania optymalnej funkcji gęstości wagi dla naturalnego pasma telefonicznego wymaga założenia określonego kryterium oceny jakości transmisji. Ze względu na stosowane na świecie różnorodne kryteria oceny [1], przyjęcie określonego jest sprawą dość arbitralną. Zdanie autora, kryterium wyrazistości jest bardziej miarodajne dla oceny jakości transmitowanej mowy niż kryterium głośności, stosowane przy wyznaczaniu konwencjonalnej tłumienności odniesienia. O wyborze kryterium w niniejszym przykładzie zadecydowała dostępność odpowiednich danych doświadczalnych, stanowiących przykładowe wyniki badań eksperymentalnych Richards'a i Munday'a [2;5]. W badaniach tych przyjęto jako kryterium \mathcal{X} oceny jakości transmisji subiektywne odczucie abonentów o występowaniu trudności w przeprowadzaniu rozmowy telefonicznej, którego wynikiem była alternatywna ocena /tak - nie/ każdego z uczestników badań. Jako miarę \mathcal{N} jakości

transmisji przy założonym kryterium oceny przyjęto względną liczbę abonentów stwierdzających trudności w przeprowadzaniu rozmowy. Jako poziom odniesienia, do którego następowało przeregulowywanie tłumika w części torowej łańcucha /patrz rys. 1/, przyjęto wartość 25% ocen "tak" uczestników badań. Jako częstotliwość odniesienia przyjęto wartość $f_0 = 0,8$ kHz. Na rys. 2 przedstawiono przykładowe wykresy zniekształceń tłumieniowych części torowej badanego łańcucha telefonicznego oraz wartości Δ [dB] przyrostów tłumienności kompensujących pogorszenie jakości transmisji odpowiadające tym zniekształceniom.

Poszukiwanie optymalnej funkcji wagi rozpoczęto zakładając jako dopuszczalną miarę niedopasowania do danych doświadczalnych wartość $\delta = 0,2$ dB. W pierwszym etapie optymalizacji uzyskano przebieg funkcji $D_{1,n}(a_1)$ przedstawiony na rys. 4. Funkcja ta wykazuje minimum $\hat{D}_{1,n} \approx 0,165$ dB przy wartości parametru

$$\hat{a}_1 = -0,093$$

Ponieważ został spełniony warunek /3-5/, więc proces optymalizacji zakończono przyjmując, że zadowalające oszacowanie ortotelefonicznej funkcji gęstości wagi wynosi:

$$g(f) = \frac{0,412\ 825 - 0,093 \cdot \ln f}{f}$$

gdzie częstotliwość f wyrażono w kHz.

Warto zwrócić uwagę, że występujące minimum funkcji $D_{1,n}(a_1)$ jest nieostry, na skutek czego wyznaczona wartość optymalna parametru a_1 jest niedokładna.

Na rys. 5 przedstawiono graficzną metodę wyznaczania przedziału niedokładności określania wartości optymalnej parametru a_1 na podstawie danej funkcji $D_{1,n}(a_1)$. Występujące na tym rysunku proste I i II są asymptotami funkcji $D_{1,n}(a_1)$ odpowiednio dla $a_1 \ll \hat{a}_1$ i dla $a_1 \gg \hat{a}_1$. Przedział niedokładności wyznaczają punkty przecięcia tych asymptot z prostą poziomą przechodzącą przez punkt $(\hat{a}_1, \hat{D}_{1,n})$. W rozważanym przypadku przedział niedokładności określania wartości optymalnej parametru a_1 wynosi $[-0,105; -0,081]$.

transmisji przy założonym kryterium oceny przyjęto względną liczbę abonentów stwierdzających trudności w przeprowadzaniu rozmowy. Jako poziom odniesienia, do którego następowało przeregulowywanie tłumika w części torowej łańcucha /patrz rys. 1/, przyjęto wartość 25% ocen "tak" uczestników badań. Jako częstotliwość odniesienia przyjęto wartość $f_0 = 0,8$ kHz. Na rys. 2 przedstawiono przykładowe wykresy zniekształceń tłumieniowych części torowej badanego łańcucha telefonicznego oraz wartości J [dB] przyrostów tłumienności kompensujących pogorszenie jakości transmisji odpowiadające tym zniekształceniom.

Poszukiwanie optymalnej funkcji wagi rozpoczęto zakładając jako dopuszczalną miarę niedopasowania do danych doświadczalnych wartość $\delta = 0,2$ dB. W pierwszym etapie optymalizacji uzyskano przebieg funkcji $D_{1,n}(a_1)$ przedstawiony na rys. 4. Funkcja ta wykazuje minimum $\hat{D}_{1,n} \approx 0,165$ dB przy wartości parametru

$$\hat{a}_1 = -0,093$$

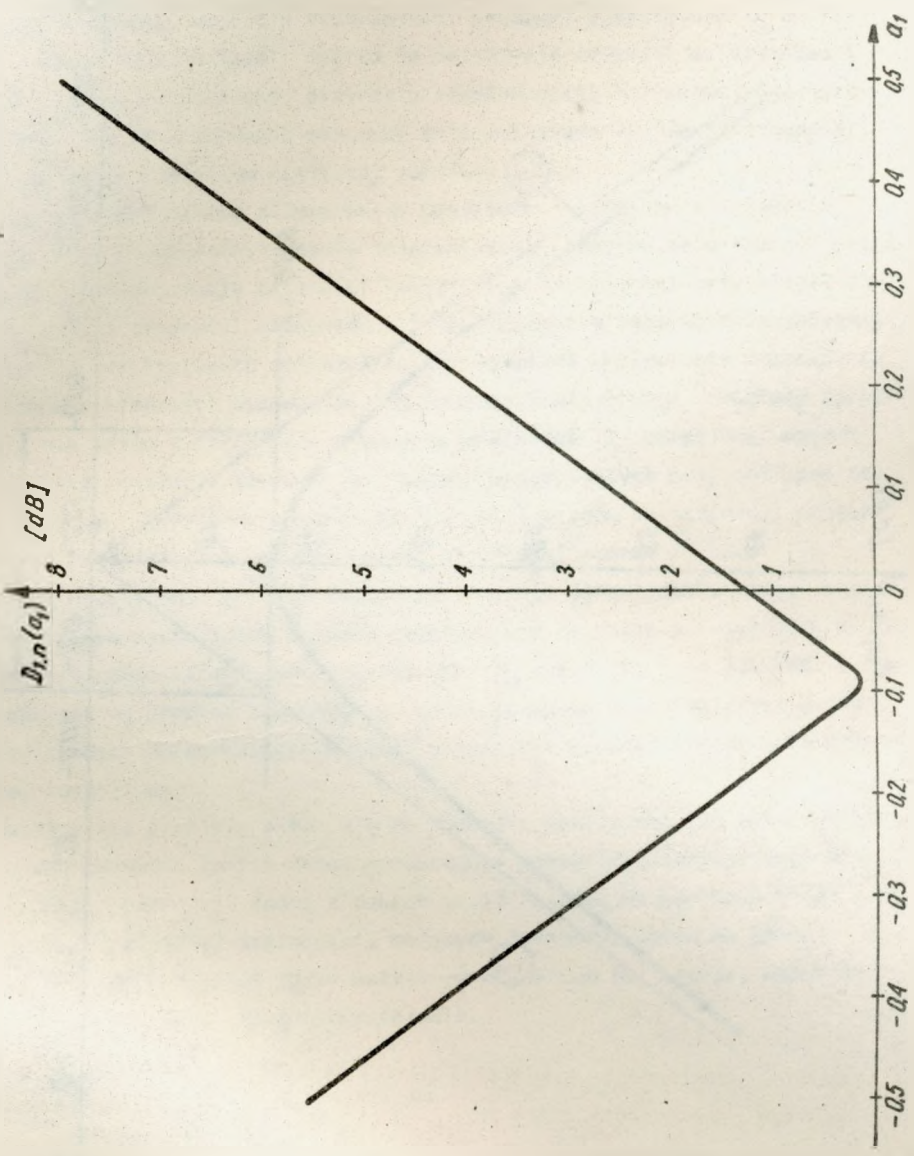
Ponieważ został spełniony warunek /3-5/, więc proces optymalizacji zakończono przyjmując, że zadowalające oszacowanie ortotelefonicznej funkcji gęstości wagi wynosi:

$$g(f) = \frac{0,412825 - 0,093 \cdot \ln f}{f}$$

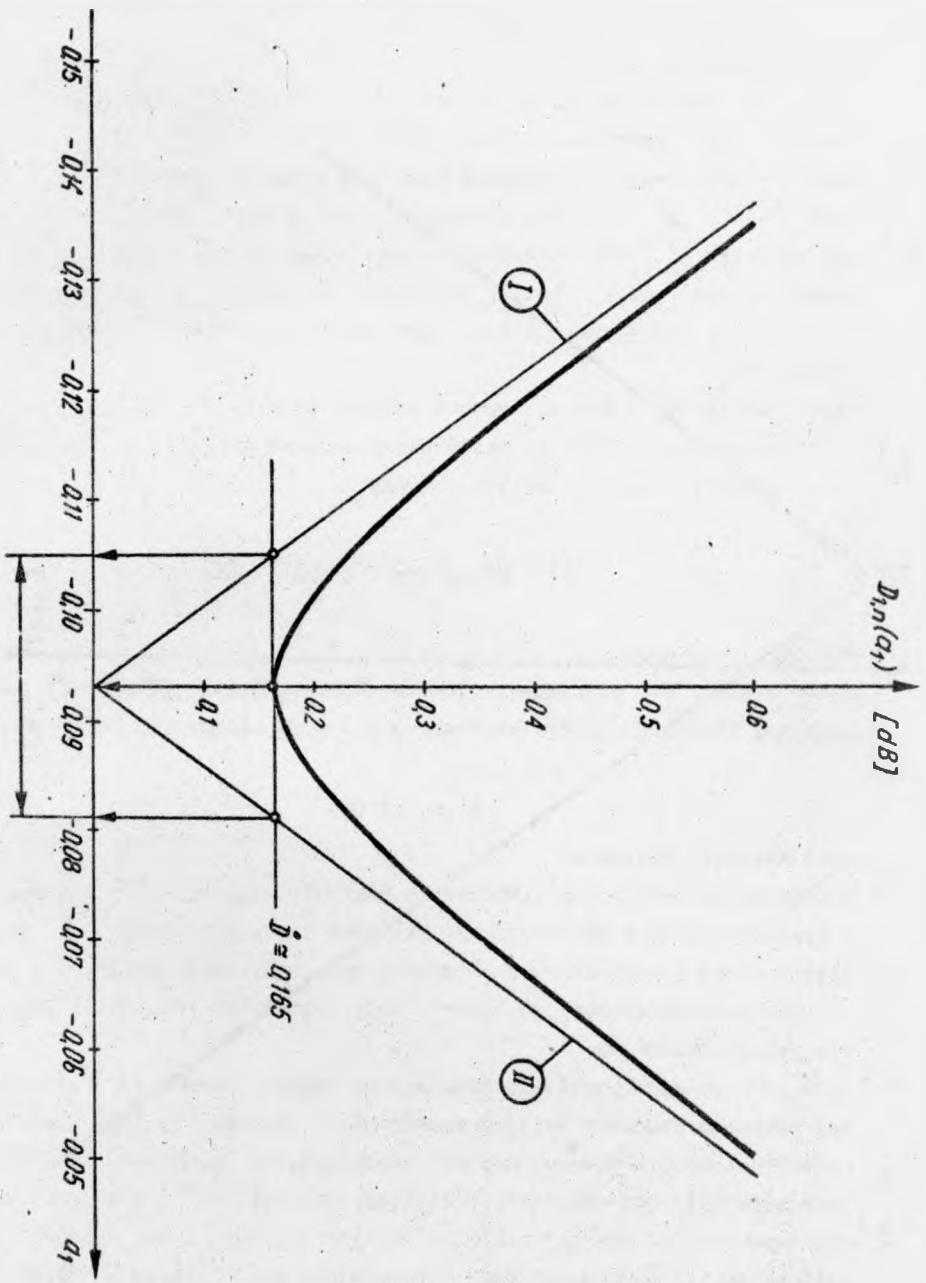
gdzie częstotliwość f wyrażono w kHz.

Warto zwrócić uwagę, że występujące minimum funkcji $D_{1,n}(a_1)$ jest nieostry, na skutek czego wyznaczona wartość optymalna parametru a_1 jest niedokładna.

Na rys. 5 przedstawiono graficzną metodę wyznaczania przedziału niedokładności określania wartości optymalnej parametru a_1 na podstawie danej funkcji $D_{1,n}(a_1)$. Występujące na tym rysunku proste I i II są asymptotami funkcji $D_{1,n}(a_1)$ odpowiednio dla $a_1 \ll \hat{a}_1$ i dla $a_1 \gg \hat{a}_1$. Przedział niedokładności wyznaczają punkty przecięcia tych asymptot z prostą poziomą przechodzącą przez punkt $(\hat{a}_1, \hat{D}_{1,n})$. W rozważanym przypadku przedział niedokładności określania wartości optymalnej parametru a_1 wynosi $[-0,105; -0,081]$.



Rys. 4. Przykładowy wykres funkcji kryterialnej $D_{1,n}(a_1)$



Rys. 5. Przykład wyznaczania przedziału niedokładności określenia wartości parametru a_1

5. ZAKOŃCZENIE

W referacie przedstawiono zarys jednej z możliwych metod wyznaczania optymalnej funkcji wagi dla tłumienności pasmowej w zastosowaniu do telefonii. Zasadę optymalizacji oparto na postulacie równości obliczonego i doświadczalnie wyznaczonego przyrostu tłumienności, kompensującego wpływ zniekształceń tłumieniowych łańcucha telefonicznego na jakość transmisji przy ustalonym kryterium oceny tej jakości.

Zaproponowaną metodę zilustrowano przykładem wyznaczenia optymalnej funkcji wagi w naturalnym pasmie telefonicznym, przyjmując stosowane przez Brytyjską Administrację łączności kryterium oceny jakości transmisji, charakteryzujące trudności abonentów w przeprowadzaniu rozmowy telefonicznej. Realizacja przykładowych obliczeń na EMC wykazała konieczność rozwiązania problemów dokładności wyznaczania optymalnej funkcji wagi. Problemy te wynikają nie tylko z błędów losowych ocen wielkości J określonej wzorem /1-3/, lecz również z błędów numerycznych występujących przy obliczeniach wielkości S_j określonej wzorem /3-9/, jak i błędów aproksymacji charakterystyki zniekształceń tłumieniowych określonej wzorem /3-6/.

Poradto występuje problem techniczny ostrego ograniczenia wstęgi sygnałów transmitowanych przez łańcuch telefoniczny do pasma przesyłowego o ustalonych częstotliwościach granicznych $f_d = 0,3$ i $f_g = 3,4$ kHz i odpowiadający mu problem teoretyczny wpływu nachylenia charakterystyk tłumiennościowych ograniczających pasmo przesyłowe na błąd wyznaczania optymalnej funkcji wagi.

Występujące problemy skłaniają do zbadania możliwości ich uniknięcia przez zastosowanie innych metod wyznaczania optymalnej funkcji wagi dla tłumienności pasmowej. Jedną z takich metod, opartą na wynikach badań tzw. wstęp krytycznej szerokości, mających jednakowy wpływ na jakość transmisji telefonicznej /przy ustalonym kryterium jej oceny/, autor ma zamiar przedstawić w następnym referacie.

BIBLIOTEKA
Instytut Łączności
Nr 5-9164

WYKAZ LITERATURY

1. CCITT: Contribution No 210/XII Study Group - Effect of attenuation distortion on transmission performance. ITU, Geneva 1979.
2. CCITT: Transmission Planning of Switched Telephone Networks /Annex 2 of Chapter I/. ITU, Geneva 1976.
3. Kowalski Z.: Metody wyznaczania parametrów punktowych aproksymat tłumienności pasmowej. Referaty Problemowe It, 1981, z. 47.
4. Kowalski Z.: Pasmowe tłumienności czwórników i ortotelefoniczna tłumienność odniesienia. Referaty Problemowe It, 1980, z. 31.
5. Richards D.L., Munday S.: Contribution UKPO in International Seminar on National Telephone Transmission Planning. Melbourne 1970.
6. Seidler J., Badach A., Molisz W.: Metody rozwiązywania zadań optymalizacji. WNT, Warszawa 1980.