INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

REFERATY PROBLEMOWE

Zeszyt 39

Jadwiga Lech

ANALIZA MOŻLIWOŚCI SZACOWANIA ŚREDNIEJ 1-MINUTOWEJ ORAZ 5-SEKUNDOWEJ MOCY SZUMÓW W KANALE TELEFONICZNYM NA PODSTAWIE WYNIKÓW POMIARÓW ŚREDNIEJ 375-MILISEKUNDOWEJ

Warszawa - marzec 1981

621.317 : 621.391.822

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

KOŁO ZAKŁADOWE STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

Na prawach rękopisu

REFERATY PROBLEMOWE

Zeszyt 39

Jadwiga Lech

ANALIZA MOŻLIWOŚCI SZACOWANIA ŚREDNIEJ 1-MINUTOWEJ ORAZ 5-SEKUNDOWEJ MOCY SZUMÓW W KANALE TELEFONICZNYM NA PODSTAWIE WYNIKÓW POMIARÓW ŚREDNIEJ 375-MILISEKUNDOWEJ

Warszawa - marzec 1981

Zespół Redakcyjny:
dr inż. Stanisław Sońta, mgr inż. Andrzej Stagrowski,
mgr inż. Maria Waśniewska

Opracowała:
mgr inż. Jadwiga Lech
Centralna Izba Pomiarów Telekomunikacyjnych /Z-12/

Instytut Łączności
04-894 Warszawa, ul. Szachowa 1, tel. 128-401

Praca nr 1.1.01.A.03.

Opiniował: dr inż. Romuald Białobrzeski

Maszynopis dostarczono dnia 10 lutego 1981 r.

W artykule porównano wyniki pomiarów mocy średniej szumów w kanale telefonicznym przeprowadzonych za pomocą trzech przyrządów o różnych czasach całkowania, a mianowicie: 1 min, 5 s i 375 ms. Przeanalizowano możliwość szacowania mocy średniej 1-minutowej i mocy średniej 5-sekundowej na podstawie wyników pomiarów mocy średniej 375-milisekundowej. Podano propozycję dalszych badań w tej dziedzinie.

BIBLIOTEKA
Instytutu Łączności
Nr 5-8842

Redaktor: mgr K. Juszkiewicz Montaż tekstu: B. Drabik

Wpłynęło do Działu Wydawniczego Instytutu Łączności
w Warszawie, ul. Szachowa 1 dnia 27.11.1981 r.
Nakład 70 egz.

SPIS TREŚCI

	Str.
1. Wprowadzenie	1
2. Opis przeprowadzonych badań	3
3. Zależność między wynikami pomiarów mocy średniej szumów przy różnych czasach całkowania	4
4. Niedokładność szacowania wartości mocy średniej 1-minutowej i 5-sekundowej szumów na podstawie wyników średniej 375-milisekundowej	8
5. Porównanie wyników pomiarów mocy średniej 1-minutowej i średniej 375-milisekundowej	10
6. Porównanie wyników pomiarów mocy średniej 5-sekundowej i 375-milisekundowej	12
7. Wnioski	13
Wykaz literatury	16

1. WPROWADZENIE

Ocena jakości kanałów i traktów telekomunikacyjnych, przewidziany głównie dla służb telefonicznych, powinna obejmować między innymi także badanie wartości średniej mocy szumów. Czas uśredniania powinien być porównywalny z czasem trwania rozmowy telefonicznej. Z tego względu w zaleceniu CCITT G222-t.III [2] przyjęto wartość mocy średniej jednominutowej jako parametr, który powinien być znany przy ocenie jakości łącza. Na tym zaleceniu oparto się przy opracowywaniu mierników mocy średniej w kraju, przyjmując jako podstawową wartość stałej czasu całkowania 1 minutę. Dotyczy to następujących przyrządów:

1/ mierników mocy średniej typu MMS-1, MMS-1a, MMS-1b, opracowanych w Instytucie Łączności;

2/ przystawek całkujących do psofometru typu PC-2 i PC-3, opracowanych w Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy.

Przyrządy te są wykorzystywane w niektórych jednostkach eksploatacyjnych sieci teletransmisyjnej.

Historycznie dużo wcześniej [6] niż mierniki mocy średniej do określania poziomów mocy stosowano mierniki VU /wolumetry/. Pomiar za pomocą tego miernika opiera się na obserwacji w określonym czasie i subiektywnym uśrednianiu zmieniającej się wartości mierzonego sygnału przez operatora wykonującego pomiar. Czas taki j obserwacji ustalono w normie [1] na 5 do 10 s. Taki sam czas przyjęto później dla pomiarów szumów za pomocą psofometru; pomiary te także opierają się na obserwacji i subiektywnym uśrednianiu.

Jednak zarówno mierniki mocy średniej, jak i psofometry są przyrządami służącymi do przeprowadzania pomiarów ręcznych. Natomiast szybko rozbudowująca się sieć teletransmisyjna wymagała zautomatyzowania kontroli wartości jej parametrów. W roku 1972 ukazało się po raz pierwszy zalecenie CCITT 021-t.IV na automatyczną aparaturę pomiarową typu ATME-1 [2]. Wśród parametrów przewidzianych do kontroli za pomocą tej aparatury uwzględnia się także pomiar poziomu mocy średniej szumu. Jako czas całkowania mierzonego sygnału przyjęto także $t_c = 5$ s.

Z punktu widzenia jakości łączy teletransmisyjnych najbardziej miarodajne są pomiary mocy średniej szumów występujące w godzinach największego ruchu /między godziną 10.00 a 11.00 /, gdy jakość transmisji może być

znacznie pogorszona z powodu występujących zakłóceń. Ponieważ pomiary te pociągają za sobą konieczność wyłączania badanego kanału z ruchu, a tym samym przerwę w łączności, służba eksploatacyjna i użytkownicy są zainteresowani w tym, aby czas pomiaru był jak najkrótszy. Dlatego też w zaleceniu CCITT 022-t.IV na automatyczną aparaturę pomiarową typu ATME-2 [2] czas pomiaru średniej mocy szumów skrócono z 5 s na 375 ms ± 25 ms, kierując się dodatkowo tym, że kontrola wartości pozostałych parametrów teletransmisyjnych, dokonywana za pomocą aparatury ATME-2, trwa zaledwie kilkaset ms.

Odpowiedniość pomiarów przy stosowaniu tych dwóch czasów całkowania została określona w wymaganiach na ATME-2 [2] w następującym fragmencie zalecenia 0.22 /p. 8.2./:

> "Metoda detekcji powinna być taka, ażeby przy doprowadzeniu na wejście w ciągu 375 ± 25 ms gaussowskiego szumu białego lub sygnału sinusoidalnego o jakiejkolwiek częstotliwości w zakresie 390 do 2810 Hz, wskazanie na wyjściu było w każdym przypadku takie samo jak wskazanie psofometru CCITT z dokładnością ± 1 dB przy doprowadzeniu na wejście wymienionych wyżej przebieg w czasie 5 s".

Zalecenie to należy tak interpretować, że błąd graniczny /3-sigmowy/ pomiaru mocy średniej 375-milisekundowej względem pomiaru mocy średniej 5-sekundowej nie powinien być większy od ± 1 dB.

Tak więc w obecnej chwili w polskiej sieci teletransmisyjnej są stosowane trzy wartości czasów całkowania przy pomiarze średniej mocy szumów, a mianowicie:

1. t_c = 1 min. z wykorzystaniem mierników mocy średniej i przystawek całkujących,
2. t_c = 5 s z tradycyjnym wykorzystywaniem psofometru,
3. t_c = 375 ms z wykorzystywaniem aparatury kontrolno-pomiarowej typu ABA /krajowy odpowiednik aparatury typu ATME/.

Czas pomiaru równy 375 ms został wprowadzony najpóźniej, jednak jako najbardziej ekonomiczny będzie on prawdopodobnie - w miarę rozwoju automatyzacji pomiarów teletransmisyjnych - stosowany w coraz większym zakresie. Nasuwa się więc pytanie: jaka istnieje zależność między wynikami pomiarów wartości średniej 375-milisekundowej a wynikami pomiarów wartości średnich stosowanych od wielu lat tzn. 1-minutowej i 5-sekundowej. Jest

to tym bardziej ważne, że te ostatnie stałe czasu będą prawdopodobnie długo jeszcze wykorzystywane w praktyce pomiarowej, ze względu na istniejącą w eksploatacji aparaturę /jak w pkt. 1 i 2 powyżej/.

Celem opracowania jest przedstawienie tego problemu. Mówiąc ściślej, jest to próba uzyskania odpowiedzi na pytania: czy istnieje możliwość szacowania wartości średniej 1-minutowej i wartości średniej 5-sekundowej mocy szumów na podstawie wyników pomiarów wartości mocy średniej 375-milisekundowej oraz jaka byłaby niedokładność takiego szacowania.

W celu uzyskania odpowiedzi na te pytania trzeba przede wszystkim dysponować dużą statystycznie liczbą wyników pomiarów mocy średniej szumów otrzymanych za pomocą przyrządów o trzech interesujących czasach całkowania.

Jako miarę zależności między wynikami pomiarów przyjęto współczynniki korelacji między wynikami wartości średniej 1-minutowej, a wynikami wartości średnich 375-milisekundowych uzyskanymi w tej samej minucie oraz między wynikami pomiarów średnich 5-sekundowych i 375-milisekundowych uzyskanymi w tym samym okresie 5-sekundowym. W przypadku stwierdzenia istotnej korelacji między wynikami pomiarów będzie można określić niedokładność szacowania wartości mocy średnich 1-minutowej i 5-sekundowej szumów na podstawie wyników średnich 375-milisekundowych.

W tym celu zostaną wyznaczone różnice między odpowiednimi wynikami pomiarów mocy średniej szumów, tymi samymi, dla których wyznaczono współczynniki korelacji oraz wartości średnie i odchylenia standardowe zmiennych losowych różnic dla sygnału w każdym z badanych obiektów.

Ocena niedokładności szacowania wartości średniej 1-minutowej i 5-sekundowej mocy szumów na podstawie wyników pomiarów mocy średniej 375-milisekundowej będzie zależała od wyników weryfikacji hipotez o równości średnich wariancji różnic i wartości oczekiwanych średnich różnic oraz hipotezy o nieistotności wartości oczekiwanej średnich różnic we wszystkich badanych obiektach.

2. OPIS PRZEPROWADZONYCH BADAŃ

W celu zbadania możliwości i określenia stopnia niedokładności oceny wartości średniej 1-minutowej i 5-sekundowej mocy szumów na podstawie wyników pomiarów średniej 375-milisekundowej wykonano pomiary statystyczne psofometrycznej mocy średniej szumów za pomocą trzech przyrządów, a mianowicie:

1/ miernika mocy średniej typ MMS-1 [7, rozdz. 10.4.2.] ze stałą czasu całkowania t_c = 1 min; wyniki pomiarów oznaczono przez $\mathcal{P}_{mi}$ /i = 1,2...n/;

2/ przystawki całkującej typ PC-2 ze stałą czasu całkowania t_c = 375 ms, symulującej pomiary za pomocą aparatury typu ABA; podczas minuty całkowania sygnału za pomocą miernika MMS-1 dokonywano trzech pomiarów mocy średniej 375-milisekundowej za pomocą przystawki; wyniki tych pomiarów oznaczono przez $\mathcal{P}_{sij}$ /j = 1,2,3/;

3/ psofometru typ PSTR-3, za pomocą którego mierzono napięcie szumów; czas całkowania t_c = 5 s był ustalany za pomocą stopera; trzy pomiary napięcia szumów wykonywane podczas minuty całkowania sygnału z pomocą miernika typu MMS-1 rozpoczynano równocześnie z pomiarem mocy średniej 375-milisekundowej; wyniki tych pomiarów oznaczono przez U_{fij}.

Minuta pomiarowa, podczas której otrzymano jeden wynik pomiaru za pomocą miernika MMS-1 i po trzy wyniki pomiarów za pomocą psofometru i przystawki PC-2, będzie nazywana w dalszym ciągu tekstu seansem pomiarowym w danym dniu.

Opierając się na metodzie pomiaru psofometrycznej mocy średniej szumu w [3] wykonywano jeden seans pomiarowy w godzinach największego ruchu w odstępach trzydniowych. Próbki pobierano w kanałach wyłączonych na czas pomiaru z normalnej eksploatacji, zamkniętych na wejściu opornikiem 600Ω i wypoziomowanych z niedokładnością ±0,5 dB. Stanowisko pomiarowe o wypadkowej impedancji wejściowej Z = 600Ω dołączono do wyjścia przemiennika kanałowego w punkcie o znamionowym względnym poziomie mocy p_o = +8,7 dB /+1 Np/.

Pomiary wykonano w siedmiu obiektach scharakteryzowanych w tablicy 1. Liczba seansów pomiarowych "n" w badanych obiektach wynosiła 26 ÷ 30.

3. ZALEŻNOŚĆ MIĘDZY WYNIKAMI POMIARÓW MOCY ŚREDNIEJ SZUMÓW PRZY RÓŻNYCH CZASACH CAŁKOWANIA

Uzyskane wyniki pomiarów wykorzystano do przeprowadzenia niżej podanych obliczeń i weryfikacji.

1. Przeliczenie wyników pomiarów mocy średniej szumów i napięcia średniego szumów na poziom średniej mocy szumów odniesiony do punktu o poziomie 0 dBr.

$$p_m\left[\text{dBm0p}\right]_j = 10 \log \mathcal{P}_{mi} - 90 - p_o \qquad /1/$$

Tablica 1

Parametry statystyczne rozkładu mocy średniej badanych sygnałów

Nr kanału	Długość łącza	Liczba seansów pomiarowych	t_c = 1 min		t_c = 5 s						t_c = 375 ms					
					j = 1		j = 2		j = 3		j = 1		j = 2		j = 3	
			$\bar{p}_m$	s_m	$\bar{p}_{f1}$	s_{f1}	$\bar{p}_{f2}$	s_{f2}	$\bar{p}_{f3}$	s_{f3}	$\bar{p}_{s1}$	s_{s1}	$\bar{p}_{s2}$	s_{s2}	$\bar{p}_{s3}$	s_{s3}
k	km	-	dBmOp	dB	dBmOp	dB	dBmOp	dB	dBmOp	dB	dBmOp	dB	dBmOp	dB	dBmOp	dB
1	90,5	30	-70,98	6,58	-70,70	6,28	-70,20	6,33	-70,42	6,38	-70,15	6,39	-70,42	6,39	-70,36	6,64
2	138	30	-67,30	8,77	-66,72	9,50	-67,68	9,58	-66,52	8,59	-66,77	9,08	-66,71	9,11	-66,68	9,32
3	162	30	-75,62	2,92	-75,24	3,50	-75,74	3,40	-75,67	3,43	-75,18	3,34	-75,20	3,26	-75,01	3,26
4	315	28	-62,14	5,84	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	469	26	-59,82	3,53	-59,10	3,38	-59,08	3,60	-58,66	3,70	-58,97	3,76	-58,90	3,67	-59,11	3,64
6	562	30	-58,23	3,71	-57,74	3,32	-57,46	3,39	-57,67	3,75	-57,28	3,69	-57,74	3,64	-57,88	3,85
7	2491	27	-52,50	2,73	-52,21	2,77	-52,20	2,78	-52,17	3,13	-51,93	3,13	-52,14	2,91	-51,80	2,91

$$p_f\left[dBm0p\right] = 10 \log \frac{U_{fi}^2}{600} \cdot 10^6 - 90 - p_o \qquad /2/$$

$$p_s\left[dBm0p\right] = 10 \log \mathcal{P}_{si} - 90 - p_o \qquad /3/$$

gdzie:

p_m, p_f, p_s - i-ty poziom średniej mocy szumów odpowiednio: 1-minutowej, 5-sekundowej i 375-milisekundowej odniesiony do punktu o poziomie 0 dBr,

$P_{mi}, \mathcal{P}_{si}$ - wynik pomiaru mocy średniej odpowiednio: 1-minutowej i 375-milisekundowej wyrażony w $\left[pWp\right]$,

U_{fi} - wynik pomiaru średniego napięcia szumów w czasie 5 sekund w $\left[mV\right]$,

p_o - znamionowy względny poziom mocy w punkcie pomiaru, w $\left[dB\right]$,

i - kolejny numer pomiaru = seansu pomiarowego, $i = 1,2,..,n$.

2. Wyznaczenie oszacowania następujących parametrów empirycznego rozkładu poziomu jednominutowej mocy średniej szumu

a/ wartości oczekiwanej poziomu

$$\bar{p}_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} P_{mi} \qquad /4/$$

b/ odchylenia standardowego poziomu

$$s_{pm} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} /p_{mi} - \bar{p}_m/^2}{n-1}} \qquad /5/$$

Wyniki obliczeń zamieszczono w tablicy 1.

3. Zweryfikowanie hipotezy, że rozkład poziomu mocy średniej szumu jest normalny, za pomocą testu zgodności Kołmogorowa [5, rozdz. 14.3.2.] na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Weryfikację przeprowadzono dla wyników pomiarów o wszystkich trzech stałych czasu uśredniania, dla wszystkich badanych kanałów. Hipotezę odrzucono dla kanału 4, który wyeliminowano z dalszej analizy.

4. Wyznaczenie współczynników korelacji między porównywanymi wynikami pomiarów o różnych stałych całkowania. Ze względu na niewielką liczebność próbki obliczono współczynniki korelacji rangowej Spearmann'a korzystając ze wzoru [6] :

$$r = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{n} /d_i/^2}{n^3 - n} \qquad /6/$$

gdzie: n - liczba pomiarów /i = 1,2,...,n/,

d_i - różnica rang obserwacji,

/ranga obserwacji tj. numer kolejny obserwacji w szeregu uporządkowanym wg wartości nie malejących/.

Dla każdego z badanych kanałów obliczono dwa rodzaje współczynników korelacji:

a/ trzy współczynniki korelacji r_{mj} między wynikami n-elementowej próbki uzyskanymi za pomocą miernika mocy średniej 1-minutowej, a wynikami trzech n-elementowych próbek uzyskanymi w tej samej minucie pomiarowej za pomocą przystawki;

b/ trzy współczynniki korelacji r_{fj} między wynikami trzech n-elementowych próbek rozpoczynanych w tej samej chwili za pomocą psofometru i przystawki całkującej.

Wyniki obliczeń podano w tablicy 2.

Tablica 2

Współczynniki korelacji rangowej między wynikami pomiarów

Nr kanału k	r_{m1}	r_{m2}	r_{m3}	r_{f1}	r_{f2}	r_{f3}
1	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,94
2	0,95	0,95	0,95	0,96	0,92	0,90
3	0,78	0,79	0,70	0,79	0,75	0,87
5	0,94	0,92	0,91	0,94	0,78	0,93
6	0,93	0,95	0,96	0,92	0,95	0,93
7	0,92	0,90	0,93	0,84	0,89	0,93

Następnie zweryfikowano hipotezę H_o: $r_{mj} = r_{fj} = 0$ o braku korelacji między analizowanymi pomiarami za pomocą testu istotności t [7,10] na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Dla wszystkich współczynników korelacji hipoteza została odrzucona z prawdopodobieństwem popełnienia błędu odrzucenia hipotezy prawdziwej równym 5%.

4. NIEDOKŁADNOŚĆ SZACOWANIA WARTOŚCI MOCY ŚREDNIEJ 1-MINUTOWEJ I 5-SEKUNDOWEJ SZUMÓW NA PODSTAWIE WYNIKÓW ŚREDNIEJ 375-MILISEKUNDOWEJ

Ponieważ obliczenia wykazały bardzo silną korelację między wynikami pomiarów uzyskanymi za pomocą miernika mocy średniej /t_c = 1 min/ i przystawki /t_c = 375 ms/ oraz za pomocą psofometru /t_c = 5 s/ i przystawki, określono następnie niepewność i niepoprawność /błąd systematyczny/ analizowanych oszacowań. W tym celu wyznaczono następujące wartości w podanej niżej kolejności.

1. Różnice między poszczególnymi wynikami pomiarów otrzymanymi za pomocą trzech przyrządów dla każdego badanego kanału i dla każdego seansu pomiarowego, a mianowicie:

   a/ różnice między wynikami otrzymanymi za pomocą miernika mocy średniej MMS-1, a wynikami każdego z trzech pomiarów uzyskanymi za pomocą przystawki PC-2 w tej samej minucie pomiarowej:

$$\Delta_{mij} = \mathcal{P}_{sij} - \mathcal{P}_{mij} \qquad /7/$$

   gdzie: j - kolejny numer n-elementowej próbki wyników uzyskanych za pomocą przystawki PC-2 i psofometru w danej minucie pomiarowej /i = 1,2,.,n; j = 1,2,3/

   b/ różnice między trzema wynikami uzyskanymi za pomocą psofometru, a trzema odpowiednimi /o tym samym wskaźniku "i" i "j" /wynikami uzyskanymi za pomocą przystawki PC-2 w tej samej minucie pomiarowej

$$\Delta_{fij} = \mathcal{P}_{sij} - \mathcal{P}_{fij} \qquad /8/$$

2. Wartości średnie różnic dla każdej j-tej próbki wyników pomiarów:

$$\bar{\Delta}_{mj} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\Delta_{mij} \qquad \bar{\Delta}_{fj} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\Delta_{fij} \qquad /9/$$

3. Odchylenia standardowe różnic dla każdej j-tej próbki wyników pomiarów:

$$s_{mj} = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}/\Delta_{mij} - \bar{\Delta}_{mj}/^2}; \qquad s_{fj} = \sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}/\Delta_{fij} - \bar{\Delta}_{fj}/^2} \qquad /10/$$

4. Wartości średnie z wszystkich wyników pomiarów dotyczących danego kanału /k/, tzn. wartości średnie trzech średnich $\bar{\Delta}_{mj}$ i $\bar{\Delta}_{fj}$:

$$\bar{\Delta}_{m/k/} = \frac{1}{3}\sum_{j=1}^{3}\bar{\Delta}_{mj} \qquad /11/$$

$$\bar{\Delta}_{f/k/} = \frac{1}{3}\sum_{j=1}^{3}\bar{\Delta}_{fj} \qquad /12/$$

gdzie: k - kolejny numer badanego kanału /k = 1,2,...,7/.

5. Wartości średnie odchyleń standardowych różnic s_{mj} i s_{fj} dla danego kanału /k/:

$$\bar{s}_{m/k/} = \sqrt{\frac{1}{3}\sum_{j=1}^{3}s_{mj}^2} \qquad /13/$$

$$\bar{s}_{f/k/} = \sqrt{\frac{1}{3}\sum_{j=1}^{3}s_{fj}^2} \qquad /14/$$

Następnie przeprowadzono za pomocą testów istotności weryfikację trzech hipotez:

1. Weryfikacja hipotezy o równości wariancji $\bar{s}^2_{m/k/}$ oraz niezależnie o równości wariancji $\bar{s}^2_{f/k/}$ we wszystkich badanych kanałach za pomocą testu istotności F na poziomie istotności $\alpha = 0{,}05$ [7, rozdz. 7.8]:

$$H_{01}: \bar{s}^2_{m/1/} = \ldots = \bar{s}^2_{m/7/}$$

oraz

$$H'_{01}: \bar{s}^2_{f/1/} = \ldots = \bar{s}^2_{f/7/} \qquad /15/$$

2. Weryfikacja hipotezy o równości średnich $\bar{\Delta}_{m/k/}$ oraz niezależnie o równości średnich $\bar{\Delta}_{f/k/}$ we wszystkich badanych kanałach za pomocą testu t Studenta na poziomie istotności $\alpha = 0{,}05$ [7, rozdz. 7.5.]:

$$H_{02}: \bar{\Delta}_{m/1/} = \ldots = \bar{\Delta}_{m/7/} \qquad /16/$$

oraz

$$H'_{02}: \bar{\Delta}_{f/1/} = \ldots = \bar{\Delta}_{f/7/}$$

3. Weryfikacja hipotezy o nieistotności średniej różnic za pomocą testu t Studenta na poziomie istotności $\alpha = 0{,}05$ [7, rozdz. 7.7]:

$$H_{03}: \bar{\Delta}_{m/1/} = \ldots = \bar{\Delta}_{m/7/} = 0 \qquad /17/$$

oraz

$$H'_{03}: \bar{\Delta}_{f/1/} = \ldots = \bar{\Delta}_{f/7/} = 0$$

Weryfikację hipotez oparto na założeniu, że rozkłady różnic są rozkładami normalnymi. Założenie to jest spełnione, ponieważ zmienna losowa różnic jest wynikiem odejmowania elementów dwóch zmiennych losowych o rozkładach normalnych /poziomu mocy średniej/ zweryfikowanych w pkt. 3.

5. PORÓWNANIE WYNIKÓW POMIARÓW MOCY ŚREDNIEJ 1-MINUTOWEJ I ŚREDNIEJ 375-MILISEKUNDOWEJ

Parametry zmiennej losowej różnic między wynikami pomiarów mocy średniej 1-minutowej i 375-milisekundowej, obliczone wg wzorów 11 i 13, podano w tablicy 3.

T a b l i c a 3

Parametry zmiennej losowej różnic między wynikami pomiarów mocy średniej 1-minutowej i średniej 375-milisekundowej

Nr kanału k	$s^2_{m/k/}$ /dB/^{2}	$\bar{\Delta}_{m/k/}$ /dB/
1	3,06	0,69
2	1,90	0,58
3	3,28	0,41
5	0,81	0,90
6	1,17	0,54
7	1,32	0,52

BIBLIOTEKA
Instytutu Łączności
Nr S-8842

Weryfikacja hipotezy H_{01} o równości wariancji we wszystkich sześciu obiektach dała wynik negatywny. Jednak okazało się, że podział badanych obiektów na dwie grupy łączy: krótkich /od 90 do 162 km/ i długich /od 469 do 2491 km/ umożliwia nieodrzucenie tej hipotezy dla każdej z tych grup oddzielnie. Oznacza to, że na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ można przyjąć, że

$$\bar{s}^2_{m/1/} = \bar{s}^2_{m/2/} = \bar{s}^2_{m/3/} \quad \text{oraz} \quad \bar{s}^2_{m/5/} = \bar{s}^2_{m/6/} = \bar{s}^2_{m/7/}$$

lecz nie zachodzi równość między grupami, czyli że niedokładność oceny będzie w obu tych grupach łączy różna.

Weryfikację hipotezy H_{02} o równości wartości średnich przeprowadzono oddzielnie dla każdej z wprowadzonych grup łączy, ponieważ stosowany do jej weryfikacji test t Studenta zakłada równość wariancji w badanych próbkach. W żadnej z grup nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy H_{02}.

Hipoteza H_{03} o nieistotności wartości średniej różnic została odrzucona dla wszystkich kanałów poza jednym. Trzeba więc przyjąć istotność wartości średniej różnic, czyli istnienie niepoprawności /błędu systematycznego/ analizowanego oszacowania. Błąd systematyczny zależny od różnicy w zasadach działania przyrządów jest równy wartości średniej różnic między wynikami pomiarów we wszystkich badanych obiektach. Należało więc obliczyć wartości średnie różnic niezależnie dla każdej grupy łączy, a następnie zweryfikować hipotezę $H_{04}: \bar{\Delta}_{mI} = \bar{\Delta}_{mII}$ o równości tych średnich.

Wartość średnia różnic dla grupy I wynosi:

$$\bar{\Delta}_{mI} = \frac{1}{3} \sum_{k=1}^{3} \bar{\Delta}_{m/k/} = 0,56 \text{ dB} \qquad /18/$$

a dla grupy II przy uwzględnieniu różnej liczby seansów pomiarowych "n" w poszczególnych kanałach:

$$\bar{\Delta}_{mII} = \frac{\sum_{k=5}^{7} n_{/k/} \cdot \bar{\Delta}_{m/k/}}{\sum_{k=5}^{7} n_{/k/}} = 0,65 \text{ dB} \qquad /19/$$

Ponieważ w obu grupach różnę są wartości wariancji i liczba seansów pomiarowych, weryfikację hipotezy H_{04} przeprowadzono za pomocą przybliżonego testu C Cochrana i Coxa [7, rozdz. 7.10] na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Weryfikacja tej hipotezy nie dała podstaw do jej odrzucenia, zatem obliczono wartość średnią różnic wyników pomiarów dla wszystkich badanych obiektów, uzyskując wartość niepoprawności szacowania:

$$\bar{\Delta}_m = \frac{n_I \cdot \bar{\Delta}_{mI} + n_{II} \cdot \bar{\Delta}_{mII}}{n_I + n_{II}} = 0{,}60 \text{ dB} \qquad /20/$$

Aby określić niepewność szacowania mocy średniej 1-minutowej na podstawie wyników pomiarów mocy średniej 375-milisekundowej, obliczono dla każdej z obu grup kanałów średnie wartości wariancji:

$$\bar{s}^2_{mI} = \frac{\bar{s}^2_{m/1/} + \bar{s}^2_{m/2/} + \bar{s}^2_{m/3/}}{3} = 2{,}75 \text{ dB}^2 \qquad /21/$$

$$\bar{s}^2_{mII} = \frac{\sum_{k=5}^{7} n_{/k/} \cdot \bar{s}^2_{m/k/}}{\sum_{k=5}^{7} n_{/k/}} = 1{,}10 \text{ dB}^2 \qquad /22/,$$

Odpowiednie wartości odchylenia standardowego /czyli niepewności/ wynosiły:

$$\bar{s}_{mI} = 1{,}67 \text{ dB} \qquad \bar{s}_{mII} = 1{,}05 \text{ dB}$$

6. PORÓWNANIE WYNIKÓW POMIARÓW MOCY ŚREDNIEJ 5-SEKUNDOWEJ I 375-MILISEKUNDOWEJ

Parametry zmiennej losowej różnic między wynikami pomiarów mocy średniej 5-sekundowej i 375-milisekundowej, obliczone wg wzorów 12 i 14, podano w tablicy 4.

W wyniku obliczeń stwierdzono, że nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy H'_{01} o równości wariancji różnic wyników, ani też hipotezy H'_{02} o równości wartości średnich tych różnic we wszystkich badanych obiektach. Nie ma również podstaw do odrzucenia hipotezy H'_{03} o nieistotności wartości średniej różnic dla żadnego z badanych kanałów. Na tej podstawie można przyjąć, że oszacowanie wartości mocy średniej 5-sekundowej na podstawie wyników pomiarów mocy średniej 375-milisekundowej będzie poprawne, a wariancja tego oszacowania wynosi:

$$\bar{s}_f^2 = \frac{\sum_{k=1}^{7} n/k/ \cdot \bar{s}^2_{f/k/}}{\sum_{k=1}^{7} n/k/} = 2{,}89\ \mathrm{dB}^2 \qquad /23/$$

Odchylenie standardowe, czyli niepewność tego oszacowania jest równa

$$s_f = 1{,}7\ \mathrm{dB}.$$

Tablica 4

Parametry zmiennej losowej różnic między wynikami pomiarów mocy średniej 5-sekundowej i 375-milisekundowej

Nr kanału k	$\bar{s}^2_{f/k/}$ /dB/^{2}	$\bar{\Delta}_{f/k/}$ dB
1	3,50	0,33
2	3,73	-0,13
3	3,28	0,42
5	1,96	0,14
6	1,99	0,00
7	2,76	0,17

7. WNIOSKI

Przeprowadzona analiza wyników pomiarów mocy średniej szumów otrzymanych za pomocą przyrządów o trzech różnych czasach całkowania pozwala wyciągnąć wniosek, że między tymi wynikami pomiarów istnieje bardzo duża korelacja.

Szacowanie średniej 1-minutowej mocy szumów w kanale telefonicznym na podstawie wyników pomiarów mocy średniej 375-milisekundowej jest możliwe, ale zależy od długości badanego łącza. Dla łączy długich /w opisywanym doświadczeniu o długościach 500 km do 2500 km/ niepoprawność tej oceny $\bar{\Delta}_m$ wynosi 0,60 dB, a niepewność $\bar{s}_m$ równa jest 1,05 dB. Rozkład prawdopodobieństwa poziomu mocy średniej 1-minutowej jest normalny /jak stwierdzono w pkt. 3/ o wartości średniej równej p_g - 0,6 dB i odchyleniu standardowym

równym 1,05 dB. Rozkład ten można wyrazić wzorem: p_m: N $\{p_s - 0,6; 1,05\}$. Dla łączy krótkich /w opisywanym doświadczeniu o długościach 90 km do 200 km/ niepoprawność oceny jest taka sama jak dla łączy długich, a jej niepewność jest większa /$\bar{s}_m$ = 1,67 dB/.

Natomiast odpowiedniość wyników pomiarów mocy średniej 5-sekundowej i 375-milisekundowej ma odmienny charakter. Ocena średniej 5-sekundowej mocy na podstawie wyników pomiarów mocy średniej 375-milisekundowej jest poprawna, a jej niepewność większa i wynosi $\bar{s}_f$ = 1,70 dB. Ponieważ niepewność jest odchyleniem standardowym oceny mocy średniej 5-sekundowej, błąd graniczny tej oceny, czyli błąd 3-sigmowy, będzie wynosił 5,1 dB. Zalecenie CCITT 0.22 /p.8.2/ w punkcie dotyczącym granicznego błędu takiej oceny jest więc, w opisywanym doświadczeniu, niespełnione. Należy tu jednak zauważyć, że zalecenie 0.22 mówi o gaussowskim szumie białym o widmie jednorodnym. Szum w łączu telefonicznym ma widmo niejednorodne i to może być także jedną z przyczyn niespełniania zalecenia. Wymagałoby to sprawdzenia za pomocą sztucznego zaszumiania kanałów szumem białym.

W tablicy 5 podano obliczoną w artykule niedokładność szacowania mocy średniej 1-minutowej i 5-sekundowej na podstawie wyników pomiarów mocy średniej 375-milisekundowej.

Tablica 5

Niedokładność szacowania mocy średniej 1-minutowej i 5-sekundowej na podstawie wyników pomiarów mocy średniej 375-milisekundowej

Niedokładność szacowania / Rodzaj szacowania		Niepewność $\bar{s}$ /dB/	Niepoprawność $\bar{\Delta}$/dB/	Rozkład prawdopodobieństwa
Moc 1-min na podstawie wyników pomiarów mocy 375-ms	łącza krótkie	1,67	0,6	$p_m = N\{p_s - 0,6; 1,67\}$
	łącza długie	1,05	0,6	$p_m = N\{p_s - 0,6; 1,05\}$
Moc 5-sek na podstawie wyników pomiarów mocy 375-ms.		1,70	0,0	$p_f = N\{p_s; 1,70\}$

Trzeba jednak zaznaczyć, że wnioski powyższe wyciągnięto na podstawie bardzo mał j próbki. Spowodowane to zostało tym, że analizę przedstawioną w artykule oparto na wynikach pomiarów przeprowadzonych w innych celach. Dlatego liczba badanych kanałów, liczba pomiarów i zależności czaso-

we między pomiarami średnich o różnych czasach trwania nie były optymalne dla celu przedstawionego w opracowaniu.

Analizowane zagadnienie ma bardzo duże znaczenie ekonomiczne ze względu na konieczność wyłączania kanału telefonicznego z ruchu na czas przeprowadzania pomiaru. Dlatego dokładniejsze oszacowanie parametrów rozkładu poziomu mocy średniej 1-minutowej i 5-sekundowej w zależności od mocy średniej 375-milisekundowej /zapewniającej najkrótszy czas wyłączania kanałów z ruchu/ jest bardzo istotne. Wymagałoby to przeprowadzenia dalszych licznych pomiarów opisywanego rodzaju. Przede wszystkim liczba uzyskanych próbek powinna być wielokrotnie większa. Poza tym pomiary powinny objąć znacznie większą liczbę kanałów. Pożądane byłoby zbadanie paru kanałów w każdym z poniższych przedziałów ich długości:

od 70 km do 200 km
od 200 km do 1000 km
od 1000 km do 2500 km

Pomiary takie umożliwiłyby wyznaczenie dokładniejszych wartości niepoprawności $\bar{\Delta}$ i niepewności $\bar{s}$ oceny 1-minutowej i 5-sekundowej mocy średniej szumu na podstawie wyników pomiaru mocy średniej 375-milisekundowej z uwzględnieniem także długości łącza.

Szacując średnią wartość mocy 1 minutowej i 5-sekundowej na podstawie pomiarów średniej 375-milisekundowej uzyskanych podczas pomiarów rutynowych za pomocą aparatury ABA można zwiększyć dokładność tego oszacowania, wykonując zamiast jednego dwa lub trzy pomiary średniej 375-milisekundowej i wykorzystując ich średnią arytmetyczną. Wymagałoby to:

1/ zmiany programu badań w aparaturze ABA,
2/ określenia minimalnego odstępu czasu między pomiarami.

Na podstawie wyników pomiarów relacjonowanych w niniejszym artykule obliczono współczynniki korelacji między pierwszym a trzecim wynikiem pomiaru mocy średniej 375-milisekundowej, tzn. między wynikami pomiarów otrzymywanymi w odstępie czasu około 40 s. Okazało się, że te wyniki pomiarów są bardzo silnie skorelowane. Aby uzyskać istotne polepszenie oceny wartości średniej 1-minutowej i 5-sekundowej, wyniki pomiarów mocy średniej 375-milisekundowej nie mogą być skorelowane między sobą, czyli odstęp czasu między nimi powinien być dużo większy od 40 s. Oszacowanie tego czasu można uzyskać na podstawie wyznaczenia funkcji autokorelacji [9, rozdz.IV] wyników pomiarów mocy średniej 375-milisekundowej. Należy uzyskać ciąg pró-

bek będących wynikami pomiaru tej mocy, pobieranymi w jednakowych odstępach czasu. Odstęp czasu między próbkami należy zwiększać /począwszy od 40 s/ dopóki nie uzyska się niezależności próbek, tzn. wartości współczynnika autokorelacji mniejszej od założonej /np. $r \leq 0{,}05$/. Odstęp czasu określony w ten sposób będzie poszukiwanym odstępem czasu nieskorelowania.

Podsumowując, trzeba jeszcze raz podkreślić duże znaczenie ekonomiczne omawianego zagadnienia. Z tego punktu widzenia czas pomiaru wynoszący 375 milisekund byłby optymalny jako najkrótszy. Bardzo istotne jest więc dokładne określenie niedokładności szacowania mocy średnich długoczasowych na podstawie wyników pomiarów mocy średniej 375-milisekundowej. Na podstawie przeprowadzonej analizy można stwierdzić dużą korelację między interesującymi wynikami pomiarów, co zachęca do dalszych badań tego zagadnienia; tym bardziej że wnioski dotyczące niedokładności szacowania mocy średnich długoczasowych wymagają wspomnianej weryfikacji ze względu na zbyt małą dostępną próbkę wyników pomiarów.

W zakończeniu pragnę gorąco podziękować p. dr inż. Zbigniewowi Kowalskiemu za inspirację i dużą pomoc w zagadnieniach merytorycznych. Dziękuję także p. inż. Jerzemu Seredzie za życzliwy stosunek do niniejszej pracy, a p. Jackowi Gruszczyńskiemu za pomoc w obliczeniach.

BIBLIOTEKA
Instytutu Łączności
Nr 5-8842

WYKAZ LITERATURY

1. American Standard Practice for Volume Measurements of Electrical Speech and Program Waves, C 16.5 - 1942. American Standards Assn., New York.

2. CCITT: Księga Pomarańczowa. ITU, Geneva 1977.

3. Dudziewicz J.: Ocena psofometrycznej mocy szumu kanału telefonicznego. Prace Instytutu Łączności, nr 82.

4. Dudziewicz J.: Pomiary teletransmisyjne. WKŁ Warszawa, 1975.

5. Góralski A.: Metody opisu i wnioskowania statystycznego w psychologii. PWN Warszawa 1976.

6. Ilmurzyński J., Kuhn S., Urbański B.: Mierniki wysterowania w polskiej radiofonii. Prace Instytutu Łączności, nr 1, 1956.

7. Oktaba W.: Elementy statystyki matematycznej i metodyka doświadczalnictwa. PWN Warszawa, 1974.

8. Smirnow N.W., Dunin-Borkowski I.W.: Kurs rachunku prawdopodobieństwa statystyki matematycznej. PWN Warszawa, 1969.

9. Swiesznikow A.A.: Podstawowe metody funkcji losowych. PWN, Warszawa 1965.

10. Yule G.U., Kendall M.G.: Wstęp do teorii statystyki. PWN, Warszawa 1966.

Dotychczas ukazały się:

1. Białobrzeski R., Sońta S.: Zastosowanie testu chi kwadrat Pearsona do weryfikacji hipotezy statystycznej, na podstawie empirycznej gęstości prawdopodobieństwa. Grudzień 1977.
2. Blinkiewicz A., Mędrzycki B., Hutnik M., Sambierski R.: Zastosowanie pamięci kasetowej PK-1 do rejestracji danych w systemie komutacyjnym E-10. Styczeń 1978.
3. Orłowski A.: Optymalizacja układu ogranicznika dynamiki zwłaszcza dla radiofonii krótkofalowej. Luty 1978.
4. Frączek K.: Zasady opracowywania wymagań techniczno-eksploatacyjnych na urządzenia pomiarowe w resorcie łączności. Marzec 1978.
5. Białobrzeski R., Dudziewicz J.: Minimalna częstość próbkowania sygnału losowego przy pomiarze jego mocy średniej. Marzec 1978.
6. Lewandowski W.: Wprowadzenie komutacji teledacyjnych kanałów cyfrowych w powszechnej telefonicznej sieci komutacyjnej z centralami elektronicznymi E-10. Kwiecień 1978.
7. Dudziewicz J.: Ogólne wytyczne w sprawie prowadzenia i dokumentowania prac naukowo-badawczych wykonywanych w Instytucie Łączności. Kwiecień 1978.
8. Stagrowski A.: Metoda detekcji i pomiaru impulsów o maksymalnych i minimalnych czasach trwania w ciągu. Maj 1978.
9. Chamski J.: System CTI-B dla maszyny cyfrowej R-10. Maj 1978.
10. Puchalski E.: Kompensator napięcia stałego stosowany w układach do sprawdzania przetworników termoelektrycznych i mikropotencjometrów. Czerwiec 1978.
11. Kozłowski A.: Elektroniczny sygnalizator przywołania abonenta w aparacie telefonicznym CB. Wrzesień 1978.
12. Stasierski L.: Wyładowania łukowe w.cz. na izolatorach odciągów pionowych anten radiofonicznych. Październik 1978.
13. Walaszek S.: Zastosowanie uogólnionego rozwiązania układu o trzech stanach do analizy niezawodności. Styczeń 1979.
14. Sońta S.: Aparatura automatyczna badań sieci łączy międzymiastowych systemu ABA-3. Luty 1979.

15. Godlewski P.: Język programowania badań w systemie ABA2 i ABA3. Marzec 1979.

16. Waśniewski A.: Kombinatoryczne aspekty planowania badań sieci telekomunikacyjnej za pomocą systemu ABA-3. Kwiecień 1979.

17. Brennek L., Lebiedziuk B.: System edycji, przechowywania i translacji programów w języku SAWIK dla minikomputera MERA 305. Maj 1979.

18. Godlewski P.: Aparatura sterująca systemu badaniowego ABA-3 - architektura urządzenia. Czerwiec 1979.

19. Chamski J.: Centrum eksploatacji technicznej w systemie E 10. Lipiec 1979.

20. Porada M.: Komunikat o badaniach zakłóceń impulsowych w łączach telefonicznych. Sierpień 1979.

21. Sońta S.: Generacja sygnałów losowych niezależnych obciążających kanały telefoniczne. Wrzesień 1979.

22. Karwowska-Lamparska A.: Koncepcja systemu WIDEOTEKS. Październik 1979.

23. Kowalska J.: Próba eksploatacyjna automatycznej aparatury badaniowej ABA-2 - analiza wyników, wnioski. Listopad 1979.

24. Tyrowicz M.: System zdalnej rejestracji kontroli obiektów specjalnych - REKO - . Grudzień 1979.

25. Frydrych Z.: Uwagi o wymiarowaniu wiązek łączy międzycentralowych. Styczeń 1980.

26. Frydrych Z.: O niezawodności sieci telekomunikacyjnej. Luty 1980.

27. Kisło M.: Automatyzacja stacjonarnych pomiarów propagacyjnych. Marzec 1980.

28. Mieszczanek J.: Analiza i projektowanie oscylatorów kwarcowych pracujących w układzie Pierce'a-Colpitts'a. Kwiecień 1980.

29. Frydrych Z.: Niektóre problemy projektowania dróg kolejnego wyboru. Maj 1980.

30. Laube J.: Wybrane metody projektowania cyfrowych zespołów funkcjonalnych na przykładzie projektu generatora połączeń telefonicznych. Czerwiec 1980.

31. Kowalski Z.: Pasmowe tłumienności czwórników i ortotelefoniczne tłumienności odniesienia. Lipiec 1980.

32. Proga J.: Analiza i ocena odgromników zagranicznych oraz niezbędnego do nich osprzętu na podstawie badań i obserwacji w warunkach eksploatacyjnych. Sierpień 1980.

33. Godlewski P., Zejdel A.: System automatycznej kontroli obecności i ruchu załogi AKOR. Wrzesień 1980.

34. Waśniewski A.: Problem minimalizacji czasu badania sieci w systemie ABA-3. Październik 1980.

35. Kuśmirek Z.: Impedancja wewnętrzna źródła i jej pomiar. Listopad 1980 .

36. Kowalski Z.: Zasady określania tłumienności pasmowej na podstawie danych punktowych. Grudzień 1980.

37. Kowalski Z.: Punktowe aproksymaty tłumienności pasmowej przy równomiernej gęstości wagi. Styczeń 1981.

38. Frydrych Z.: Wykorzystanie sygnałów informacyjnych dla poprawy jakości załatwiania ruchu w sieci telefonicznej. Luty 1981.

Biblioteka
IL
S-8842