

1 9 6 9  
Nr 4 4

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI  
WARSZAWA — MIEDZESZYN

*biobibli*

PROBLEMY

ŁĄCZNOŚCI



**MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI**

---



# **PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI**

**ROK 9**

**WARSZAWA 1969**

**NR 44**

---

**INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI**  
**Branżowy Ośrodek**  
**Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej**

Redakcja  
Problemów Łączności i Przeglądu Zagadnień Łączności

Redaktor Naczelny - prof. Zenon Szpigler

Redaktorzy działów:

mgr inż. Władysław Cetner, mgr inż. Adam Moniuszko,  
mgr inż. Józef Możejko, dr Stanisław Włoszczowski

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH RĘKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO

Egz. Nr 33

Redaktor: J. Borkowska

Montaż tekstu: B. Drabik

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności  
Format B5. Nakład 720+40. Druk ukończono  
w styczniu 1970 r.

# PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

Andrzej Kożuchowski

WSPÓŁCZESNE METODY I URZĄDZENIA POMIAROWE  
STOSOWANE W MIERNICTWIE TRANSMISJI DANYCH

## SPIS TREŚCI

	Str.
1. Wstęp	1
2. Ogólna problematyka miernictwa transmisji danych	2
3. Metody i urządzenia pomiarowe stosowane w miernictwie transmisji danych	20

Andrzej Kozuchowski

WSPÓLCZESNE METODY I URZĄDZENIA POMIAROWE  
STOSOWANE W MIERNICTWIE TRANSMISJI DANYCH

1. WSTĘP

Opracowanie niniejsze jest próbą zwięzłego przedstawienia ogólnej problematyki miernictwa transmisji danych, a także podanie podstawowych wiadomości o metodach pomiarów i specjalnej aparaturze pomiarowej. Najwięcej miejsca poświęcono samym pomiarom i urządzeniom pomiarowym potrzebnym do ich realizacji, przy czym dość szczegółowo omówiono zasadę działania tych urządzeń. Jednakże ze względu na ograniczone ramy opracowania tematyka nie została wyczerpana. W wielu przypadkach musiano się ograniczyć tylko do podania najważniejszych, zdaniem autora, informacji, a pewne zagadnienia przedstawiono w znacznym skrócie.

Literatura techniczna przedmiotu jest w chwili obecnej dość bogata. Wybrane jej pozycje, podane w zamieszczonym na końcu wykazie, umożliwiają bardziej szczegółowe zaznajomienie się z zagadnieniami będącymi przedmiotem artykułu. Jak widać z wykazu literatury, przy opracowywaniu artykułu korzystano również między innymi z nie publikowanych prac IŁ.

## 2. OGÓLNA PROBLEMATYKA MIERNICTWA TRANSMISJI DANYCH

### 2.1. Wprowadzenie

Transmisja danych, jak wiadomo, ma za przedmiot przekazywanie zakodowanych informacji przy wykorzystaniu sygnałów elektrycznych w ziarnistej (dyskretnej) postaci. Jest ona stosunkowo "młoda" gałęzią telekomunikacji, choć samo transmitowanie ziarnistych sygnałów jako takie nie jest niczym nowym, albowiem na tej zasadzie opiera się choćby najstarsza z technik telekomunikacji - telegrafia. Jednakże o istotnej różnicy zachodzącej między transmisją danych a innymi dziedzinami telekomunikacji, również i tymi, które posługują się transmisją sygnałów ziarnistych, stanowi konieczność zapewnienia bardzo wysokiej wierności przekazywania informacji. Należy stworzyć - i to jest podstawowym problemem technicznym w transmisji danych - takie warunki transmisji, aby informacja nadawana nie uległa zmianom w procesie jej przekazywania.

Oczywiście we wszystkich technikach telekomunikacyjnych korzystne byłoby osiągnięcie bezbłędności transmisji, jednak w technikach klasycznych, takich jak np. telefonia lub telegrafia, kiedy nadawcą i odbiorcą informacji na obu końcach łącza jest zazwyczaj człowiek, problem bezbłędności przekazywanej informacji nie ma pierwszoplanowego znaczenia. Zła zrozumiałość (w telefonii) czy też przekłamywanie przekazywanego tekstu (w telegrafii), spowodowane różnymi czynnikami zakłócającymi, są kómpen-

sowane świadomą działalnością człowieka - odbiorcy informacji.

Niedosłyszenie jednego czy dwu słów w zdaniu nie musi spowodować niezrozumiałości całego zdania. Podobnie przekłamanie kilku liter w tekście telegramu niekoniecznie uniemożliwi odczytanie treści. Zaś wówczas, gdy wpływ zakłóceń jest tak wielki, że sens odbieranej informacji staje się niezrozumiały, można część lub całość informacji powtórzyć. Wreszcie można przerwać łączność i próbować ponownego jej nawiązania w korzystniejszych warunkach. Takie postępowanie ogranicza wprawdzie skuteczną szybkość przekazywania informacji, ale w technikach klasycznych również i ten wzgląd nie jest decydujący.

Inaczej przedstawia się rzecz, gdy człowieka - odbiorcę informacji zastąpi się maszyną. Sama maszyna nie jest wyposażona w układy umożliwiające weryfikację prawidłowości odbieranej informacji; odebrawszy informację przekłamaną zareaguje w nieprawidłowy sposób.

A zatem należy stworzyć takie warunki, aby na wejściu maszyny mogła pojawić się wyłącznie informacja w swojej pierwotnej, nieskażonej formie. Wykorzystuje się do tego rozmaite i nieraz bardzo skomplikowane, specjalne środki techniczne, pozwalające osiągnąć praktyczną bezbłądność odbieranej informacji. A więc wykorzystuje się specjalne kody oraz urządzenia wykrywające i korygujące błędy transmisji ziarnistej (urządzenia protekcji). Koszt tych urządzeń stanowi przeważającą część nakładów na całość wyposażenia służącego do transmisji danych.

W niektórych środowiskach technicznych rozpowszechniony jest pogląd jakoby w sieci użytku publicznego istniały łącza i kanały nadające się do transmisji danych i takie, które są dla niej całkowicie nieprzydatne, oraz że tych pierwszych znajduje się w sieci stosunkowo niewiele. Taki pogląd nie jest słuszny. Przy obecnym stanie rozwoju telekomunikacji można zaryzykować stwierdzenie, że w każdym kanale transmisyjnym, który odpowiada podstawowym normom i zaleceniom i może być dopuszczony do ruchu międzynarodowego lub krajowego, można zrealizować łącze transmisji danych. Tylko, że w kanale złej jakości skuteczna szybkość przesyłania informacji jest mała i trzeba większych nakładów dla zapewnienia wymaganej wierności transmisji.

Ażeby móc, w konkretnym przypadku, zastosować odpowiednie urządzenia transmisji danych, zapewniające wymaganą bezbłądność przekazywania informacji, trzeba znać przedtem parametry transmisyjne kanału, w którym ma być realizowana transmisja danych. W tym celu należy przeprowadzić odpowiednie pomiary. Można by wprowadzić postąpić inaczej, np. przyjąwszy, a priori, że stan sieci telekomunikacyjnej jest stosunkowo zły, zaprojektować system transmisji danych o takim zabezpieczeniu przed błędami, że na pewno mógłby on spełnić stawiane mu wymagania w ogromnej większości łączy sieci. Takie postępowanie jednak byłoby zaprzeczeniem racjonalnej gospodarki środkami technicznymi i ekonomicznymi. Można przyjąć za pewnik, iż w tym przypadku wielokrotnie zainwestowano by zbędny nadmiar na-



kładów w urządzenia, które i tak są bardzo kosztowne, nawet w uproszczonej wersji.

Widać więc z tego, że potrzeba specjalnych pomiarów prowadzonych pod kątem widzenia potrzeb transmisji danych jest bezsporna, choćby dla właściwego wyboru systemów transmisji danych. Od razu trzeba tu się jednak zastrzec, że problem wyboru systemów jest tylko jednym z aspektów problematyki miernictwa transmisji danych.

## 2.2. Wybrane pojęcia podstawowe

Terminologia transmisji danych nie została dotąd w Polsce całkowicie unormowana, dlatego też konieczne jest przed przystąpieniem do omawiania ogólnej problematyki miernictwa transmisji danych zdefiniowanie niektórych podstawowych pojęć dla uściślenia sensu, w jakim zostały użyte w dalszej treści.

Do najbardziej podstawowych można zaliczyć pojęcia kanału (transmisyjnego) ciągłego i kanału ziarnistego.

Przez kanal ciągły rozumie się kanał, w którym zbiory sygnałów, jakie mogą się pojawiać na jego wejściu i wyjściu są zbiorami ciągłymi<sup>1)</sup>. W uproszczeniu można powiedzieć, że w kanale ciągłym mogą być przesyłane sygnały o dowolnej postaci, pod warunkiem, że widmo częstotliwości tych sygnałów zawierać się będzie wewnątrz pasma przeniesienia kanału. Zgodnie z podanym wyżej określeniem, kanałem ciągłym jest na przykład kanał telefoniczny.

---

<sup>1)</sup> Definicja podana w Encyklopedii Techniki, tom Elektryka.

Kanał ziarnisty (dyskretny) jest to kanał, na którego wejściu i wyjściu sygnały mogą przyjmować skończoną liczbę postaci<sup>1)</sup>. Kanał ziarnisty można utworzyć z kanału ciągłego przez dołączenie do niego na wejściu modulatora impulsowego (modemu nadawczego) i na wyjściu - demodulatora impulsowego (modemu odbiorczego). Kanał ciągły w stosunku do tak utworzonego kanału ziarnistego jest kanałem pierwotnym.

Jeśli na wejściu i wyjściu kanału telefonicznego, który jest kanałem ciągłym, dołączy się specjalne modemy, utworzy się w ten sposób kanał (ziarnisty) transmisji danych średnioszybkiej.

Kanał telegraficzny utworzony w kanale telefonicznym jest z natury rzeczy kanałem ziarnistym. W kanale tym funkcję modemów spełniają krotnice telegraficzne. Kanał telegraficzny jest kanałem transmisji danych wolnej, jeśli jest wykorzystywany do transmisji danych.

### 2.3. Przedmiot miernictwa transmisji danych

Transmisja danych jest jedną z najmłodszych dziedzin telekomunikacji, rozwijającą się żywiołowo w ostatnich latach i wykorzystującą do swych celów najnowocześniejsze osiągnięcia nauki i techniki. Paradoksem jednak jest fakt, iż znakomita większość dróg transmisyjnych, które mogą i muszą być wykorzystywane dla celów transmisji da-

---

<sup>1)</sup> Definicja podana w Encyklopedii Techniki, tom Teleelektryka.

nych, to łącza i kanały sieci telekomunikacyjnej użytku publicznego, której powstanie, ukształtowanie, funkcje i parametry wynikły z potrzeb klasycznych technik telekomunikacyjnych. W konsekwencji parametry sieci telekomunikacyjnej, w pełni nawet odpowiadające potrzebom technik "klasycznych", nie muszą odpowiadać potrzebom i wymaganiom transmisji danych. Podobnie ma się rzecz w przypadku miernictwa. Ewolucja metod pomiarowych, postęp w dziedzinie konstrukcji aparatury pomiarowej miernictwa teletransmisyjnego czy też miernictwa telefonii i telegrafii uwarunkowany był rozwojem odpowiadającym im gałęzi telekomunikacji. Tym samym, skoro nowa zupełnie technika stawia nowe wymagania na drogi przesyłowe, trudno jest badać sieć pod kątem spełnienia tych wymagań łącznie przy użyciu nie przystosowanych do tego metod pomiarowych i aparatury.

Rozwój miernictwa transmisji danych, podobnie jak w miernictwach technik klasycznych, jest uwarunkowany rozwojem macierzystej gałęzi telekomunikacji. Tendencje rozwojowe transmisji danych rzutują więc bezpośrednio na metodykę jej pomiarów, na budowę odpowiednich specjalistycznych przyrządów pomiarowych, a także narzucają określoną kolejność postępowania przy kompleksowych badaniach sieci, mających za cel określenie jej przydatności dla tej nowej techniki przesyłania informacji.

Nowe, specjalne zadania stawiane drogom przesyłowym wymagają pomiarów nowych parametrów tych dróg, mierzonych specjalnie do tego celu przeznaczoną aparaturą. Jednakże obok nich mierzy się cały szereg konwencjonalnych

parametrów teletransmisyjnych, tyle że metodyka tych pomiarów może nieraz bardzo znacznie odbiegać od metodyki stosowanej w telefonii czy telegrafii.

#### 2.4. Zakres miernictwa transmisji danych

Jak już wyżej powiedziano, w miernictwie transmisji danych przeprowadza się cały szereg pomiarów parametrów tzw. konwencjonalnych, wchodzących w zakres miernictwa teletransmisyjnego. W szczególności interesujące są pomiary:

- a) charakterystyk tłumieniowo-częstotliwościowych,
- b) charakterystyk tłumieniowo-amplitudowych,
- c) szumów,
- d) stałości poziomu transmisji w czasie.

Wszystkie te pomiary są prowadzone w kanałach ciągłych, a więc w kanałach telefonicznych przeznaczonych dla transmisji danych. Jeśli chce się jednak ocenić dany kanał ciągły pod kątem jego przydatności dla transmisji danych, wówczas wyniki takich pomiarów nie są dostatecznym materiałem do wyciągnięcia odpowiednich wniosków. To znaczy, że w przypadku gdy np. zmierzona charakterystyka tłumieniowo-częstotliwościowa wykazuje jaskrawe anomalie przebiegu, czy też gdy szумы znacznie przekraczają dopuszczalną wartość, można sądzić, iż kanał nie nadaje się do wykorzystania. Ale prawidłowość zmierzonych parametrów kanału ciągłego, oceniona według kryteriów telefonii, nie gwarantuje jeszcze bynajmniej wysokiej jakości kanału ziarnistego utworzonego w tym kanale ciągłym. Stąd też wy-

nika potrzeba przeprowadzenia dodatkowych pomiarów parametrów specjalnych kanału ciągłego, a mianowicie:

- e) charakterystyk opóźnieniowo-częstotliwościowych,
- f) krótkich przerw transmisji i skokowych wahań poziomu,
- g) zakłóceń o charakterze impulsowym.

Wyliczone wyżej pomiary, obejmujące zarówno parametry konwencjonalne jak i specjalne, przeprowadzane w kanale ciągłym można by określić jako pomiary przyczynowe. Nieprawidłowości charakterystyk wymienionych w punktach a, b, c, e oraz nadmierne wahania poziomu w czasie, jak również generowane w kanale ciągłym krótkie przerwy transmisji i impulsowe zakłócenia mogą być przyczynami błędów w transmisji danych. Ale ostatecznym sprawdzianem jakości transmisji są pomiary przeprowadzane w kanale ziarnistym.

Kanałem ziarnistym jest bądź kanał ciągły wyposażony w specjalne modemy, bądź kanał telegraficzny (funkcję modemów spełniają w tym przypadku krotnice telegraficzne). W kanale ziarnistym mierzy się:

- h) błędy,
- i) zniekształcenia telegraficzne.

Pomiary kanału ziarnistego można nazwać pomiarami wynikowymi, bowiem bada się tu efekt końcowy przyczyn określonych parametrami kanału ciągłego. Pomiary charakterystyk tłumieniowo-częstotliwościowych, tłumieniowo-amplitudowych, szumów i stałości poziomu transmisji przeprowadza się przy użyciu powszechnie stosowanej i

produkowanej seryjnie aparatury pomiarowej. Do pomiarów krótkich przerw transmisji, zakłóceń impulsowych, błędów transmisji danych, zniekształceń telegraficznych, a częściowo i do pomiarów charakterystyk opóźnieniowo-częstotliwościowych potrzeba urządzeń pomiarowych bardzo skomplikowanych technicznie i kosztownych, na ogół nie produkowanych seryjnie.

Wyszczególnione wyżej pomiary z grubsza wyczerpują zakres miernictwa transmisji danych na jego aktualnym etapie rozwoju. Trzeba też się zastrzec, że choć nie zawsze trzeba przeprowadzać pomiary wszystkich wymienionych wielkości, to jednak w pewnych przypadkach może zajść konieczność wykonania dodatkowych pomiarów np. jakichś parametrów konwencjonalnych, spośród tu nie wymienionych. Każdorazowo zakres prowadzonych pomiarów zależy będzie od ich celu. Z punktu widzenia celu pomiarów można rozróżnić ich następujące rodzaje:

- a) pomiary typu korelacyjnego,
- b) pomiary prowadzone pod kątem oceny jakości sieci,
- c) pomiary eksploatacyjne.

Granice między tymi rodzajami pomiarów nie zawsze dają się ściśle wyznaczyć. Tym niemniej wprowadzenie takiej klasyfikacji było konieczne dla usystematyzowania ogólnej problematyki miernictwa transmisji danych.

## 2.5. Pomiary korelacyjne

Są dane po temu, aby sądzić, iż istnieje ścisła zależność między przyczynami - parametrami konwencjonalnymi

mi i specjalnymi kanału pierwotnego a skutkami - parametrami kanału ziarnistego. Pomiarów korelacyjnych mają za zadanie określenie tej zależności.

Możliwość wydania oceny, z dostatecznie dużym prawdopodobieństwem, właściwości kanału ziarnistego na podstawie pomiarów, np. krótkich przerw transmisji czy zakłóceń impulsowych przeprowadzanych w jego kanale pierwotnym (ciągłym), dałaby znaczne korzyści praktyczne, dzięki oszczędności czasu i kosztów przy pomiarach kanału ziarnistego.

Byłoby jeszcze korzystniej, gdyby istniały kryteria pozwalające precyzyjniej wnioskować o jakości kanału ziarnistego na podstawie oceny parametrów konwencjonalnych jego kanału pierwotnego.

Dla stworzenia takich kryteriów trzeba by prowadzić szczegółowe badania, nazwane umownie pomiarami korelacyjnymi, bowiem głównym ich zadaniem jest wyznaczenie korelacji między parametrami kanałów ciągłych i ziarnistych. Pomiarów te należą do najbardziej skomplikowanych w miernictwie transmisji danych i wymagają użycia najwyższej klasy sprzętu pomiarowego oraz zaangażowania personelu pomiarowego o odpowiednio wysokich kwalifikacjach technicznych. Znaczne trudności również następczo opracowanie metodyki badań korelacyjnych, a następnie metodyki obróbki wyników pomiarowych i wyciągnięcie końcowych wniosków. W szeregu krajach prowadzi się obecnie w różnym zakresie, tego rodzaju badania<sup>1)</sup>, jednakże jak

---

<sup>1)</sup> Między innymi poważne prace prowadzone są w ZSRR.

dotąd brak informacji o osiągnięciu oczekiwanych wyników.

Wyznaczenie wzajemnej korelacji między parametrami kanału ciągłego i kanału ziarnistego wymaga jednoczesnego pomiaru co najmniej dwóch parametrów, z tym że pomiar jednego z nich odbywa się w kanale ciągłym, a drugiego w kanale ziarnistym (np. jednoczesny pomiar krótkich przerw i błędów). Nastręcza to znaczne trudności techniczne i stawia nowe wymagania i tak już skomplikowanej specjalistycznej aparaturze pomiarowej transmisji danych.

Pomiary korelacyjne są długotrwałe i muszą być prowadzone w oparciu o metody statystyczne. Trzeba tu zresztą podkreślić, że większość pomiarów w miernictwie transmisji danych zalicza się do statystycznych, jednakże w przypadku badań korelacyjnych aspekt ten jest szczególnie wyraźny.

Długotrwałość pomiarów, wynikająca z konieczności uzyskania znacznej liczby wyników pomiarowych, a następnie z potrzeby wielokrotnej, empirycznej weryfikacji wstępnie określonych prawidłowych zależności, w zasadniczy sposób rzutuje na koszty takich badań. Trudno poza tym powiedzieć, czy jest w ogóle realne, przy możliwych do zaangażowania środkach, osiągnięcie pozytywnych wyników obowiązujących dla całej sieci. Realniejsze wydają się wnioski cząstkowe dla kanałów w zestrojach jednego typu lub dla kanałów określonej relacji itp.

Tego rodzaju wnioski mogą również wyniknąć w pewnym sensie jako produkt uboczny przy innego rodzaju badaniach, a zwłaszcza przy pomiarach prowadzonych dla oceny sieci.



## 2.6. Pomiarы prowadzone z punktu widzenia oceny sieci i wyboru systemu transmisji danych

Do wyboru optymalnych parametrów urządzenia transmisji danych, takich jak np.: kod, system protekcji, długość bloku itp., potrzebna jest znajomość warunków, w jakich urządzenia te będą pracować, czyli należy znać podstawowe parametry łącza, określające jego jakość z punktu widzenia transmisji ziarnistej. Jest niemożliwe przebadanie wszystkich łączy i kanałów sieci, zresztą nie ma potrzeby takiego postępowania. Badania oceniające ogranicza się więc do wykonania pomiarów odpowiednio licznej, reprezentatywnej próbki łączy, po czym wyniki pomiarów poddaje się statystycznej obróbce, co pozwala ocenić średnią jakość łącza w danej sieci i w konsekwencji dostosować parametry systemu transmisji danych do uśrednionych parametrów sieci telekomunikacyjnej. Jednocześnie znajomość średnich, statystycznych parametrów sieci daje podstawę do stworzenia kryteriów indywidualnej klasyfikacji poszczególnych łączy i kanałów, przeprowadzanej pod kątem wykorzystania ich dla transmisji danych.

Badania prowadzone dla oceny sieci można podzielić na dwa etapy, różniące się od siebie zarówno zakresem prowadzonych pomiarów, jak i wymaganiami stawianymi urządzeniom pomiarowym. Zadaniem pierwszego etapu, który można by określić jako etap rozpoznawczy, jest w zasadzie ustalenie właściwej metodyki pomiarów. Założona na wstępie badań metodyka jest weryfikowana w toku pomia-

rów etapu rozpoznawczego, który można uznać za zakończony z chwilą ostatecznego sformułowania metodyki. W etapie rozpoznawczym mierzy się większość parametrów kanału ciągłego i parametry kanału ziarnistego, przy użyciu skomplikowanej aparatury pomiarowej. Jeżeli chodzi o pomiary parametrów specjalnych kanału ciągłego i parametry kanału ziarnistego, to w większości przypadków wykorzystuje się w nich tzw. statystyczne analizatory (krótkich przerw, zakłóceń impulsowych, błędów, zniekształceń telegraficznych które umożliwiają wykrywanie i segregację badanych zdarzeń na odpowiednie umowne kategorie (czas trwania, poziom itp.) i rejestrację ich liczby w każdej kategorii oddzielnie.

Wyniki pomiarowe poddaje się następnie statystycznej obróbce, często przy użyciu maszyn matematycznych. Ten etap badań może dostarczyć również danych do oceny poszczególnych, przebadanych w nim kanałów i łączy oraz informacje o wzajemnych zależnościach między poszczególnymi badanymi parametrami (por. rozdz. 2.5), nie to jest jednak jego głównym zadaniem. Z reguły program pomiarowy przyjęty na wstępie etapu rozpoznawczego jest bardzo szeroki i przyjmowany z pewnym świadomie założonym nadmiarem po to, aby móc w toku badań dokonywać uzasadnionych uproszczeń, eliminując pomiary tych parametrów, których wpływ okazuje się nieznaczny, i upraszczając pomiary pozostałych do niezbędnego minimum.

Ogólnie mówiąc, tendencją badań etapu rozpoznawczego jest uproszczenie przyjętej na wstępie metodyki badań w kierunku zmniejszenia liczby mierzonych parametrów i o-

graniczenia czasu trwania pojedynczego pomiaru.

Następnym etapem są badania masowe, w trakcie których powinna być przebadana taka liczba kanałów i łączy, która może być uznana za reprezentatywną dla całej sieci i na podstawie której można będzie przeprowadzić statystyczną ocenę tej sieci. Przyrządy pomiarowe używane w tym etapie badań powinny być prostsze od tych, które potrzebne są na etapie rozpoznawczym, gdyż również i zakres pomiarów jest węższy. Jednakże przyrządy te są potrzebne w znacznie większej liczbie egzemplarzy, niż aparatura analityczno-statystyczna. Masowość pomiarów uniemożliwia zaangażowanie do nich wyłącznie fachowców najwyższej klasy, koniecznych na etapie rozpoznawczym, między innymi w wyniku wysokiego stopnia skomplikowania sprzętu pomiarowego. Wyniki badań masowych zostają podane statystycznej obróbce przy użyciu maszyn matematycznych.

Wyniki pełnego cyklu badań, złożonego z badań rozpoznawczych i masowych, dostarczają:

a) informacji o stanie sieci,

b) kryteriów wyboru systemów transmisji danych, na podstawie statystycznych parametrów sieci określonych w toku pomiarów,

c) kryteriów indywidualnej oceny łączy i kanałów z punktu widzenia ich przydatności dla transmisji danych,

d) wniosków dotyczących metodyki pomiarów eksploatacyjnych i aparatury pomiarowej, potrzebnej w tych pomiarach.

## 2.7. Pomiarы eksploatacyjne

W momencie gdy w sieci zostały już wdrożone do eksploatacji urządzenia transmisji danych, niezbędne jest prowadzenie pomiarów eksploatacyjnych.

Pomiary te można podzielić z grubsza na trzy zasadnicze grupy, a mianowicie:

- a) pomiary wstępne,
- b) pomiary okresowe,
- c) pomiary awaryjne.

Pomiary wstępne będą wykonywane przed zainstalowaniem urządzeń transmisji danych, w konkretnych punktach sieci. Zadaniem ich jest weryfikacja łącz danej relacji czy też kanałów danego zestroju i ewentualny wybór takich, których parametry zapewnią właściwą pracę urządzeniom transmisji danych.

W procesie eksploatacji łącza transmisji danych zachodzić będzie potrzeba okresowego sprawdzenia parametrów kanału pierwotnego oraz parametrów kanału ziarnistego, które odbywać się będzie okresowo, przy zastosowaniu metod pomiarowych sprecyzowanych w odpowiednich przepisach eksploatacyjnych.

Pomiary awaryjne wreszcie będą prowadzone w przypadkach stwierdzenia niesprawności łącza transmisji danych przez personel eksploatacyjny lub na skutek reklamacji użytkownika.

Pomiary wstępne i okresowe będą realizowane przy użyciu uproszczonej aparatury pomiarowej i będą miały cha-

rakter testowy. Natomiast pomiary awaryjne, mające na celu identyfikację i usunięcie przyczyny niesprawności lub uszkodzenia łącza, wymagać będą znacznie bardziej skomplikowanego sprzętu pomiarowego. Będzie można do nich wykorzystywać być może urządzenia pomiarowe tego typu jak te, które służą do badań prowadzonych w celu oceny sieci.

### 2.8. Potrzeba prowadzenia pomiarów sieci z punktu widzenia transmisji danych

W poprzednich punktach starano się w skrócie przedstawić zakres rzeczowy miernictwa transmisji danych i jego praktyczne konsekwencje przy wdrażaniu do eksploatacji nowej dziedziny techniki telekomunikacyjnej - transmisji danych. Już z tego szkicowego przedstawienia widać, że zakres prac badawczo-pomiarowych, które należałoby przeprowadzić, jeśli chce się w sposób racjonalny wdrożyć do eksploatacji właściwe urządzenia, a później właściwie je eksploatować i konserwować, jest ogromny. Jeśli nawet zrezygnować całkowicie z prowadzenia badań korelacyjnych, jeśli ograniczyć do niezbędnego minimum badania oceniające sieć, to i tak prace pomiarowe będą rozciągać się na całe lata i pochłoną znaczne środki materialne. Ale z drugiej strony wiadomo, że w całym szeregu krajów bądź wdrożono transmisję danych do eksploatacji, bądź też czynione są przygotowania do jej wdrożenia. A zatem istnieją takie kraje, które cały szereg problemów związanych z oceną swojej sie-

ci mają już rozwiązany, jak również i takie, które przystępują do ich rozwiązywania. Należy więc postawić pytanie, czy i w jakim stopniu możliwe jest wzajemne korzystanie ze swoich doświadczeń. W jakiej mierze można uogólnić wnioski wyciągnięte na podstawie badań sieci telekomunikacyjnej jednego kraju na inną sieć krajową? Odpowiedź na te pytania nie jest prosta. Korzystanie z doświadczeń innych krajów jest w zasadzie możliwe, ale raczej w początkowych etapach prac badawczych, to znaczy przy opracowywaniu specjalistycznego sprzętu pomiarowego i przy ustalaniu i weryfikacji metodyki pomiarowej, jak również przy samej organizacji pomiarów.

Są natomiast dwa zasadnicze względy, które praktycznie uniemożliwiają bezpośrednie wykorzystanie wyników pomiarów i badań. Pierwszą przyczyną tego stanu rzeczy jest aparatura pomiarowa. Z urządzeń pomiarowych, służących do pomiarów parametrów specjalnych kanałów ciągłych i parametrów kanałów ziarnistych, jedynie mierniki opóźności, służące do pomiarów charakterystyk opóźnieniowo-częstotliwościowych, są produkowane seryjnie w kilku krajach<sup>1)</sup>. Nie istnieje natomiast seryjna aparatura pomiarowa do badań krótkich przerw transmisji, zakłóceń impulsowych, błędów transmisji danych i zniekształceń telegraficznych<sup>2)</sup>.

1) Można tu dla przykładu wyliczyć Wielką Brytanię, USA, NRF i Japonię.

2) Dotyczy to urządzeń pomiarowych najbardziej skomplikowanych, wykorzystywanych w badaniach prowadzonych pod kątem oceny sieci. Aparatura typu eksploatacyjnego jest bowiem produkowana w kilku krajach.

Wynika to głównie ze stopnia komplikacji techniczno-układowej tych urządzeń pomiarowych, co w powiązaniu z małym stosunkowo zapotrzebowaniem stwarza trudności w seryjnej produkcji. Tak więc w szeregu krajach niezależnie od siebie opracowano, w oparciu o różne koncepcje, unikalny sprzęt pomiarowy, w pojedynczych nieraz egzemplarzach. Tym samym kraje te zaspokoili swoje zapotrzebowanie na specjalistyczne urządzenia pomiarowe transmisji danych, przeznaczone do badań rozpoznawczych. Jak już powiedziano przedtem, w normalnej kolejności rzeczy, po badaniach rozpoznawczych następują badania masowe, których wynikiem jest między innymi ocena sieci.

Jednocześnie w toku badań rozpoznawczych unikalny sprzęt pomiarowy ulega uproszczeniu, aby wreszcie w ciągu pomiarów masowych przekształcić się w trzecią generację aparatury - mierniki typu eksploatacyjnego. W efekcie, na różnych etapach pomiarów prowadzonych w poszczególnych krajach otrzymuje się wyniki w znacznej mierze nieporównywalne wskutek nieuniknionych różnic parametrów techniczno-eksploatacyjnych unikalnego sprzętu pomiarowego. Pierwsza generacja specjalistycznych urządzeń, a więc właśnie owa unikalna aparatura, której nie można zakupić, wpływa również na postać metodyki pomiarowej we wszystkich etapach jej opracowywania.

Trudno sobie wyobrazić uogólnianie wniosków wyciągniętych na podstawie badań jednej sieci krajowej na sieć drugiego kraju, bez choćby częściowej ich weryfikacji na drodze pomiarowej. Ale z kolei dla przeprowadzenia pomiarów weryfikacyjnych trzeba by dysponować aparaturą tej

samej klasy o bardzo zbliżonych parametrach; z rozmaitych względów jest to praktycznie nieosiągalne. Gdyby zaś istniała taka możliwość, to przyniosłaby ona w konsekwencji jedynie ograniczenie zakresu rzeczowego i czasu trwania własnych badań, gdyż nawet w tym przypadku trzeba by brać pod uwagę wpływ indywidualnych własności sieci (ukształtowanie, wyposażenie, stan techniczny itp.), rzucający na przebieg badań i ich wyniki.

### 3. METODY I URZĄDZENIA POMIAROWE STOSOWANE W MIERNICTWIE TRANSMISJI DANYCH

#### 3.1. Wprowadzenie

W poprzednich rozdziałach omówiono genezę powstania miernictwa transmisji danych, jego przedmiot i zakres problematyki. Przedstawiono również klasyfikację pomiarów w zależności od rodzaju mierzonych parametrów, rodzaju mierzonych obiektów, a także - z punktu widzenia różnych celów, którym te pomiary mogą być podporządkowane. Brak miejsca spowodował iż przedstawioną problematykę potraktowano dość skrótowo, a dla większej jasności pominięto szczegóły techniczne. W dalszym ciągu zostaną omówione zagadnienia metod pomiarowych stosowanych w miernictwie transmisji danych oraz zasady działania odpowiednich specjalistycznych urządzeń i przyrządów pomiarowych. W głównej mierze omawiane będą metody i aparatura pomiarowa przeznaczona do pomiarów najbardziej skomplikowanych, tzn. do pomiarów korelacyjnych i pomiarów przewodzonych dla oceny sieci telekomunikacyjnej. Spowodowane to



jest dwoma względami. Po pierwsze - istnieje aktualnie znacznie więcej doświadczeń, jeśli chodzi o aparaturę pomiarową "pierwszej generacji", tzn. tę najbardziej skomplikowaną, po drugie - aparatura prostsza, drugiej i trzeciej generacji (przeznaczona do pomiarów masowych i eksploatacyjnych) choć znacznie nieraz uproszczona, opiera się na analogicznych zasadach działania.

Jednakże przed przystąpieniem do omówienia właściwego tematu niezbędne jest przypomnienie i sprecyzowanie pewnych podstawowych pojęć, wykorzystywanych w dalszej treści.

### 3.2. Zasadnicze parametry sygnału transmisji danych

#### 3.2.1. Struktura sygnału ziarnistego

W systemach transmisji danych przekazuje się informacje w postaci zakodowanej, przy czym nośnikiem informacji jest elektryczny sygnał w postaci ziarnistej. Sygnał ziarnisty w danym momencie czasowym jest charakteryzowany swoim stanem znamiennym, jednym ze skończonej ich liczby. Liczbę tę określa wartościowość kodu. I tak na przykład telegraficzny kod jest dwuwartościowy, czyli binarny i odpowiednio do tego sygnał telegraficzny może przybierać jeden z dwu stanów znamiennych<sup>1)</sup>. Cechą stanu znamiennego jest określony parametr sygnału elektrycznego, a więc może to być wartość prądu (natężenie), je-

---

<sup>1)</sup> Stany te oznaczone są zazwyczaj symbolami A, Z lub 0, 1.

go zwrot (dla prądu stałego) lub też amplituda, częstotliwość lub faza w przypadku prądu zmiennego itp. W procesie transmisji sygnał przybiera wszystkie swoje stany znamienne, przy czym porządek zmian i czas pozostawania sygnału w każdym ze stanów jest określony treścią przekazywanej informacji. Momenty czasowe, w których następuje zmiana stanu znamienego sygnału, noszą nazwę momentów znamiennych lub momentów charakterystycznych. Najkrótszy teoretyczny czas trwania jednego stanu znamienego, czyli najkrótszy przedział czasowy między dwoma kolejnymi momentami charakterystycznymi, narzucony zasadą działania urządzenia transmisji danych, nosi nazwę odstępu jednostkowego. Część sygnału o czasie trwania odpowiadającym odstępowi jednostkowemu nazywa się elementem (jednostkowym) sygnału. Funkcją długości elementu jednostkowego jest szybkość modulacji określona liczbą elementów jednostkowych przekazywanych w ciągu jednej sekundy. Jednostką szybkości modulacji jest bod (1 Bd), odpowiadający jednemu elementowi jednostkowemu na sekundę. A więc jeżeli mówi się, że jakieś urządzenie transmisji danych pracuje z szybkością modulacji 600 bodów, to należy przez to rozumieć, że przekazywanych jest 600 elementów jednostkowych sygnału w ciągu jednej sekundy.

Odcinek sygnału złożony z minimalnej liczby elementów potrzebnej do przekazania najmniejszej zrozumiałej informacji (dla człowieka lub urządzenia odbiorczego) nazywa się znakiem. Zbiór wszystkich znaków możliwych do przekazania w danym systemie tworzy alfabet; nato-

miast sposób przyporządkowania temu alfabetowi sygnału elektrycznego jest kodelem.

Kody dzielą się na tzw. kody oszczędne i kody nadmiarowe. W kodzie oszczędnym każdy element jednostkowy jest nośnikiem zasadniczej przekazywanej informacji. W przypadku kodu nadmiarowego sygnał zawiera dodatkowo elementy nadmiarowe, niepotrzebne do przekazywania zasadniczej informacji, a wykorzystywane do wykrywania i korekcji błędów transmisji, sterowania i sygnalizacji.

W wielu przypadkach systemy transmisji danych pracują na zasadzie transmisji blokowej. Polega ona na tym, że znaki zbudowane w oparciu o kod oszczędny są grupowane w tzw. bloki. Każdy taki blok zawiera dodatkowo pewną liczbę elementów nadmiarowych (nie informacyjnych), służących do zabezpieczenia transmisji przed błędami.

### 3.2.2. Zniekształcenie telegraficzne

Sygnał ziarnisty, przesyłany przez kanał transmisyjny, ulega zniekształceniu polegającemu na tym, że w procesie transmisji zmienia się na skali czasu położenie jego momentów charakterystycznych. Zjawisko to nazywane jest zniekształceniem telegraficznym, a jego miarą jest stopień zniekształcenia. Rozróżnia się dwa zasadnicze rodzaje zniekształcenia związane z dwiema różnymi metodami pomiarowymi, a mianowicie: zniekształcenie izochroniczne i zniekształcenie arytmiczne.

Zniekształcenie izochroniczne jest związane z systemami transmisyjnymi działającymi na zasadzie synchronicz-

nej. Przy transmisji synchronicznej odległość między dwoma dowolnymi momentami charakterystycznymi sygnału nieznkształconego jest całkowitą wielokrotnością odstępu jednostkowego  $\varepsilon$  (por. rys. 1)<sup>1)</sup>. W sygnale rzeczywistym, odbieranym po stronie odbiorczej kanału, każdy moment charakterystyczny jest opóźniony o czas przejścia sygnału przez ten kanał  $\Delta T$ , zmniejszony (lub zwiększony) o indywidualne zniekształcenie  $\theta_n$ . Miarą stopnia zniekształcenia izochronicznego jest stosunek sumy modułów dwóch największych wartości  $\theta_n$ , z których jedna odpowiada największemu przyspieszeniu, a druga - największemu opóźnieniu momentu charakterystycznego względem jego znamionowego położenia do wartości odstępu jednostkowego.

$$f_{iz} = \frac{|\theta_{\max -}| + |\theta_{\max +}|}{\varepsilon} \cdot 100 (\%)$$

Pojęcie zniekształcenia arytmicznego wiąże się z arytmicznymi systemami transmisyjnymi. Mierząc zniekształcenie arytmiczne rozpatruje się indywidualnie poszczególne cykle pracy (znaki kodowe).

Na rysunku 2 przedstawiono wycinek nie zniekształconego sygnału arytmicznego, zawierający dwa znaki. Symbolami  $t_0 \dots t_6$  oznaczono te punkty na skali czasu, w których występują lub też mogłyby wystąpić momenty charakterystyczne. Kolejne punkty w obrębie jednego znaku są więc odległe od siebie o długość odstępu jedno-

---

<sup>1)</sup> Wszystkie rysunki są zamieszczone na końcu artykułu.

wego. Odległość każdego z punktów  $t_1 \dots t_6$  od punktu  $t_0$  wyznaczającego czoło elementu rozruchowego jest więc całkowitą wielokrotnością odstępu jednostkowego  $\varepsilon$ . W sygnale zniekształconym położenia momentów charakterystycznych nie spełniają tego warunku. Różnica między rzeczywistym położeniem momentu charakterystycznego a jego położeniem znamionowym (w sygnale nie zniekształconym) jest miarą zniekształcenia arytmicznego<sup>1)</sup>:

$$\sigma_{ar} = \frac{\Delta t}{\varepsilon} \cdot 100 (\%)$$

### 3.2.3. Błędy

Przez błąd powstały w procesie transmisji sygnału ziarnistego należy rozumieć niezgodność stanu znamiennego jednego elementu jednostkowego w sygnale odebrany z stanem znamionowym odpowiedniego elementu jednostkowego w sygnale nadanym. Element sygnału o stanie znamionowym w punkcie odbioru różnym od stanu znamionowego w punkcie nadawania nazywamy błędnym elementem. Jeżeli w odebrany znaku zawiera się co najmniej jeden błędny element, wówczas ma się do czynienia z błędnym znakiem. Podobnie błędny blok jest to blok zawierający co najmniej jeden błędny znak (jeden błędny element).

Zastosowanie specjalnych środków technicznych, wzmiankowanych na wstępie tego artykułu, pozwala na realizację

<sup>1)</sup> W rozumieniu zjawiska. Natomiast wielkość określona wzorem jest indywidualnym stopniem zniekształcenia arytmicznego pojedynczego momentu charakterystycznego.

prawie bezbłędnej transmisji. Ogromna większość błędów powstałych w procesie przekazywania informacji zostaje wykryta i skorygowana. Całkowite jednak wyeliminowanie błędów jest niemożliwe. Błędy w odebranej informacji, wynikiem mimo systemu zabezpieczenia, nazywa się błędami wynikowymi. Te błędy są mniej interesujące w miernictwie transmisji danych, która zajmuje się głównie błędami pierwotnymi, to znaczy błędami powstałymi przy transmisji bez wykorzystania środków zabezpieczających.

Miarą ilościową zjawiska błędów jest tzw. stopa błędów. Rozróżnia się trzy rodzaje stopy błędów, a mianowicie: stopę błędów elementową, znakową i blokową. Elementowa stopa błędów jest to liczba niemianowana, wyrażona stosunkiem liczby błędnych elementów w sygnale odebranym do całkowitej liczby elementów nadanych w ciągu określonego czasu. Podobnie znakowa i blokowa stopa błędów wyraża się stosunkiem liczby znaków lub bloków błędnych do liczby znaków lub bloków nadanych.

### 3.3. Pomiary parametrów specjalnych kanału ciągłego

#### 3.3.1. Pomiary charakterystyk opóźnieniowo-częstotliwościowych

Opóźność (grupowy czas przejścia) mierzy się w kanale ciągłym (pierwotnym). Przebieg charakterystyki opóźnieniowo-częstotliwościowej kanału pierwotnego, tzn. charakterystyki opóźności w funkcji częstotliwości, ma istotny wpływ na jakość transmisji danych realizowanej

w tym kanale. Według definicji zamieszczonej w publikacji CCITT pt. "Zbiór podstawowych pojęć i definicji używanych w telekomunikacji" opóźność jest to: "czas, w którym pewien punkt (na przykład szczyt) obwiedni sygnału utworzonego z dwóch przebiegów sinusoidalnych, niewiele różniących się częstotliwością, przemieszcza się między określonymi punktami. W odniesieniu do jednej częstotliwości grupowy czas przejścia równy jest pierwszej pochodnej całkowitego przesunięcia fazowego między tymi punktami, wyrażonego w radianach, względem pulsacji odpowiadającej tej częstotliwości". A więc zgodnie z zacytowaną definicją opóźność dla częstotliwości  $f$  wyraża się wzorem:

$$\tau = \frac{dB}{d\omega},$$

gdzie:  $B$  - jest przesuwnością fazową,

$\omega$  - jest pulsacją odpowiadającą częstotliwości  $f$ .

W przypadku gdy przesuwność fazowa  $B$  jest proporcjonalna do częstotliwości, czyli kiedy charakterystyka przesuwności fazowej w funkcji częstotliwości  $B = f(\omega)$  ma przebieg liniowy, opóźność jest stała. Wówczas wszystkie częstotliwości widma przesyłanego w kanale pojawiają się na jego wyjściu w jednakowym czasie i charakterystyka fazowa kanału nie ma wpływu na zniekształcenie sygnału. W rzeczywistości taki przypadek nie zachodzi nigdy. A zatem istnieje wpływ nieliniowości charakterystyki opóźnieniowej na sygnał transmisji danych przesyłany w kanale ziarnistym. Wpływ ten jest tym większy,

im większa jest szybkość modulacji sygnału transmisji danych, bowiem przy zwiększaniu szybkości modulacji zwiększa się szerokość pasma kanału ziarnistego. Wpływ charakterystyki opóźnieniowej wyraża się zniekształceniem telegraficznym sygnału ziarnistego. Przy znacznych anomaliach przebiegu charakterystyki opóźnieniowo-częstotliwościowej zniekształcenie to może być tak duże, że spowoduje błędy w transmisji danych. Na przebieg charakterystyk opóźnieniowo-częstotliwościowych można wpływać w pewnych granicach, stosując odpowiednie korektory fazowe. Opóźność można mierzyć metodami pośrednimi i bezpośrednimi.

3.3.1.1. Metody pośrednie pomiaru opóźności. Wszystkie metody pośrednie pomiaru opóźności oparte są o pomiar charakterystyk przesuwności w funkcji częstotliwości  $B = f(\omega)$ . Z charakterystyk tych wyznacza się następnie charakterystyki opóźności w funkcji częstotliwości  $T = f(\omega)$  przez różniczkowanie ich punkt po punkcie, na przykład metodami graficznymi. Istnieje znaczna liczba metod pośrednich. Można tu wyliczyć metodę oscyloskopową, metodę kompensacyjną, metodę sumy i różnicy napięć i metodę pomiaru oporności wejściowej w stanie jałowym i zwarciovym.

Najprostsza jest metoda oscyloskopowa, której zasadę przedstawiono na rys. 3. Na wejście badanego kanału podaje się przebieg sinusoidalny z generatora G. Ten sam przebieg doprowadza się równolegle do pionowych płytek odchylających lampy oscyloskopowej. Na płytki odchylenia



poziomego przykładu się przebieg zbierany z wyjścia badanego kanału, przesunięty w fazie w stosunku do przebiegu przyłożonego na jego wejściu o kąt  $B$ . Obraz obserwowany na ekranie oscyloskopu jest elipsą. Z parametrów tej elipsy można wyznaczyć wartość kąta  $B$ , czyli wielkość przesuwności dla danej częstotliwości przebiegu pomiarowego. Przesuwność można wyznaczyć mierząc długości osi elipsy na podstawie jednej z dwóch zależności:

$$B = \text{arc tg } \frac{b}{a} \quad \text{lub} \quad B = \text{arc tg } \frac{a}{b} .$$

Z pierwszej z nich korzysta się, gdy elipsa jest w takim położeniu, że jej oś  $a$  znajduje się w I i III ćwiartce układu współrzędnych, z drugiej - gdy oś  $a$  elipsy spoczywa w II i IV ćwiartce. Można również zmierzyć długość rzutu elipsy na oś  $y$  układu współrzędnych oraz długość odcinka zawartego między obu punktami przecięcia elipsy i osią  $y$ . Przesuwność  $B$  w tym przypadku wyznacza się ze wzoru:

$$B = \text{arc sin } \frac{y}{Y} ,$$

gdzie:  $y$  - jest sumą wartości bezwzględnych rzędnych  $y_1$  i  $y_2$  punktów przecięcia elipsy z osią  $y$ ,  
oraz  $Y$  - jest rzutem elipsy na tę oś.

Metoda oscyloskopowa pomiaru przesuwności fazowej ma zasadniczy mankament, mianowicie wymaga lokalizacji oscyloskopu i generatora przebiegu pomiarowego w jednym miejscu. Pomiarów kanałów i łączy telekomunikacyjnych tą

metodą można więc przeprowadzać wyłącznie "w pętli". Drugim poważnym mankamentem jest jej mała dokładność, wynikająca ze sposobu odczytu i obliczania mierzonej wielkości. Wyznaczenie wielkości opóźności  $\tau$  ze zmierzonej przesuwności  $B$  jest bardzo kłopotliwe, a obliczone wartości opóźności są obarczone znacznym błędem.

Ogólnie rzecz biorąc, wszystkie metody pośrednie pomiaru opóźności są kłopotliwe, pracochłonne i mało dokładne. Z tej racji mają one w miernictwie transmisji danych drugorzędne znaczenie i nie nadają się do zastosowania w prowadzonych na szerszą skalę badaniach.

3.3.1.2. Metoda bezpośrednia pomiaru opóźności. Bezpośredni pomiar opóźności przeprowadza się w oparciu o tzw. metodę Nyquista. Polega ona na pomiarze opóźnienia czasowego, jakiemu ulega obwiednia sygnału pomiarowego, zmodulowanego amplitudowo przebiegiem sinusoidalnym małej częstotliwości, w procesie transmisji przez badany kanał.

Rysunek 4a przedstawia w sposób uproszczony zasadę pomiaru bezpośredniego względnej wartości opóźności (zniekształcenia opóźnieniowego) na łączu otwartym (od punktu do punktu), przy wykorzystaniu kanału pomocniczego.

Nadajnik miernika opóźności, zawierający trzy generatory przebiegów sinusoidalnych -  $G_n$ ,  $G_o$  i  $G_p$ , jest przyłączony po stronie nadawczej badanego kanału.

Przebieg  $F_n$ , o częstotliwości  $f_n$ , generowany w przestrajonym generatorze  $G_n$  jest modulowany amplitudowo w

modulatorze M1 przebiegiem sinusoidalnym  $F_0$  o częstotliwości  $f_0$ , wytwarzanym w generatorze  $G_0$ , przy czym częstotliwość  $f_0$  jest znacznie mniejsza od częstotliwości  $f_n$ . Przebieg zmodulowany przykłada się na wejście badanego kanału. Tym samym przebiegiem małej częstotliwości  $F_0$  jest modulowany w modulatorze M2 przebieg pomiarowy  $F_p$  o częstotliwości  $f_p$ , który po zmodulowaniu doprowadza się na wejście kanału pomiarowego. W odbiorniku, przyłączonym do wyjścia kanału badanego i pomocniczego odtwarza się obwiednie obu zmodulowanych przebiegów.

Demodulator D1 odtwarza przebieg  $F_0$  z przebiegu zmodulowanego transmitowanego w kanale badanym, a w demodulatorze D2 zostaje odtworzony  $F_0$  z przebiegu zmodulowanego przesyłanego kanałem pomocniczym.

Obie odtworzone obwiednie mają jednakową częstotliwość  $f_0$ , ale są wzajemnie przesunięte w fazie. Jeżeli teraz wyznaczy się czas, o jaki np. punkt szczytowy obwiedni przebiegu  $F_n$  jest opóźniony lub też przyspieszony względem punktu szczytowego obwiedni przebiegu  $F_p$ , to tym samym określi się bezpośrednio różnicę opóźności bezwzględnych, jaką oba kanały - badany i pomocniczy charakteryzują się odpowiednio przy częstotliwościach  $f_n$  i  $f_p$ .

$$\Delta\tau = \tau_n - \tau_p,$$

gdzie:  $\tau_n$  - jest opóźnością bezwzględną kanału badanego przy częstotliwości  $f_n$ ,

$\tau_p$  - jest opóźnością bezwzględną kanału pomocniczego przy częstotliwości  $f_p$ .

Jeżeli wykona się szereg pomiarów, przy różnych wartościach częstotliwości  $f_n$ , pozostawiając częstotliwość  $f_p$  niezmienną, to wyznaczy się charakterystykę  $\Delta\tau = f(f_n)$ , a więc - przebieg zmienności opóźności  $\tau_n$  w funkcji częstotliwości  $f_n$  względem stałej wartości  $\tau_p$  oraz zakres zmian opóźności  $\tau_n$  kanału badanego w przedziale zmian częstotliwości  $f_n$ .

Trzeba tu zwrócić uwagę na to, że przy tym pomiarze zarówno wartość opóźności bezwzględnej kanału badanego  $\tau_n$  jak i wartość opóźności bezwzględnej  $\tau_p$  kanału pomocniczego pozostaje nie znana. Nie ma to jednak istotnego znaczenia, gdyż o wpływie charakterystyki opóźnieniowej na transmitowany sygnał ziarnisty decyduje nie bezwzględna wartość opóźności kanału, lecz właśnie kształt jej przebiegu i zakres zmian.

Chcąc wyznaczyć wzajemne przesunięcie w czasie obu odtworzonych obwiedni, trzeba je poddać w odbiorniku odpowiedniemu formowaniu. Zadanie to spełniają układy formujące  $U_1$  i  $U_2$ , które przetwarzają sinusoidalne przebiegi wyjściowe obu demodulatorów  $D_1$  i  $D_2$  na prostokątne, przy zachowaniu ich identycznej częstotliwości  $f_0$  i dokładnym odtworzeniu przesunięcia w fazie. Uformowane przebiegi doprowadza się do komparatora  $K$ .

Komparator porównuje je i wytwarza przebieg impulsowy, którego impulsy mają długości równe przesunięciu w czasie obu porównywanych przebiegów, a tym samym równe  $\Delta\tau$ . Wyjściowy przebieg impulsowy komparatora  $K$  doprowadza się jako jeden z dwu argumentów do bramki (typu "i")  $B$ . Drugim argumentem tej bramki jest przebieg zegarowy,

wytworzony w odpowiednim generatorze P, o dużej stałości i dokładności częstotliwości. Impulsy zegarowe przechodzą przez bramkę tylko w czasie trwania kolejnych impulsów wyjściowych komparatora. Liczba impulsów zegarowych, przechodzących przez bramkę podczas trwania jednego impulsu komparatora, proporcjonalna do czasu jej otwarcia, a tym samym i do  $\Delta T$ , jest zliczana w liczniku i indykowana np. wskaźnikiem cyfrowym jako zmierzona wartość  $\Delta T$  (względnej opóźności).

Pomiar bezpośredni opóźności względnej na łączu otwartym (od punktu do punktu) można również przeprowadzić bez kanału pomocniczego. Zasada takiego pomiaru w znacznym uproszczeniu przedstawia się następująco:

Po stronie nadawczej badanego kanału włączony jest nadajnik, który zawiera, podobnie jak w poprzednio opisanym pomiarze - z kanałem pomocniczym, trzy generatory przebiegów sinusoidalnych -  $G_n$ ,  $G_o$  i  $G_p$  (por. rys. 4b). Przebiegi wyjściowe generatorów  $G_n$  i  $G_p$  o częstotliwościach odpowiednio  $f_n$  i  $f_p$  są modulowane amplitudowo przebiegiem wytwarzanym w generatorze  $G_o$  o częstotliwości  $f_o$ , w modulatorach M1 i M2. Częstotliwość  $f_o$  przebiegu modulującego jest przy tym znacznie mniejsza od częstotliwości  $f_n$  i  $f_p$  obu przebiegów modulowanych. Sygnały z wyjść modulatorów są dołączone do układu przełączającego P, który formuje z nich sygnał pomiarowy, przyłączając do wejścia badanego kanału na przemian to jeden, to drugi przebieg zmodulowany. Częstotliwość przełączania  $f$  jest znacznie mniejsza od częstotliwości modulującej  $f_o$ .

Uformowany w ten sposób sygnał pomiarowy ma ciągłą obwiednię i rytmicznie zmieniającą się, w takt częstotliwości przełączania  $f$ , częstotliwość nośną.

Na końcu odbiorczym badanego kanału sygnał zostaje zdemodulowany amplitudowo w demodulatorze D dla odtworzenia obwiedni. Obwiednia ta w miejscach zmian częstotliwości przebiegu nośnego wykazuje skoki fazy proporcjonalne do różnicy bezwzględnych wartości opóźności kanału przy częstotliwościach  $f_n$ ,  $f_p$ , czyli do względnej opóźności przy częstotliwości  $f_n$  (względem  $f_p$ ). Skoki fazy zostają następnie w odpowiednim układzie formującym F przetworzone na proporcjonalne do nich skoki amplitudy. Na wyjściu układu formującego otrzymuje się przebieg prostokątny o częstotliwości  $f$  (równej częstotliwości przełączania na wejściu kanału) i amplitudzie proporcjonalnej do skoku fazy obwiedni, a tym samym do względnej opóźności kanału przy częstotliwości  $f_n$ . Jeśli teraz ten przebieg wyprostuje się w prostowniku PR i po wyprostowaniu przyłoży się na odpowiednio wyskalowany miernik wychyłowy M, to będzie można odczytać bezpośrednio wartość zmierzonej opóźności względnej  $\Delta T$ .

Pomiar taki, jak opisany wyżej, jest znacznie bardziej skomplikowany w realizacji układowej od pomiaru z wykorzystaniem kanału pomocniczego, lecz jego zasadniczą zaletą jest to, że wykorzystuje się w nim tylko jeden kanał, a mianowicie - badany.

Na podobnej zasadzie działają między innymi mierniki opóźności typu LD produkowane przez firmę Wandel i Golttermann. Niektóre mierniki opóźności są wyposażone w u-

rzędzenia wobuloskopowe, umożliwiające obserwację całego przebiegu mierzonej charakterystyki (opóźności w funkcji częstotliwości  $f_n$ ) na ekranie kineskopu o długiej poświacie<sup>1)</sup>.

Większość mierników opóźności umożliwia dodatkowo przeprowadzanie pomiarów charakterystyk błumieniowo-częstotliwościowych.

Mierniki te, a właściwie zestawy pomiarowe do pomiarów opóźności, są urządzeniami skomplikowanymi technicznie, układowo rozbudowanymi i tym samym - kosztownymi. Dla przykładu zestaw typu LD2 produkowany seryjnie przez firmę Wandel-Goltermann kosztuje ponad 5000 dolarów.

### 3.3.2. Pomiary krótkich przerw transmisji

3.3.2.1. Pojęcie krótkiej przerwy. Przed omówieniem zasady pomiaru krótkich przerw transmisji należy bliżej sprecyzować, co w miernictwie transmisji danych rozumie się pod pojęciem krótkiej przerwy transmisji, gdyż to zwyczajowo przyjęte określenie niezupełnie ściśle odpowiada istocie zjawiska, będącego przedmiotem pomiarów.

Jeżeli na wejście badanego kanału ciągłego przyłożyć sygnał pomiarowy np. sinusoidalny, nadawany nieprzerwanie w ciągu pewnego czasu, przy zachowaniu idealnej stałości czasowej jego amplitudy (poziomu nadawczego), to kontrolując miernikiem poziom sygnału odbieranego na wyjściu kanału okaże się, że podlega on wahaniom w

---

<sup>1)</sup> Np. mierniki Siemens a i Wandla-Goltermanna.

czasie. Jeszcze lepiej widzi się to, jeśli na wyjściu kanału włączy się samopiszący rejestrator poziomu. Uzyskany zapis poziomu ma postać falistej, ząbkowanej linii, wykazującej gdzie niegdzie większe uskoki zarówno w kierunku dodatnim, jak i ujemnym<sup>1)</sup>.

Rysunek 5 przedstawia fragment poziomu zapisu narysowany w powiększeniu. Prosta równoległa do osi 0, odpowiadającej poziomowi odniesienia 0 Np, poprowadzona w odległości  $p_1$  przecina się w wielu punktach z krzywą poziomu sygnału odbiorczego. Odcinki zawarte pomiędzy odpowiednimi punktami przecięcia wyznaczają czas, w którym poziom sygnału odbieranego spadał poniżej wartości  $p_1$ . Na rysunku naniesiono również drugą prostą, odpowiadającą poziomowi  $p_2$ , przy czym  $p_2 < p_1$ .

Widać, że spadki poziomu poniżej wartości  $p_2$  występują rzadziej i czas ich trwania jest krótszy.

Jeżeli na wyjściu kanału dołączone jest jakieś urządzenie odbiorcze, które pracuje prawidłowo przy sygnale pomiarowym o określonym poziomie bezwzględny (przyjętym jako poziom odniesienia 0) i przestaje pracować, gdy poziom zmniejszy się o wartość  $p_1$ , to dla tego urządzenia chwilowe obniżenie się poziomu poniżej wartości  $p_1$  będzie przerwą w transmisji. Gdyby czułość urządzenia była większa i wynosiła np.  $p_2$ , to wówczas, w tych samych warunkach transmisji, liczba przerw transmisji by-

---

<sup>1)</sup> W przypadku łącza trwałego (niekomutowanego) na ogół występuje więcej uskoków ujemnych. W łączu komutowanym obraz jest odwrotny.



łaby mniejsza. A więc kryterium przerwy transmisji związane jest z własnościami urządzenia odbiorczego. Z punktu widzenia odbiornika przerwą jest każde chwilowe obniżenie się poziomu jego sygnału wejściowego poniżej wartości progowej zapewniającej poprawną pracę tego urządzenia<sup>1)</sup>. Dlatego też przy pomiarze przerw należy zawsze podawać progową wartość poziomu rozeznawania wahań poziomemu sygnału pomiarowego jako przerw.

Rejestratory poziomu mają szybkość przesuwu taśmy rzędu od kilku do kilkunastu centymetrów na godzinę. Stąd 1 milimetr bieżący zapisu odpowiada kilkadziesiąt sekundom. Tak zagęszczona skala czasu, a także bezwładność mechanicznego układu piszącego nie pozwala wykryć i zarejestrować wahań poziomu o czasie trwania rzędu sekund i krótszych. To zaś z kolei stanowi o tym, że taki pomiar jest niewystarczający dla potrzeb transmisji danych. Wiadomo bowiem skąd inąd, że w kanale transmisyjnym występują często wahania poziomu o czasie trwania od ułamków milisekund do dziesiątek milisekund, które są jedną z głównych przyczyn powstawania błędów w transmisji<sup>2)</sup>. Te

---

1) Przyczyn chwilowych wahań poziomu jest wiele. Do najważniejszych należy zaliczyć wahanie napięć zasilających, zły stan styków, zakłócenia zewnętrzne, przesłuchy itp.

2) Dla przykładu: w sygnale ziarnistym nadawanym z szybkością modulacji 1200 bodów długość (czas trwania) elementu jednostkowego wynosi 833,33...  $\mu$ s. A więc krótka przerwa o długości 1 ms może spowodować pojedynczy błąd. Jeśli sygnał ziarnisty ma strukturę typu 1:1, to przerwa o czasie trwania około 10 ms spowoduje na pewno przekłamanie 5 elementów (połowa elementów przesłanych w czasie trwania przerwy).

właśnie wahania poziomu - "krótkie przerwy transmisji" są niewykrywalne konwencjonalnymi metodami pomiarowymi. Pomiar krótkich przerw transmisji wymagają więc użycia specjalnych urządzeń pomiarowych - mierników krótkich przerw i bardziej od nich skomplikowanych statystycznych analizatorów.

3.3.2.2. Zasada działania analizatora krótkich przerw transmisji. Pomiar krótkich przerw jest realizowany na zasadzie kontroli poziomu sinusoidalnego sygnału pomiarowego, przesyłanego w badanym kanale. Sprawdzana jest wielkość amplitudy sygnału pomiarowego, w każdym jego półokresie, na końcu odbiorczym kanalu. Tym samym można wykrywać przerwy o czasie trwania nie krótszym od czasu trwania jednego półokresu sygnału pomiarowego. W przypadku kanału telefonicznego najwyższa praktyczna stosowana częstotliwość sygnału jest rzędu 3 kHz. Oznacza to, że wykrywalne są przerwy dłuższe od 0,17 ms.

Analizator krótkich przerw transmisji wykrywa spadki poziomu poniżej określonej /najczęściej nastawnej w szerokich granicach/ wartości, segreguje je na określone kategorie względem długości (czasu trwania) i zlicza ich liczbę, oddzielnie w każdej z tych kategorii, za pomocą odpowiednich liczników. Najczęściej bywa też zliczany sumaryczny czas trwania wszystkich przerw zarejestrowanych w ciągu seansu pomiarowego. Wynik pomiaru daje bezpośrednio statystyczny rozkład przerw względem ich czasu trwania. Analizatory bardziej rozbudowane umożliwiają jednoczesną rejestrację przerw przy kilku różnych progowych poziomach analizy.

Zasadę działania statystycznego analizatora krótkich przerw transmisji ilustruje rys. 6. Każdorazowe zmniejszenie się amplitudy przebiegu wejściowego poniżej nastawnej wartości progowej powoduje pojawienie się na wyjściu układu wejściowego analizatora impulsu napięcia stałego o długości równej długości (czasowi trwania) przerwy. Impulsy przerw generowane w układzie wejściowym przykłada się na bramkę, która przewodzi impulsy wytworzone w wewnętrznym generatorze zegarowym tylko podczas obecności impulsów z układu wejściowego. Przebieg impulsowy z wyjścia bramki jest doprowadzony na wejście łańcucha dzielników częstotliwości. Łańcuch dzielników spełnia funkcję układu segregującego przerwy według długości.

Każdy z dzielników po zliczeniu właściwej mu liczby impulsów zegarowych wysyła impuls zaliczeniowy do odpowiedniego licznika. Zakończenie się kolejnej przerwy, wyrażające się zanikiem impulsów zegarowych na wejściu układu segregującego, powoduje samoczynne wyzerowanie wszystkich dzielników, co przygotowuje analizator do zarejestrowania następnej przerwy. Jeżeli np. mają być zliczane oddzielnie przerwy dłuższe od 0,5 ms, dłuższe od 5 ms i dłuższe od 20 ms, to przy częstotliwości generatora zegarowego równej 20 kHz, długościom przerw odpowiadają następujące liczby impulsów zegarowych:

0,5 ms	-	10 impulsów
5 ms	-	100 impulsów
20 ms	-	400 impulsów

Przy takiej gradacji przerw i częstotliwości generatora zegarowego jak wyżej, układ segregujący składa się

z trzech łańcuchowo połączonych dzielników częstotliwości o stosunku podziału 1:10, 1:10 i 1:4; łączny stosunek podziału całego układu jest 1:400. W chwili gdy na wejściu analizatora pojawi się przerwa, jednocześnie na wejście układu segregującego zaczynają przychodzić impulsy zegarowe. Pierwszy dzielnik po zliczeniu 10 impulsów wydaje kryterium zaliczenia przerwy (dłuższej od 0,5 ms) do swojego licznika. Wejście licznika, po odebraniu impulsu zaliczeniowego, jest blokowane specjalnym układem, aż do chwili zakończenia się przerwy<sup>1)</sup>. Jednocześnie zaczyna liczyć następny dzielnik. Dzielnik ten zliczywszy do 10, co odpowiada 100 impulsom pierwszego dzielnika, wysyła impuls zaliczeniowy do licznika przerw dłuższych od 5 ms. Po zaliczeniu przerwy wejście licznika blokuje się i pracę podejmuje ostatni dzielnik (1:4). W przypadku gdy przerwa skończy się zanim dzielnik doliczy do 4, czyli gdy trwa ona krócej niż 20 ms, licznik przyporządkowany temu dzielnikowi nie zadziała. W przeciwnym razie nastąpi zaliczenie i blokada wejścia licznika. Końiec przerwy powoduje jednocześnie samoczynny powrót dzielników układu segregującego do stanu początkowego i odblokowanie wejść wszystkich liczników. Tym samym analizator zostaje przygotowany do zarejestrowania następnej przerwy.

---

<sup>1)</sup> Gdyby wejście licznika nie zostało zablokowane, to przy przerwie kilkakrotnie dłuższej od 0,5 ms licznik zaliczyłby kilka przerw, a mianowicie tyle, ile razy dzielnik powtórzyłby swój pełny cykl działania.

### 3.3.5. Pomiary zakłóceń impulsowych

Jedną z głównych przyczyn błędów w transmisji danych są zakłócenia o charakterze impulsowym, których konwencjonalnymi metodami (przy wykorzystaniu mierników szumów) nie daje się zmierzyć. Ponieważ nie można ich w ten sposób wyodrębnić jako składnika mierzonego szumu, tym samym nie podobna dokładniej określić ich wpływu na transmisję. Przyczyny powstawania zakłóceń impulsowych są te same co przyczyny krótkich przerw transmisji, przy czym zakłócenia impulsowe występują zwłaszcza w łączach komutowanych. Są to wąskie impulsy, o czasie trwania rzędu od dziesiątek do setek mikrosekund, nieraz o amplitudzie współmiernej z amplitudą transmitowanego w kanale sygnału użytecznego. Zrozumiałe przeto jest, że taki impuls zakłóceńowy, jeśli w odpowiedniej fazie spotka się z sygnałem użytecznym, może spowodować błąd.

W odróżnieniu od pomiaru różnych przerw pomiar zakłóceń impulsowych jest przeprowadzany w kanale "pustym", to znaczy bez wykorzystania specjalnego sygnału pomiarowego. Badany kanał jest po stronie nadawczej zamknięty na swoją oporność falową, po stronie zaś odbiorczej przyłącza się odpowiednie urządzenie pomiarowe.

Dla gruntownego zbadania zjawiska występowania zakłóceń impulsowych potrzebny jest statystyczny analizator, który co do zasady działania w istocie nie różni się od analizatora krótkich przerw. Zazwyczaj analizatory zakłóceń impulsowych umożliwiają przeprowadzanie analizy w dwóch przekrojach; pod względem amplitudy (poziomu) i

pod względem czasu trwania pojedynczego zakłócenia. Zakłócenia są segregowane na odpowiednie kategorie względem ich amplitudy i czasu trwania i zliczane oddzielnie w każdej z nich. Często bywa też zliczany sumaryczny czas trwania wszystkich zakłóceń jakie wystąpiły w czasie seansu pomiarowego.

Przytoczony na rys. 6 blokowy schemat ilustrujący zasadę działania analizatora krótkich przerw transmisji równie dobrze ilustruje zasadę działania analizatora zakłóceń impulsowych. Jedyne różnice, które występują w samym analizatorze, są zlokalizowane w jego części wejściowej i wynikają z odmiennej zasady pomiaru (w przypadku zakłóceń impulsowych - pomiar w "pustym" kanale).

Odmienność zasady pomiaru zakłóceń impulsowych i krótkich przerw transmisji stanowi o technicznej niemożliwości jednoczesnego pomiaru zakłóceń impulsowych i krótkich przerw transmisji<sup>1)</sup>.

Jednakże podobieństwo zasady działania analizatora krótkich przerw transmisji i analizatora zakłóceń impulsowych stwarza możliwość zbudowania takiego analizatora,

1) Stanem normalnym na wejściu analizatora krótkich przerw jest obecność sygnału pomiarowego. Zanik amplitudy (względnie obniżenie poniżej wartości progowej) w jednym półokresie tego sygnału jest rozeznawany jako przerwa (por. p.3.4). W pomiarze zakłóceń impulsowych tym stanem "normalnym" jest brak sygnału na wejściu lub też jego poziom niższy od progowej wartości. Gdyby więc dołączyć analizator zakłóceń równolegle z analizatorem krótkich przerw, to wówczas każda połówka sinusoidy sygnału pomiarowego potrzebnego do pomiaru przerw byłaby rozeznawana jako impuls zakłóceniaowy.

którym można mierzyć albo zakłócenia impulsowe, albo krótkie przerwy. Analizator taki musi mieć tylko dwa oddzielne układy wejściowe, z których jeden jest wykorzystywany przy pomiarze przerw, a drugi przy pomiarze zakłóceń.

### 3.4. Pomiar parametrów kanału ziarnistego

#### 3.4.1. Pomiar błędów

3.4.1.1. Zasada pomiaru błędów. Pomiar błędów w transmisji danych przeprowadza się w oparciu o synchroniczną (izochroniczną) metodę transmisji sygnału. Wszystkie elementy sygnału są więc przesyłane jednostajnym rytmem i żaden z nich nie spełnia funkcji elementu rozruchowego. Błędy powstałe w procesie transmisji ziarnistego sygnału wykrywa się na zasadzie porównywania dwóch sygnałów, element po elemencie. Jeden z nich, to sygnał pomiarowy odebrany na końcu badanego kanału, a więc obciążony błędami, a drugi to sygnał porównawczy, będący sygnałem pomiarowym w swej pierwotnej, nieskażonej formie.

Ten sposób wykrywania błędów uniemożliwia oparcie pomiaru na arytmicznej zasadzie transmisji. W transmisji arytmicznej sygnał podzielony jest na określone, identycznej długości sekwencje, z których każda poprzedzona jest elementem rozruchowym (start) i zakończona elementem zatrzymującym (stop). Element rozruchowy w sygnale odbiorczym otwiera cykl pracy urządzenia odbiorczego, zamykany elementem zatrzymującym. Jediną cechą elementu

rozruchowego, która może być wykorzystana do jego identyfikacji w urządzeniu odbiorczym, jest jego stan znamieny. Przekłamanie (błąd) elementu rozruchowego jest równie prawdopodobne jak przekłamanie każdego innego elementu sygnału, ale jeśli zostanie przekłamany właśnie ten element, to w konsekwencji urządzenie odbiorcze zidentyfikuje jako "start" kolejny element o stanie znamienym, odpowiadającym prawdziwemu elementowi rozruchowemu. Jeżeli odebranie elementu rozruchowego ma wyzwołać nadanie sekwencji sygnału porównawczego przez generator włączony na odbiorczym końcu badanego kanału, to w konsekwencji porównanie sygnału pomiarowego z sygnałem porównawczym prowadziło do wykrycia błędów tam, gdzie w rzeczywistości by ich nie było.

Transmisja synchroniczna natomiast, jedynie możliwa do wykorzystania przy pomiarze błędów, nastrocza inne problemy techniczne, które w poważnym stopniu komplikują rozwiązania układowe urządzeń pomiarowych. W transmisji synchronicznej sygnał nie jest podzielony na poszczególne, zamknięte sekwencje, odpowiadające cyklom pracy urządzenia odbiorczego. Jest on przesyłany w jednostajnym rytmie, zaś prawidłowość współpracy urządzeń nadawczych i odbiorczych jest uwarunkowana ich synchronizmem. Rysunek 7 może posłużyć jako ilustracja wpływu braku synchronizmu między sygnałem pomiarowym a porównawczym na pomiar błędów. Na rysunku tym przedstawiono wycinki sygnału nadawanego (pomiarowego) i porównawczego, generowanego po stronie odbiorczej badanego kanału. Sygnały te są z sobą niesynchronizowane względnie syn-



chronizacja jest nieodpowiednia. Wynikiem tego stanu rzeczy jest różnica szybkości modulacji obu porównywanych przebiegów. Jeśli porównywanie obu przebiegów jest przeprowadzane na drodze sprawdzania zgodności ich stanów znamienych w momentach czasowych  $t_0 \dots t_{15}$ , odpowiadających geometrycznym środkom elementów sygnału porównawczego, to zostaną wykryte błędy, chociaż sygnał porównawczy ma taką samą postać jak nadany.

Samo zapewnienie synchronizmu obu porównywanych sygnałów nie gwarantuje jeszcze poprawności pomiaru błędów. Równie ważna jest bowiem ich synfazowość (zgodność faz). Jeżeli sygnał porównawczy nie zostanie wyzwolony w jednakowej fazie z sygnałem odbieranym, to nawet przy idealnym synchronizmie (zgodności szybkości modulacji) i obiektywnym braku błędów w mierzonym sygnale pomiar wykaże błędy. Efekt braku synfazowości przedstawiono na rys. 8. Przebieg a) przedstawia sygnał nadawany, przebieg b) - ten sam sygnał w takiej postaci, w jakiej pojawia się na odbiorczym końcu badanego kanału. Sygnał pomiarowy odbiorczy jak widać jest bezbłędny, choć obarczony zniekształceniem. Przebieg c) wyobraża sygnał porównawczy wyzwolony w niewłaściwym momencie czasowym.

Do zapewnienia synchronizmu i synfazowości sygnału pomiarowego i porównawczego służą specjalne układy wbudowane w urządzenia pomiarowe służące do pomiaru błędów.

Wszystkie urządzenia do pomiaru błędów działają na podobnej zasadzie, polegającej na porównaniu dwóch sygnałów pomiarowych. Jeden z nich jest sygnałem odebranym po przejściu przez badany kanał, a drugi - sygnałem

porównawczym, o strukturze identycznej z sygnałem pomiarowym po stronie nadawczej. Sprawdzanie identyczności obu porównywanych sygnałów (zgodności stanów znamienych) jest punktowe i dokonuje się przy wykorzystaniu wąskich impulsów próbkujących przypadających w geometrycznych środkach elementów sygnału porównawczego. Istnieją wprawdzie również inne kryteria porównania sygnałów, jednakże nie mają one w tej chwili większego praktycznego znaczenia i dlatego zostaną pominięte w niniejszym artykule.

Sygnał odbierany jest porównywany z sygnałem porównawczym w specjalnym układzie, zwanym komparatorem. W przypadku stwierdzenia niezgodności stanów znamienych (błędu) komparator wytwarza impuls błędności, który jest zliczany w odpowiednim liczniku. Zasadę pomiaru błędów, przedstawioną w uproszczeniu, ilustruje rys. 9. Rysunek 9a przedstawia pomiar błędów metodą "w pętli". Po stronie nadawczej kanału dołączony jest za pośrednictwem modemu nadajnik sygnału pomiarowego. Sygnał pomiarowy po przejściu przez modem i badany kanał jest doprowadzany do jednego z wejść komparatora K. Do drugiego wejścia komparatora doprowadza się za pośrednictwem opóźniacza O sygnał pomiarowy bezpośrednio z wyjścia nadajnika. Opóźniacz O spełnia funkcję nastawnego przesuwnika fazowego i służy do wyrównania faz porównywanych przebiegów. W tym wariantcie pomiarowym przebiegiem porównawczym jest przebieg nadawany, odpowiednio przesunięty w fazie. Pomiar w pętli jest znacznie prostszy w realizacji układowej od pomiaru na "łączy otwartym" (od punktu do punktu),

gdyż nie istnieje w tym przypadku problem zapewnienia synchronizmu przebiegu pomiarowego i porównawczego. Man-kamentem tej metody pomiarowej jest to, iż mierzy się tu jednocześnie dwa kanały połączone w pętlę i nie ma możliwości dokonania indywidualnej oceny każdego z nich. Dlatego też korzystniejsze jest prowadzenie pomiarów na "łączy otwartym", co z kolei jest znacznie bardziej skomplikowane. Pomiar na łączy otwartym wymaga użycia dwu nadajników generujących sygnał pomiarowy (por. rys. 9b). Jeden z nich (N1) włączony jest na końcu nadawczym badanego kanału. Sygnał pomiarowy po przejściu przez badany kanał dostaje się do komparatora (K) i tu porównywany jest z identycznym sygnałem porównawczym generowanym w nadajniku tekstu porównawczego N2. Komparator porównuje oba sygnały i w przypadku stwierdzenia ich nieidentyczności wydaje na swym wyjściu kryterium błędu, które jest zliczane w liczniku.

Ta metoda pomiarowa, przedstawiona wyżej w krańcowym uproszczeniu, nasuwa duże trudności techniczne w praktycznej realizacji.

Pierwszym warunkiem możliwości zrealizowania takiego pomiaru jest identyczność struktury obu sygnałów, pomiarowego (nadawczego) i porównawczego. A więc oba nadajniki N1 i N2 muszą być sztywno zaprogramowane. Istotne znaczenie ma tu synchronizm obu sygnałów, który przy pomiarze w "pętli" nie miał żadnego znaczenia, gdyż z zasady pomiaru był zapewniony w sposób idealny. Generatory obu nadajników, mimo iż z reguły są stabilizowane rezonatorami kwarcowymi, nie są w stanie zapewnić odpo-

wiedniego synchronizmu przy długotrwałych pomiarach (do kilkudziesięciu godzin nieprzerwanego pomiaru). Istnieje kilka sposobów synchronizacji sygnałów. W jednym z nich sygnał pomiarowy jest co jakiś czas automatycznie przerywany, po czym jego ponowne wysyłanie poprzedza się specjalnym sygnałem startowym. W ten sposób w określonych odstępach czasu błędy synchronizmu i synfazowości sprowadza się do zera. Odstępy czasu, w jakich następuje chwilowe przerwanie nadawania, zależą głównie od stałości i dokładności częstotliwości obu nadajników. Szczególnie korzystna jest metoda synchronizacji, polegająca na wykorzystaniu odbieranego sygnału pomiarowego. Odbiornik nie potrzebuje wówczas specjalnych impulsów synchronizacyjnych, a synchronizowany jest kolejnymi momentami znamionymi tego sygnału. Inna metoda synchronizacji polega na przesyłaniu do nadajnika N2 specjalnych impulsów synchronizujących, na tle sygnału pomiarowego. Można również wykorzystać pomocniczy kanał transmisyjny do przesyłania specjalnego sygnału synchronizacyjnego.

Równie ważne dla prawidłowego przebiegu pomiaru błędów jest zapewnienie synfazowości sygnału pomiarowego odbiorczego i sygnału porównawczego. Synfazowanie może być przeprowadzone ręcznie przez personel pomiarowy, bezpośrednio przed rozpoczęciem pomiaru. Można tego dokonać za pomocą np. nastawnego przesuwnika fazowego, którym przesuwana się w fazie jeden z sygnałów - porównawczy lub pomiarowy, kontrolując przebieg synfazowania na dwustrumieniowym oscyloskopie. Można wreszcie wbudować w urządzenie pomiarowe specjalne układy automatycznego synfa-

zowania. Są one jednak dość skomplikowane, a szczegółowy ich opis przekraczałby ramy tego artykułu.

Opisana wyżej w skrócie zasada pomiarów błędów wyjaśnia działanie uproszczonego przyrządu do pomiaru błędów tzw. miernika stopy błędów. Jedynym parametrem mierzalnym przy użyciu tak zbudowanego miernika byłyby elementowa stopa błędów. Do wyznaczenia elementowej stopy błędów potrzebna jest znajomość dwóch wielkości: całkowitej liczby odebranych elementów sygnału pomiarowego i liczby błędnych elementów wykrytych w czasie trwania transmisji. W układzie zbudowanym wg zasady z rys. 10 można by wyznaczyć liczbę odebranych elementów dla określonego czasu trwania transmisji z szybkości modulacji sygnału. W rzeczywistych miernikach stopy błędów stosuje się dodatkowy licznik, zliczający wszystkie elementy sygnału odebranego.

Możliwości pomiarowe takiego miernika stopy błędów są jednak mimo wszystko dość skromne, dlatego też do pomiarów mających dać w wyniku pełniejszy obraz zjawisk zachodzących w kanale w czasie pomiaru, wykorzystuje się znacznie bardziej rozbudowane urządzenia pomiarowe - tzw. analizatory błędów, które obok stopy błędów umożliwiają określenie rozkładu błędów w czasie.

Analizatory błędów można podzielić na dwie zasadnicze grupy, w zależności od formy, w jakiej otrzymuje się wynik pomiaru. Do pierwszej grupy zalicza się tzw. analizatory o bezpośrednim odczycie, które liczbę wszystkich badanych zdarzeń podlegających analizie zliczają i rejestrują za pomocą liczników. Analizatory o bezpośrednim odczy-

cie umożliwiającą zazwyczaj zliczanie liczby elementów, znaków i bloków odebranych, liczby elementów, znaków i bloków błędnych, liczbę bloków zawierających różną liczbę błędnych elementów itp. Wzbogacanie możliwości analizatora idące w kierunku zwiększania liczby analizowanych parametrów ziarnistego sygnału nie nastrocza poważniejszych trudności układowych. Ograniczeniem są względy praktyczno-techniczne, jak - zwiększanie się rozmiarów urządzenia czy też wzrastanie poboru mocy potrzebnej do zasilania.

W tego rodzaju urządzeniu program pomiarowy jest w znacznym stopniu programem sztywnym, ustalonym z góry przy projektowaniu, co z kolei ogranicza zakres dalszej obróbki wyników pomiarowych. Jednakże niezwykle cenną zaletą analizatora o odczycie bezpośrednim jest dostępność wyników bezpośrednio po zakończeniu pomiaru i możliwość bieżącej kontroli pomiaru w czasie jego trwania.

Drugą grupę analizatorów stanowią analizatory błędów o odczycie pośrednim. Analizator o odczycie pośrednim, tak jak i analizator o odczycie bezpośrednim, musi zawierać co najmniej jeden nadajnik sygnału pomiarowego i odbiornik, w skład którego wchodzi między innymi komparator i układy liczące. Odbiornik analizatora o odczycie pośrednim zawiera jednak dodatkowo odpowiednie układy kodujące<sup>1)</sup> i urządzenia zapisujące wyniki pomiarów na bie-

---

<sup>1)</sup> Użyte tu określenie "układ kodujący" oznacza układ, który nadaje pewnym kryterium wejściowym (np. takt, impulsy błędów, impulsy przerw transmisji itd.) formę umożliwiającą ich zapis na trwałym nośniku.

żaćo, w trwałej formie. Najczęściej stosuje się zapis na taśmie magnetycznej lub na taśmie perforowanej. Wyniki pomiaru są dostępne dopiero po dalszej ich obróbce przy użyciu odpowiednio zaprogramowanych maszyn matematycznych. Ten mankament jest zrekompensowany niemal nieograniczonymi możliwościami analizy zapisu. Zapisany przebieg pomiaru można poddawać wielokrotnej analizie i otrzymać w efekcie liczbę informacji praktycznie nieosiągalną przy pomiarze analizatorem o bezpośrednim odczycie.

3.4.1.2. Analizatory błędów o odczycie pośrednim. W przypadku rejestracji na trwałym nośniku są możliwe do zrealizowania dwie metody zapisu. Pierwsza z nich - metoda zapisu kompletnego, przedstawiona w uproszczeniu, polega na kolejnym zapisywaniu wszystkich elementów jednostkowych odbieranego sygnału pomiarowego, przy czym elementy błędne są wyróżniane w określony sposób.

Druga metoda, którą można określić jako metodę zapisu skróconego, opiera się na zapisie określonych parametrów tego sygnału, takich, aby w procesie dalszej obróbki zapisu możliwe było dokładne odtworzenie rozkładu błędów w czasie. Otrzymany przy użyciu tej metody zapis jest zawsze ciągiem liczb, określającym na przykład liczby bezbłędnych elementów zawartych między kolejnymi błędami bądź też kolejne numery (w obrębie umownych, wydzielonych sekwencji sygnału pomiarowego) odpowiadające położeniu błędów itp.

Pierwsza z podanych wyżej metod jest stosowana z zasady przy zapisie magnetycznym, z ciągłym przesuwem ta-

śmy. Jako rejestrator można wówczas wykorzystać magnetofon rynkowy o odpowiednio dobrych parametrach technicznych. W praktycznej realizacji można posłużyć się zapisem dwuścieżkowym, przy czym na jednej ścieżce zapisuje się sygnał taktowy<sup>1)</sup>, a na drugiej - impulsy błędności.

Druga metoda jest wykorzystywana przy zapisie na papierowej taśmie perforowanej.

Z punktu widzenia rozwiązań układowych ciekawe są analizatory o odczycie pośrednim z taśmy perforowanej. Zasada działania takiego analizatora zostanie bardziej szczegółowo omówiona w dalszej treści. Należy się jednak w tym miejscu zastrzec, iż omawiany dalej analizator, a mianowicie urządzenia pomiarowe noszące oznaczenie F.R.I. Philips, może służyć jedynie jako przykład jednego z wielu możliwych konkretnych rozwiązań, bowiem w zależności od przyjętej koncepcji zapisu, czyli od tego, jakie parametry sygnału chce się rejestrować, układy mogą się znacznie różnić od siebie.

F.R.I. Philips zasługuje również na uwagę z tego względu, że choć nie jest konstrukcją najnowszą<sup>2)</sup> to, według posiadanych informacji, jest jedynym analizatorem o odczycie pośrednim, wytwarzanym w celach handlowych.

---

1) Np. ciąg impulsów odpowiadających geometrycznym środkom kolejnych elementów sygnału "1:1" o szybkości modulacji równej szybkości modulacji sygnału pomiarowego.

2) Został opracowany w początku lat sześćdziesiątych.



Analizator F.R.I. jest przystosowany do prowadzenia pomiarów wyłącznie metodą "w pętli" (por. rys. 11).

Każdy element jednostkowy sygnału pomiarowego jest porównywany z odpowiadającym mu elementem tekstu nadawanego. Analizator umożliwia zapisanie dokładnej liczby błędnych elementów oraz wykazuje miejsce błędnego elementu w sygnale pomiarowym i typ błędu. Ponadto rejestrowany jest czas trwania przerw z dokładnością do jednego elementu (rejestruje się numery kolejne elementów jednostkowych na początku i końcu przerwy). Zapisu dokonuje się przy użyciu perforatora (dziurkarki) na pięciojednostkowej taśmie perforowanej. Wyniki pomiaru można odczytać, przepuszczając taśmę przez konwencjonalny nadajnik taśmowy, skojarzony z przemiennikiem (konwertorem) kodu, i drukując zapisaną informację dalekopisem arkuszowym.

Sygnał pomiarowy generowany jest w elektronicznym nadajniku. Przewidziano cztery szybkości modulacji 750, 1000, 1500 lub 2000 bodów, wybierane przełącznikiem. Sygnał pomiarowy za pośrednictwem modulatora impulsowego (modemu nadawczego) jest doprowadzany na wejście badanego kanału. Sygnał po przejściu przez kanał i demodulator (modem odbiorczy) jest odbierany w części odbiorczej analizatora. Do części odbiorczej doprowadzany jest jednocześnie sygnał pomiarowy, bezpośrednio z nadajnika, spełniający rolę sygnału porównawczego. Sygnał przychodzący z badanego kanału przyłożony jest na nastawny opóźniacz służący do synfazowania sygnału pomiarowego z sygnałem porównawczym.

Synfazowanie wykonywane jest ręcznie. Osiągnięcie synfazowości obu porównywanych przebiegów sygnalizowane jest zgaśnięciem specjalnej lampki kontrolnej. Sygnały są porównywane element po elemencie w komparatorze. Niezgodność ich stanów znamienych jest rozpoznawana jako błąd. Wszystkie odebrane elementy są zliczane w dwójkowo-dziesiętnym liczniku, o pojemności 9999. Gdy zostaje wykryty błąd, wówczas błędny element jest również zaliczany, ale jednocześnie z układu sterowania licznika wydawane jest do licznika kryterium zaliczenia błędu. Wydanie tego kryterium ma spowodować wyperforowanie na taśmie czterech cyfr, przedstawiających aktualny stan licznika. Przy szybkości modulacji 2000 bodów czynność ta powinna być wykonana w czasie krótszym od 0,5 ms, czyli dziurkarka powinna mieć możliwość rejestrowania 8 znaków (cyfr) na milisekundę. Zastosowana w analizatorze F.R.I dziurkarka Creed 25 rejestruje tylko 30 znaków na sekundę i dlatego pomiędzy nią a licznik wprowadzono układ pośredniczący w postaci magnetycznej pamięci. A więc zakodowana informacja o stanie licznika przechodzi wpięrcz przez pamięć, której pojemność wynosi 1530 elementów. Pamięć ta umożliwia zmagazynowanie 306 5-elementowych znaków. Stany liczników są zapamiętywane jako drugi, trzeci, czwarty i piąty element kodu. Pierwszy element wykorzystuje się do specjalnych wskazań. Cztery binarne cyfry, wskazujące stan całego układu liczącego, są zapisywane w pamięci kolejno. Pierwszy element pierwszego z grupy czterech znaków ma zawsze stan "1" i służy do identyfikacji grupy. Jeśli wykryty błędny element

został zidentyfikowany jako błąd typu  $1 \rightarrow 0$ <sup>1)</sup>, wówczas pierwszy element drugiego znaku grupy będzie "1". W przypadku błędu typu  $0 \rightarrow 1$  drugi element drugiego znaku będzie "0". W tym drugim przypadku pamięć zachowa informację w następującej postaci:

identyfikator	1	x x x x	(jednostki)
błąd $1 \rightarrow 0$	1	x x x x	(dziesiątki)
	0	x x x x	(setki)
	0	x x x x	(tysiące)

Przerwy są wykrywane w demodulatorze, który przekazuje odpowiednie kryteria do analizatora. W chwili rozpoczęcia się przerwy liczniki wydają swój aktualny stan, który zostaje zapisany w pamięci. Jednocześnie komparator zatrzymuje wskazywanie błędów.

W czasie trwania przerwy rejestracja błędów jest zawieszona, natomiast analizator mierzy i rejestruje długość tej przerwy<sup>2)</sup>. Początek przerwy indykowany jest elementem "1" na początku trzeciego znaku grupy. Tak więc pamięć otrzyma następującą informację:

1) Błędny element typu  $1 \rightarrow 0$  jest to taki element jednostkowy, który zamiast stanu "1" ma stan "0". Błędny element typu  $0 \rightarrow 1$  ma stan "1" zamiast stanu "0".

2) Brak ściślejszych informacji, o jakiej długości przerwy w tym miejscu chodzi. Należy się domyślać, że rejestrowane są przerwy względnie długie, o czasie trwania rzędu co najmniej dziesiątek milisekund. Gdyby bowiem rejestracja błędów była utrzymywana w czasie wszystkich przerw, to tym samym zostałyby wyeliminowane błędy powstałe w wyniku krótkotrwałych przerw w transmisji (przyp. aut.).

	1	x x x x
	1	x x x x
początek przerwy	<span style="border: 1px solid black;">1</span>	x x x x
	0	x x x x

Koniec przerwy rejestrowany jest jako "1" na początku czwartego znaku. Informacja wydana do pamięci ma następującą postać:

1	x x x x
1	x x x x
1	x x x x
1	x x x x

W chwili gdy liczniki wypełnią się, do pamięci zostaje wydany znak 01111, a liczniki samoczynnie zerują się i rozpoczynają liczenie od zera.

Pamięć jest podzielona na dwie sekcje. Każda z nich ma pojemność 153 znaki. Perforowanie rozpoczyna się z chwilą wypełnienia którejś z sekcji. Szybkość wydawania zapisanych znaków z pamięci do perforatora jest dostosowana do jego szybkości pracy. Zasób informacji jest wydawany z pamięci nieprzerwanie aż do opóźnienia się jednej sekcji. W tym czasie druga sekcja pamięci wypełnia się i w okresie wypełniania nie wydaje informacji, gdyż jej wyjście na perforator jest blokowane aż do chwili wypełnienia. Odwrotnie, ta sekcja, która w danym okresie czasowym wydaje informację do perforatora jest zablokowana dla informacji przychodzącej (z układu liczącego).

W przypadku gdy w ciągu krótkiego czasu wykrywana jest znaczna liczba błędów, może się zdarzyć, że pierwsza sekcja pamięci wypełni się zanim druga zdąży zakończyć wydawanie. Wówczas nadawane jest kryterium blokady liczenia do układu sterującego licznikami, powodujące wstrzymanie liczenia i wydawania informacji przez układ liczący. Nadanie tego kryterium pamięć rejestruje jako znak 11111. W każdej sekcji pamięci jest jedno stale puste miejsce przeznaczone do rejestracji właśnie tego znaku. Liczenie zostaje podjęte na nowo natychmiast po opróżnieniu się jednej z sekcji pamięci.

W opisanej wyżej, na przykładzie analizatora FRI, zasadzie zapisu błędów na taśmie perforowanej należy stosować perforatory o możliwie dużej szybkości zapisu. Im szybsza jest dziurkarka, tym mniej rozbudowana może być pośrednicząca pamięć<sup>1)</sup>.

Metoda zapisu błędów na taśmie perforowanej jest technicznie bardzo elegancka, a jej zaletą jest to, iż zapisuje się tylko błędne elementy oraz początki i końce przerw, zaś informacje o rozkładzie błędów i o rozkładzie i długościach przerw zawarte są w zapisywanej numeracji odpowiednich rejestrowanych elementów jednostkowych.

Przy zapisie magnetycznym taka "oszczędna" rejestra-

---

<sup>1)</sup> Odnosi się to do wszystkich wariantów zapisu na taśmie perforowanej.

cja jest praktycznie nie do zrealizowania<sup>1)</sup>. Trzeba bowiem zapisywać impulsy błędności na tle taktu, który określa ich położenie w badanym sygnale. Niezależnie od tego, czy w czasie seansu pomiarowego pojawiło się dużo błędów czy mało, zużycie nośnika służącego do rejestracji będzie takie same. W konsekwencji otrzymuje się każdorazowo nieraz setki metrów taśmy magnetycznej jako wynik rejestracji poszczególnego seansu pomiarowego.

Zważywszy fakt, iż pomiary błędów są z reguły pomiarami wielogodzinnymi poważnym problemem techniczno-organizacyjnym przy pomiarach staje się samo przechowywanie wyników pomiaru, utrwalonych na taśmie magnetycznej. Zwiększanie liczby rejestrowanych parametrów pociąga za sobą komplikacje techniczne, wynikające z konieczności zwiększania krotności zapisu. Chcąc na przykład zarejestrować tę samą liczbę parametrów, której zapis możliwy jest przy wykorzystaniu 5-jednostkowej taśmy perforowanej, trzeba albo stosować zapis 4-ścieżkowy, albo też użyć specjalnych układów umożliwiających jednoczesny zapis więcej niż jednego parametru na jednej ścieżce magnetycznej.

Tak więc wydaje się, że metoda zapisu na taśmie perforowanej mimo pewnych niedostatków (między innymi - rozbudowane układy pamięciowe) jest korzystniejsza.

---

<sup>1)</sup> Przy wykorzystaniu konwencjonalnego magnetofonu o ciągłym przesuwie taśmy. Stwierdzenia podane dalej nie odnoszą się do zapisu magnetycznego arytmicznego (przesuw skokowy). Brak jednakże jakichkolwiek informacji o wykorzystywaniu arytmicznego przesuwu taśmy do zapisu błędów.

3.4.1.3. Analizatory błędów o odczycie bezpośrednim. Cechą charakterystyczną analizatorów błędów o bezpośrednim odczycie jest to, że wyniki pomiaru są po zakończeniu pomiaru bezpośrednio dostępne w formie zrozumiałej dla człowieka.

Wszystkie wyniki pomiaru są indykowane bezpośrednio jako liczby określające ilość interesujących zdarzeń zaszłych w czasie trwania pomiaru<sup>1)</sup>. Chcąc uzyskać na drodze pomiaru takim analizatorem możliwie pełne dane wyjściowe, które po dalszej ich obróbce mogłyby dać dostatecznie dokładny obraz własności badanego kanału ziarnistego, trzeba rejestrować jak największą liczbę parametrów sygnału pomiarowego. W analizatorach o odczycie pośrednim dane wyjściowe mogą być kompletne, bowiem w sposób trwały rejestruje się przebieg zjawisk zachodzących w kanale w czasie pomiaru. W analizatorze o odczycie bezpośrednim tej kompletności nie można osiągnąć. Można jednak, przez odpowiedni dobór charakterystycznych parametrów odbieranego sygnału pomiarowego, które mają być rejestrowane, uzyskać wystarczające dane do określenia nie tylko stopy błędów, ale i ich rozkładu w czasie. Stosuje się w tym celu np. umowny podział sygnału odbieranego na tzw. bloki analityczne<sup>2)</sup>. Operacja ta, wykonywana w części odbiorczej analizatora, polega na oddziel-

1) Na przykład - liczba elementów odebranych, elementów błędnych, znaków błędnych, bloków błędnych, krótkich przerw itd.

2) Mimo iż sygnał pomiarowy może nie mieć struktury blokowej.

nym rozpatrywaniu kolejnych wycinków sygnału o określonej i tej samej liczbie elementów i oddzielnym zliczaniu liczby takich bloków, zawierających różną liczbę błędnych elementów. Można również zliczać liczbę tzw. serii błędów<sup>1)</sup> o różnej liczbie błędnych elementów.

Granice wzbogacania możliwości pomiarowych analizatora o odczycie bezpośrednim wyznaczają wyłącznie względy praktyczno-techniczne (gabaryty, ciężar, pobór mocy, niezawodność), eksploatacyjne (obsługa i konserwacja) i koszt. Dlatego też istniejące rozwiązanie jest z reguły kompromisem między możliwościami pomiarowymi a względną prostotą rozwiązań układowych i łatwością obsługi.

Z najbardziej znanych analizatorów o odczycie bezpośrednim warto wymienić seryjnie do niedawna produkowany zestaw pomiarowy szwedzkiej firmy Standard Radio & Telefon AB<sup>2)</sup>. Zestaw ten składa się z dwóch części, a mianowicie:

1. Error Rate Analyzer - ERA typ M 1004,
2. Error Distribution Analyzer - EDA typ M 1005.

Przyrząd ERA M 1004 może być używany samodzielnie jako miernik stopy błędów. Pojedynczym miernikiem ERA moż-

---

<sup>1)</sup> Dwa po sobie następujące błędne elementy zalicza się do jednej serii, jeśli są przedzielone  $n$ -elementami bezbłędnymi, przy czym  $n$  jest mniejsze od określonej, przyjętej liczby.

<sup>2)</sup> Analizator ten jest dość szeroko rozpowszechniony w licznych krajach europejskich, a jego parametry techniczno-eksploatacyjne są zbliżone do parametrów polskiego analizatora AB2/66 opisanego dalej.



na przeprowadzać pomiary metodą "w pętli". Do pomiarów na łączu otwartym trzeba dwóch mierników ERA lub też - zestawu ERA i EDA.

Sygnal pomiarowy składa się z cyklicznie powtarzanych sekwencji o długości 1024 elementy każda. Sekwencje te są nadawane jedna za drugą, synchronicznie. Odbiornik (EDA) dzieli sygnał pomiarowy na umowne bloki analityczne 8, 16, 32, 64, 128, 256 i 512-elementowe. Liczby błędnych bloków o takich długościach są zliczane oddzielnie siedmioma licznikami. Jednocześnie można wybrać jedną z podanych wyżej długości bloku i zliczać dla niej liczbę bloków obarczonych 1, 2, 4, 6 i 8 błędnymi elementami. Służy do tego celu dalszych 5 liczników. Ponadto zliczane są wszystkie elementy odebrane i wszystkie elementy błędne. Zestaw pracuje w zakresie szybkości modulacji od 50 do 3000 bodów. Pewnym mankamentem rozwiązania technicznego jest zastosowanie liczników elektromechanicznych. Narzuca to bowiem ograniczenie w rejestracji przekłamanych bloków związane z względnie małą szybkością działania liczników. EDA liczy prawidłowo, jeśli w czasie 40 ms pojawi się na jej wejściu co najwyżej 10 bloków o tej samej długości lub też o tej samej liczbie błędnych elementów.

W Polsce opracowano i wykonano kilka egzemplarzy zestawów do pomiaru i analizy błędów w oparciu o oryginalną koncepcję układową<sup>1)</sup>. Analizator taki (typu AB2/66) jest

---

<sup>1)</sup> W Katedrze Teletransmisji Przewodowej Politechniki Warszawskiej.

czteroczęściowym zestawem pomiarowym, umożliwiającym wykonywanie pomiarów "w pętli" lub na łączu otwartym.

Szybkości modulacji są nastawne w ośmiu skokach w zakresie od 50 do 2400 bodów lub też płynnie - od 50 do 2500 bodów (tylko przy pomiarze "w pętli").

Sygnal pomiarowy składa się z cyklicznie powtarzanych 56-elementowych sekwencji. Struktura sekwencji sygnału pomiarowego jest nastawna w sposób dowolny. Zastosowano dwie alternatywne metody synchronizacji, ziarnistą lub ciągłą, przy czym ta druga wymaga użycia dodatkowego kanału transmisyjnego.

Odbiornik dzieli sygnał pomiarowy na bloki analityczne o nastawnej długości (od 7 do 896 elementów, w ośmiu skokach). Zliczane są elementy i analizowane bloki analityczne, elementy błędne i bloki analityczne zawierające odpowiednio 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 oraz 8 i więcej błędnych elementów. Do rejestracji wykorzystuje się 10 wielodekadowych, elektronicznych liczników. Przerwa transmisji o czasie trwania od 10 do 300 ms, nastawnym w czterech skokach powoduje alarm i przerwanie pomiaru. Pomiar może być wznowiony ręcznie lub samoczynnie. W tym drugim przypadku zliczany jest sumaryczny czas trwania przerw i ich liczba.

Zasadę pracy analizatora AB2/66 ilustruje uproszczony schemat blokowy przedstawiony na rys. 12, zaś jego wygląd na rys. 13.

Na stacji nadawczej znajduje się część nadawczo-sterująca zestawu - NS1, na stacji odbiorczej - część odbiorczo-analizująca OA2, część nadawczo-sterująca - NS2

identyczna z NS1, lecz tylko częściowo wykorzystywana i część licząco-rejestrująca - LR.

Sygnal pomiarowy, rejestrowany w generatorze W1, sterowanym przez generator impulsowy G1, jest doprowadzony do wejścia badanego kanału za pośrednictwem układu wyjściowego WY (wyjście 1). Sygnal ten po przejściu przez kanał jest odbierany w układzie wejściowym WE części odbiorczo-analizującej i porównywany w komparatorze K z sygnałem porównawczym, generowanym w generatorze W2. Błędy wykryte w komparatorze układ analizujący A przetwarza na odpowiednie impulsy, określające rodzaj tych błędów. Impulsy błędności są zliczane w części licząco-rejestrującej LR.

Zapewnieniu niezbędnego przy pomiarze błędów synchronizmu i synfazowości obu porównywanych sygnałów służą odpowiednie układy synchronizujące i synfazujące. W zależności od warunków pomiaru jest wykorzystywany jeden z układów synchronizujących.

Pierwszy układ typu analogowego (ciągłego) wymaga użycia pomocniczego kanału transmisyjnego. W kanale tym są przesyłane od wejścia (4) części nadawczo-sterującej NS2 do wejścia (3) części NS1 dwa przebiegi sinusoidalne, wykorzystywane do synchronizacji obu generatorów sterujących. Generatorem synchronizowanym jest G1 w części nadawczo-sterującej NS1. Drugi układ synchronizacji typu ziarnistego nie został przedstawiony na schemacie blokowym. Wykorzystuje się tu do celów synchronizacji przesyłany w badanym kanale sygnał pomiarowy. Generatorem synchronizowanym jest w tym przypadku G1 w części NS2.

Synfazowanie sygnału pomiarowego i porównawczego przeprowadza się za pomocą układu przesuwania odbiorczej skali czasu PS, znajdującego się w części odbiorczo-analizującej OA2.

### 3.4.2. Pomiary zniekształceń telegraficznych

3.4.2.1. Zasada pomiaru analitycznego. Jak to już powiedziano poprzednio (por. p. 3.4.2.2), rozróżnia się dwa zasadnicze rodzaje zniekształceń telegraficznego - zniekształcenie izochroniczne i zniekształcenie arytmiczne. W istocie rzeczy oba te pojęcia oznaczają to samo zjawisko, polegające na tym, że w procesie transmisji ziarnistego sygnału odstępy czasowe między poszczególnymi momentami charakterystycznymi tego sygnału ulegają zmianom. Zjawisko to zachodzi niezależnie od sposobu realizacji transmisji, to znaczy od tego, czy transmisja jest arytmiczna czy synchroniczna. Ze sposobem transmisji wiąże się natomiast metoda pomiaru zniekształceń i stąd miara ilościowa tego samego zjawiska, jakim jest zniekształcenie telegraficzne, jest różna w zależności od metody pomiaru.

Metody pomiaru podstawowych rodzajów zniekształceń wynikają bezpośrednio z ich definicji. Pomiary takie są powszechnie prowadzone w praktyce miernictwa telegraficznego.

Odpowiednie przyrządy pomiarowe są seryjnie produkowane i dostępne na rynku, stąd bezprzedmiotowe byłoby opisywanie ich zasady działania, tym bardziej że istnieje

je duża liczba typów mierników zniekształceń, nieraz znacznie od siebie odbiegających w rozwiązaniach układowych. Wszystkie znane i dostępne mierniki zniekształceń charakteryzują się jednak dwiema wspólnymi cechami. Pierwsza z nich, to zakres szybkości modulacji, przy jakiej można przeprowadzać pomiar. Większość mierników zniekształceń pozwala na wykonywanie pomiarów wyłącznie przy szybkości modulacji sygnału pomiarowego równej 50 bodów. W związku z tym, że w ostatnich latach pojawiają się coraz silniejsze tendencje wprowadzania do eksploatacji systemów telegrafii wielokrotnej o szybkościach modulacji 100 i 200 bodów, niektóre nowsze mierniki zniekształceń pozwalają mierzyć zniekształcenia ziarnistych sygnałów przesyłanych z szybkościami modulacji do 200 bodów.

Drugą, wspólną cechą seryjnych mierników zniekształceń, stosowanych w miernictwie telegraficznym, jest subiektywny charakter pomiaru wykonywanego przy ich użyciu. Zazwyczaj bowiem w pomiarach zniekształcenia, niezależnie od tego, czy ma się do czynienia z pomiarem izochronicznym czy też z arytmicznym, mierzy się w ciągu określonego czasu subiektywnie ocenianą wartość średnią lub też odczytuje się zaobserwowaną wartość maksymalną. Chwilowe jednorazowe "wyskoki" zniekształcenia są trudno zauważalne (tym trudniej, im większa jest szybkość modulacji sygnału pomiarowego), a jeśli nawet można je zaobserwować, to w większości przypadków nie są one brane pod uwagę. To zresztą, w jakim stopniu się je uwzględnia, zależy od intuicji technicznej, rutyny i

spostrzegawczości personelu pomiarowego. Czynniki te decydują zarówno o małej dokładności, jak i o subiektywności pomiaru. To z kolei powoduje, że wyniki pomiarów zniekształcenia są w znacznej mierze nieporównywalne.

Jeśli więc wziąć pod uwagę fakt, iż zniekształcenie telegraficzne jest jednym z zasadniczych parametrów charakteryzujących jakość transmisji sygnału ziarnistego, co narzuca konieczność jego pomiarów, to w świetle tego co napisano wyżej widać, że konwencjonalne mierniki zniekształceń nie nadają się do pomiarów prowadzonych z punktu widzenia transmisji danych.

Wymagania stawiane jakości transmisji danych narzucają w konsekwencji ostre warunki dla aparatury i metod pomiarowych. Jednym z podstawowych warunków jest pełna porównywalność wyników pomiarów, której nie da się osiągnąć w pomiarze subiektywnym.

W mierniku zniekształceń, przeznaczonym dla potrzeb miernictwa transmisji danych, mniej interesująca jest maksymalna wartość zniekształcenia, gdyż nie charakteryzuje ona jednoznacznie własności badanego kanału. Znacznie bardziej miarodajna jest wartość średnia<sup>1)</sup>. Miernik powinien zapewniać jej obiektywny pomiar i dostarczać gotowy wynik, najlepiej w postaci wskazania cyfrowego<sup>2)</sup>.

---

1) Niekoniecznie średnia arytmetyczna.

2) Ostatnio szereg poważnych firm reklamuje takie cyfrowe mierniki zniekształceń, umożliwiające wykonywanie pomiarów w zakresie małych i średnich szybkości modulacji. Również w kraju są zaawansowane prace nad opracowaniem miernika zniekształceń dla potrzeb miernictwa transmisji danych.

Jednakże nawet wynik takiego, obiektywnego pomiaru może w wielu przypadkach dostarczać zbyt mało informacji o własnościach badanego kanału.

Z punktu widzenia oceny jakości transmisji ziarnistego sygnału najbardziej interesujący jest statystyczny rozkład zniekształcenia telegraficznego<sup>1)</sup>, którego żaden tego rodzaju miernik nie jest w stanie określić.

Jeśli w ciągu określonego czasu przesyła się sygnał ziarnisty w kanale transmisyjnym, to własności tego kanału będą najlepiej scharakteryzowane wynikiem pomiaru, gdy wynik dostarczy wiadomości, ile z momentów charakterystycznych było w czasie pomiaru zniekształconych o określoną wartość a%, ile o b%, ile o c% itd. Otrzymanie tego rodzaju informacji wymaga jednak użycia sprzętu pomiarowego opartego na zasadzie działania różnej od tej, na której opierają się konwencjonalne mierniki zniekształceń.

Sprzęt taki to statystyczne analizatory zniekształceń telegraficznych. Analizatory zniekształceń w większości przypadków wykorzystują arytmiczną metodę pomiaru zniekształcenia. Wynika to z faktu, że pomiar zniekształcenia przeprowadzany metodą arytmiczną jest równie miarodajny jak pomiar izochroniczny, a przy tym nastęrcza znacznie mniej trudności w realizacji układowej<sup>2)</sup>.

---

<sup>1)</sup> Ścisłej mówiąc, chodzi tu o rozkład stopnia indywidualnego zniekształcenia, jakim obarczone są poszczególne momenty charakterystyczne sygnału ziarnistego, przesyłanego w badanym kanale, względem wartości tego stopnia zniekształcenia.

<sup>2)</sup> W pomiarze arytmicznym nie ma potrzeby zapewniania synchronizmu między nadajnikiem a odbiornikiem sygnału pomiarowego.

Celem analizy zniekształceń jest określenie rozkładu zniekształcenia, jakim są obciążone poszczególne momenty charakterystyczne sygnału pomiarowego, względem jego wartości, w ciągu określonego czasu trwania pomiaru. Wynik analitycznego pomiaru zniekształcenia daje się bezpośrednio przedstawić w postaci histogramu albo jako empiryczna dystrybuanta (krzywa rozkładu), albo jako krzywa gęstości (krzywa sumacyjna). Obie krzywe są równoznaczne i każda z nich daje się wyznaczyć z drugiej na drodze elementarnych przeliczeń.

Układowo prostsze jest rozwiązanie takiego analizatora zniekształceń, który jako bezpośredni wynik pomiaru określa poszczególne punkty empirycznej dystrybuanty.

Przykładowe obrazy obu rodzajów krzywych przedstawia rys. 14. Na rysunku 14a) przedstawiono dystrybuantę zniekształceń. Na osi odciętych odłożone są wartości zniekształcenia w procentach. Na osi rzędnych - liczba przypadków, w których zniekształcenie przekroczyło określoną wartość. Liczba ta podana jest w procentach całkowitej liczby momentów charakterystycznych, które wystąpiły w sygnale pomiarowym w ciągu czasu trwania pomiaru. Krzywa ta określa, w jak wielu przypadkach została przekroczona określona wartość zniekształcenia.

Natomiast krzywa gęstości podaje liczbę przypadków, w których zniekształcenie zawierało się w określonych granicach (por. rys. 14b). Przykładowo, jeśli w wyniku pomiaru w ciągu pewnego czasu zarejestrowano  $n_0$  momentów charakterystycznych (bez względu na ich zniekształcenie),  $n_1$  - momentów zniekształconych więcej niż - 10%,



$n_2$  - momentów zniekształconych więcej niż o 20%,  $n_3$  - więcej niż o 30%,  $n_4$  - więcej niż o 40%, to tym samym wyznaczono cztery punkty empirycznej dystrybuanty rozkładu zniekształcenia. Obliczając różnice ( $n_0 - n_1$ ), ( $n_1 - n_2$ ), ( $n_2 - n_3$ ), ( $n_3 - n_4$ ) otrzyma się punkty krzywej gęstości i określi liczbę momentów charakterystycznych o zniekształceniu zawierającym się w przedziałach (0% + 10%), (10% + 20%), (20% + 30%), (30% + 40%). Równie proste jest przeliczenie odwrotne.

Informacje dostarczane przez obie krzywe są całkowicie równoznaczne. Można skonstruować taki analizator zniekształceń, który by jednocześnie dostarczał bezpośrednio danych do zbudowania obu krzywych rozkładu, jednakże wobec prostoty przeliczeń potrzebnych do przejścia z dystrybuanty na krzywą gęstości i odwrotnie byłoby to technicznie nieopłacalne.

Zasada analitycznego pomiaru zniekształceń arytmicznych została zilustrowana poglądowym schematem na rys.15. Nadajnik sygnału pomiarowego N dołączony jest do wejścia badanego kanału ziarnistego.

Sygnał pomiarowy po przejściu przez badany kanał przykładany jest na wejście analizatora zniekształceń. Analizator pracuje na zasadzie arytmicznej, to znaczy, że działa w oddzielnych zamkniętych cyklach, o czasie trwania odpowiadającym długości sekwencji (znaków) sygnału. Każdy, kolejny cykl pracy analizatora wyzwalany jest czołem elementu rozruchowego (startu) w sygnale odbieranym i zatrzymywany odpowiednim kryterium blokady, wytwarzanym w urządzeniu, po upływie określonego

czasu od chwili wyzwolenia cyklu. Kolejne, odbierane sekwencje (znaki) sygnału pomiarowego są porównywane z wytworzonym w analizatorze impulsowym przebiegiem odniesienia. W przebiegu odniesienia zawierają się również impulsy rozłożone na skali czasu ściśle tak, jak momenty charakterystyczne przebiegu pomiarowego nie zniekształconego. Z przebiegu odniesienia wybiera się, na pewnej zasadzie, określony ciąg impulsów i określa się położenie momentów charakterystycznych sygnału pomiarowego względem tego ciągu odniesienia. Rozstawienie impulsów odniesienia jest zazwyczaj nastawne. Wyznacza ono wartość mierzonego zniekształcenia. Jeśli dany moment charakterystyczny sygnału pomiarowego nie zawiera się w odcinku czasowym między kolejną parą impulsów odniesienia, oznacza to, że jest on obciążony zniekształceniem większym od wartości wyznaczonej rozstawieniem impulsów odniesienia. Zostaje wówczas wysłany do licznika impuls zaliczeniowy. Tym samym zostaje zarejestrowany pojedynczy przypadek, gdy zniekształcenie momentu charakterystycznego przekroczyło daną wartość.

Można również określić położenie momentów charakterystycznych sygnału pomiarowego względem impulsów odniesienia wybranych na innej zasadzie. Również i w tym przypadku sprawdza się czy moment charakterystyczny zawiera się pomiędzy dwoma impulsami kolejnej pary. Rozstawienie impulsów tej pary odpowiada wybranemu przedziałowi zniekształcenia. Jeśli dany moment charakterystyczny jest objęty parą właściwych impulsów odniesienia, do licznika zostaje wysłany impuls zaliczenia. W ten spo-

sób zostaje zliczony pojedynczy moment charakterystyczny obciążony zniekształceniem, zawartym w zadanym przedziale wartości.

3.4.2.2. Analizatory zniekształceń telegraficznych. Analizatory zniekształceń, takie o jakich mówiono w p. 3.4.2.1, tzn. umożliwiające dokonywanie analitycznych pomiarów zniekształceń sygnałów ziarnistych w zakresie co najmniej małych i średnich szybkości modulacji<sup>1)</sup> i przedstawiające wynik pomiaru bezpośrednio jako zbiór punktów empirycznej krzywej rozkładu zniekształceń, pod względem stopnia komplikacji układowej można postawić na drugim miejscu po analizatorach błędów. Jak dotąd, nie wiadomo nic nawet o małoseryjnej produkcji takich analizatorów. Poszczególne kraje zainteresowane prowadzeniem pomiarów sieci telekomunikacyjnej pod kątem widzenia potrzeb transmisji danych dysponują pojedynczymi egzemplarzami takich urządzeń pomiarowych. Z krajów socjalistycznych, w posiadaniu analizatorów zniekształceń jest Polska, ZSRR, NRD i CSRS.

Są to wszystko urządzenia pomiarowe wykonane w warunkach laboratoryjnych, oparte na różnych koncepcjach układowych i dysponujące różnymi możliwościami pomiarowymi.

---

1) Umownie za zakres małych szybkości modulacji uważa się w transmisji danych zakres pracy systemów w kanałach telegraficznych (50 + 200 bodów). Średnie szybkości modulacji obejmują zakres pracy systemów transmisji danych w kanałach telefonicznych (200 + 2400 bodów).

Niemniej jednak zasada pomiaru, opisana w skrócie w poprzednim punkcie, leży u podstaw każdej z wyżej wspomnianych konstrukcji, choć środki jej technicznej realizacji są w poszczególnych przypadkach różne.

Dokładniej zapoznać się można z zasadą działania analizatora zniekształceń na podstawie schematu blokowego analizatora opracowanego w kraju. Analizator ten, wykonany w jednym egzemplarzu w Instytucie Łączności, nosi nazwę analizatora zniekształceń czasowych (typu telegraficznego) i oznaczony jest AZC-1.

Analizator AZC-1 jest trzyczęściowym<sup>1)</sup> zestawem odbiorczym, zbudowanym całkowicie w oparciu o elementy półprzewodnikowe. Umożliwia on przeprowadzanie statystycznych pomiarów zniekształceń ziarnistych sygnałów, o szybkościach modulacji 50, 75, 100, 150, 200, 300, 600 i 1200 bodów. Źródłem przebiegu zegarowego o częstotliwości odpowiedniej do utworzenia podstawy czasu analizy zniekształceń, przy każdej z podanych szybkości modulacji, jest wewnętrzny generator, stabilizowany rezonatorem kwarcowym. Istnieje możliwość wykorzystania do tego celu zewnętrznego generatora, co pozwala przeprowadzać pomiar przy dowolnej szybkości modulacji w zakresie od 50 do 1200 bodów.

Przy szybkościach modulacji 50, 75, 100 i 150 bodów można prowadzić pomiar w pracującym kanale telegraficznym lub kanale transmisji danych, zrealizowanym w opar-

---

<sup>1)</sup> Złożonym z części analizującej, części licząco-rejestrującej i części zasilającej.

ciu o wyposażenie kanału telegraficznego<sup>1)</sup>, bez zakłócenia procesu transmisji. Przy pozostałych szybkościach modulacji analizator włącza się na wyjście demodulatora impulsowego (modemu odbiorczego) zamiast odbiorczego urządzenia transmisji danych.

Analizator zlicza łączną liczbę momentów charakterystycznych, które wystąpiły w odbieranym sygnale pomiarowym oraz liczbę momentów charakterystycznych obarczonych zniekształceniem większym od zadanej, nastawionej wartości. Jest on wyposażony w 10 tzw. "kanałów analizy", co znaczy, że możliwe jest jednoczesne analizowanie przekroczeń 10 różnych, nastawionych wartości zniekształcenia. W każdym kanale można wybrać jakąś graniczną wartość zniekształcenia, której przekroczenie ma być rejestrowane, a przyporządkowany temu kanałowi licznik zliczy liczbę wszystkich momentów charakterystycznych o zniekształceniu większym od tej granicznej wartości, które wystąpiły w sygnale pomiarowym w czasie trwania pomiaru.

Graniczne wartości zniekształcenia są nastawne w zakresie od -48% (wyprzedzenie) do +48% (opóźnienie), w skokach co 2%, w każdym z kanałów analizy, niezależnie od siebie. Analizator jest przystosowany do odbioru sygnału arytmicznego o znakach długości 7, 8, 9 lub 10 elementów kodowych.

Jego część licząco-rejestrująca jest wyposażona w 11 pełnoelektronicznych liczników, o pojemności  $10^7-1$  każdy. Po wypełnieniu się któregośkolwiek z liczników część

1) Jeśli transmisja jest arytmiczna.

licząco-rejestrująca analizatora samoczynnie blokuje się dla dalszych impulsów zaliczeniowych pojawiających się na jej wejściu, a wszystkie układy zliczające zapamiętują swój stan. Można również zaprogramować przed pomiarem czas trwania seansu, określony łączną liczbą odebranych momentów charakterystycznych. W takim przypadku samoczynna blokada zliczania następuje po odebraniu przez analizator zaprogramowanej przed pomiarem liczby momentów charakterystycznych. Liczba ta może być dowolna, w zakresie od 1 do  $10^7-1$ . Jeżeli długość seansu pomiarowego zaprogramuje się w ten sposób, aby określała ją liczba analizowanych momentów charakterystycznych równa  $10^n$ , przy czym  $n$  jest liczbą całkowitą od 1 do 7, to wówczas bardzo prosto można wyznaczyć procentowy udział liczby przekroczeń poszczególnych wartości progowych w ogólnej liczbie analizowanych momentów charakterystycznych. W tym przypadku wyniki pomiaru dadzą bezpośrednio 10 punktów empirycznej dystrybuanty, charakteryzującej rozkład zniekształcenia w badanym sygnale. To z kolei pozwala wnioskować o właściwościach badanego kanału transmisyjnego.

Sygnał pomiarowy odbierany na wyjściu badanego kanału przykłada się na wejście układu wejściowego części analizującej  $W$  (por. rys. 16). Zadaniem układu wejściowego jest dopasowanie analizatora do parametrów elektrycznych sygnału odbieranego z wyjścia współpracującego modemu i przetworzenia tych parametrów (prąd i napięcie) na kryteria właściwe dla wewnętrznych układów analizatora. Układ wejściowy wykrywa również momenty

charakterystyczne w odbieranym sygnale pomiarowym i każdemu z nich przyporządkowuje odpowiedni impuls znacznikowy. Impulsy znacznikowe są generowane dokładnie w chwili zmian stanu znamionego sygnału. Impulsowy przebieg znacznikowy, odwzorowujący z dużą dokładnością strukturę sygnału pomiarowego, jest doprowadzany równoległe do 10 kanałów analizy A1 ... A10. Natomiast sam sygnał pomiarowy przykłada się na wejście układu weryfikacji i blokady B, który, w momencie gdy na wejściu analizatora pojawi się czoło elementu rozruchowego (startu), włącza na wejście układu formującego podstawę czasu analizy F impulsowy przebieg zegarowy, wytwarzany w generatorze kwarcowym i dostarczany do układu weryfikacji i blokady za pośrednictwem dzielnika częstotliwości D i przełącznika szybkości modulacji PS. Przełącznik PS umożliwia nastawienie częstotliwości przebiegu zegarowego właściwej dla analizy przy danej szybkości modulacji sygnału pomiarowego. Należy zwrócić uwagę na to, że czoło elementu rozruchowego, które otwiera kolejny cykl pracy analizatora, nie jest w żaden szczególny sposób wyróżnione spośród innych momentów charakterystycznych występujących w sygnale pomiarowym. I zatem mogło by się zdarzyć, że impuls zakłócenia poprzedzający element rozruchowy wyzwoliłby cykl roboczy analizatora. W takim przypadku analizator określałby zniekształcenie kolejnych momentów charakterystycznych w stosunku do czoła nieprawdziwego elementu rozruchowego a poprzedzającego impulsu zakłócenia - fałszywego "startu". Oczywiście wyniki pomiaru byłyby nieprawdziwe. Gdyby wpływ fałszywego startu ograniczył się do zakłócenia

pracy analizatora jedynie w obrębie pojedynczego cyklu pracy, wówczas nie byłby on zbyt groźny. Jednak jeśli np. fałszywy start nastąpi bezpośrednio przed rozpoczęciem nadawania sygnału pomiarowego i jeśli sygnał ten nadawany jest nieprzerwanie, to wyzwolenie pierwszego cyklu fałszywym startem może zakłócić analizę na przestrzeni wielu kolejnych cykli pracy analizatora. Z tych względów niezbędne jest przeprowadzanie weryfikacji każdego z elementów rozruchowych. Zadanie to spełnia układ weryfikacji i blokady B, kontrolujący czas trwania elementu rozruchowego. Jeżeli w danym momencie układy analizatora są w stanie spoczynkowym i analizator "oczekuje" na nadejście startu (stan znamieny "0" na wejściu), to wówczas każda zmiana stanu znamienego  $0 \rightarrow 1$  zapoczątkowuje cykl pracy. Jednak jeśli przed upływem czasu odpowiadającym  $1/2$  znamionowej długości elementu rozruchowego, dla danej szybkości modulacji, stan znamieny ponownie zmieni się ( $1 \rightarrow 0$ ), to układ weryfikacji i blokady zamknie przebiegowi zegarowemu drogę na wejście układu formującego podstawę czasu analizy F. Jednocześnie wszystkie układy części analizującej zostaną wyzerowane, przywracając analizator w stan spoczynkowy<sup>1)</sup>. Dzięki opisanemu zabezpieczeniu analizator nie może zadziałać od fałszywych elementów rozruchowych o długości mniej-

---

<sup>1)</sup> Przyjęcie określonej długości elementu rozruchowego jako kryterium jego prawdziwości jest jedyną techniczną możliwością weryfikacji. Założenie, że impulsy zakłócające są krótsze od  $1/2$  znamienego "startu" sprawdza się w ogromnej większości przypadków.



szej od  $\frac{1}{2} \xi$ . Jeśli element rozruchowy zostanie zweryfikowany jako prawidłowy, wówczas układ formujący pracuje aż do chwili, gdy na układ B zostanie podane kryterium blokady, wytworzone w układzie F i nadawane po określonym stałym czasie od chwili zapoczątkowania cyklu. Kryterium blokady jest impulsem wydawanym w chwili odpowiadającej znamionemu środkowi elementu zatrzymującego ("stop"). Jednocześnie z blokadą wejścia układu formującego podstawę czasu wszystkie układy części analizującej analizatora samoczynnie powracają do stanu spoczynkowego. W każdym cyklu pracy układ formujący podstawę czasu analizy wytwarza wszystkie ciągi impulsowe potrzebne do analizy zniekształceń sygnału pomiarowego. Impulsowe przebiegi wytwarzane w układzie formującym F doprowadza się równolegle do 10 kanałów analizy.

W każdym kanale analizy można, za pomocą przełącznika PP, wybrać ciąg impulsowy o rozstawieniu impulsów, odpowiadającym wybranej wartości analizowanego zniekształcenia, w granicach od  $-48\%$  do  $+48\%$ , przy czym nastawienia w poszczególnych kanałach są wzajemnie od siebie niezależne.

Przebiegi impulsowe z przełączników PP1 ... PP10 ... są przykładane odpowiednio na wejścia układów analizujących A1 ... A10. W układzie analizującym przebieg impulsowy zostaje odpowiednio przetworzony, a następnie poddany porównaniu z przebiegiem znacznikowym, doprowadzonym bezpośrednio z układu wejściowego W. Układ analizujący sprawdza koincydencję obu przebiegów. W przypadku stwierdzenia niekoincydencji impulsów odpowiednich pola-

ryzacji w obu porównywanych przebiegach układ analizujący wydaje na swym wyjściu impuls zaliczeniowy. Pojawienie się pojedynczego impulsu zaliczeniowego oznacza, że pojedynczy moment charakterystyczny jest obarczony zniekształceniem większym od wartości progowej nastawionej w danym kanale analizy.

Część analizująca analizatora AZC-1 jest wyposażona w 11 niezależnych wyjść. Dziesięć z nich to wyjścia z kanałów analizy, do jedenastego doprowadzony jest przebieg znacznikowy z układu wejściowego. Wyjścia części analizującej są połączone z wejściami części licząco-rejestrującej, zawierającej 11 siedmiodekadowych układów zliczających.

Ciekawostką techniczną jest to, że w części licząco-rejestrującej analizatora PZC-1 zastosowano tylko jeden indykator (wyświetlacz wyników), składający się z 7 lamp cyfrowych typu "Nixi". Indykator ten jest przyłączany kolejno do poszczególnych układów zliczających, co umożliwia odczytanie ich stanu. Przełączanie jest ręczne lub automatyczne. W tym drugim przypadku przełączanie indykatora jest sterowane dzielnikiem częstotliwości o stosunku podziału 1:11. Indykator przyłącza się kolejno do poszczególnych układów zliczających w zamkniętym, powtarzanym cyklu. Czas, w którym wyświetlany jest stan każdego licznika, jest nastawny w granicach od 5 do 10 sekund. Wystarcza to w zupełności do odczytania i zapisania wyniku.

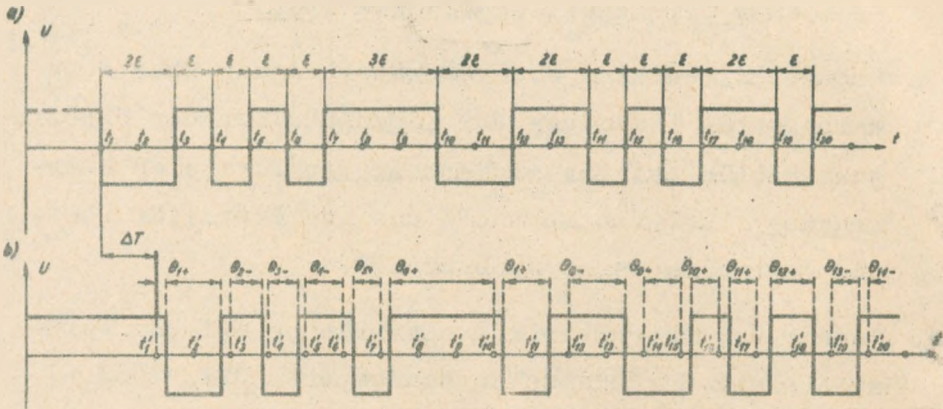
## WYKAZ LITERATURY

1. Albicki A., Pęcherski J.: Aparatura pomiarowa do wykrywania i analizy błędów w kanałach telekomunikacyjnych. Przegląd Kolejowy Elektrotechniczny 1968 nr 1, s. 17+23, nr 2, s. 50+54.
2. Amarantow W.N., Brusilowski K.A., Jemieljanow G.A., Elkind S.J.: Analizator telegrafnych iskażeń. Elektrosiaź 1961 nr 10, s. 59-65.
3. Barjasz W., Majewski W., Plewko K., Sochacki J.: Koncepcja zestawu do analizy błędów transmisji binarnej na tle problematyki miernictwa transmisji danych. Zezsyty Naukowe P.W. Elektryka 1968, nr 57, s. 6 + 39.
4. Berkman N.A., Blejchman W.S., Pasiecznik N.D., Pugacz A.B.: Pribor dla padsczota oszibok pri pieriedacze dyskretnoj informacii na wysokich skorostiach. Elektrosiaź 1964 nr 9, s. 40+46.
5. Brusilowski K.A.: Izmierenija iskażeńi impulsow w sistemach pieredaczi dyskretnoj informacii. Izd-wo Nauka 1965.
6. Dąbrowski M., Pawłowska W.: Studium wymagań technicznych i metod pomiarowych opóźnienia grupowego dla potrzeb transmisji danych. Katedra Urządzeń Teletransmisyjnych i Telegraficznych PW 1963 (w dyspozycji IL).
7. Heintz H., Trömel H., Kahl H.: Neue Messgeräte der Fernschreib- Messtechnik. Informationsheft des Insti-

tuts für Post - und Fernmeldewesen 1963 nr 97.

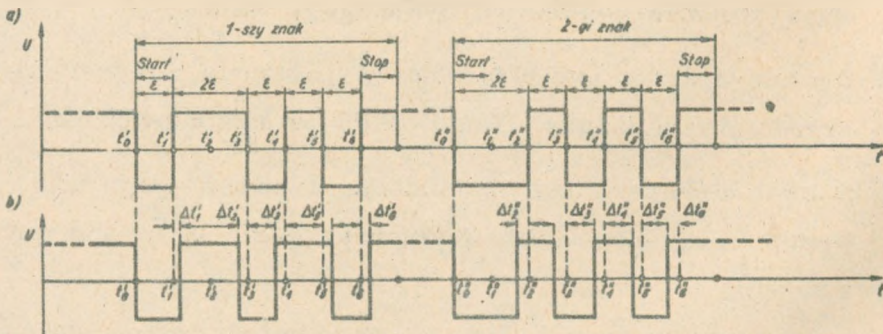
8. Kostka A., Majewski W., Plewko K.: Pomiary i analiza błędów w kanałach transmisji danych. IV-Krajowa Konferencja Automatyki - Kraków, czerwiec 1967, mat. konf. nr 8 (w dyspozycji Katedry Teletel. Przewodowej PW).
9. Kotow P.A.: Pribory dla issledowanija telegrafnych kanałow. Elektroswiaż 1960 nr 5.
10. Kożuchowski A.: Analizator zniekształceń czasowych (wstępny projekt koncepcyjny) IŁ 1966 (w dyspozycji IŁ).
11. Kożuchowski A. i zespół: Dokumentacja techniczna analizatora zniekształceń czasowych AZC-1. IŁ, 1969 (w dyspozycji IŁ).
12. Majewski W. i zespół: Opis techniczny analizatora błędów na łączach transmisji danych - typu AB2/66. KTP-PW, 1967 (w dyspozycji IŁ).
13. Majewski W. i zespół: Opis techniczny analizatora ze zmiennym kryterium błędów - typu AB3/67. KTP-PW, 1968 (w dyspozycji IŁ).
14. Nachimowicz I.I.: Pribor dla statisticzeskogo analiza oszibok, woznikajuszczich pri pieredacze cifrowoj informacji. Sbornik Trudow-CNIIS LF 1966 nr 17, s. 237-247.
15. Sochacki J.: Transmisja danych. Problemy Łączności, IŁ 1963 nr 3.

16. Sochacki J. i zespół: Transmisja danych. Biblioteka Problemów Telekomunikacji, WKiŁ 1966.
17. Trümel H., Winkler J.: Datenübertragung über Fernmeldekanäle (Einfluss der Eigenschaften der Übertragungskanäle auf die Sicherheit der digitalen Übertragung). Informationsheft des Instituts für Post- und Fernmeldewesen, 1968 nr 171.
18. Wegner J.: Datenübertragungsversuche auf dem Fernsprechnetzt der Deutschen Bundespost. NTZ, 1962 nr 12, s. 629 + 634.
19. American Advancement Corp. (Acton Laboratories USA): Transmission and Delay Measuring Set Type 451-A, 452-A (w dyspozycji IŁ).
20. M.E. L Equipment Company Ltd. (Anglia): Data Test Set Type L,675 (w dyspozycji IŁ).
21. Standard Radio and Telefon AB (Szwecja): Error Rate Analyzer ERA M-1004 (w dyspozycji IŁ).
22. Standard Radio and Telefon AB (Szwecja): Error Distribution Analyzer EDA M-1005 (w dyspozycji IŁ).
23. Standard Telephones and Cables Limited (Anglia): Group Delay Measuring Equipment 74257-B (w dyspozycji IŁ).
24. Wandel und Goltermann (NRF): Messplatz für Gruppenlaufzeit und Dämpfungänderungen LD-2 (w dyspozycji IŁ).

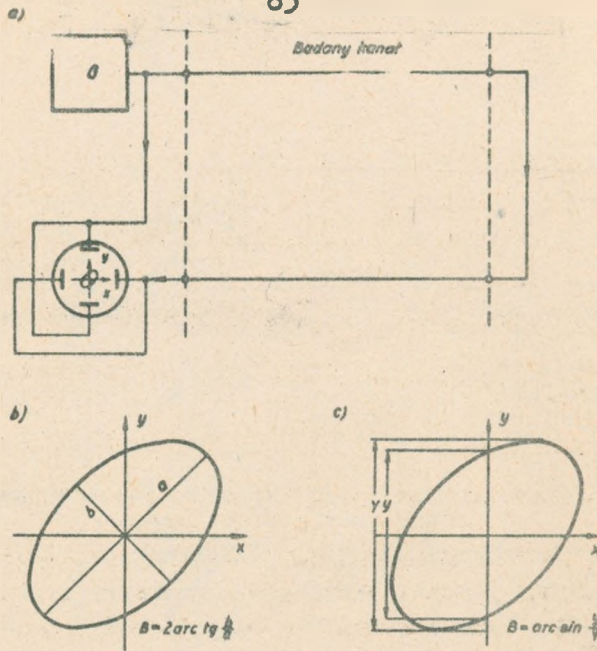


Rys. 1. Graficzna interpretacja zniekształcenia izochronicznego: a/ niezniekształcony sygnał nadany, b/ zniekształcony sygnał odbierany

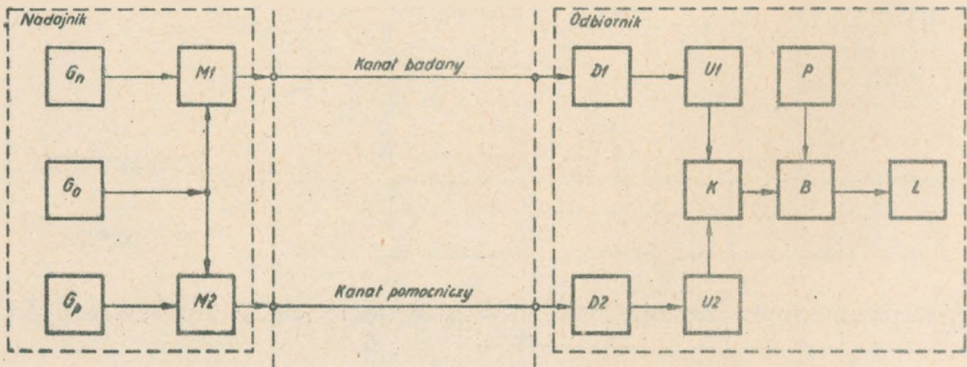
$t_1 + t_{20}$  - znamionowe położenia mom. char. w sygnale niezniekształconym;  $t'_1 + t'_{20}$  - znamionowe położenia mom. char. w sygnale odbieranym;  $t'_n = t_n + \Delta t$ ;  $\theta_n$  - odchylenia rzeczywistych mom. char. od znamionowych położeń



Rys. 2. Graficzna interpretacja zniekształcenia arytmicznego: a/ niezniekształcony sygnał nadawany, b/ zniekształcony sygnał odbierany

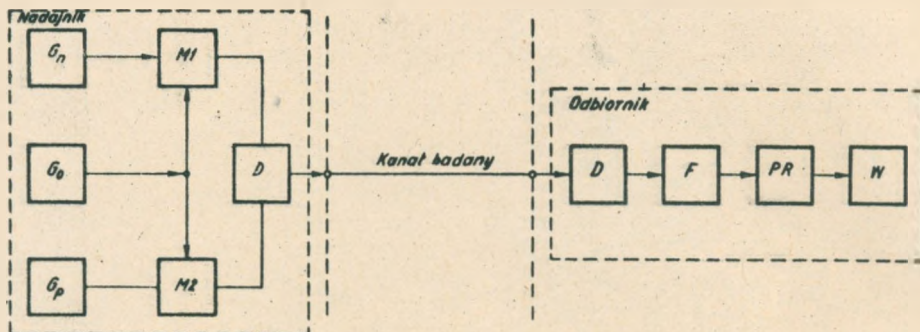


Rys. 3. Pomiar przesuwności fazowej metodą oscyloskopową: a/ zasada pomiaru, b/ wyznaczanie wartości B na podstawie pomiaru osi elipsy, c/ wyznaczanie wartości B na podstawie pomiaru długości rzutu elipsy na oś y i rzędnych punktów przecięcia elipsy z osią y



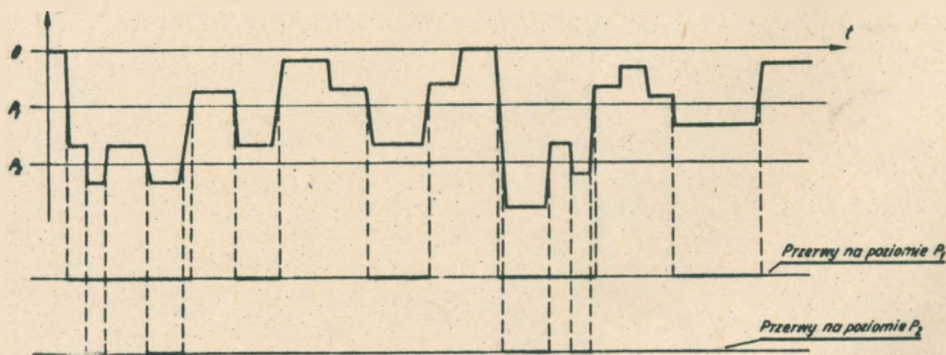
Rys. 4a. Zasada pomiaru opóźności względnej metodą bezpośrednią /z kanałem pomocniczym/

$G_n$  - generator przebiegu nośnego, pomiarowego;  $G_p$  - generator przebiegu nośnego, pomocniczego;  $G_0$  - generator przebiegu modulującego; M1, M2 - modulatory; D1, D2 - demodulatory; U1, U2 - układy formujące; K - komparator; P - generator podstawy czasu; B - bramka; L - licznik



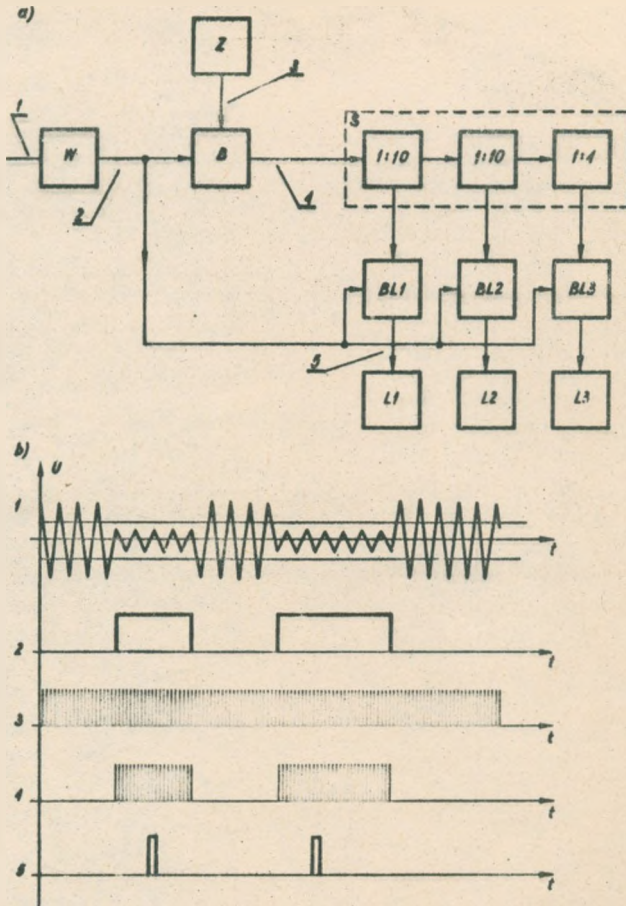
Rys. 4b. Zasada pomiaru opóźności względnej metodą bezpośrednią /bez kanału pomocniczego/

$G_n$  - generator przebiegu nośnego, pomiarowego;  $G_p$  - generator przebiegu nośnego, pomocniczego;  $G_0$  - generator przebiegu modulującego; M1, M2 - modulatory; D - demodulator; F - układ formujący; PR - prostownik; W - miernik wychyłowy



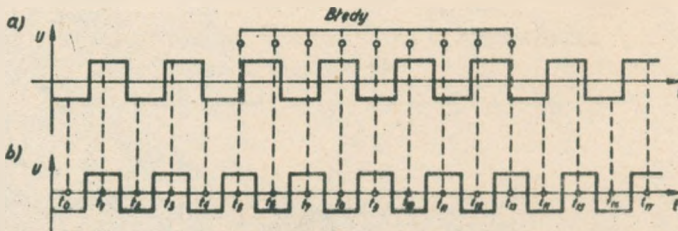
Rys. 5. Przerwy transmisji w zależności od poziomu ich rozcznawiania



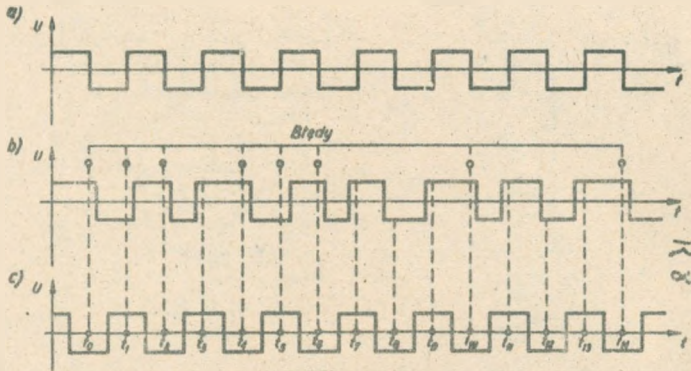


Rys. 6. Zasada działania analizatora krótkich przerw transmisji:  
 a/ uproszczony schemat blokowy analizatora, b/ przebiegi w poszczególnych, węzłowych punktach układu

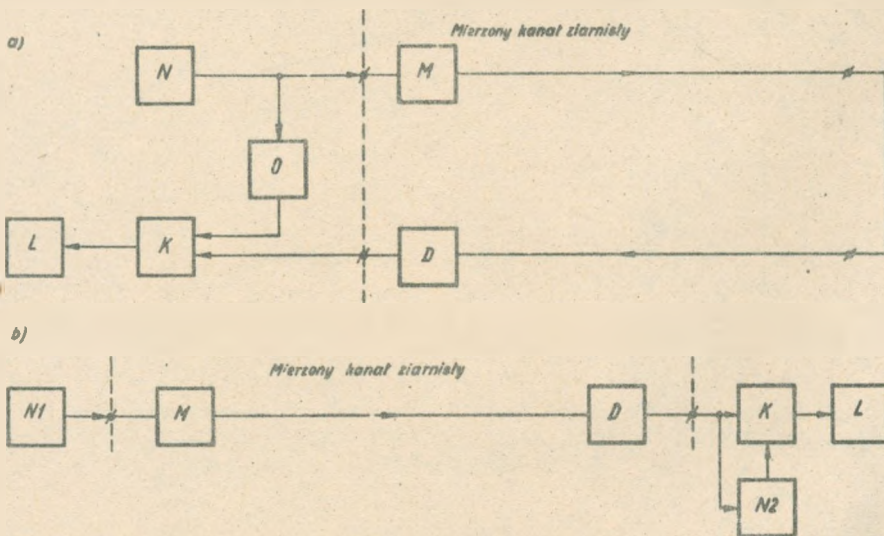
W - układ wejściowy; B - bramka; Z - generator zegarowy; S - układ segregujący; BL1, BL2, BL3 - układy blokujące; L1, L2, L3 - liczniki przerw



Rys. 7. Wpływ braku synchronizmu na pomiar błędów: a/ sygnał pomiarowy odbierany, b/ sygnał porównawczy



Rys. 8. Wpływ braku synfazowości na pomiar błędów: a/ sygnał pomiarowy niezniekształcony /nadawany/, b/ sygnał pomiarowy zniekształcony /odbierany/, c/ sygnał porównawczy wyzwolony w niewłaściwym momencie



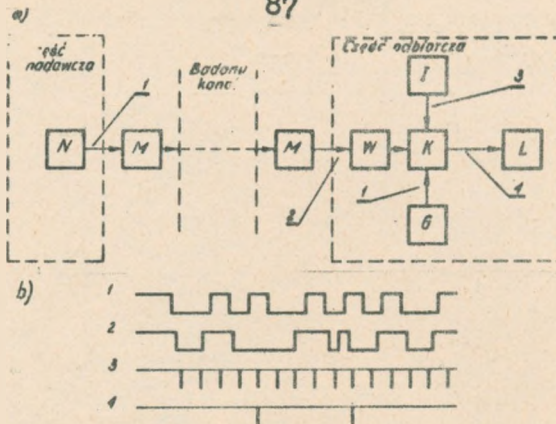
Rys. 9. Uproszczona zasada pomiaru błędów:

a/ pomiar metodą "w pętli"

N - nadajnik sygn. pomiarowego; O - opóźniacz; K - komparator;  
L - licznik błędów; M - modulator impulsowy /modem nadawczy/;  
D - demodulator impulsowy /modem odbiorczy/

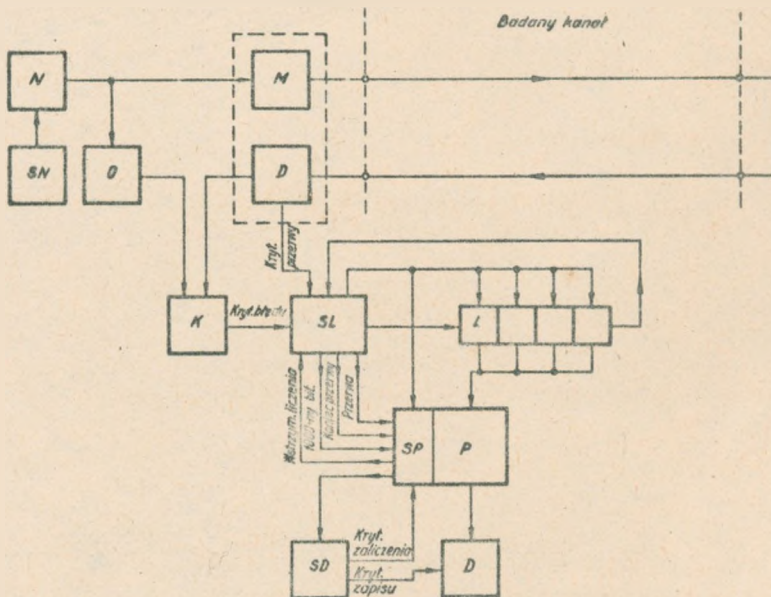
b/ pomiar od punktu do punktu

N1 - nadajnik sygn. pomiarowego; N2 - nadajnik sygnału porównawczego; K - komparator; L - licznik błędów; M - modulator impulsowy; D - demodulator impulsowy



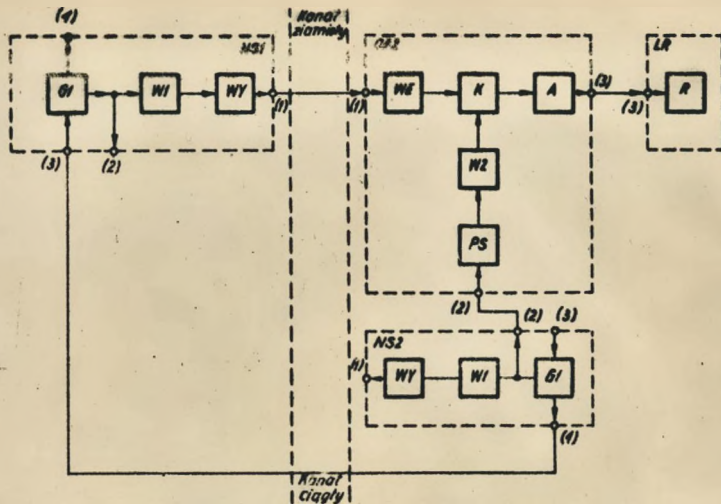
Rys. 10. Zasada działania analizatora błędów: a/ uproszczony schemat blokowy; b/ przebiegi w węzłowych punktach

N - nadajnik sygnału pomiarowego; M - modemy; W - układ wejściowy; K - komparator; I - źródło impulsów próbkujących; G - generator sygnału porównawczego; L - licznik

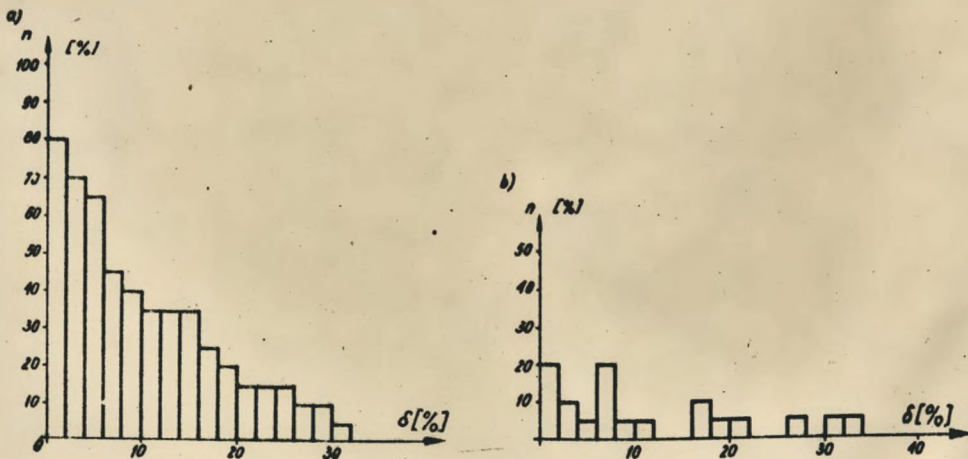


Rys. 11. Zasada działania analizatora błędów o odczycie pośrednim /FRI "Philips"/

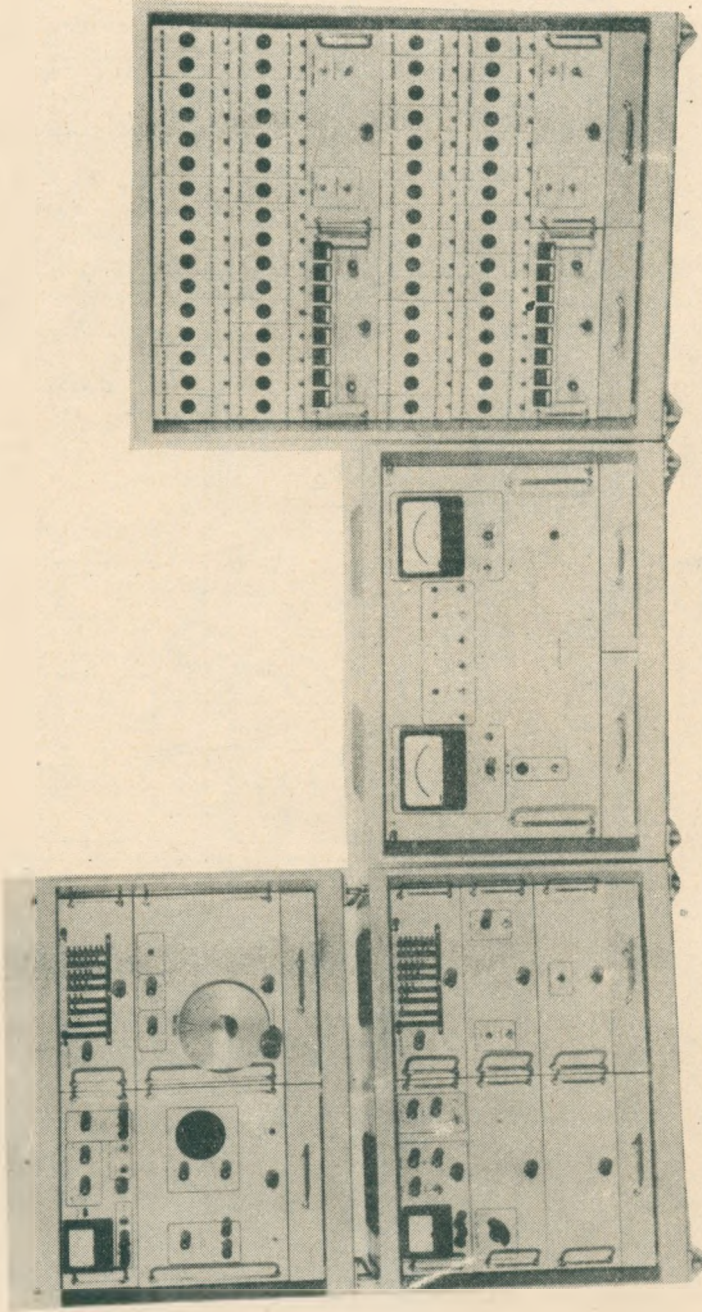
N - nadajnik sygnału pomiarowego; SN - układ sterowania nadajnika; O - opóźniacz; K - komparator; SL - układ sterowania licznikiem; L - licznik; SP - układ sterowania pamięcią; P - pamięć; SD - układ sterowania dziurkarką; D - dziurkarka/perforator; M - modem /modulator impulsowy/; D - modem /demodulator impulsowy/



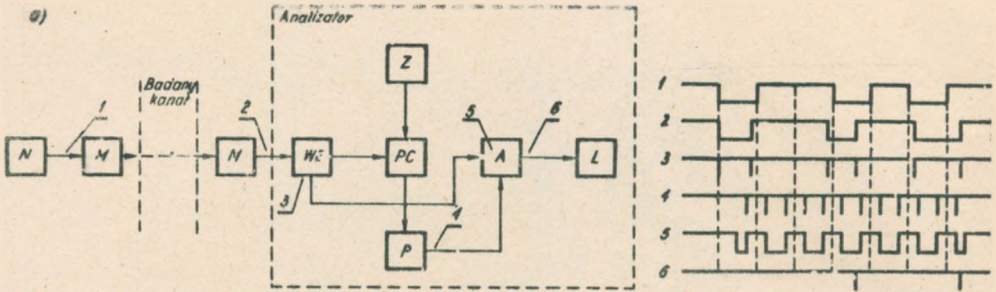
Rys. 12. Schemat funkcjonalny analizatora błędów AB2/66  
 NS1 - nadajnik sygnału pomiarowego; NS2 - nadajnik sygnału po-  
 równawczego; LR - część licząco-rejestrująca; OA2 - część od-  
 biorczo-analizująca



Rys. 14. Graficzne przedstawienie wyników analitycznego pomi-  
 aru zniekształcenia: a/ empiryczna dystrybuanta, b/ równoważna  
 krzywa sumacyjna

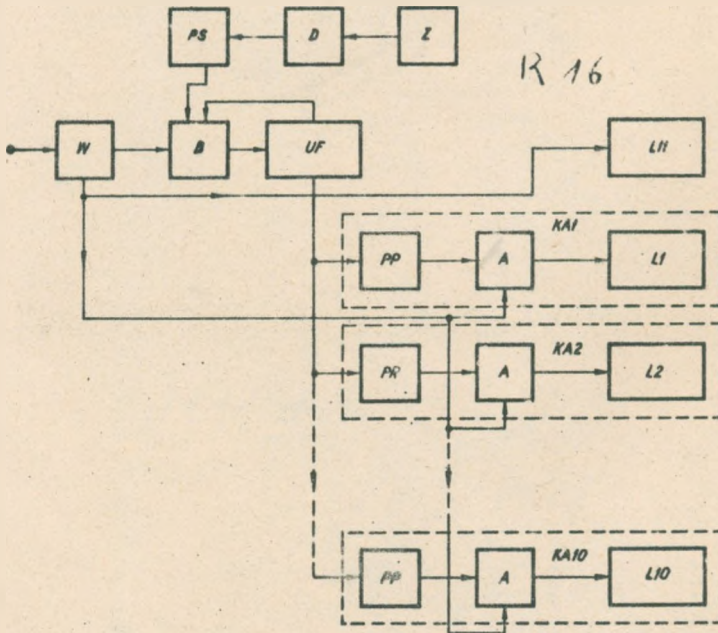


Rys. 13. Zestaw analizatora błędów AB2/66 PW



Rys. 15. Zasada działania analizatora zniekształceń: a/ schemat funkcjonalny, b/ przebiegi w węzłowych punktach układu

N - nadajnik sygnału pomiarowego; M - modemy; WE - układ wejściowy; Z - generator zegarowy; PC - układ formujący podstawę czasu analizy; P - przełącznik progowej wartości zniekształcenia; A - układ analizujący; L - licznik



Rys. 16. Uproszczony schemat blokowy analizatora zniekształceń czasowych AZC-1

Z - generator zegarowy; D - dzielnik częstotliwości; PS - przełącznik szyb. modulacji; W - układ wejściowy; UF - układ formujący podst. czasu analizy; KA1...10 - kanały analizy; PP - przełącznik % zniekształcenia; A - układ analizujący; L1...10 - liczniki kanałowe; L11 - licznik wszystkich momentów charakt., analizowanych; B - układ weryfikacji i blokady



Rys. 17. Analizator zniekształceń czasowych AZC-1  $\mu$   
/bez części zasilającej/

