

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

**REFERATY
PROBLEMOWE**

Zeszyt 97

Mirosław Radziwanowski

METODY BADAŃ I POMIARÓW ŁĄCZY TELEGRAFICZNYCH,
ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM SYSTEMÓW TRANSMISYJNYCH
Z PODZIAŁEM CZASOWYM



Warszawa 1989

621.317 : : 621.394

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

KOŁO ZAKŁADOWE STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

REFERATY PROBLEMOWE

Zeszyt 97

Mirosław Radziwanowski

METODY BADAŃ I POMIARÓW ŁĄCZY TELEGRAFICZNYCH,
ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM SYSTEMÓW TRANSMISYJNYCH
Z PODZIAŁEM CZASOWYM

Warszawa 1989

5-10028

Zespół Redakcyjny:

doc. dr inż. Stanisław Sońta, mgr inż. Andrzej Stągrowski

mgr inż. Krystyna Frączek

Opracował:

mgr inż. Mirosław Radziwanowski

Zakład Telegrafii /Z-13/

Instytut Łączności O/Gdańsk

80-252 Gdańsk, ul. Jaśkowa Dolina 15 tel. 41-80-91 w.219

Praca 5/Z-13/2

BIBLIOTEKA
Instytutu Łączności
nr 5-10028

Opiniował: mgr inż. Hieronim Stefański

Maszynopis dostarczono dnia 1989.09.05

W artykule przedstawiono pojęcia i definicje oraz metody pomiarowe, stosowane w miernictwie telegraficznym. Omówiono zagadnienia pomiarów zniekształceń telegraficznych i stopy błędów w systemach transmisyjnych z podziałem czasowym.

Redaktor: mgr Krystyna Juszkiewicz

Montaż tekstu: Barbara Skwara

Wpłynęło do Działu Wydawniczego Instytutu Łączności
w Warszawie, ul. Szachowa 1 dnia 1989.11.08.

Nakład 70 egz.

METODY BADAŃ I POMIARÓW ŁĄCZY TELEGRAFICZNYCH,
ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM SYSTEMÓW TRANSMISYJNYCH
Z PODZIAŁEM CZASOWYM

SPIS TREŚCI

	Str.
1. Wprowadzenie	1
2. Charakterystyka telegraficznych urządzeń transmisyjnych wykorzystujących czasowy podział kanału podkładowego	2
2.1. Urządzenia telegrafii wielokrotnej niezależne od kodu i szybkości modulacji	2
2.2. Urządzenia telegrafii wielokrotnej kodowo i szybkościowo zależne	6
3. Pomiarы zniekształceń telegraficznych	9
3.1. Podstawowe pojęcia i definicje	9
3.2. Metody pomiarowe	16
3.3. Badania automatyczne łączy telegraficznych	22
4. Pomiarы stopy błędów	24
4.1. Podstawowe pojęcia i definicje	24
4.2. Metody pomiarowe	27
5. Zakończenie	31
Wykaz literatury	32

METODY BADAŃ I POMIARÓW ŁĄCZY TELEGRAFICZNYCH,
ZE SZCZEGÓLNYM UWZGLĘDNIENIEM SYSTEMÓW TRANSMISYJNYCH
Z PODZIAŁEM CZASOWYM

1. WPROWADZENIE

Ostatnie lata charakteryzują się szybkim rozwojem telegraficznych urządzeń transmisyjnych, wykorzystujących czasowy podział kanału podkładowego.

Urządzenia takie, konstruowane na podstawie najnowszych osiągnięć techniki cyfrowej, cechuje niezawodność, wysoka jakość i duża stabilność parametrów transmisyjnych realizowanych kanałów telegraficznych. Kanały tego typu coraz szerzej zaczynają się pojawiać również w krajowej sieci telegraficznej, dzięki opracowaniu i wdrożeniu do produkcji urządzeń typu TgC-240 i TgC-46.

Specyficzne właściwości takich kanałów, jak również łączy, w skład których mogą one wchodzić, stwarzają potrzebę nowego spojrzenia na dotychczasowe metody i urządzenia pomiarowe, wykorzystywane do oceny jakości transmisji telegraficznej. Opracowanie stanowi próbę takiego spojrzenia z uwzględnieniem prac IX Komisji Studiów CCITT.

2. CHARAKTERYSTYKA TELEGRAFICZNYCH URZĄDZEŃ TRANSMISYJNYCH
WYKORZYSTUJĄCYCH CZASOWY PODZIAŁ KANAŁU PODKŁADOWEGO

Urządzenia telegrafii wielokrotnej z podziałem czasowym, zwane zgodnie z terminologią CCITT muldeksami, podzielić można na dwa zasadnicze typy:

- urządzenia niezależne od kodu i szybkości modulacji,
- urządzenia kodowo i szybkościowo zależne.

Podział ten różnicuje urządzenia ze względu na sposób zamiany anizochronicznych sygnałów wejściowych na synchroniczny

strumień bitów, podlegający transmisji przez cyfrowe łącze podkładowe. Możliwe jest również wykorzystywanie tych samych urządzeń do realizacji kanałów obu wymienionych typów. Urządzenia takie zwane są hybrydowymi.

Normalizacją tego typu urządzeń zajmuje się IX Komisja Studiów CCITT od 1976 r., opracowując kolejno Zalecenia:

- R.111 "Niezależny od kodu i szybkości modulacji system z podziałem czasowym dla anizochronicznej transmisji telegraficznej i transmisji danych".
- R.101 "Zależny od kodu i szybkości modulacji system z podziałem czasowym dla anizochronicznej transmisji telegraficznej i transmisji danych, wykorzystujący przeplatanie bitów".
- R.112 "Hybrydowy system z podziałem czasowym dla anizochronicznej transmisji telegraficznej i transmisji danych, wykorzystujący przeplatanie bitów".
- R.102 "Zależny od kodu i szybkości hybrydowy system z podziałem czasowym, pracujący z szybkością 4800 bit/s, dla anizochronicznej transmisji telegraficznej i transmisji danych, wykorzystujący przeplatanie bitów".

2.1. Urządzenia telegrafii wielokrotnej niezależne od kodu i szybkości modulacji

Niezależne od kodu i szybkości modulacji, transmisyjne urządzenia wielokrotne normalizuje Zalecenie CCITT R.111. Urządzenia pracujące na podstawie tego Zalecenia wykorzystują łącze podkładowe o przepływności binarnej 64 kbit/s.

Urządzenia te wytwarzają zbiorczy sygnał cyfrowy 64 kbit/s, składający się ze strumienia bitów informacyjnych 60 kbit/s i strumienia bitów służbowych 4 kbit/s. Zbiorczy sygnał cyfrowy formowany jest w postaci 256 bitowej ramki zawierającej 240 bitów informacyjnych i 16 równomiernie rozłożonych bitów służbowych.

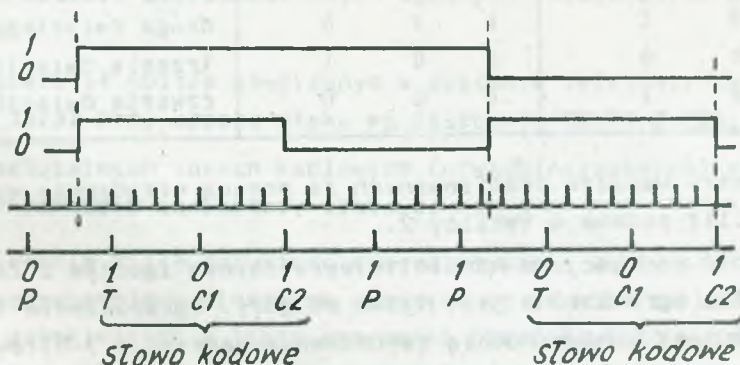
Pierwszych 12 bitów służbowych stanowi wzór synchronizacji ramki w postaci:

101001010101

Jako kryterium prawidłowego fazowania ramki przyjęto poprawne odebranie trzech kolejnych wzorów synchronizacji; odebranie trzech kolejnych błędnych wzorów synchronizacji traktowane jest jako utrata fazowania ramki.

Bit'y informacyjne wykorzystywane są dla tworzenia synchronicznych podkanałów 250 bit/s, 500 bit/s lub 1000 bit/s, odpowiadających jednemu, dwóm lub czterem bitom równomiernie rozłożonym w ramce.

Wykorzystanie takich synchronicznych podkanałów dla przekazywania sygnałów telegraficznych lub sygnałów anizochronicznej transmisji danych, możliwe jest dzięki zastosowaniu specjalnej metody kodowania. Metoda ta, zwana metodą pływającego indeksu z potwierdzeniem, polega na kodowaniu informacji o zmianie stanu w sygnale telegraficznym oraz o momencie wystąpienia tej zmiany na skali czasu (rys. 1).



Rys. 1. Proces kodowania zmiany stanu w sygnale telegraficznym wg zalecenia CCITT R.111

Anizochroniczny sygnał telegraficzny poddawany jest procesowi próbkowania. Ciąg impulsów próbkujących podzielony jest na

grupy po 4 impulsy. Każda zmiana stanu w próbkowanym sygnale powoduje generację słowa kodowego, składającego się z 3 bitów, nadawanego z szybkością 1 bitu na grupę 4 próbek.

Pierwszy bit słowa kodowego T informuje o wystąpieniu zmiany stanu, dwa następne C₁ i C₂ przedstawiają w kodzie binarnym pozycję zmiany stanu w grupie 4 impulsów próbkujących.

Słowo kodowe uzupełniane jest następnie bitami P, potwierdzającymi stan sygnału telegraficznego aż do momentu wystąpienia następnej zmiany stanu.

Tablica 1 przedstawia regułę wytworzenia słów kodowych, która minimalizuje skutki przekłamania pojedynczego bitu w procesie transmisyjnym.

Tablica 1

Słowo kodowe dla przejścia z 1 na 0 w sygnale anizochronicznym			Słowo kodowe dla przejścia z 0 na 1 w sygnale anizochronicznym			Położenie przejścia w grupie 4 impulsów próbkujących
T	C ₁	C ₂	T	C ₁	C ₂	
0	0	0	1	1	1	pierwsza ćwiartka
0	0	1	1	1	0	druga ćwiartka
0	1	0	1	0	1	trzecia ćwiartka
0	1	1	1	0	0	czwarta ćwiartka

Parametry kanałów realizowanych za pomocą urządzenia wg Zalecenia R.111 podano w tablicy 2.

Szybkość modulacji w kanale telegraficznym zgodnym z Zaleceniem R.111 ograniczona jest tylko od góry. Ograniczenie to spowodowane jest koniecznością zakończenia generacji 3-bitowego słowa kodowego przed wystąpieniem następnej zmiany stanu.

Teoretyczna maksymalna szybkość modulacji równa jest 1/3 szybkości podkanału synchronicznego, w którym transmitowane są słowa kodowe. Np. dla 50 Bd

$$V_{\max} = 1/3 \cdot 250 \text{ bit/s} = 83 \text{ bit/s}$$

Tablica 2

Nominalna szybkość modulacji	Maks.wartość zniekształ- ceń izochro- nicznych wynikająca z próbkowa- nia	Teoretyczna maks.szyb- kość modu- lacji	Przepływność binarna pod- kanału syn- chronicznego	Czas trwania naj- krót- szego przeno- szonego impulsu	Maksymalna liczba realizowa- nych kanałów
[body]	[%]	[body]	[bit/s]	[ms]	
50	5	83	250	4	240
50	2,5	167	500	2	120
100	5	167	500	2	120
100	2,5	333	1000	1	60
200	5	333	1000	1	60
300	7,5	333	1000	1	60

Cyfrowe łącze podkładowe 64 kbit/s dla urządzeń tego typu może być realizowane:

- w pasmie podstawowej grupy pierwotnej 60-108 kHz z wykorzystaniem modemów szerokopasmowych zgodnych z Zaleceniem CCITT V.36;
- w kanale 64 kbit/s utworzonym w systemie telefonii cyfrowej PCM 30/32 przy użyciu styku wg Zalecenia CCITT G.732;
- na naturalnych torach kablowych (niepupinizowanych) poprzez synchroniczne konwertery liniowe.

Zalecenie R.111 dopuszcza wykorzystywanie łączy podkładowych o przepływnościach binarnych niższych od 64 kbit/s. Liczbę kanałów uzyskiwanych w takim przypadku przedstawiono w tablicy 3.

Kodowo niezależne kanały mogą być również realizowane przy użyciu urządzeń hybrydowych zgodnych z Zaleceniem R.112.

Charakterystyczne parametry takich kanałów, w przypadku wykorzystywania łącza podkładowego o szybkości 2400 bit/s, przedstawiono w tablicy 4.

Tablica 3

Nomin. szybkość modulacji [body]	Maks.wartość zniekształceń izochronicznych [%]	Maksymalna liczba realizowanych kanałów dla szybkości		
		9,6 kbit/s	4,8 kbit/s	2,4 kbit/s
50	5	32	16	8
50	2,5	16	8	4
100	5	16	8	4
100	2,5	8	4	2
200	5	8	4	2
300	7,5	8	4	2

Tablica 4

Nominalna szybkość modulacji [body]	Maksymalna wartość zniekształcenia izochroniczn. [%]	Teoretyczna maksymalna szybkość modulacji [body]	Przepływność binarna podkanału synchr. [bit/s]	Czas trwania najkrótszego przeniesionego impulsu [ms]	Maksymalna liczba kanałów
50	8,3	51,06	153,2	6,5	15
100	8,3	102,12	306,4	3,25	7

2.2. Urządzenia telegrafii wielokrotnej kodowo i szybkościowo zależne

Zależne od kodu i szybkości modulacji urządzenia zwielokrotniające umożliwiają najbardziej efektywne wykorzystywanie łącza podkładowego dzięki temu, że każdy element znaku telegraficznego jest przekazywany w sygnale zbiorczym w postaci tylko jednego bitu.

Przyjęcie takiej metody, zgodnie z Zaleceniem CCITT R.101, umożliwia realizację w pasmie kanału telefonicznego 300-3400 Hz

46 kanałów 50-bodowych, tj. blisko dwa razy więcej niż w systemach analogowych.

Urządzenie wg Zalecenia CCITT R.101, przeznaczone jest do przekazywania sygnałów telegraficznych lub anizochronicznych sygnałów transmisji danych o szybkościach modulacji 50, 75, 100, 150, 200 lub 300 bodów; możliwe jest stosowanie struktury znaków 7,5; 10 lub 11-elementowej.

Tablica 5 przedstawia możliwości transmisyjne takiego systemu w przypadku jednorodnej konfiguracji.

Tablica 5

Szybkość modulacji [body]	Struktura znaku		Liczba kanałów (jednorodna konfiguracja)
	Długość znaku [elementy]	Długość "stopu" [elementy]	
50	7,5	1,5	46
75	7,5	1,5	30
100	7,5	1,5	22
100	10	1	22
150	10	1	15
200	7,5	1,5	10
200	10	1	10
200	11	2	10
300	10	1	7
300	11	2	7

Dzięki zastosowaniu procesu regeneracji, urządzenie umożliwia przekazywanie sygnałów, których stopień zniekształcenia arytmicznego na wejściu kanałowym nie przekracza 40%. Wartość zniekształcenia sygnałów odtworzonych na wyjściu kanałowym jest mniejsza od 3% dla wszystkich szybkości modulacji.

Znaki telegraficzne na wyjściu kanałowym urządzenia posiadają praktycznie nominalną szybkość modulacji, a minimalna długość elementu "stop" wynosi: 1,25 ϵ dla znaków 7,5-elementowych, 0,8 ϵ dla znaków 10-elementowych i 1,8 przy 11-elementowej strukturze znaku (ϵ - odstęp jednostkowy modulacji).

Urządzenie przystosowane jest do przenoszenia przebiegów sygnalizacji typu A, B, C i D, przy czym dla sygnalizacji typu B zastosowano specjalną procedurę regeneracji sygnałów tarczy numerowej.

Oparcie koncepcji urządzenia na zasadzie, że każdy element znaku telegraficznego transmitowany jest jako tylko jeden bit, wymaga zastosowania procesu regeneracji.

Regeneracja polega na próbkowaniu każdego elementu znaku telegraficznego w jego nominalnym środku, w celu wprowadzenia go w formie pojedynczego bitu do sygnału zbiorczego. Zbiorczy sygnał zwielokrotniony czasowo transmitowany jest następnie z szybkością 2400 bit/s.

Podstawowa podramka systemu obejmuje 47 bitów, z czego wynika szybkość powtarzania bitów przeznaczonych dla pojedynczego kanału 50 bodowego:

$$2400 \text{ bit/s} : 47 = 51,06 \text{ bit/s}$$

Ta "nadwyżka" szybkości powtarzania podramki umożliwia przekazywanie znaków telegraficznych o szybkości modulacji wyższej od szybkości nominalnej o około 2%. Zregenerowane sygnały o nominalnej szybkości modulacji, przed wprowadzeniem do ramki, muszą być poddane dodatkowo procesowi adaptacji szybkości. Adaptacja szybkości realizowana jest na zasadzie dopełniania elementu "stop", tzn. różnice szybkości pomiędzy sygnałami wejściowymi i ich odpowiednikami w sygnale zbiorczym są wyrównywane przez dodawanie dodatkowych bitów reprezentujących elementy "stop".

W części odbiorczej urządzenia dokonywane jest wydzielenie z sygnału zbiorczego informacji, dotyczących poszczególnych kanałów telegraficznych, przywrócenie odtwarzanym znakom nominalnej szybkości modulacji i normalizacja długości elementu "stop".

Dla tworzenia kanałów o szybkości modulacji wyższej od 50 bodów wykorzystuje się szczeliny czasowe w ramce, powtarzające się proporcjonalnie częściej, przy czym przyjmuje się regułę, że:

2 kanały 75 bodowe zastępują 3 kanały 50 bodowe

- 1 kanał 100 bodowy zastępuje 2 kanały 50 bodowe
- 1 kanał 150 bodowy zastępuje 3 kanały 50 bodowe
- 1 kanał 200 bodowy zastępuje 4 kanały 50 bodowe
- 1 kanał 300 bodowy zastępuje 6 kanałów 50 bodowych.

Zastosowana w urządzeniu struktura ramki oparta jest na zwielokrotnieniu czasowym wykorzystującym przeplatanie bitów, które pozwala na uzyskanie niewielkiego opóźnienia transmisyjnego.

Zbiorczy sygnał 2400 bit/s uformowany jest w postaci ramki podstawowej składającej się z dwóch kolejnych podramek zawierających 47 bitów.

46 bitów w podramce przeznaczonych jest dla przekazywania informacji, natomiast jeden bit służy dla przenoszenia wzoru synchronizacji ramki.

Zalecenie CCITT R.102 normalizuje muldeks, który jest jakby podwojeniem urządzenia wg R.101. Wykorzystując łącze podkładowe o przepływności binarnej 4800 bit/s umożliwia on utworzenie dwa razy większej liczby kanałów o takich samych parametrach.

Urządzenie wg R.102 pozwala również na organizację w ograniczonym zakresie kanałów kodowoniezależnych, których parametry zgodne są z Zaleceniem R.112.

3. POMIARY ZNIEKSZTAŁCENÍ TELEGRAFICZNYCH

3.1. Podstawowe pojęcia i definicje

Pomiary zniekształceń telegraficznych stanowią w chwili obecnej najczęściej stosowaną metodę oceny stopnia skażenia sygnałów telegraficznych przekazywanych poprzez różnego rodzaju łącza (zestawy łączy). Skażenia sygnałów spowodowane mogą być zarówno niewłaściwymi parametrami drogi przesyłowej, jak również na skutek oddziaływania obcych źródeł energii na drogę przesyłową.

Pojęcie zniekształceń telegraficznych obejmuje ocenę wpływu tego typu skażeń na parametry czasowe sygnałów telegraficznych.

Zagadnieniem zniekształceń telegraficznych od wielu lat zajmuje się IX Komisja Studiów CCITT. W wyniku prowadzonych studiów i międzynarodowej wymiany doświadczeń opracowano szereg Zaleceń, dotyczących definicji sygnałów i tekstów pomiarowych, metod badaniowych i dopuszczalnych wartości zniekształceń.

Zasadniczym terminem dotyczącym parametrów czasowych sygnału telegraficznego jest pojęcie zniekształcenia indywidualnego.

"Stopień zniekształcenia indywidualnego (określonego momentu znamionowego sygnału), jest to stosunek algebraicznej wartości przesunięcia w czasie danego momentu znamionowego od odpowiadającego mu momentu idealnego, do ustalonej wartości odstępów jednostkowego".

Ze względu na dużą złożoność problemu, wprowadzono klasyfikację zniekształceń telegraficznych zarówno pod kątem stosowanych sygnałów pomiarowych, jak również typu zniekształceń i przyczyn ich powstawania.

Pierwsze kryterium podziału określa dwa rodzaje zniekształceń:

- zniekształcenia izochroniczne,
- zniekształcenia arytmiczne.

Zgodnie z drugim kryterium podziału, można rozróżnić zniekształcenia:

- jednostronne,
- właściwe (charakterystyczne),
- przypadkowe.

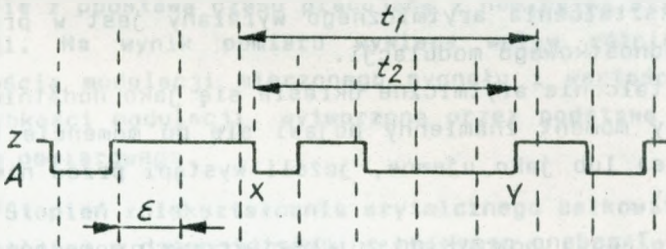
Pojęcie zniekształceń izochronicznych dotyczy wyłącznie pomiarów przy użyciu sygnałów, w których idealne momenty znamienne występują w odstępach czasowych będących całkowitą wielokrotnością odstępów jednostkowego.

"Stopień zniekształcenia izochronicznego jest to wartość bezwzględna, odniesiona do średniej długości odstępu jednostkowego, największej zmierzonej różnicy pomiędzy rzeczywistym i teoretycznym odstępem oddzielającym dwa dowolne momenty znamienne, przy czym odstępy te nie muszą występować kolejno jeden za drugim".

Według innej definicji jest to: "algebraiczna różnica pomiędzy największą i najmniejszą wartością stopnia zniekształcenia indywidualnego momentów znamiennych sygnału izochronicznego".

Stopień zniekształcenia izochronicznego wyrażany jest w procentach odstępu jednostkowego, a wynik pomiaru powinien być uzupełniony informacją o okresie obserwacji.

Na rys. 2 przedstawiono fragment zniekształconego sygnału na tle idealnych (teoretycznych) momentów znamiennych oznaczonych liniami przerywanymi.



Rys. 2. Przykład określania stopnia zniekształceń izochronicznych

t_1 - odstęp pomiędzy odpowiednimi momentami teoretycznymi, t_2 - odstęp pomiędzy momentami rzeczywistymi X i Y, ϵ - odstęp jednostkowy modulacji telegraficznej.

Zgodnie z definicją - stopień zniekształcenia izochronicznego tego przykładu przedstawionego na rys. 2 wynosi:

$$\sigma_1 = \frac{(t_1 - t_2)}{\epsilon} \cdot 100\%$$

Pojęcie zniekształceń arytmicznych dotyczy systemów pracujących metodą start-stopową, w której moment znamieny startowy stanowi odniesienie dla wszystkich pozostałych momentów znamienych znaku.

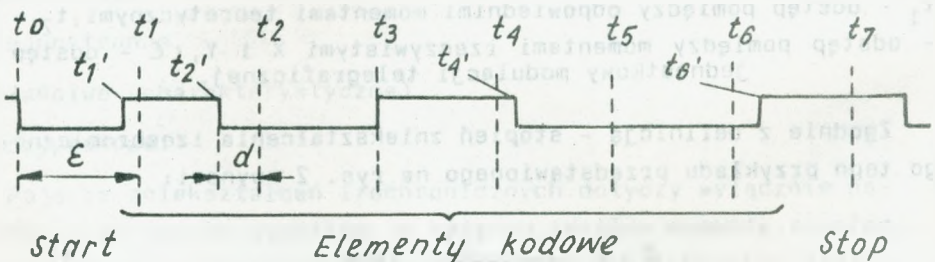
"Stopień zniekształcenia arytmicznego jest to wartość bezwzględna, odniesiona do długości odstępu jednostkowego, największej zmierzonej różnicy pomiędzy rzeczywistym i teoretycznym odstępem oddzielającym dowolny moment znamieny od momentu znamienego bezpośrednio poprzedzającego go elementu startowego".

Według innej definicji jest to: "największa wartość bezwzględna stopnia zniekształcenia indywidualnego momentów znamienych sygnału start-stopowego, który otrzymuje się w ciągu ustalonego przedziału czasu".

Podobnie jak w przypadku zniekształceń izochronicznych, stopień zniekształcenia arytmicznego wyrażany jest w procentach odstępu jednostkowego modulacji.

Zniekształcenia arytmiczne określa się jako dodatnie, jeżeli rzeczywisty moment znamieny pojawi się po momencie idealnym (opóźnienie) lub jako ujemne, jeżeli wystąpi przed nim (przyspieszenie).

Na rys. 3 podano przykład zniekształconych momentów znamienych odtworzenia na tle momentów idealnych znaku start-stopowego.



Rys. 3. Przykład określania stopnia zniekształceń arytmicznych

Jak widać, zniekształcenia indywidualne poszczególnych momentów znamienych przyjmują różne wartości:

$$(t'_1 - t_1), (t'_2 - t_2), (t'_4 - t_4), (t'_6 - t_6)$$

Stopień zniekształcenia arytmicznego, zgodnie z przytoczoną wyżej definicją, można określić jako stosunek największej zmierzony wartości $d = (t'_2 - t_2)$ do długości odstępu jednostkowego \mathcal{E} :

$$\sigma_a = \frac{d}{\mathcal{E}} \quad 100\% = \frac{t'_2 - t_2}{\mathcal{E}} \quad 100\%$$

W zależności od rzeczywistej wartości przyjmowanej jako odstęp jednostkowy \mathcal{E} , rozróżniamy zniekształcenia arytmiczne całkowite i zniekształcenia arytmiczne przy synchronizmie.

Zniekształcenia arytmiczne całkowite mierzone są przez porównanie z podstawą czasu pracującą z nominalną szybkością modulacji. Na wynik pomiaru wywiera wpływ różnica pomiędzy szybkością modulacji mierzonego sygnału i wartością nominalną szybkości modulacji, wytworzoną przez podstawę czasu urządzenia pomiarowego.

"Stopień zniekształcenia arytmicznego całkowitego jest to stopień zniekształcenia arytmicznego określony w warunkach, w których założony odstęp jednostkowy odpowiada dokładnie nominalnej szybkości modulacji".

Zniekształcenia arytmiczne przy synchronizmie nie uwzględniają wspomnianego wyżej wpływu różnicy pomiędzy szybkością modulacji sygnału mierzonego i przyrządu pomiarowego. Podstawa czasu miernika zniekształceń musi w tym przypadku adoptować się do średniej szybkości modulacji sygnału mierzonego.

"Stopień zniekształcenia arytmicznego przy synchronizmie jest to stopień zniekształcenia arytmicznego określony w warunkach, w których założony odstęp jednostkowy odpowiada faktycznej średniej szybkości modulacji".

Dla określenia faktycznej średniej szybkości modulacji uwzględnia się tylko te momenty znamienne, które odpowiadają zmianom stanu o takim charakterze, jak występująca na początku elementu startowego.

Do szczegółowej analizy przyczyn występowania zniekształceń, bardzo istotny jest ich podział na poszczególne typy. Jak wspomniano wcześniej, można rozróżnić zniekształcenia jednostronne, właściwe i przypadkowe. Zniekształcenia te występują zwykle w powiązaniu ze sobą, aczkolwiek każde z nich może być indywidualnie związane z określonym łączem lub wyposażeniem.

Zniekształcenia jednostronne spowodowane są pewnym uprzywilejowaniem jednego z dwóch stanów znamienych, co odpowiada wydłużeniu elementów stanu "Z" lub stanu "A". Przyczyną zniekształceń tego typu jest zazwyczaj asymetria w wyposażeniu nadawczym lub odbiorczym, np. niewłaściwe ustawienie przekątnika nadawczego lub wartości progowej w odbiorniku, asymetria napięć baterii telegraficznej $+U_B$, $-U_B$, prądy upływu lub efekt histerezy.

"Zniekształcenia jednostronne są to zniekształcenia telegraficzne wpływające na dwustanowy sygnał telegraficzny wówczas, gdy średni stopień zniekształcenia indywidualnego jest różny dla obu kierunków zmian stanu".

Zniekształcenia właściwe, zwane również charakterystycznymi, spowodowane są występowaniem stanów przejściowych w kanałach transmisyjnych, a także właściwościami wyposażenia transmisyjnego, np. parametrami kabli, filtrów i układów automatycznej regulacji poziomu w krotnicach telegraficznych itp.

"Zniekształcenia właściwe są to zniekształcenia telegraficzne spowodowane stanami przejściowymi, występującymi przy przechodzeniu sygnału przez kanał transmisyjny o ustalonej charakterystyce".

Zniekształcenia właściwe są funkcją formy sygnału wejściowego.

Zniekształcenia przypadkowe powodowane są różnymi przypadkowymi przyczynami, np. mechanicznymi niedoskonałościami nadajni-

ka, wpływem sieci elektroenergetycznych, przesłuchów z łączy telegraficznych lub telefonicznych itp.

"Zniekształcenia przypadkowe są to zniekształcenia telegraficzne powstające w wyniku przypadkowych zdarzeń, wywierających wpływ na kanał lub wyposażenie w taki sposób, że stopień indywidualnego zniekształcenia dowolnego momentu znamionowego okazuje się niemożliwym do przewidzenia".

O zniekształceniach przypadkowych można mówić wyłącznie w powiązaniu z prawdopodobieństwem pojawienia się maksymalnej wartości zniekształceń.

Zniekształcenia ciągu sygnałów telegraficznych określa się na podstawie pomiaru największej wartości zniekształceń wszystkich indywidualnych momentów znamionowych. Jeżeli jednak w czasie stosunkowo krótkiego okresu obserwacji wystąpi szczytowa wartość zniekształcenia, uznanie jej za reprezentatywny wynik pomiaru nie byłoby postępowaniem właściwym. Trudno bowiem opierać jakiegokolwiek obliczenia na wartości zniekształceń, która występuje na tyle rzadko, że nie oddziałuje znacząco na stopę błędów. Z tych powodów CCITT wprowadziło pojęcie umownego stopnia zniekształcenia (Zalecenie R.54 i R.55).

"Umowny stopień zniekształcenia jest to stopień zniekształcenia indywidualnego, prawdopodobieństwo przekroczenia którego jest bardzo małe w ciągu długiego okresu obserwacji".

Wyznaczono wartość tego prawdopodobieństwa jako 1 na 100000, tzn. jedno wystąpienie przekroczenia umownego stopnia zniekształcenia na 100000 momentów znamionowych modulacji.

Z pojęciem zniekształceń telegraficznych ściśle związane jest pojęcie marży odbiornika telegraficznego, zwanej także zdolnością poprawiania.

"Marża aparatu telegraficznego-arytmicznego jest to największa wartość stopnia całkowitego zniekształcenia arytmicznego, przy którym zapewniony jest prawidłowy odbiór

wszystkich znaków, pojawiających się pojedynczo lub z maksymalną szybkością powtarzania, odpowiadającą standardowej szybkości modulacji".

Marża przy synchronizmie określona jest w warunkach, w których szybkość modulacji sygnałów pomiarowych dostosowana jest do najbardziej korzystnych parametrów czasowych odbiornika.

Wprowadzono także inne pojęcia marży:

- marży teoretycznej - obliczonej na etapie projektowania sprzętu przy założeniu, że będzie on pracował w idealnych warunkach;
- marży rzeczywistej - określonej w naturalnych warunkach eksploatacji;
- marży nominalnej - określonej w standardowych warunkach eksploatacji i regulacji;
- marży czystej - mierzonej przy nominalnej szybkości modulacji na wejściu aparatu.

Zgodnie z Zaleceniem S.3 marża odbiornika aparatu dalekopisowego powinna być nie mniejsza od 40%, z zaznaczeniem, że w eksploatacji znajdują się urządzenia starszego typu, dla których dopuszczalna marża wynosi 35%.

Aparat dalekopisowy wyposażony w modem abonencki powinien mieć również marżę nie mniejszą od 35%, przy szybkościach modulacji 50 i 75 bodów.

3.2. Metody pomiarowe

Wykorzystanie przedstawionych wcześniej różnorodnych typów zniekształceń do oceny jakości połączeń telegraficznych, wymagało określenia metod pomiarowych oraz znormalizowania sygnałów i tekstów badaniowych.

CCITT zaleca zarówno pomiar zniekształceń izochronicznych, jak i arytmicznych. Różnica pomiędzy tymi dwiema metodami polega na zastosowaniu odmiennej struktury sygnałów badaniowych.

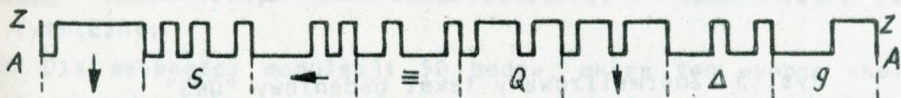
Pomiary izochroniczne stosowane są głównie dla testowania telegraficznych dróg transmisyjnych, wykorzystujących kanały kodowonieależne.

Do sprawdzania jakości całego połączenia telegraficznego preferowane są pomiary zniekształceń arytmicznych. Pomiary takie mogą być prowadzone w normalnych warunkach eksploatacyjnych i umożliwiają ciągły nadzór połączenia.

W celu umożliwienia jednoznacznego określenia wartości zniekształceń, pozwalającego na porównywanie rezultatów pomiarów uzyskiwanych w takich samych warunkach w różnych miejscach, CCITT normalizuje teksty i sygnały badaniowe.

Zalecenie R.51 przedstawia uniwersalny tekst badaniowy, który może być stosowany zarówno przy pomiarach arytmicznych, jak i izochronicznych. Tekst ten nazywany jest "Q9S", gdyż w takiej postaci drukowany jest on na dalekopisie.

Dla umożliwienia pomiarów obu rodzajów zniekształceń, sygnały tekstu muszą mieć strukturę start-stopową pozwalającą na ciągłe nadawanie, i posiadać jednoelementowy sygnał "stop" (rys. 4).



Rys. 4. Znormalizowany tekst badaniowy "Q9S"

Znaki wchodzące w skład tekstu "Q9S" wybrane zostały w taki sposób, aby uzyskać możliwie nieregularny rozkład momentów znamienych. Posiada on jednocześnie równą liczbę elementów stanu A i stanu Z w celu łatwego wykrycia zniekształceń jednostronnych i zawiera kombinacje elementów najbardziej podatne na zniekształcenie.

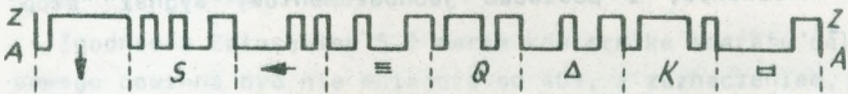
Zalecenie R.51 normalizuje również sygnały badaniowe:

- "1:1" i "2:2" - stosowane głównie dla określenia zniekształceń jednostronnych i przypadkowych,
- "1:6" i "6:1" - wykorzystywane dla zniekształceń właściwych.

Znormalizowany tekst "Q9S" zachował swoją aktualność przez długie lata (jego pierwotna wersja zdefiniowana została w 1936 r. w Warszawie). Obarczony jest on jednak pewną wadą, która uniemożliwia wykorzystywanie go przy pomiarach kanałów kodowozależnych (np. wg Zalecenia R.101). Wadą tą jest jednoelementowy sygnał "stop", który powoduje przekroczenie dopuszczalnej szybkości znakowej dla tego typu kanałów.

Szybki rozwój urządzeń kodowozależnych spowodował konieczność normalizacji nowego krótkiego tekstu badaniowego, pozbawionego tej wady.

Zalecenie R.51 bis przedstawia taki tekst o nazwie "QKS", który posiada wszystkie zalety tekstu "Q9S", a jednocześnie generowany jest ze średnią szybkością znakową dopuszczalną dla urządzeń kodowozależnych. Uzyskano to dzięki wprowadzeniu w kolejnych znakach naprzemiennie pojedynczego i podwójnego elementu stop.



Rys. 5. Znormalizowany tekst badaniowy "QKS"

Do tekstu "QKS" mogą być wprowadzane zniekształcenia wzorcowe poprzez skracanie lub wydłużanie elementu startowego w kolejnych znakach. Pierwszy znak tekstu (kombinacja nr 29, LITERY) powinien mieć skrócony element startowy. Podczas wprowadzania zniekształceń, nominalna długość każdego znaku pozostanie niezmienną dzięki odpowiedniej zmianie długości elementu stopowego.

Jak już wspomniano, zalecaną metodą pomiarową dla oceny kodowozależnych kanałów telegrafii wielokrotnej jest pomiar zniekształceń izochronicznych. Zalecenie R.74 motywuje to faktem, że większość dużych stacji telegrafii wielokrotnej wyposażona jest w aparaturę pomiarową tego typu.

Pomiary zniekształceń izochronicznych powinny być przeprowadzone z wykorzystaniem nowego tekstu badaniowego "QKS".

Zalecenie R.74 dopuszcza jednocześnie, za dwustronnym porozumieniem, przeprowadzania pomiarów metodą arytmiczną, jeżeli obie współpracujące stacje taką aparaturę posiadają. CCITT zwraca również uwagę, że pomiar arytmiczny pozwala na bardziej kompleksową ocenę jakości transmisji start-stopowej. W związku z powyższym przy planowaniu i organizacji sieci należy postąpić się umownym stopniem zniekształcenia arytmicznego.

Należy zwrócić uwagę, że pomiar kanałów kodowozależnych możliwy jest wyłącznie przy użyciu mierników zniekształceń arytmicznych.

Zalecenie R.5 określa warunki obserwacji zalecane dla planowanych pomiarów zniekształceń. Stwierdza ono, że pomiary należy przeprowadzać przy nominalnych szybkościach modulacji 50, 75, 100 lub 200 bodów, w zależności od rodzaju badanego łącza. Badania powinny odbywać się z wykorzystaniem znormalizowanego tekstu wg Zalecenia R.51 bis. Nadajnik tego tekstu nie powinien wprowadzać zniekształceń własnych większych od 1%.

Zalecany minimalny czas obserwacji odpowiada 800 momentom znamionym modulacji telegraficznej, niezależnie od tego jakiego typu miernik jest wykorzystywany - izochroniczny czy arytmiczny.

Dla szybkości modulacji 50 bodów, okres ten wynosi około 30 sekund, przy pomiarach z inną szybkością modulacji czas badań powinien wynosić w przybliżeniu 20 sekund.

Podkreśla się, że w przypadku badania łączy zestawionych z połączonych szeregowo kanałów kodowoniezależnych, realizowanych przez muldeksy z podziałem czasowym, czas obserwacji powinien być dużo dłuższy niż dla kanałów analogowych.

Wynika to z faktu, że wartość zniekształceń wprowadzonych przez takie kanały nie sumują się w sposób algebraiczny przy ich połączeniu szeregowym.

Zalecenie S.3 przedstawia metodę pomiaru marży odbiorników start-stopowych, natomiast normalizacją tekstu badaniowego dla tych celów zajmuje się Zalecenie R.52.

Tekst taki powinien zawierać wszystkie znaki danego alfabetu, powinien być krótki (mieścić się w jednym wierszu), być łatwym do czytania i zrozumienia.

Zalecenie to stwierdza, że właściwie normalizacja takiego tekstu nie jest konieczna, tym niemniej dla alfabetu łacińskiego poleca wykorzystywanie jednego z dwóch poniższych tekstów: VOYEZ LE BRICK GEANT QUE J EXAMINE PRES DU WHARF

lub

THE QUICK BROWN FOX JUMPS OVER THE LAZY DOG.

W kraju stosowany jest następujący tekst do pomiaru marży: ICH DALEKOPIS FAŁSZUJE, GDY PRÓBY XQV NIE WYTRZYMUJE, 1234567890

Określenie wartości marży odbiornika wymaga przeprowadzenia dwóch pomiarów:

- a) sygnałem zniekształconym metodą skrócenia elementu startowego (przyspieszenie),
- b) sygnałem zniekształconym metodą wydłużenia elementu startowego (opóźnienie).

Za zmierzoną wartość marży uważa się stopień zniekształcenia arytmicznego, przy którym obserwuje się co najwyżej jeden błąd w całym tekście pomiarowym. Właściwym wynikiem pomiaru będzie mniejsza z dwóch wartości stopnia zniekształceń, uzyskanych w rezultacie dwóch pomiarów (metodą a i b).

Przedstawione metody eksploatacyjnych pomiarów zniekształceń odnoszą się zarówno do kanałów realizowanych metodą podziału częstotliwościowego jak i czasowego, dotyczą również łączny zestawianych z kanałów różnego typu.

Specyficzne cechy kanałów otrzymywanych za pomocą układów czasowych, spowodowały konieczność opracowania nowego uniwersalnego tekstu pomiarowego "QKS" (Zalecenie R.51 bis). Wprowadzenie tego tekstu jako obowiązującego przy pomiarach zniekształceń telegraficznych, pociągnęło za sobą konieczność poprawienia szeregu innych Zaleceń serii R (np. R.4, R.5, R.74, R.75, R.79, R.79 bis).

Należy zwrócić uwagę, na pewne charakterystyczne cechy zniekształceń wprowadzanych przez kanały realizowane metodą podziału czasowego.

W kanałach kodowoniezależnych największa wartość zniekształceń izochronicznych wynika z przyjętej częstotliwości próbkowania.

Dla określonej nominalnej szybkości modulacji V , maksymalna wartość zniekształceń izochronicznych wynosi:

$$\sigma_{\max} = \frac{V}{f_p} \cdot 100\%$$

gdzie:

f_p = częstotliwość impulsów próbkujących,

przy czym

$f_p = 4 \cdot B$ z zastosowaniem kodowania momentów znamiennych wg R.111,

gdzie:

B - przepływność binarna podkanału synchronicznego.

Przykładowo dla kanału o nominalnej szybkości modulacji $V = 50$ bodów i częstotliwości próbkowania $f_p = 1000$ Hz:

$$\sigma_{\max} = \frac{50}{1000} \cdot 100\% = 5\%$$

Wartość ta wynika z założonych właściwości urządzenia, nie zmienia się w procesie eksploatacji i nie podlega żadnym regulacjom.

Charakterystycznymi parametrami kanałów kodowoniezależnych, zgodnych z Zaleceniem R.111 są:

- maksymalna szybkość modulacji w danym kanale,
- czas trwania najkrótszego przesyłanego impulsu.

Parametry te powinny być przebadane na etapie oceny prototypu oraz po każdorazowej naprawie urządzenia i nie muszą podlegać okresowym pomiarom eksploatacyjnym.

W przypadku kanałów kodowozależnych opisane wcześniej metody zastosowane mogą być do pomiaru stopnia zniekształcenia arytmicznego na wyjściu odbiornika kanałowego i marży na wejściu nadajnika kanałowego. Podobnie jak w poprzednim przypadku, wartości te ustalane są na etapie projektowania sprzętu i nie podlegają fluktuacjom i regulacjom w czasie eksploatacji.

Jak wynika z przedstawionych rozważań, pomiary zniekształceń wprowadzanych przez kanały realizowane przy użyciu urządzeń z podziałem czasowym, pełnią rolę pomocniczą, mającą na celu głównie kontrolę bilansu zniekształceń w całym połączeniu telegraficznym.

Zasadniczym jednak środkiem oceny jakości takich kanałów powinien być pomiar stopy błędów.

3.3. Badania automatyczne łączy telegraficznych

Badania i pomiary profilaktyczne telegraficznych łączy międzycentralowych mają na celu wykrycie niesprawności, zanim spowodują one odczuwalne obniżenie jakości transmisji. Badania takie dotyczą bardzo dużej liczby łączy i w związku z tym są bardzo kosztowne i czasochłonne.

Z tych powodów CCITT zaleca przeprowadzanie badań automatycznych, które mogą być wykonywane szybko i pozwolą na wytypowanie łączy "wątpliwych". Zadania personelu technicznego mogą w takim przypadku zostać ograniczone wyłącznie do szczegółowych pomiarów takich łączy.

Badania automatyczne normalizowane były przez dwa zalecenia: R.79 (łącza bez regeneracji) i R.79 bis (łącza z regeneracją).

W roku 1988 na posiedzeniu plenarnym IX Komisji Studiów CCITT uzgodniono tekst nowego Zalecenia o tymczasowym oznaczeniu R.7X, które zastąpi dotychczasowe zalecenia R.79 i R.79 bis.

W przypadku łączy bez regeneracji przewiduje się wykonywanie jednoczesnych badań dwóch kierunków transmisji, co wymaga współpracy urządzeń badaniowych, zlokalizowanych na obu końcach mierzonego łącza.

Jedno z tych urządzeń, będące w stanie aktywnym, inicjuje badania; drugie będące w stanie pasywnym, współpracuje z nim.

Badania jakości transmisji polegają na pomiarze progowym stopnia zniekształcenia arytmicznego całkowitego, przeprowadzanym niezależnie dla każdego z torów łącza. Pomiary powinny być wykonywane z wykorzystaniem tekstu badaniowego wg Zalecenia R.51 bis ("QKS") lub wg R.51 ("Q9S").

Dopuszczalne wartości graniczne zniekształcenia arytmicznego, mierzonego przy znormalizowanym tekście określają Zalecenia R.57 i R.58. Wartości te wynoszą:

- a) 8% dla łączy w sieci komutowanej, składających się z jednego kanału telegrafii wielokrotnej;
- b) 13% dla łączy w sieci komutowanej, składających się z dwóch kanałów telegrafii wielokrotnej.

Dla badań automatycznych przyjęto wartość progową pomiaru zniekształceń odpowiednio 10% dla przypadku a) i 14% dla przypadku b).

Podczas seansu pomiarowego, urządzenia badaniowe wymieniają między sobą po 6 cykli tekstu "QKS" ("Q9S"). Łącze uważane jest za "wątpliwe", jeżeli podczas seansu pomiarowego wystąpiło więcej niż jedno przekroczenie wartości zniekształcenia.

Przewiduje się rejestrację wyłącznie negatywnych wyników badań, które w postaci specjalnego kodu określającego rodzaj niesprawności, drukowane są na dalekopisie stanowiska inicjującego pomiary.

Coraz szersze stosowanie w sieci telegraficznej procedury regeneracji przekazywanych sygnałów, związane głównie z pojawieniem się kodowozależnych muldeksów z podziałem czasowym oraz elektronicznych central telegraficznych, spowodowało konieczność znormalizowania metody badań automatycznych łączy z regeneracją. Zalecenie R.7X stwierdza, że oparcie badań tego typu łączy na pomiarze progowym zniekształceń telegraficznych byłoby niecelowe. Zamiast tego należy przeprowadzać ocenę jakości łączy poprzez kontrolę stopy błędów oraz ocenę możliwości komutacyjnych poprzez przeprowadzanie próby wywołania.

Zaleca się prowadzenie ciągłego nadzoru łączy poprzez: kontrolowanie bitów wzorem synchronizacji (zgodnie z Zaleceniem R.101) lub kontrolowanie bitów przekazywanych w specjalnym kanale służbowym utworzonym w muldeksie realizującym kanały telegraficzne.

Zalecenie normalizuje również dwie metody automatycznych badań kompletnych łączy, przeprowadzanych poza okresem największego ruchu.

Pierwsza metoda opiera się na automatycznym wywoływaniu kolejno poprzez wszystkie badane łączy, określonego urządzenia końcowego w przeciwległej centrali i sprawdzeniu jego znamienia.

Metoda druga zaleca przeprowadzenie badań automatycznych, zgodnie z ogólnymi regułami obowiązującymi dla łączy bez regeneracji, z tą różnicą, że zamiast pomiaru zniekształceń kontrolowana jest poprawność odbieranego tekstu. Wykorzystywany jest tekst "QKS" (tekst "Q9S" stosujący 150 ms średnią długość znaków), który powinien być nadawany przez okres jednej minuty. Jeżeli w tym czasie zostanie stwierdzony co najmniej jeden błąd, nadawanie tekstu powinno zostać powtórzone. W przypadku wystąpienia błędu również w drugim seansie tekstu, badane łączy zostaje zakwalifikowane jako wątpliwe.

W krajowej sieci telegraficznej wykorzystywane są urządzenia typu TAP-M do automatycznych pomiarów łączy międzycentralowych wykorzystujące znormalizowaną procedurę badań wg Zalecenia R.79.

Pracują również automaty badaniowe dla pomiaru łączy abonenckich TAP-A oraz urządzenia badaniowe uniwersalne TAP-U.

4. POMIARY STOPY BŁĘDÓW

4.1. Podstawowe pojęcia i definicje

Pojęcie zniekształceń telegraficznych odnosi się nie do wartości (stanów znamienych) przekazywanych elementów, ale wyłącznie do ich zależności czasowych. Dlatego pojęcie to ma sens

tylko w przypadku przesunięcia rzeczywistych momentów znamienych w stosunku do idealnych w granicach $\pm 50\%$ długości elementu jednostkowego.

Momenty znamienne obciążone zniekształceniem większym od 50% , byłyby nie do odróżnienia od sąsiednich momentów znamienych.

Jeżeli faktyczne przesunięcie czasowe momentu znamienego w stosunku do jego położenia teoretycznego, przekroczy 50% długości elementu jednostkowego, odbiornik zarejestruje nieprawidłowy stan znamieny elementu.

Odebranie elementu mającego niewłaściwy stan znamieny (A zamiast Z lub odwrotnie), jest określane jako błąd, a częstość występowania tego zjawiska jako wartość stopy błędów.

W praktyce błędy powstają przy przekroczeniu przez zniekształcenia telegraficzne wartości marży odbiornika, która może być niższa od wartości teoretycznej 50% . Dlatego tak ważnym zagadnieniem, podczas planowania i projektowania łączy telegraficznych, jest uwzględnienie bilansu zniekształceń wprowadzanych przez poszczególne odcinki łączy.

Przekroczenie dopuszczalnej wartości zniekształceń telegraficznych nie jest jedyną przyczyną powstawania błędów w sieci telegraficznej. Istotnym czynnikiem wywołującym błędy w procesie transmisyjnym są zakłócenia występujące w telefonicznych łączach podkładowych, wykorzystywanych przez urządzenia telegrafii wielokrotnej. Zakłócenia badań spowodowane są: szumem, zakłóceniami impulsowymi, nagłymi zmianami poziomu, nagłymi skokami fazy itp. przyczynami. Dotyczy to zarówno kanałów telegrafii wielokrotnej z podziałem częstotliwościowym, jak również kanałów utworzonych z wykorzystaniem podziału czasowego. W tym drugim przypadku błędy występujące w cyfrowym łączu podkładowym mają bezpośredni wpływ na jakość transmisji w kanale telegraficznym.

W telegrafii spotykamy się z pojęciem błędu elementowego i błędu znakowego.

Każdy błąd elementowy spowoduje w konsekwencji wystąpienie błędu znakowego. Pojedynczy błąd znakowy może być jednak wyni-

kiem nie tylko jednego, ale również większej liczby błędnych elementów w znaku.

W transmisji arytmicznej może wystąpić również zjawisko powielania błędów znakowych, spowodowane przekłamaniami elementu startowego lub stopowego. Zjawisko to spowodowane jest utratą przez odbiornik telegraficzny, synchronizacji start-stopowej, co w konsekwencji może doprowadzić do wystąpienia serii błędów znakowych, aż do momentu ponownego zsynchronizowania. W celu zminimalizowania skutków tego zjawiska, powszechnie stosowany jest wydłużony element stopowy (1,5 ξ).

Ponieważ stosowany w telegrafii Międzynarodowy Alfabet Nr 2 wykorzystuje równomierny kod pięcioelementowy (bez nadmiaru), każdy błędnie odebrany element spowoduje wydrukowanie przez dalekopis nieprawidłowego znaku.

Dla umożliwienia określenia parametrów jakościowych połączenia telegraficznego, wykorzystuje się pojęcie stopy błędów.

Zalecenie CCITT R.2 wprowadza dwa określenia:

- elementowa stopa błędów,
- elementowa stopa błędów odniesiona do elementów jednostkowych.

Te dwa pojęcia są równoważne dla ciągu sygnałów izochronicznych, natomiast różnią się dla ciągu start-stopowych sygnałów. W ciągu sygnałów start-stopowych mogą bowiem występować elementy, których długość jest różna od długości elementu jednostkowego (np. element stopowy).

Definicja elementowej stopy błędów jest identyczna dla obu przypadków.

"Elementową stopą błędów nazywamy stosunek liczby nieprawidłowo odebranych elementów do liczby elementów nadanych".

Zalecenie R.2 informuje jednocześnie, że w przypadku rozpatrywania ciągów sygnałów start-stopowych, należy posługiwać się pojęciem "znakowej stopy błędów".

Zgodnie z definicją CCITT:

"Znakową stopą błędów nazywamy stosunek liczby nieprawidłowo odebranych znaków w informacji do całkowitej liczby znaków w informacji".

Definicja ta uzupełniona jest dwiema uwagami:

- a) stopa błędów połączenia telegraficznego może mieć różną wartość dla obu kierunków transmisji;
- b) informacja o stopie błędów powinna być uzupełniona określeniem okresu obserwacji, zazwyczaj ograniczonego.

Przy zestawianiu połączenia na dostatecznie długi czas można rozpatrywać prawdopodobieństwo przekroczenia zadanej wartości stopy błędów.

Dopuszczalną wartość znakowej stopy błędów połączenia telegraficznego określa Zalecenie CCITT F.10 zgodnie, z którym dla połączeń telegraficznych wykorzystywanych w sieci telegramowej i teleksowej oraz sieci łączy trwałych, pracujących metodą start-stopową, kodem 5-elementowym, przy szybkości modulacji 50 bodów, maksymalna dopuszczalna wartość stopy błędów wynosi 3 na 100000 przesyłanych znaków.

Zalecenie R.54 rozdziela te 3 błędy pomiędzy aparaty końcowe i drogi transmisyjne, dochodząc do wniosku, że tylko 1 błąd na 100000 znaków może być spowodowany szumem i przerwami w łączach telefonicznych wykorzystywanych jako łącza podkładowe dla systemów telegraficznych.

4.2. Metody pomiarowe

Metody pomiarowe stopy błędów nie zostały tak dokładnie opracowane przez CCITT i tak szeroko rozpowszechnione w praktyce pomiarowej jak metody pomiaru zniekształceń.

Wykorzystywane są głównie metody nieznormalizowane, dostosowane do potrzeb i możliwości personelu obsługującego sprzęt telegraficzny.

Do pomiaru stopy błędów urządzeń końcowych oraz całego połączenia telegraficznego stosuje się metodę przesyłania dużej liczby bloków tekstu do pomiaru marży wg Zalecenia R.52 "THE QUICK ..." (lub jego polskiego odpowiednika), który pozwala na łatwe wyłowienie błędów w równomiernie drukowanych na dalekopisie wierszach tekstu.

Stosowana była również metoda wykorzystująca czytnik taśmy papierowej i reperforator. Długie bloki informacyjne, nadawane z nadajnika automatycznego, odbierane były przez dalekopis wyposażony w reperforator. Następnie, korzystając z komparatora taśmy perforowanej, określano liczbę różnic pomiędzy informacją źródłową i odebraną. Metoda ta ma już dziś wartość raczej tylko historyczną.

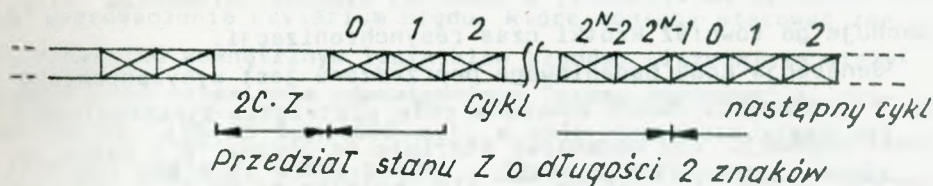
Niektóre zestawy do pomiarów zniekształceń telegraficznych i marży (np. firmy Trend) wyposażone są w środki do pomiaru znakowej stopy błędów, posługując się tekstem "THE QUICK ..." lub "Q95".

Dopiero w 1984 r. powstało zalecenie CCITT R.75 bis pt.: "Pomiary utrzymaniowe znakowej stopy błędów na międzynarodowych odcinkach międzynarodowych łączy telegraficznych". W zaleceniu tym stwierdzono, że celowym jest przeprowadzenie pomiaru stopy błędów po uruchomieniu nowych systemów transmisyjnych oraz dla celów utrzymaniowych, na międzynarodowych odcinkach sieci międzynarodowej, składających się z co najmniej dwóch kanałów. Pomiary takie powinny być wykonywane dla nominalnej szybkości modulacji, z wykorzystaniem znormalizowanego tekstu wg Zalecenia R.51 bis ("QKS").

Dla wyposażenia nie realizującego regeneracji, pomiar znakowej stopy błędów powinien być przeprowadzany przy marży urządzenia pomiarowego nie mniejszej od 40% i być wykonywany łącznie z pomiarem zniekształceń.

Studia nad nowymi metodami oceny jakości kanałów prowadzone są przez CCITT w dalszym ciągu. Interesującą propozycję zgłosiła japońska firma K.O.D. Proponuje ona wykorzystanie przy pomiarach znakowej stopy błędów nowego tekstu badaniowego, zwanego "kodem licznikowym" (rys. 6).

Sekwencja kodu badaniowego



Przykład kodu badaniowego

Stan licznika	Format kodu badaniowego		Uwaga
	ITA No. 2	ITA No. 5	
0	$2^0 2^1 2^2 2^3 2^4$ $\overline{ST} \overline{1} \overline{2} \overline{3} \overline{4} \overline{5} \overline{SP} \overline{1}$	$2^0 2^1 2^2 2^3 2^4 2^5 2^6 *$ $\overline{ST} \overline{1} \overline{2} \overline{3} \overline{4} \overline{5} \overline{6} \overline{7} \overline{P} \overline{SP} \overline{1}$	* bit porzystości
1	$\overline{ST} \overline{1} \overline{2} \overline{3} \overline{4} \overline{5} \overline{SP} \overline{1}$	$\overline{SP} \overline{1} \overline{2} \overline{3} \overline{4} \overline{5} \overline{6} \overline{7} \overline{P} \overline{SP} \overline{1}$	
2	$\overline{ST} \overline{1} \overline{2} \overline{3} \overline{4} \overline{5} \overline{SP} \overline{1}$	$\overline{ST} \overline{1} \overline{2} \overline{3} \overline{4} \overline{5} \overline{6} \overline{7} \overline{P} \overline{SP} \overline{1}$	
S	$\overline{ST} \overline{1} \overline{2} \overline{3} \overline{4} \overline{5} \overline{SP} \overline{1}$	$\overline{ST} \overline{1} \overline{2} \overline{3} \overline{4} \overline{5} \overline{6} \overline{7} \overline{P} \overline{SP} \overline{1}$	
2^{N-1}	$\overline{ST} \overline{1} \overline{2} \overline{3} \overline{4} \overline{5} \overline{SP} \overline{1}$	$\overline{ST} \overline{1} \overline{2} \overline{3} \overline{4} \overline{5} \overline{6} \overline{7} \overline{P} \overline{SP} \overline{1}$	

Rys. 6. Struktura kodu badaniowego

Każdy element informacyjny w znaku odpowiada jednemu stopniowi licznika binarnego. Licznik startuje, przyjmując kolejno wartość 0 do 2^{N-1} , gdzie N - liczba elementów informacyjnych w znaku.

Proponowany nowy tekst badaniowy może być wykorzystywany nie tylko dla kodów pracujących kodem 5-elementowym (jak w przy-

padku tekstu "QKS"), ale również kodem 8-elementowym, z lub bez elementu parzystości, o dowolnej długości elementów "stop". Cechuje go również krótki czas resynchronizacji.

Generacja kodu badaniowego poprzedzana jest wysyłaniem stanu Z o długości dwóch znaków w celu ułatwienia synchronizacji start-stopowej. Kod badaniowy startuje od liczby "0", potem generuje liczbę "1", liczbę "2" itd. kolejno aż do 2^{N-1} , po czym cykl powtarza się.

Struktura sygnałów w tekście może być dostosowana do kodu i szybkości modulacji badanego kanału.

Pomiar znakowej stopy błędów, według zaproponowanej metody, polega na porównywaniu bitów informacyjnych odbieranych znaków z kolejnymi stanami licznika binarnego. Metoda ta uzupełniona jest dodatkowo procedurą synchronizacji bloków pomiarowych.

Ocena jakości łączy telegraficznych na podstawie pomiaru znakowej stopy błędów jest procesem bardzo czasochłonnym. Wyraźnie obrazuje to fakt, że wartość znakowej stopy błędów $1 \cdot 10^{-5}$ (jedna z Zaleceniem R.54) odpowiada, dla szybkości modulacji 50 bodów i 7,5-elementowej struktury znaków, 40 błędnym znakom na tydzień. Pomiar znakowej stopy błędów, przedstawionymi wyżej metodami, wymaga więc wyłączenia badanego kanału z ruchu na dłuższy okres czasu.

Jednocześnie należy zauważyć, że wartość znakowej stopy błędów w kanale telegraficznym realizowanym przez kodowozależne muldeksy z podziałem czasowym jest ściśle związana z wartością elementowej stopy błędów w kanale podkładowym. Ocena jakości kanału podkładowego można natomiast przeprowadzić na podstawie analizy bitów wzoru fazowania ramki, podczas normalnej pracy urządzeń.

Propozycję wykorzystania tych zależności do realizacji wbudowanych urządzeń oceny jakości transmisji i wskaźników gotowości systemu transmisyjnego zgłosiła do CCITT firma Cable and Wireless PLC. Propozycja ta, oparta na obszernych wynikach badań eksploatacyjnych, została wprowadzona do najnowszej wersji Zalecenia R.101. Polega ona na ocenie stopy błędów w kanale

podkładowym na podstawie zliczania błędnych bitów wzoru fazowania ramki (tylko podczas stanu prawidłowego fazowania). Zakłada się wyprowadzenie kryterium błędu, które mogłoby sterować zewnętrznym lub wewnętrznym licznikiem błędów. Liczniki te miałyby możliwość ustawiania odpowiedniego "czasu martwego" zliczania (20 ms, 150 ms lub 1000 ms), w celu uzyskania właściwej zależności pomiędzy stopą błędów w łączu podkładowym i kanale telegraficznym. Zaproponowana metoda w dalszym ciągu będzie uściślana przez CCITT, wydaje się jednak, że ze względu na możliwość ciągłego nadzoru jakości połączenia, bez uszczuplania przepustowości urządzeń, jest to rozwiązanie niewątpliwie bardzo atrakcyjne.

W nowoczesnych rozwiązaniach muldeksów z podziałem czasowym, wykorzystujących technikę mikroprocesorową, problemy oceny jakości połączenia na podstawie zliczania błędnych bitów wzoru fazowania ramki można rozwiązywać programowo.

5. ZAKOŃCZENIE

BIBLIOTEKA
Instytutu Łączności
Nr 5-10028

Przedstawione w opracowaniu problemy związane z oceną jakości kanałów uzyskiwanych w telegraficznych systemach wielokrotnych z podziałem czasowym pozwalają stwierdzić, że:

- 1) właściwa ocena jakości kanałów tego typu powinna opierać się na pomiarze znakowej stopy błędów; natomiast pomiar zniekształceń telegraficznych należy traktować jako badanie uzupełniające;
- 2) badania tego typu są bardzo uciążliwe i czasochłonne;
- 3) przyrządy do pomiaru znakowej stopy błędów nie są szeroko rozpowszechnione w eksploatacji;
- 4) wykorzystywanie techniki mikroprocesorowej w tego typu urządzeniach pozwala na zastosowanie programowych środków oceny jakości kanałów.

Upowszechnianie transmisyjnych urządzeń z podziałem czasowym w krajowej sieci telegraficznej powinno być powiązane z opracowaniem nowych przyrządów i środków, umożliwiających ich badania i pomiary. W pierwszej kolejności, winien zostać opracowany prosty miernik znakowej stopy błędów (np. oparty na tekście badaniowym "QKS") lub "kodzie licznikowym".

Powinny być również prowadzone prace nad opracowaniem programowych środków oceny jakości kanałów w urządzeniach z podziałem czasowym.

WYKAZ LITERATURY

1. CCITT RED BOOK: VOLUME VII Telegraph Transmission Recommendations of the R series. Geneva 1985.
2. Cable and Wireless PLC: CCITT R.101 bearer statistics CCITT St gr.IX - Contribution No 47, January 1983.
3. K.D.D.: Test code and its character error detection scheme for R.101 TDM system. CCITT St.gr.IX - Contribution No 16, October 1981.
4. Radziwanowski M.: Urządzenie telegrafii wielokrotnej typu TgC-46. Przegląd Telekomunikacyjny, Nr 1, 1984.
5. Renton R.N.: Telegraphy. Pitman Publishing Corporation 1976.
6. Winogradow W.: Podstawy i układy nowoczesnej telegrafii. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności - Warszawa 1969.
7. Study Group IX. "Report to the IXth Plenary Assembly". Melbourne 1988.

Biblioteka

IL

S-10028