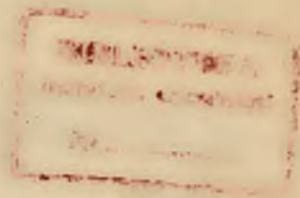


1 9 6 3
Nr 3 (8)

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
WARSZAWA — MIEDZESZYN

PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI





PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

ROK 3

WARSZAWA 1963

NR 3(8)

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

Ośrodek Informacji Techniczno-Ekonomicznej

Kolegium Redakcyjne:

Przewodniczący - mgr inż. Zenon Szpigler
Z-ca Przewodniczącego - mgr inż. Władysław Cetner

Członkowie:

inż. Edmund Janowski, prof. Stefan Jasiński
mgr Kazimierz Kotowski, mgr inż. Adam Moniuszko,
mgr inż. Józef Możejko

Sekretarz Redakcji: Irena Kulko

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Ośrodek

Informacji Techniczno-Ekonomicznej

Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH RĘKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO

Redaktor: J. Borkowska

Montaż tekstu: B. Drabik

Dział Wydawniczy OKW Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 570. Druk ukończono
we wrześniu 1964 r.

PROBLEMY ŁACZNOŚCI

TREŚĆ

J. Sechacki - Transmisja danych

Mgr inż. Janusz Sochacki

TRANSMISJA DANYCH

1. WSTĘP

Rola telekomunikacji, jako dziedziny techniki, jest niewątpliwie specyficzna. Jako najszybszy środek wymiany informacji między ludźmi, telekomunikacja jest jednym z podstawowych czynników kształtujących postęp techniczny, decydujących często o tempie jego rozwoju. Środki łączności oparte na zasadach telekomunikacji służą człowiekowi zarówno w warunkach pokojowych, umożliwiając kontrolę procesów gospodarczych dokonywujących się w bardzo odległych nieraz punktach, usprawniając handel, zapewniając bezpieczeństwo środków komunikacji lądowej, wodnej i powietrznej, jak również w warunkach zagrożenia granic państwa, będąc czynnikiem umożliwiającym właściwą organizację czy przegrupowanie środków obrony. W takim założeniu, klasyczne już dziś dziedziny telekomunikacji, takie jak telefonia, telegrafia czy radiokomunikacja jeszcze do niedawna całkowicie zaspokajały potrzeby przeciętnie zorganizowanego społeczeństwa.

Nieustanny rozwój techniki doprowadził jednak w ostatnich latach do automatyzacji wielu podstawowych czynności i procesów gospodarczych. Automatyzacja miała na celu odciążenie człowieka od prac, które bądź wymagały nad-

wiernego wysiłku lub zaangażowania bardzo dużej ilości pracowników, bądź powodowały powstanie niebezpiecznych w skutkach pomyłek wynikających z subiektywnej działalności człowieka, lub też wymagały bardzo żmudnej i przewlekłej w czasie działalności ludzkiej, hamując tym samym inne współzależne procesy gospodarcze. Zadania te w zasadzie zostały lub są konsekwentnie realizowane. Jednakże automatyzacja nie tylko osiągnęła pierwotne zamierzenia, ale stworzyła możliwości takiego tempa pracy ośrodków zautomatyzowanych, że działalność człowieka, polegająca choćby tylko na ich kontroli i sterowaniu, stała się czynnikiem hamującym. Obiektywne kwalifikacje człowieka, przy uwzględnieniu ograniczanej jego szybkości reakcji i działania, potęgującego się zmęczenia w miarę wykonywania powtarzających się czynności, indywidualnych cech i subiektywizmu, okazały się w wielu przypadkach niewystarczające.

O ile więc w początkowym okresie rozwoju automatyzacji maszyny pomagały człowiekowi, o tyle dalszy rozwój techniki zmusił człowieka do opracowania takich maszyn, które mogłyby go zastąpić niemal całkowicie. Tak więc kontrola procesów gospodarczych, przyjmowanie i przetwarzanie danych informacyjnych oraz podejmowanie decyzji stały się z konieczności domeną maszyn. Rola człowieka ograniczyła się tylko do pomagania maszynom, a ściślej do ich konserwacji i kontroli prawidłowości pracy.

Sugestie powyższe nie są oczywiście odbiciem bieżących ogólnoswiatowych problemów gospodarczo-technicz-

nych. W zależności bowiem od aktualnego stopnia rozwoju gospodarczego danego kraju czy społeczeństwa problemy automatyzacji i wynikające z nich konsekwencje rysują się mniej lub bardziej wyraźnie. Niemniej, ludzkość na całym świecie zmierza w kierunku dalszego rozwoju automatyzacji i wykorzystywania wynikających z niej efektów ekonomicznych.

Jakie zatem konsekwencje dotyczące współczesnych środków łączności wynikają z postępującego szybko procesu automatyzacji?

Do czasu, gdy nadawcą i odbiorcą informacji na obydwu końcach łącza był człowiek, informacje mogły być przekazywane w oparciu o praktycznie dowolny środek łączności telekomunikacyjnej. Nie wymagało się w takich przypadkach ściśle określonej szybkości transmisji; ewentualne zakłócenia czy zła zrozumiałość mogła być zawsze skompensowana przez dowolną ilość powtórzeń, błędy lub niejasności budzące wątpliwość mogły być wyjaśnione przez człowieka przez powtórne nawiązanie łączności. Efektywna szybkość wymiany informacji była oczywiście w takich przypadkach bardzo ograniczona, ale i człowiek będący odbiorcą informacji działał również z niewielką szybkością.

Z chwilą zastąpienia człowieka (jako nadawcy i odbiorcy informacji) przez maszyny powstał problem stworzenia takich łączności, które by spełniały wszystkie warunki umożliwiające bezpośrednią i bezbłędną wymianę informacji między maszynami. Warunki te wynikają ze specyfiki i ogólnych zasad pracy maszyn.

Aby informacja mogła być nadana, odebrana lub przetworzona przez maszynę, musi być w odpowiedni sposób zakodowana. Znaczący to, że sygnały elektryczne przesyłane po łączu muszą mieć postać impulsów elektrycznych, których kombinacja wynika z treści aktualnej informacji. Ponadto, konkretny typ maszyny zainstalowany na końcu łącza może wymagać przesyłania impulsów o ściśle określonej długości i w odpowiednim, ustalonym rytmie. Bardzo istotnym i najtrudniejszym jednak z technicznego punktu widzenia problemem jest zagwarantowanie bezbłędności transmisji, to znaczy stworzenie takich warunków, aby informacja odebrana na końcu łącza była identyczna z informacją nadaną na jego początku. Trudno bowiem wymagać od maszyny, aby potrafiła odróżnić informację prawdziwą od informacji błędnej, z praktyki zaś wiadomo, że rzeczywiste warunki transmisji stwarzają niebezpieczeństwo deformacji sygnałów, będącej przyczyną powstawania błędów.

Zestawienie powyższych faktów prowadzi do stwierdzenia, że technika telefoniczna nie zaspokaja wymagań stawianych łączom tego typu. Telegrafia, jako technika transmisji informacji zakodowanych, odpowiada niektórym z powyższych warunków, jednakże nie zabezpiecza bezbłędności transmisji. Inne dziedziny telekomunikacji również w mniejszym lub większym stopniu nie spełniają powyższych wymagań. Dlatego też, wraz z szybkim rozwojem automatyzacji procesów gospodarczych, zaczęła się rozwijać na całym świecie nowa dziedzina telekomunikacji, zwana transmisją danych.

Z technicznego punktu widzenia, transmisja danych¹⁾ jest dziedziną telekomunikacji, mającą za przedmiot przekazywanie informacji zakodowanych, z zachowaniem idealnej niemal wierności transmisji.

Z gospodarczego punktu widzenia, transmisja danych jest środkiem technicznym, umożliwiającym współpracę wszelkiego rodzaju zautomatyzowanych obiektów (maszyny elektromechaniczne, maszyny elektroniczne itp.).

Podstawowym założeniem transmisji danych jest maksymalne przystosowanie się do zasad obowiązujących w klasycznych dziedzinach telekomunikacji (telegrafia, telefonia) i maksymalne wykorzystanie istniejących łączy lub ich części składowych. Warto zatem zastanowić się, jaki jest wzajemny stosunek łączy transmisji danych do łączy telefonicznego czy telegraficznego i jakie dodatkowe problemy naukowo-badawcze i techniczne trzeba rozwiązać dla zrealizowania łączy transmisji danych.

Podstawowy model łączy transmisji danych pokazany na rys. 1, wynika z definicji transmisji danych. Łączy takie musi oczywiście zawierać kanał transmisyjny o odpowiedniej szerokości, wynikającej z zastosowanej szybkości modulacji, cechujący się ponadto odpowiednimi parametrami, zapewniającymi właściwą jakość transmisji. Do celów transmisji danych można wykorzystywać bądź kanały telegraficzne (dla wolnych szybkości modulacji od 50 do

¹⁾ Można się spotkać niekiedy z terminem "teledacja", który jest synonimem transmisji danych.

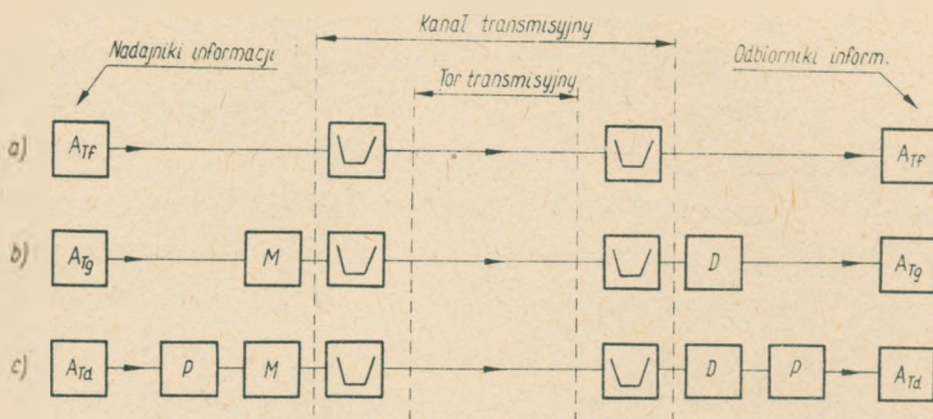
200 bodów), bądź kanały telefoniczne (dla średnich szybkości modulacji od 200 do mniej więcej 2400 bodów), bądź kanały specjalne (telefoniczna grupa pierwotna lub wtórna, kanał telewizyjny itp. dla dużych szybkości modulacji rzędu kilkunastu, kilkudziesięciu lub kilkuset tysięcy bodów. Dla potrzeb transmisji danych powinny być wybierane odpowiednio dobre kanały, a w każdym razie wytypowane kanały powinny być w specjalny sposób przebadane.

Podstawowe badania to:

- pomiar grupowego czasu przejścia,
- analiza zakłóceń,
- statystyczne pomiary przerw transmisji.

Kanał transmisyjny musi być zakończony z jednej strony specjalnym modulatorem, z drugiej strony demodulatorem¹⁾, który umożliwia przekształcenie impulsów prądu stałego na prąd zmienny o modulowanej impulsowo amplitudzie, częstotliwości lub fazie i o odpowiedniej częstotliwości środkowej f_0 . Modemy tego rodzaju stanowią część składową typowego łącza telegraficznego (są zarazem podstawowym wyposażeniem urządzeń telegrafii wielokrotnej) i w przypadku adaptowania takiego łącza do transmisji danych mogą być w pełni wykorzystane. Łącze telefoniczne nie zawiera modemów tego typu. Urządzenia te są zatem elementem podstawowym, którym trzeba dodatkowo uzupełnić kanał telefoniczny, aby można go było wy-

¹⁾ Dla łącznego określenia modulatora i demodulatora używa się często terminu "modem".



Rys. 1. Model łącza transmisji danych na tle łącza telefonicznego i telegraficznego: a) łącze telefoniczne, b) łącze telegraficzne, c) łącze transmisji danych

M - modulator impulsowy, D - demodulator impulsowy, P - urządzenie protekcji, A_{Tf} - końcowy aparat telefoniczny, A_{Tg} - końcowy aparat telegraficzny, A_{Td} - końcowy aparat transmisji danych

korzystać do transmisji sygnałów impulsowych, a opracowanie takich modemów jest naukowo-badawczym i technicznym problemem, który trzeba rozwiązać w celu umożliwienia transmisji danych ze średnimi szybkościami po łączach telefonicznych.

Kanał transmisyjny wraz z odpowiednim modemem umożliwia transmisję sygnałów impulsowych, nie gwarantując jeszcze zachowania odpowiednio wysokiej wierności transmisji, czyli wykrycia i skorygowania błędów. Do tego celu niezbędne są dodatkowe urządzenia zabezpieczające transmisję przed błędami, zwane urządzeniami protekcji. Urzą-

dzenia te stanowią podstawową część łącza transmisji danych i decydują o jakości i przydatności całego systemu. Z technicznego punktu widzenia są to układy złożone najczęściej z komparatorów, układów pamięciowych, retransmisyjnych, keduujących, dekodujących i sterujących, wyposażone ponadto w liczniki elektroniczne, nadajniki i odbiorniki sygnałów pomocniczych oraz w regeneratory impulsów. Zadaniem tych urządzeń jest uzupełnienie nadanej informacji dodatkowymi, pomocniczymi elementami sygnału, wykrycie i ewentualnie korekcja błędu oraz sterowanie pozostałymi elementami łącza (żądanie powtórzenia informacji lub dalszego nadawania, kasowanie lub wyzwalamie pamięci, automatyczne zatrzymywanie i uruchamianie nadajnika i odbiornika itp.). Opracowanie optymalnych w danych warunkach transmisyjnych urządzeń protekcji jest podstawowym i najtrudniejszym problemem naukowo-badawczym i technicznym w transmisji danych. Optymalny, a tym samym w pełni przydatny system protekcji, decydujący o wynikowych parametrach całego systemu transmisji danych, wymaga nie tylko znajomości teorii informacji, teorii prawdopodobieństwa i teorii kodowania sygnałów, ale musi wynikać jednoznacznie z aktualnych parametrów transmisyjnych kanału zakończonego modemem. Niezmiernie istotną zatem rzeczą jest analityczny pomiar błędów i zniekształceń wprowadzanych przez dany kanał. Do pomiarów tego typu należy dysponować specjalnymi przyrządami pomiarowymi, które z uwagi na stopień ich skomplikowania i specyficzną przydatność nie są jeszcze w wielu krajach dostępne.

Łącze transmisji danych zakończone jest nadajnikiem informacji z jednej strony i odbiornikiem z drugiej. W zależności od systemu nadajnikiem informacji może być czytnik taśmy papierowej lub magnetycznej, pamięć elektromechaniczna lub elektroniczna lub bezpośrednio maszyna elektromechaniczna czy elektroniczna. Odbiornikiem informacji może być reperforator taśmy papierowej, urządzenie zapisujące na taśmie magnetycznej, pamięć lub maszyna.

Zagadnienia nadajników i odbiorników informacji nie wchodzi w zasadzie w zakres transmisji danych. Jednakże zagadnień tych nie można mechanicznie rozdzielać, gdyż urządzenia końcowe (przetwarzające, nadające lub odbierające informacje) i urządzenia transmisji danych tworzą wspólny kompleks informacyjny i muszą z sobą bezpośrednio współpracować. Dlatego też w zależności od aktualnej sytuacji trzeba dopasować urządzenia transmisji danych do urządzeń końcowych lub urządzenia końcowe uzależnić od przyjętego systemu transmisji danych.

Z uwzględnieniem powyższej uwagi, problemy naukowo-badawcze, jakie trzeba rozwiązać w celu wdrożenia transmisji danych do eksploatacji, można podzielić na następujące kategorie:

1. Kompleksowe przebadanie istniejącej sieci telekomunikacyjnej.
2. Opracowanie modemów transmisji danych dla średnich szybkości modulacji.

3. Opracowanie optymalnych systemów i urządzeń protekcji w oparciu o wyniki analizy błędów i zniekształceń.

Praca niniejsza nie zawiera rozważań dotyczących szczegółowych rozwiązań technicznych poszczególnych urządzeń lub systemów transmisji danych. Celem niniejszego artykułu jest pokazanie transmisji danych jako problemu zarówno od strony gospodarczo-ekonomicznej, jak i od strony naukowo-badawczej i technicznej. Starano się pokazać w niniejszej pracy transmisję danych zarówno z punktu widzenia problemów krajowych, jak i międzynarodowych, opierając się na dokumentach CCITT i dotychczasowych wynikach prac OWL.

Zawarte w niniejszym artykule stwierdzenia czy sugestie wynikają bądź z aktualnie dostępnej literatury zagranicznej, bądź z dotychczasowych studiów nielicznych specjalistów w kraju. Zważywszy fakt, że transmisja danych znajduje się obecnie w stadium niezwykle szybkiego rozwoju, trzeba stwierdzić, że o ile praca niniejsza jest w obecnej chwili odbiciem aktualnych problemów, o tyle w niedługim czasie może przedstawiać w znacznym stopniu wartość tylko archiwalną. Niemniej pokazanie bieżących problemów transmisji danych w sposób kompleksowy z jednej strony może ułatwić podejmowanie decyzji, od których zależą kierunki dalszych prac w zakresie transmisji danych i ich tempo, a z drugiej strony powinno pomóc pracownikom naukowo-badawczym i technicznym w kontynuowaniu studiów i własnych opracowań w tym zakresie. Takie też jest podstawowe założenie niniejszego artykułu.

2. CEL I ZAKRES STOSOWANIA TRANSMISJI DANYCH

Miarą rozwoju współczesnego społeczeństwa jest poziom jego gospodarki, formy jej organizacji i współpracy między różnorodnymi jej dziedzinami. Tempo i prawidłowość rozwoju społeczeństwa wynikają z istniejących zasad współdziałania poszczególnych ośrodków naukowych, przemysłowych, handlowych i administracyjnych. Z drugiej jednak strony naturalna ewolucja społeczeństwa, wynikająca z rozwoju techniki, stawia automatycznie coraz to nowe wymagania w zakresie doskonalenia tych zasad.

Telekomunikacja stanowi już od szeregu lat podstawę i nieodłączny czynnik gospodarczego rozwoju ludzkości. Już nawet prymitywne, dziś należące do historii telekomunikacji, środki łączności umożliwiły pokonanie zasadniczych trudności w zakresie wymiany informacji między ludźmi. Pierwsze łącza telefoniczne czy telegraficzne przekreśliły przestrzeń dzielącą ludzi, otworzyły granice między państwami i kontynentami i w zasadniczy sposób skróciły czas, jaki jest niezbędny dla człowieka do prawidłowego dozoru i kierowania procesami zachodzącymi w wielu punktach, nieraz znacznie od niego oddalonych.

Mimo automatyzowania wielu czynności szczególnie pracochłonnych lub uciążliwych dla człowieka, ocena zachodzących zjawisk, analiza faktów ich przyczyn i skutków, kontrola nad działaniem maszyn, urządzeń czy kompleksowych ośrodków gospodarczych oraz kierowanie nimi należa-

to jeszcze do niedawna głównie do człowieka. Stopień skomplikowania czynności stanowiących codzienną pracę ludzi i maszyn był bowiem na tyle niewielki, że człowiek, jako czynnik sterujący, mógł w oparciu o istniejące środki łączności przyjąć napływające informacje i na ich podstawie wydać uzasadnione decyzje.

Jednakże współczesna technika stworzyła tak wielkie możliwości automatyzacji procesów inicjowanych przez człowieka i służących człowiekowi, że opanowanie zachodzących zjawisk, ich kontrola i sterowanie wykracza poza jego możliwości. W skomplikowanym łańcuchu przyczyn i skutków, tworzącym współczesną gospodarkę państwową, składającym się z najdrobniejszych ogniw powiązanych z sobą nawzajem poprzez centralne ośrodki kierownicze, człowiek nie jest w stanie pełnić wszystkich wymaganych funkcji. Dlatego też, rolę człowieka przejmują w takich przypadkach maszyny pozbawione bezwładności, pracujące bez omyłek, analizujące w sposób obiektywny źródłowe informacje i mogące wykonywać tysiące skomplikowanych operacji w ciągu sekundy.

Ogniwa wspomnianego powyżej łańcucha przyczyn i skutków to ośrodki tworzące w każdym kraju bazę gospodarczą. Są to m.in. placówki naukowe, przemysłowe, handlowe, administracyjne, militarne i komunikacyjne, spełniające różnego rodzaju funkcje społeczne i dysponujące kompleksem środków w mniejszym lub większym stopniu zautomatyzowanych, to znaczy wyposażone w różnego rodzaju aparaty i maszyny mechaniczne, elektro-mechaniczne czy elektroniczne. Każdy z takich ośrodków mógłby wykonywać cią-

żące na nim zadania w oparciu o wyłącznie własne zautomatyzowane środki techniczne tylko w tym przypadku, gdyby wyniki jego pracy nie były uzależnione od pracy innych ośrodków i nie wpływały z kolei na działalność pozostałych. Utrzymanie jednak stabilizacji gospodarczej społeczeństwa, zapewnienie prawidłowego rozwoju gospodarczego, kierowanie państwem i pełnienie podstawowych funkcji administracyjnych oraz względy militarne wymagają ścisłej współpracy między różnymi ośrodkami, instytucjami i resortami, czyli powiązanie wszystkich ogniw sprawnie działającą siecią, umożliwiającą natychmiastową wymianę informacji. Rolę takiej sieci może spełnić nowoczesna, ogólnopaństwowa sieć telekomunikacyjna przystosowana do transmisji danych.

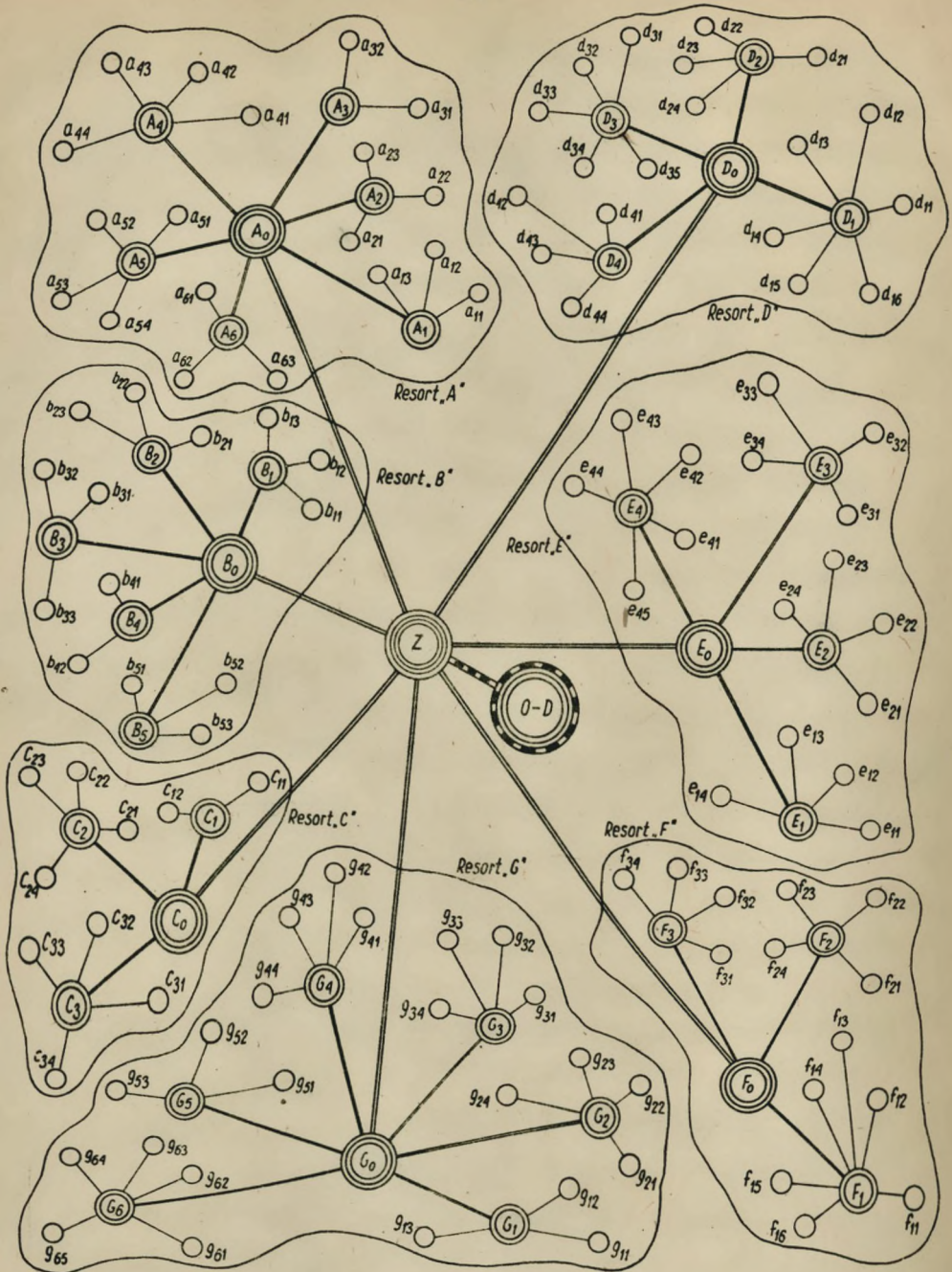
Z funkcjonalnego punktu widzenia można wszystkie ogniwa powiązane łączami transmisji danych określić mianem kompleksu informacyjnego. Kompleks informacyjny składa się zatem z ośrodków przetwarzania danych, powiązanych siecią łączą transmisji danych.

Patrząc na transmisję danych z punktu widzenia planowej gospodarki, która jest jednym z podstawowych założeń ekonomicznych społeczeństwa socjalistycznego, można przewidywać dwa główne kierunki rozwojowe tej dziedziny telekomunikacji.

Pierwszy kierunek wynika ze specyfiki działalności poszczególnych resortów gospodarczych i ich roli w całości kształcie gospodarki państwowej. Podstawowa działalność każdego z tych resortów skupia się wokół specyficznych problemów, innych dla każdego resortu. Właściwa dy-

dystrybucja towarów jest domeną działalności resortu handlu wewnętrznego, dystrybucja taboru kolejowego - to jeden z głównych problemów resortu komunikacji, kontrolowanie na bieżąco operacji finansowych, dokonywanych przez rozrzucone po całym kraju placówki - to zakres działalności resortu finansów. W podobny sposób można potraktować problemy występujące w resorcie budownictwa, górnictwa i energetyki, obrony narodowej oraz w takich ośrodkach, jak Instytuty Meteorologiczne, Biura Podróży i Turystyki itp. Każdy z takich resortów zainteresowany jest wewnętrznym kompleksem informacyjnym, związanym siecią trwałych łączy umożliwiających dwukierunkowe przekazywanie bezbłędnych informacji między placówkami peryferyjnymi i placówką centralną, za ewentualnym pośrednictwem placówek rejonowych. Taka struktura kompleksów informacyjnych prowadziłaby do kilku lub kilkunastu wydzielonych sieci resortowych, złożonych z trwałych łączy transmisji danych, łączących ośrodki przetwarzania danych odpowiedniego resortu. Dołączenie wszystkich głównych ośrodków resortowych do jednego centralnego punktu umożliwiłoby stworzenie jednolitego, zautomatyzowanego centralnego systemu kierowania państwem i jego gospodarką.

Strukturę takiego centralnego, ogólnopaństwowego kompleksu informacyjnego można by przedstawić w postaci wydzielonej sieci transmisji danych o wielostopniowej strukturze gwiazdzistej (rys. 2). W zależności od specyfiki każdej autonomicznej sieci typu A, B, C,G można przesyłać wszystkie lub znaczną większość infor-



Rys. 2. Model centralnego systemu zarządzania państwem i jego gospodarką

macji od placówek peryferyjnych a ... g do placówki głównej $A_0 \dots G_0$ oraz w kierunku powrotnym. W takim przypadku ilość informacji przesyłanych po poszczególnych łączach zwiększałaby się w miarę zbliżenia się do placówki głównej. Wymagałoby to bądź zróżnicowania struktury łączy pod względem szybkości transmisji lub zwielokrotnienia łączy na poszczególnych szczeblach autonomicznych sieci typu A, B, C G.

Inna możliwość, to powierzenie każdej placówce pośredniczącej ($A_1 \dots A_6, B_1 \dots B_5, \dots G_1 \dots G_6$) funkcji częściowego przetwarzania danych i podejmowania decyzji w odpowiednim zakresie i w takim przypadku ilość informacji przekazywana np. między A_2 i A_0 byłaby niewiele większa niż między każdą z placówek a_{21}, a_{22}, a_{23} i placówką A_2 . Informacja przesyłana na odcinku A_2-A_0 byłaby bowiem informacją w zasadzie wynikową, a nie sumą informacji z odcinków $a_{21} - A_2, a_{22} - A_2, a_{23} - A_2$. Niezależnie jednak od takiej czy innej struktury poszczególnych sieci autonomicznych, wszystkie istotne informacje dochodziłyby do centralnego ośrodka Z, skąd w przeciwnym kierunku byłyby wysyłane obiektywne decyzje, uzależnione od aktualnej sytuacji gospodarczej i bieżących problemów, kontrolowanych przez ośrodki peryferyjne. Centralny ośrodek (Z) kompleksu informacyjnego mógłby być związany z centralną placówką odbiorczo-dyspozycyjną O-D. Placówka ta, umożliwiającą uzyskanie na bieżąco informacji o aktualnej sytuacji gospodarczej w każdym resorcie i podległych mu przedsiębiorstwach oraz natychmiastowe wydanie decyzji, obiektywnie wynikają-

cych z tej sytuacji, a polegających na ewentualnym potwierdzeniu lub zmianie pierwotnie założonych planów dotyczących np. wielkości produkcji poszczególnych asortymentów przemysłowych, dystrybucji surowców, rozlokowania środków transportowych, przegrupowania środków obrony itp., mogłaby spełniać rolę punktu kierowniczego w centralnym zautomatyzowanym systemie zarządzania państwem.

Drugi kierunek rozwoju transmisji danych, niezależny od pierwszego, powinien doprowadzić do stworzenia abonenckiej sieci transmisji danych. W takim też przypadku, wszystkie końcowe urządzenia transmisji danych wchodzące w skład tej sieci, powinny spełniać jednolite wymagania techniczno-eksploatacyjne i posiadać identyczne parametry, warunkujące współpracę aparatów abonenckich, na zasadzie "każdy z każdym". Uwzględniając aktualną sieć telekomunikacyjną, można sugerować powstanie w przyszłości dwóch odrębnych, abonenckich sieci transmisji danych. Jedna z nich bazowałaby na sieci telegraficznej oraz na aparatach typu telegraficznego, umożliwiając tym samym transmisję danych z niewielką szybkością modulacji (50 do 200 bodów), najprawdopodobniej z szybkością 50 lub 75 bodów. Druga sieć abonencka mogłaby być utworzona w oparciu o kanały telefoniczne o szerokości około 3000 Hz. Sieć taka umożliwiałaby wymianę informacji z szybkością 600 lub 1200 bodów.

Efekty wynikające z takich sieci mogą być dwojakiego rodzaju. Abonenci, którymi będą przede wszystkim różnego rodzaju instytucje państwowe, mogliby przesyłać mię-

dzy sobą informacje, warunkujące prawidłową współpracę np. między zakładami produkcyjnymi a ich kooperantami, między producentami a klientami, między oddziałami banków a właścicielami kont itp. Informacje tego rodzaju mają obecnie postać dokumentów o takim znaczeniu, że przekazywanie ich za pośrednictwem telefonu lub klasycznej telegrafii nie może być realizowane. Z reguły więc korzysta się w takich przypadkach z poczty (listy polecone) lub z delegacji służbowych i pośrednictwa człowieka. Jeden i drugi sposób przekazywania informacji obarczany jest bądź bardzo dużą bezwładnością (straty czasu), bądź nadmiernymi kosztami, bądź jednym i drugim jednocześnie. Wykorzystanie do tego celu abonenckiej sieci transmisji danych może, gwarantując nie mniejszą wierność przekazywanych informacji, skrócić jednocześnie czas obiegu dokumentów i zmniejszyć nakłady finansowe, związane z procedurą administracyjną.

Innego rodzaju efekty o nie mniejszym znaczeniu gospodarczo-ekonomicznym, wynikające z abonenckiej sieci transmisji danych, to radykalne zwiększenie wykorzystania maszyn matematycznych. Znaczenia maszyn matematycznych w życiu współczesnego społeczeństwa nie trzeba uzasadniać. Nie nowe też jest stwierdzenie, że opracowanie lub zakup maszyn matematycznych pociąga za sobą olbrzymie nakłady finansowe. Dlatego też maksymalne wykorzystanie każdej maszyny matematycznej instalowanej w kraju jest zagadnieniem nie wymagającym specjalnego uzasadnienia.

Maszyny matematyczne instalowane są bądź w większych

instytucjach państwowych, bądź w specjalnych ośrodkach resortowych. W zależności od specyficznych zadań, do jakich są przeznaczone, maszyny te posiadają różne właściwości i mogą wykonywać zadania w ściśle określonym zakresie. Można również przewidywać, że w przyszłości zostaną zorganizowane państwowe ośrodki obliczeniowe, posiadające jedną maszynę uniwersalną lub też specjalny zestaw kilku odpowiednio dobranych maszyn. W celu wykorzystania każdej z tych maszyn należy dostarczyć do nich konkretne zadanie i odebrać wynik, czyli przekazać informację w dwóch kierunkach: do i od maszyny. Przekazywanie informacji musi spełniać kilka podstawowych warunków. Mianowicie informacja dostarczana maszynie musi mieć odpowiednią postać (zapis na taśmie papierowej lub magnetycznej, na kartach perforowanych lub impulsy elektryczne wynikające z odpowiedniego kodu), musi być dostarczona do maszyny i odebrana z odpowiednią dla maszyny szybkością i bezwzględnie musi być przekazana w obu kierunkach z gwarancją, że treść jej nie została po drodze przekłamana. Ten ostatni warunek wyklucza wykorzystanie w procesie przekazywania informacji, klasycznych dziedzin telekomunikacji, takich jak telefonia czy telegrafia. W oparciu bowiem o żaden z tych środków technicznych nie ma gwarancji przekazywania informacji z zachowaniem odpowiednio dużej wierności. W obecnej sytuacji maszyna może być więc wykorzystana tylko przez te placówki, które dostarczają jej informację pierwotną i odbiorą informację wynikową za pośrednictwem człowieka lub w najlepszym przypadku - poczty. W obydwu przypad-

kach trudno sobie wyobrazić maksymalne wykorzystanie maszyny, np. bliskie 24 godzinom na dobę, ponieważ wielu potencjalnych użytkowników rezygnuje z "korespondencji" z maszyną, mając do dyspozycji tylko tak prymitywne środki łączności, w dodatku z reguły bardzo kosztowne i powolne. Z konieczności więc przestój maszyny pochłania stosunkowo długi okres czasu, co jest sprzeczne z elementarnymi zasadami ekonomiki.

Abonencka sieć transmisji danych może usunąć zasadnicze trudności w wymianie informacji między maszyną a użytkownikami. Jeśli każda maszyna lub ośrodek obliczeniowy byłby abonentem jednolitej abonenckiej sieci transmisji danych, i gdyby wszyscy pozostali abonenci dysponowali odpowiednimi urządzeniami transmisji danych, istniałaby możliwość zdalnego programowania maszyny oraz odebrania od niej informacji wynikowej przez każdą instytucję, dołączoną do abonenckiej sieci transmisji danych. Przy odpowiedniej strukturze sieci i odpowiedniej jej organizacji można by zrealizować bezprzerwowe "zatrudnienie" każdej maszyny, z odliczaniem tylko czasu niezbędnego dla jej naprawy i konserwacji.

Zorganizowanie takiej sieci wymaga niewątpliwie zarówno znacznych nakładów finansowych, specjalnych środków technicznych, odpowiedniej koncentracji kadry, jak i wieloletnich wstępnych prac naukowo-badawczych i eksperymentalnych. Niemniej, obserwując rozwój transmisji danych za granicą i szeroki zakres jej zastosowań w wielu dziedzinach gospodarki, należy szukać odpowiedzi nie na pytanie "czy zostanie zorganizowana sieć tego rodza-

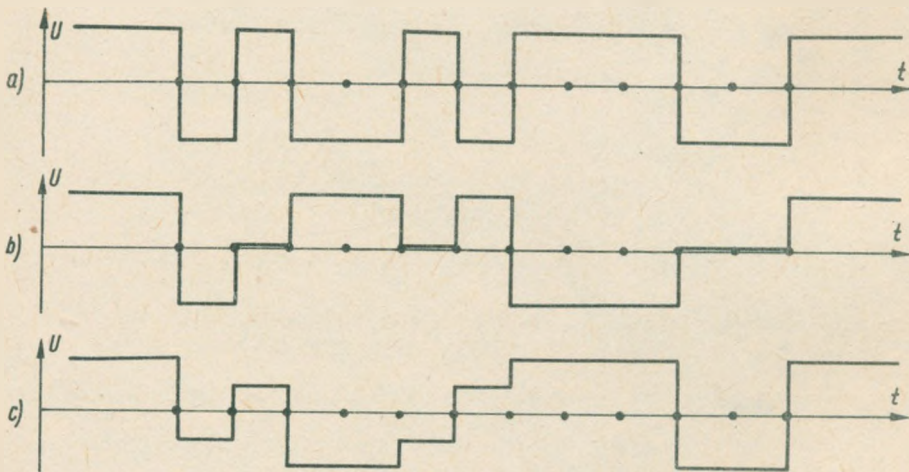
ju", tylko na pytanie "kiedy powstanie w kraju abonenska sieć transmisji danych"? Przy podejmowaniu decyzji, które mają być podstawą do udzielenia odpowiedzi na powyższe pytanie, należy wziąć pod uwagę fakt, że ilość maszyn matematycznych instalowanych w kraju nieustannie wzrasta. Istnieje zatem niebezpieczeństwo, że zbyt wolny rozwój transmisji danych przy jednoczesnym szybkim wzroście ośrodków wyposażonych w maszyny matematyczne może doprowadzić do paradoksalnej sytuacji. Brak łączy transmisji danych może bowiem stać się wąskim gardłem właściwego wykorzystania maszyn matematycznych i spowodować jaskrawe dysproporcje między ilością maszyn matematycznych a wynikającymi z ich pracy efektami ekonomicznymi.

3. TECHNICZNE ZASADY TRANSMISJI DANYCH

3.1. Sygnał, jego postać i zasadnicze parametry

Sygnał elektryczny, będący odpowiednikiem przekazywanych informacji cyfrowych, posiada postać podobną do sygnałów telegraficznych. Na wejściu i wyjściu urządzeń końcowych sygnał ma postać prostokątnych impulsów prądu stałego. W czasie trwania każdego impulsu, to znaczy między jego początkiem a końcem, występuje w normalnych warunkach transmisyjnych ściśle określany stan elektryczny. Stan ten nazywa się stanem znamionym. W przypadku sygnału transmisji danych w postaci naturalnej, to znaczy w postaci impulsów prądu stałego, stan zna-

mienny odpowiada ściśle określonej wartości i kierunkowi prądu (lub napięcia) stałego. Ilość stanów znamiennych, jaka może występować w czasie transmisji, wynika z wartościowości zastosowanego w danym systemie kodu. Kodowi dwuwartościowemu (binarnemu) odpowiadają dwa różne stany znamienne, kodowi trójwartościowemu - trzy, kodowi czterowartościowemu - cztery itd. Przykłady sygnałów przesyłanych w oparciu o kody o różnych wartościowościach przedstawiono na rys. 3. Olbrzymia większość systemów pracuje kodem binarnym.



Rys. 3. Postać sygnałów transmisji danych przy kodach o różnej wartościowości: a) kod binarny, b) kod trójwartościowy, c) kod czterowartościowy

Na drodze między nadajnikiem a odbiornikiem, postać sygnału ulega wielokrotnej niekiedy transformacji lub odkształceniu. Wynika to z jednej strony z fizycznych

właściwości łącza (stałe czasu, ograniczenie widma częstotliwości, charakterystyka fazowa i tłumieniowa kanału transmisyjnego), z drugiej strony z rodzaju systemów transmisyjnych, będących bazą do przekazania informacji. Nowoczesne, dalekosiężne systemy transmisyjne wymagają z reguły transformacji sygnału z impulsów prądu stałego na impulsy prądu zmiennego. O ile zatem stan znamieny sygnału w postaci naturalnej określony jest natężeniem i kierunkiem prądu stałego, o tyle poszczególne stany znamienne sygnału przekazywanego w kanale transmisyjnym różnią się od siebie:

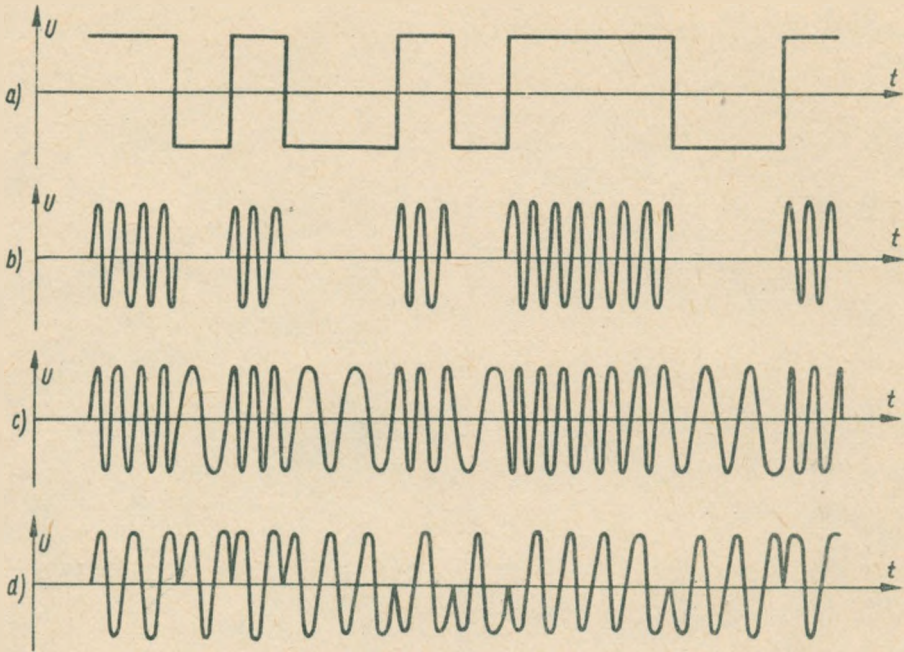
- amplitudą prądu zmiennego o określonej częstotliwości (w systemach o modulacji amplitudy),
- częstotliwością prądu zmiennego o określonej amplitudzie (w systemach o modulacji częstotliwości),
- fazą prądu zmiennego o określonej częstotliwości i amplitudzie (w systemach o modulacji fazy).

Postać sygnałów, wynikającą z zastosowanego systemu modulacji ilustruje rys. 4.

W olbrzymiej większości przypadków można wyróżnić jeden parametr sygnału, którego zmiany wynikające z procesu modulacji są właściwym nośnikiem informacji. Parametr ten można by określić mianem parametru podstawowego i oznaczyć przez P_p . W transmisyjnych systemach naturalnych lub na wejściu i wyjściu aparatów końcowych parametrem podstawowym jest natężenie (lub napięcie) prądu stałego; w systemach o modulacji amplitudy (AM) pa-

parametrem podstawowym jest amplituda prądu zmiennego; w systemach o modulacji częstotliwości (FM) - częstotliwość prądu zmiennego i wreszcie w systemach o modulacji fazy (PhM) - faza prądu zmiennego. Funkcja $P_p(t)$, według której następuje zmiana parametru podstawowego w czasie, nazywa się obwiednią sygnału. Na wejściu aparatu nadawczego i na wejściu kanału transmisyjnego (bezpośrednio po modulacji) obwiednia sygnału ma postać impulsów prostokątnych, bowiem zmiana stanów znamienych następuje skokowo. Przejście z jednego do drugiego stanu znamienego następuje w bardzo krótkich przedziałach czasowych ($\Delta t \cong 0$), które noszą miano momentów charakterystycznych. Aproxymując momenty czasowe do wartości punktowych ($\Delta t = 0$) można jednocześnie stwierdzić, że w sygnale nie występują żadne pośrednie stany elektryczne między stanami znamienymi. Gdyby sygnał w takiej postaci dochodził do urządzenia odbiorczego, nie byłoby trudności w rozeznaniu poszczególnych stanów znamienych, a tym samym w prawidłowym odbiorze informacji.

Na skutek jednak właściwości kanałów transmisyjnych, obwiednia sygnału na drodze między nadajnikiem a odbiornikiem ulega deformacji. Na rys. 5. pokazano przykładowo obwiednię sygnału w poszczególnych punktach łącza oraz mechanizm odtworzenia prostokątnego kształtu obwiedni, który to kształt jest niezbędny do prawidłowej deszyfracji (zrozumienia zakodowanego sygnału) przez urządzenia odbiorcze. Odbiornik rozeznaje stany znamienne sygnału na podstawie wartości parametru podstawowego. Jeśli np. w przypadku kodu binarnego wartości parametru

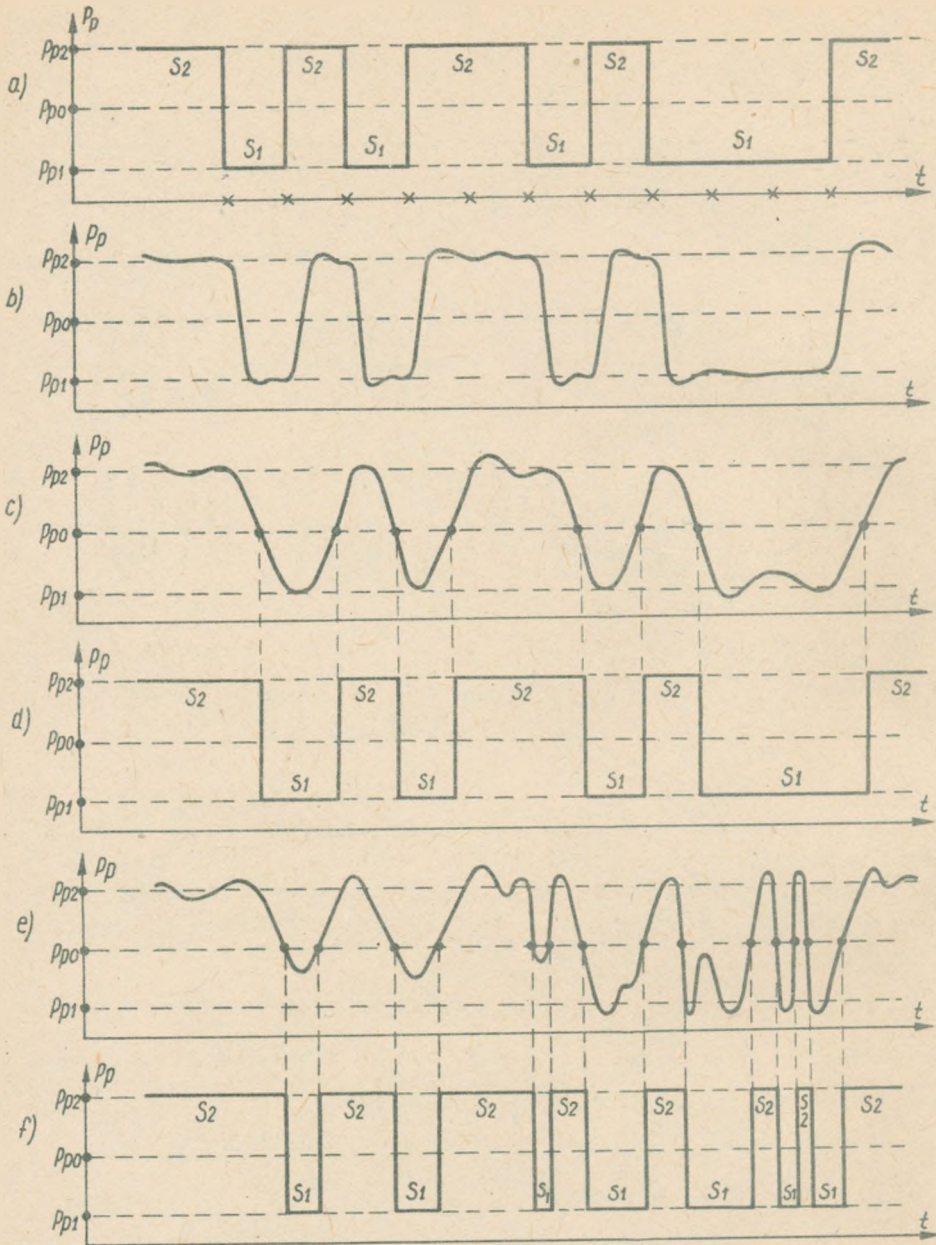


rys. 4. Postać sygnału transmisji danych przy różnych systemach modulacji: a) sygnał naturalny, b) sygnał o modulowanej amplitudzie, c) sygnał o modulowanej częstotliwości, d) sygnał o modulowanej fazie ($\Delta\psi = \pi$)

podstawowego odpowiadającego stanom znamionym, wynoszą odpowiednio P_{p1} i P_{p2} , to odbiornik posiada próg czułości odpowiadający wartości średniej

$$P_{po} = \frac{P_{p1} + P_{p2}}{2}$$

lub wartości zbliżonej do P_{po} . Innymi słowy, odbiornik sygnału wprowadza nowy podział czasowy obwiedni sygnału w ten sposób, że fragmenty sygnału, w których parametr



Rys. 5. Kształt obwiedni sygnału w różnych punktach łącza: a) na wejściu kanału, b) po przejściu przez filtr nadawczy, c) obwiednia na końcu kanału przy poprawnych warunkach transmisyjnych, d) w tych warunkach sygnał odtworzony przez odbiornik, e) obwiednia na końcu kanału przy warunkach wyjątkowo niekorzystnych, f) w tych warunkach sygnał odtworzony

podstawowy ma wartość mniejszą od P_{po} ($P_p < P_{po}$) uznaje jako stan znamieny S_1 , a fragmenty sygnału, dla których $P_p > P_{po}$ - jako stan znamieny S_2 . Momenty czasowe, w których obwiednia sygnału przechodzi przez wartość P_{po} , są momentami charakterystycznymi sygnału odtworzonego przez odbiornik.

Jeśli transmisja przebiega bez zakłóceń, sygnał odtworzony ma postać na tyle zbliżoną do sygnału nadanego, że informacja zostaje przyjęta prawidłowo. Jeśli jednak warunki transmisji są nieodpowiednie (np. nadmierne wahania poziomu i zakłócenia w systemach AM, niestabilność lub przesunięcie częstotliwości w systemach FM i PhM, krótkie przerwy transmisji lub silne zakłócenia impulsowe we wszystkich systemach), odtworzenie sygnału może być niewłaściwe. Po pierwsze, rozstawienie momentów charakterystycznych może znacznie odbiegać od założeń wynikających z danego systemu (skrócenie jednych i wydłużenie innych impulsów); po drugie, stan znamieny S_1 (nadany) poszczególnych fragmentów sygnału może zostać odtworzony jako stan S_2 . Jeden i drugi przypadek może być przyczyną fałszywej deszyfracji (dekodowania) informacji, co prowadzi do błędnego odbioru i rejestracji informacji.

3.2. Zniekształcenie sygnału. Pojęcie błędu.

Regeneracja sygnałów

Rozstawienie momentów charakterystycznych w sygnale nadawanym wynika z szybkości modulacji i aktualnej in-

formacji, której odpowiada dany sygnał. Jeśli sygnał ma postać idealną, czyli nie jest obciążony zniekształceniem, najmniejsza odległość między sąsiednimi momentami charakterystycznymi, mierzona w sekundach, jest odwrotnością szybkości modulacji, wyrażonej w bodach. Odległość ta zwana jest odstępem jednostkowym, a fragment sygnału odpowiadający odstępowi jednostkowemu - elementem sygnału. Element sygnału (ξ) jest zatem najkrótszym impulsem, jaki może występować w sygnale nadawanym z daną szybkością modulacji (ν). Szybkość modulacji określa zatem liczbę elementów sygnału, przesyłanych w ciągu jednej sekundy. Sygnał transmisji danych składa się z impulsów, których długość w warunkach idealnych jest całkowitą wielokrotnością¹⁾ elementu jednostkowego, a ich kombinacja wynika z aktualnie przesyłanej informacji i zastosowanego kodu.

Na skutek nie idealnych warunków, w jakich odbywa się transmisja, rozstawienie momentów charakterystycznych w sygnale odebranych odbiega od rozstawienia momentów w sygnale nadanym. Zjawisko to nazywa się zniekształceniem telegraficznym, stopień zaś zniekształcenia określa wielkość tego zjawiska w sposób ilościowy. Teoria zniekształceń telegraficznych znana jest dobrze tym wszystkim, którzy zetknęli się z tematyką telegrafii w praktyce lub studiowali literaturę o tej problematyce. Dlatego też w

1) Tylko w przypadku transmisji synchronicznej. Przy transmisji arytmicznej zasada ta obowiązuje tylko w obrębie jednego znaku.

niniejszej pracy nie ma potrzeby omawiać szeroko tych zagadnień, a jedynie warto przypomnieć podstawowe pojęcia dla ułatwienia czytania dalszych rozdziałów.

W zależności od systemu transmisyjnego i metody pomiarowej rozróżnia się pojęcie zniekształcenia izochronicznego i arytmicznego. Pierwsze z nich wiąże się z transmisją synchroniczną, a miarą jego jest suma dwóch największych odchyłeń momentów charakterystycznych (jednego opóźnionego, drugiego przyspieszonego) w stosunku do ich położeń znamionowych, w dowolnym ciągu impulsów rozpatrywanego sygnału. Drugie pojęcie, to znaczy zniekształcenie arytmiczne wiąże się z arytmicznym (start - - stop) systemem transmisji. Miarą zniekształcenia arytmicznego jest odchylenie momentu charakterystycznego od jego położenia znamionowego w stosunku do początku elementu rozruchowego rozpatrywanego znaku. Najczęściej dla określenia stopnia zniekształcenia arytmicznego podaje się dwie wartości, z których jedna odpowiada maksymalnemu przyspieszeniu momentu charakterystycznego, druga maksymalnemu opóźnieniu.

Wypadkowe zniekształcenie sygnału składa się z trzech składowych, które określa się jako:

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

Zniekształcenie jednostronne jest zjawiskiem stacjonarnym, wynikającym ze wszelkiego rodzaju asymetrii występujących w łączy i jego częściach składowych, a prze-

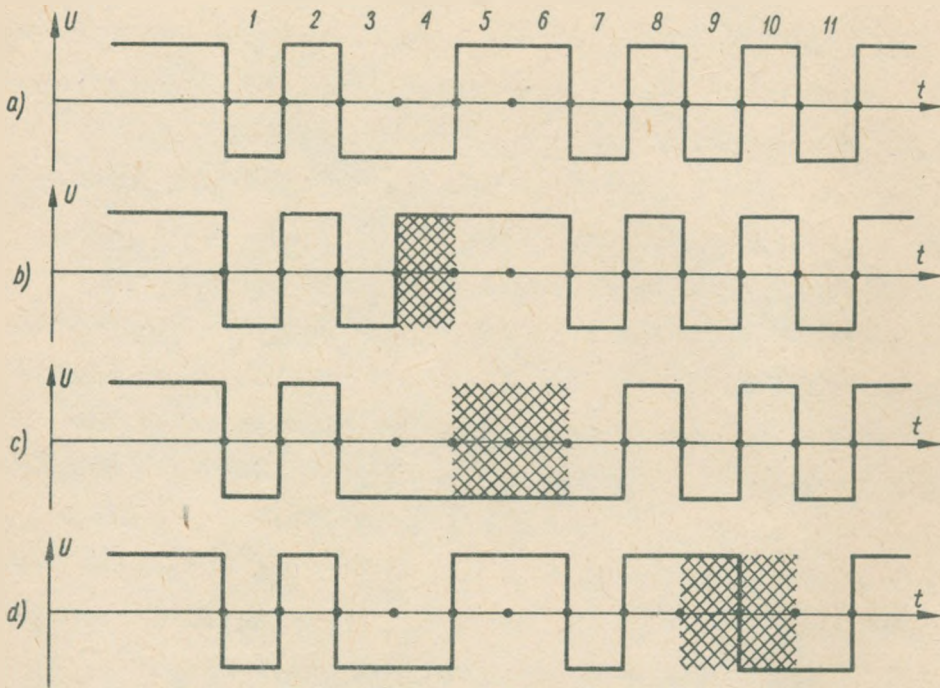
jawiającym się w skracaniu impulsów nacechowanych jednym stanem znamionym i wydłużaniu impulsów nacechowanych stanem drugim. Pod pojęciem asymetrii należy rozumieć np. niewłaściwy poziom sygnału w systemach AM, przesunięcie częstotliwości w systemach FM, niewłaściwie dobrane punkty pracy wzmacniaczy prądu stałego i przerzutników lub wadliwą regulację przekaźników polaryzowanych. Zniekształcenie jednostronne nie jest zjawiskiem trwałym i może być usunięte w trakcie normalnej eksploatacji, przez odpowiednią regulację łącza.

Zniekształcenie właściwe wynika z trwałych cech kanału transmisyjnego, a często i z zasady pracy całego systemu. Podstawowe przyczyny zniekształceń tego rodzaju, to ograniczenie widma częstotliwości sygnału, wynikające z ograniczonej szerokości kanału, wszelkiego rodzaju stałe czasu wynikające z zasady pracy zastosowanych układów opóźniających, detekcyjnych i kompensacyjnych oraz nieliniowe charakterystyki fazowe kanału. Zniekształcenie właściwe przejawia się w skracaniu lub wydłużaniu impulsów, przy czym zmiana długości danego impulsu zależy od kombinacji impulsów przesyłanych bezpośrednio przed nim, a więc od aktualnego stanu energetycznego kanału. Przy pomiarze zniekształcenia właściwego stosuje się specjalnie dobrany tekst pomiarowy (program), odpowiadający najtrudniejszej z punktu widzenia transmisyjnego kombinacji impulsów, umożliwiającą tym samym ustalenie maksymalnej wartości zniekształcenia, jaka może wystąpić w przypadku rzeczywistej transmisji informacji.

Zniekształcenie przypadkowe jest zjawiskiem losowym i wynika z różnego rodzaju zakłóceń, krótkich przerw w transmisji, wadliwych styków itp. Ilościowe oszacowanie tego zjawiska wymaga wykonywania pomiarów statystycznych i zastosowania teorii prawdopodobieństwa. Pomiarów takich są z reguły długotrwałe i pracochłonne i wymagają zastosowania specjalnych przyrządów pomiarowych, zwanych analizatorami zniekształceń.

Zniekształcenia telegraficzne są obok zakłóceń impulsowych i chwilowych przerw transmisji przyczyną błędów transmisji. Pod pojęciem błędu rozumie się niezgodność stanu znamionowego danego elementu odebranego sygnału ze stanem znamionowym odpowiadającego mu elementu w sygnale nadanym. Istotną z punktu widzenia układów protekcji (zabezpieczenia przed błędami) w transmisji danych jest kategoria występujących błędów i ich rozkład w czasie transmisji. Na rys. 6 pokazano przykłady typowych błędów. Sygnał poprawny z rys. 6a może być odebrany z błędem pojedynczym (jeden element sygnału jest odwrócony) jak na rys. 6b lub z błędem podwójnym (dwa sąsiednie elementy odwrócone) jak na rys. 6c itp. Oprócz błędów pojedynczych i n-krotnych istnieje pojęcie serii błędów. Pod pojęciem tym rozumie się ciąg impulsów sygnału, w którym błędne elementy występują częściej niż co 10 elementów. Początek i koniec serii błędów ograniczony jest kolejnymi elementami bezbłędnymi, w liczbie co najmniej 10. Główną przyczyną serii błędów są przerwy w transmisji o średniej długości (20 do 200 ms). Jedną z kategorii błędów podwójnych jest tzw. transpozycja. Po-

lega ona na zmianie stanu znamionego jednego elementu np. z "A" na "Z", a drugiego elementu z "Z" na "A".

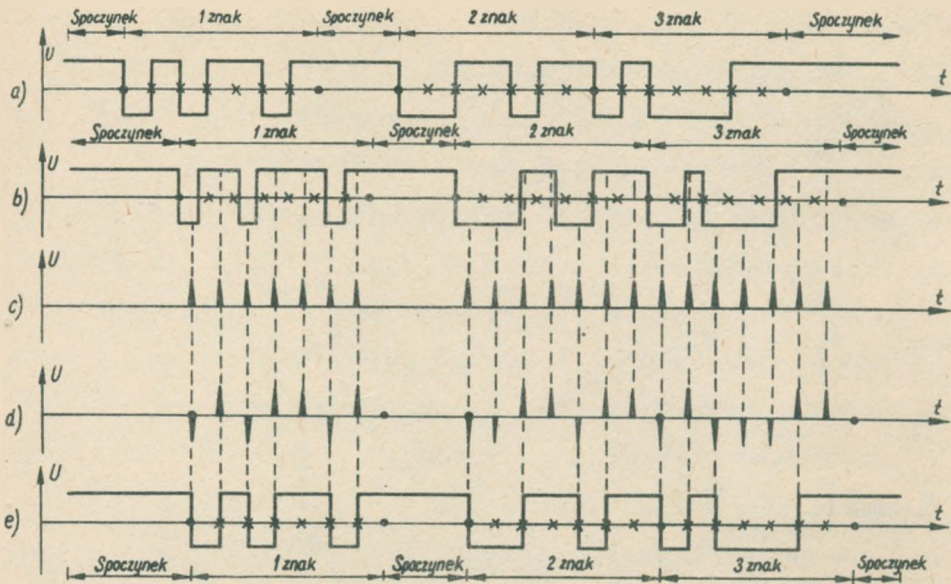


Rys. 6. Przykłady błędów w sygnale transmisji danych:
 a) sygnał bez błędów, b) sygnał z błędem pojedynczym (element nr 4), c) sygnał z błędem podwójnym (elementy nr nr 5 i 6) d) przykład transpozycji

Błąd w sygnale można stwierdzić przez porównanie sygnału odebranego z sygnałem nadanym. Porównanie dwóch sygnałów jest możliwe tylko w takim przypadku, jeśli podział czasowy, czyli rozstawienie momentów charakterystycznych, a tym samym długości impulsów w porównywanych sygnałach są praktycznie jednakowe. Sygnał odebrany na końcu łącza jest w praktyce obciążony znacznym zniekształceniem. Dlatego też na wejściu odbiorczego u-

rzędzenia transmisji danych stosuje się z zasady urządzenia odzniekształcające, zwane regeneratorami lub translacjami regenerującymi. Regeneracja sygnałów, w zależności od systemu transmisyjnego, może odbywać się na zasadzie arytmicznej lub synchronicznej.

Arytmiczne translacje regenerujące stosuje się przy arytmicznym systemie transmisyjnym. W takim przypadku informacja całkowita podzielona jest na informacje elementarne (tzw. znaki) i sygnał odpowiadający pojedynczemu znakowi rozpoczyna się elementem rozruchowym (start) a kończy się elementem zatrzymującym (stop). Odległość między elementem zatrzymującym jednego znaku a elementem rozruchowym następnego może być dowolna (np. ręczne nadawanie na dalekopisie). Tym samym stały rytm transmisji nie musi być zachowany. Cykl translacji regenerującej, wyzwalany każdorazowo elementem rozruchowym, kończy się wraz z końcem znaku i po każdym elemencie zatrzymującym translacja jest przygotowana do regeneracji sygnału następnego znaku. Zasadę pracy takiej translacji pokazano na rys. 7. Rys. 7a przedstawia sygnał nieznieształcony, a rys. 7b rzeczywiście odebrany sygnał na końcu łącza, obarczony znieształceniem. W translacji zostają wytworzone impulsy próbkujące (rys. 7c) w liczbie $W + 2$, gdzie W jest długością kodu (np. dla kodu pięcioelementowego $W = 5$). Odległość między kolejnymi impulsami wynika ze znamionowej szybkości modulacji i odpowiada znamionowej długości elementu sygnału ε , pierwszy zaś impuls próbkujący z tego cyklu wytworzony jest po czasie $\frac{1}{2} \varepsilon$ w stosunku do początku elementu roz-



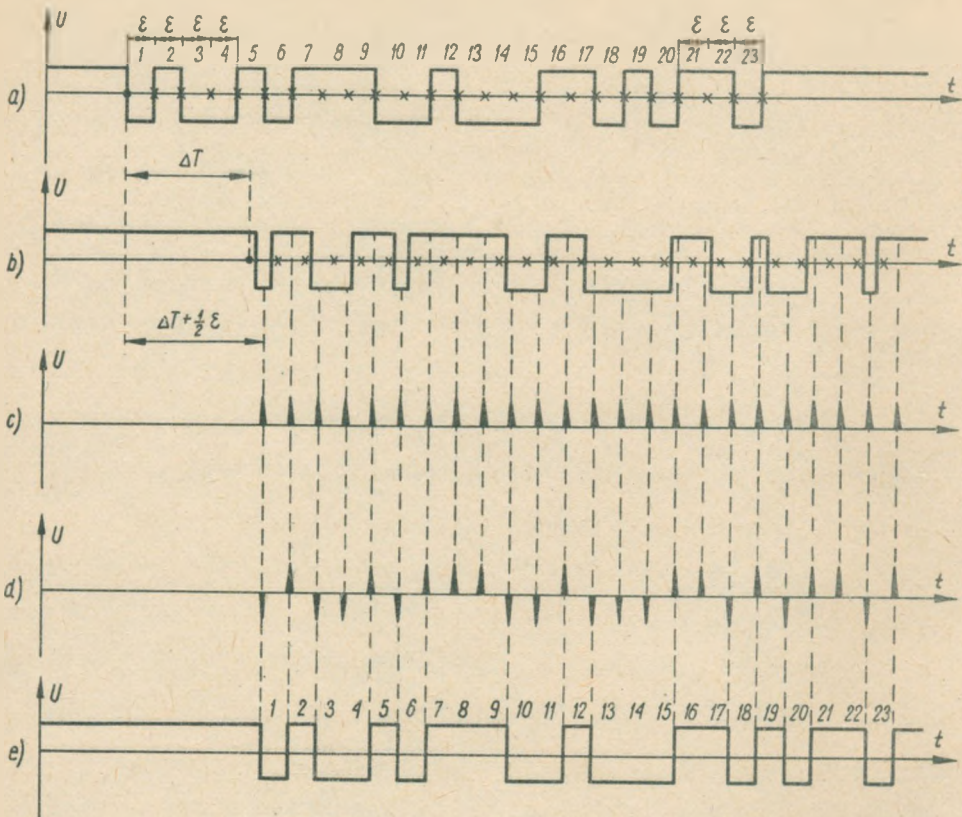
Rys. 7. Zasada pracy arytmicznej translacji regenerującej: a) sygnał nadany w postaci idealnej (niezniekształcony), b) sygnał odebrany (zniekształcony), c) próbkiujące impulsy zegarowe translacji, d) impulsy zegarowe translacji, o polaryzacji wynikającej z kształtu sygnału, e) sygnał odtworzony przez translację (bez zniekształceń)

ruchowego. Impulsy te wprowadzone są wraz z odbieranym sygnałem na wspólny układ (typu modulatora), który w zależności od stanu znamionowego sygnału w momencie próbkowania nadaje im odpowiednią polaryzację (rys. 7d). Tak wytworzony cykl krótkich, dwukierunkowych impulsów, doprowadzony np. do symetrycznego przerzutnika wytwarza przebieg identyczny z sygnałem nadanym, opóźniony w stosunku do sygnału odbieranego o czas $\frac{1}{2} \xi$, lecz pozbawiony zniekształceń (rys. 7e). Na podkreślenie za-

sługuje fakt, że z uwagi na krótki cykl pracy (tylko jeden znak) translacja może nawet skorygować niewłaściwą szybkość modulacji, z jaką została nadana informacja, o ile oczywiście w skład jej wchodzi odpowiednio stabilny generator, a rzeczywista szybkość modulacji źródła sygnału nie różni się od znamionowej w sposób zasadniczy.

Zasada pracy regenerator synchronicznego podobna jest do opisanej powyżej, jednakże techniczna strona procesu regeneracji wymaga układów bardziej skomplikowanych. Transmisja synchroniczna odbywa się, w przeciwieństwie do arytmicznej, w jednostajnym rytmie, wynikającym z szybkości modulacji. Innymi słowy odległość między sąsiednimi momentami charakterystycznymi musi odpowiadać bądź elementowi sygnału ϵ , bądź jego całkowitej wielokrotności. Cykl impulsów tworzących sygnał może być dowolnie długi, toteż cykl raz wyzwolonej translacji kończy się dopiero wraz z końcem transmisji. Z uwagi na długość cyklu, wzorcowa podstawa czasu translacji musi cechować się nie tylko stałą, ale i praktycznie identyczną częstotliwością z szybkością modulacji, z jaką sygnał został nadany. W przeciwnym bowiem przypadku, po dłuższym czasie, n -ty impuls próbujący translacji może wypaść w czasie odpowiadającym $(n+1)$ -mu lub $(n-1)$ -mu elementowi sygnału, co oczywiście automatycznie prowadzi do błędu.

Zasadę regeneracji sygnałów w systemie synchronicznym przedstawia rys. 8. Sygnał na końcu łącza (rys. 8b) odebrany jest w stosunku do sygnału nadanego (rys. 8a), z opóźnieniem wynikającym ze stałego opóźnienia wprowa-



Rys. 8. Zasada pracy synchronicznej translacji regenerującej: a) sygnał bez zniekształceń nadawany synchronicznie, b) sygnał odebrany obarczony zniekształceniem, c) próbkujące impulsy zegarowe wytwarzane przez translację, d) impulsy próbkujące o odpowiedniej polaryzacji, e) sygnał odtworzony przez translację, bez zniekształceń

dzionego przez łącze. Każdy moment charakterystyczny jest zatem opóźniony o czas przejścia przez linię ΔT , zmniejszony lub powiększony o indywidualne zniekształcenie. Translacja regenerująca musi wytworzyć cykl impulsów próbkujących, wypadających w środku odcinków czasowych,

jakie odpowiadałyby poszczególnym elementom, nieznieskształconego sygnału odebranego. Innymi słowy, cykl impulsów o rozstawieniu co ε musi rozpocząć się po czasie $\Delta T + \frac{1}{2} \varepsilon$ (rys. 8c). Do zasadniczych problemów należy ustalenie czasu ΔT , utrzymanie stałej częstotliwości impulsów próbkujących lub okresowe korygowanie położenia tych impulsów na podstawie kryteriów wytwarzanych przez nadajnik sygnałów.

3.3. Alfabet. Kod. Nadmiar

W oparciu o każdy system transmisyjny, stosujący zasadę kodowania informacji, można przekazać ściśle określoną ilość informacji elementarnych, czyli znaków. Kompletny zbiór wszystkich znaków, jakie mają być przekazywane w danym systemie, nazywa się alfabetem. Znaki te mają w łączy postać sygnałów elektrycznych. Zbiór zasad, według których następuje transformacja znaków na sygnał i sygnału na znaki, nazywa się kodem. Elementy sygnału, będące odpowiednikiem danego znaku noszą nazwę elementów kodowych. W większości współczesnych systemów transmisyjnych stosuje się kody równomierne, to znaczy kody, skonstruowane w ten sposób, że każdemu znakowi przyporządkowana jest jednakowa ilość elementów kodowych sygnału.

Podstawowe cechy kodu, to długość kodu i wartościowość. Długość kodu określa ilość elementów kodowych sygnału, przyporządkowanych każdemu znakowi alfabetu. W zależności od długości kod może nazywać się pięcioele-

mentowy (lub pięciojednostkowy), sześćcioelementowy itd. Ilość stanów znamienych, jakie występują w sygnale w normalnych warunkach transmisyjnych, określa wartościowość kodu. W zależności od tej cechy, rozróżnia się kody dwuwartościowe (binarne), trójwartościowe, czterewartościowe itd.

Ilość znaków danego alfabetu jest związana następującą zależnością z rodzajem zastosowanego kodu:

$$N = W^D$$

gdzie:

N - to ilość znaków w alfabecie,

W - wartościowość kodu,

D - długość kodu.

I tak np. stosując pięcioelementowy ($D = 5$) kod binarny ($W = 2$), alfabet może zawierać najwyżej 32 znaki. W celu zwiększenia ilości znaków w alfabecie można stosować tzw. kod dwupoczetowy (odpowiednik podwójnych czcionek w maszynie do pisania), co ma miejsce w klasycznej telegrafii alfabetycznej. W takim też przypadku ilość znaków alfabetu może być zwiększona prawie dwukrotnie. Wykorzystanie podwójnej ilości znaków jest niemożliwe, gdyż dwie kombinacje impulsów kodowych należy zarezerwować dla zmiany poczetów. Systemy takie nie są z reguły stosowane w transmisji danych, gdyż stwarzają dodatkowe możliwości błędnego odbioru całego ciągu informacji.

Jeśli powyższa zależność ($N = W^D$) jest spełniona, za-

stosowany kod nosi miano kodu oszczędnego. Często w celu zabezpieczenia transmisji przed błędami stosuje się dłuższy kod od wynikającego z powyższej zależności. Kody takie nazywane są kodami nadmiarowymi. W celu wykrycia i automatycznej korekcji błędów można również przesyłać informacje w oparciu o kod oszczędny, lecz w takim przypadku, po przesłaniu pewnej grupy znaków¹⁾, nadaje się odpowiednią ilość dodatkowych elementów sygnału, spełniających funkcje pomocnicze (np. spełnienie parzystości, informacja o bezbłędnym odbiorze, decyzja powtórzenia, kasowanie pamięci itp.). Elementy takie noszą nazwę elementów nadmiarowych lub po prostu nadmiaru, lecz nie powinny być utożsamiane z kodem nadmiarowym.

Teoria kodów jest zagadnieniem skomplikowanym i stanowi przedmiot studiów wielu specjalistów na całym świecie. Zastosowanie kodu o odpowiednim nadmiarze lub odpowiedniej ilości i jakości elementów nadmiaru wynika jednak nie tylko z dociekań teoretycznych, ale i z aktualnych parametrów łącza, po którym ma odbywać się transmisja danych. Bezpośrednimi przesłankami do ostatecznego wyboru zasad zabezpieczenia transmisji przed błędami (protekcji) jest bowiem z jednej strony dopuszczalna stopa błędów wynikowych, jaką będzie obciążony sygnał mimo zastosowania układów protekcji, a z drugiej strony stopa i rozkład błędów pierwotnych (bez u-

¹⁾ Grupę znaków związanych z sobą z uwagi na technikę zabezpieczenia przed błędami nazywa się blokiem informacji, blokiem znaków lub po prostu blokiem.

kładów protekcji) w łączy przeznaczonym do transmisji danych. Przyjęcie optymalnego systemu protekcji gwarantuje z jednej strony odpowiednio niską stopę błędów wynikowych, z drugiej strony zapewnia maksymalną, możliwą w danych warunkach, szybkość transmisji. Zastosowanie, jakiegokolwiek innego, przypadkowego systemu protekcji prowadzi w konsekwencji do przekroczenia dopuszczalnej stopy błędów lub do znacznego obniżenia efektywnej szybkości transmisji bądź do jednego i drugiego jednocześnie.

4. ZABEZPIECZENIE TRANSMISJI PRZED BŁĘDAMI

4.1. Klasyfikacja i podział systemów

Zważywszy podstawowe przeznaczenie transmisji danych i gospodarcze znaczenie informacji, jakie będą przesyłane po łączach transmisji danych, problem skutecznego zabezpieczenia transmisji przed błędami trzeba uznać obiektywnie za problem najistotniejszy. Z praktyki zaś wiadomo, że transmisja informacji zakodowanych bez specjalnego zabezpieczenia prowadzi do znacznej ilości błędów. I tak dla przykładu można podać, że zalecenia CCITT w odniesieniu do transmisji telegraficznej dopuszczają znakową stopę błędów $3 \cdot 10^{-5}$ (to znaczy trzy znaki błędne na 100 tysięcy znaków nadanych). Niestety jest to tylko zalecenie docelowe, gdyż znakowa stopa błędów w czasie rzeczywistej transmisji na łączach telegraficznych, uznanych za dobre, zawiera się w granicach od $1 \cdot 10^{-3}$ do $1 \cdot 10^{-4}$.

Wymagana stopa błędów w transmisji danych zawiera się, w zależności od przeznaczenia systemu od $1 \cdot 10^{-6}$ do $1 \cdot 10^{-9}$. Spełnienie tych wymagań bez specjalnych środków zabezpieczających jest w praktyce niemożliwe.

Z powyższych względów, jednym z podstawowych elementów łączy transmisji danych są układy zabezpieczające transmisję przed błędami, zwane ogólnie układami protekcji. Do zadań układów protekcji należy wykrycie błędu lub wykrycie i automatyczna korekcja. Systemy, w których założono tylko wykrywanie błędów są oczywiście układami prostszymi, lecz bardziej ograniczonymi z punktu widzenia ich zastosowania. Niezależnie bowiem od tego, czy po wykryciu błędu następuje przerwanie transmisji i zaalarmowanie obsługi, czy też zarejestrowanie w odpowiedni sposób błędów bez naruszenia ciągłości transmisji, poprawienie błędów wymaga ponownej interwencji człowieka. Po stwierdzeniu bowiem błędu trzeba zażądać od nadawcy powtórnego nadania całej informacji lub jej przekłamanych fragmentów. Ponadto odebranie informacji wraz z błędami np. na taśmę papierową lub magnetyczną wymaga dodatkowej obróbki na zasadzie retransmisji lub montażu.

Natomiast systemy transmisji danych, zapewniające wykrywanie i automatyczną korekcję błędów, są systemami w pełni przydatnymi do realizacji wymiany informacji między dowolnymi, w pełni zautomatyzowanymi ośrodkami przetwarzania danych.

Z funkcjonalnego punktu widzenia, systemy protekcji w transmisji danych dzielą się więc na dwie kategorie:

- systemy z wykrywaniem błędów (czasem zwane systemami detekcyjnymi),
- systemy z wykrywaniem i automatyczną korekcją błędów (czasem zwane systemami korekcyjnymi).

Każde z tych zadań może być wykonane w oparciu o jeden z trzech poniższych systemów, zróżnicowanych pod względem technicznym i zasady pracy.

Trzy podstawowe systemy to:

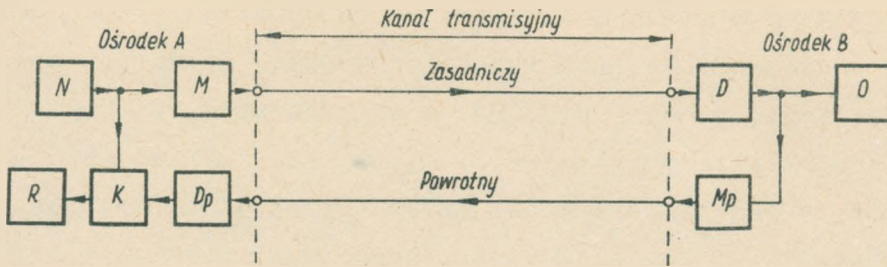
- system ze sprzężeniem zwrotnym informacji,
- system ze sprzężeniem zwrotnym decyzji,
- system stosujący kod nadmiarowy (detekcyjny lub korekcyjny).

Pierwsze dwa systemy muszą dysponować kanałem powrotnym. Trzeci system może w zasadzie pracować bez kanału powrotnego. Jednak praktyka wykazała, że systemy takie nie zdają egzaminu. Większe zastosowanie znalazły systemy mieszane, to znaczy stosujące i kod nadmiarowy i kanał powrotny, jako drogę sprzężenia zwrotnego decyzji.

Zasada pracy każdego z tych systemów zostanie omówiona w dalszych punktach niniejszego rozdziału.

4.2. Systemy transmisji danych ze sprzężeniem zwrotnym informacji

Ogólną zasadę pracy systemu transmisji danych ze sprzężeniem zwrotnym informacji przedstawia rys. 9. Informacja jest przekazywana z ośrodka A do ośrodka B po zasad-



Rys. 9. Schemat najprostszego modelu łącza transmisyjnego danych ze sprzężeniem zwrotnym informacji

niczym kanale transmisyjnym. W ośrodku odbiorczym B informacja jest rejestrowana niezależnie od tego, czy jest obciążona błędami, czy też nie. Jednocześnie jednak, informacja odebrana zostaje odgałęziona i za pośrednictwem modulatora pomocniczego (M_p), kanału powrotnego i demodulatora pomocniczego (D_p) podana zwrótnie do ośrodka nadawczego A. Informacja ta zostaje doprowadzona do urządzenia porównującego (komparator - K), do którego doprowadza się również odpowiednio opóźnioną informację nadaną. Każda niezgodność między sygnałami odpowiadającymi informacji nadanej i zwrotnej zostaje wykryta przez komparator i w postaci odpowiedniego kryterium elektrycznego podana do urządzenia rejestrującego błędy (R).

Zarówno schemat z rys. 9, jak i powyższy opis są na tyle ogólne, że nie pokazują ani stopnia skomplikowania urządzeń, ani nie wyjaśniają właściwego mechanizmu, jaki musi być uruchomiony w celu bezbłędnego przekazania informacji. Schemat ten jest bowiem tylko zarysem idei, która w zależności od potrzeb i założeń projektowych mo-

że być dowolnie komplikowana. Niemniej, dla zdania sobie sprawy z wielu problemów, jakie wynikają nawet z tak prostego schematu, trzeba zaznaczyć, że między demodulatorem pomocniczym (Mp) a komparatorem (K) musi znajdować się regenerator, a między nadajnikiem (N) a komparatorem (K) niezniekształcający układ opóźniający, kompensujący sumę opóźnień wprowadzanych przez kanał zasadniczy i powrotny oraz zespoły M, D, Mp i Dp.

Schemat z rys. 9 komplikuje się odpowiednio, w zależności od konkretnych zadań stawianych systemowi. Z zadań tych wynika kilka podstawowych wariantów układu.

4.2.1. System zapewniający jedynie wykrywanie błędów

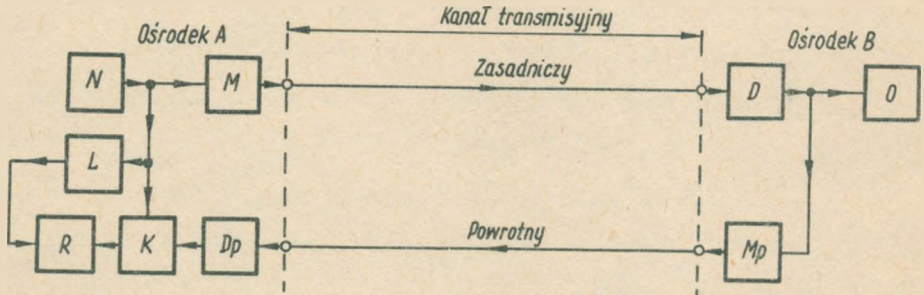
Jeśli założeniem systemu jest tylko wykrywanie ewentualnego błędów i zawiadamianie o tym obsługi na stacji nadawczej, schemat blokowy nie musi ulec komplikacji. W przypadku bowiem wykrycia błędów przez komparator odpowiednie kryterium odebrane przez układ rejestrujący (R) może być utrwalone np. w postaci odpowiedniego sygnału alarmującego obsługę, a transmisja odbywa się nadal. Konsekwencją takiego systemu jest konieczność zawiadomienia ośrodka B o tym, że informacja jest błędna oraz o powtórnym nadaniu całej informacji. Wymaga to oczywiście interwencji ludzkiej w ośrodku A.

4.2.2. System zapewniający wykrywanie i wskazywanie miejsca błędów obsłudze ośrodka nadawczego

Jak już wspomniano w rozdziałach poprzednich, informacja całkowita dzieli się na poszczególne znaki. Można

też dla ułatwienia kontroli i wykrywania błędów podzielić dodatkowo informacje na większe, umowne porcje, zwane blokami.

Jeśli w skład ośrodka A wejdzie układ licząco-kodujący (L), który będzie liczył kolejne znaki lub bloki i wytwarzał sygnały, umożliwiające rejestrowanie ich kolejnych numerów (rys. 10), to układ rejestrujący (R) może, oprócz kryterium alarmowego dla obsługi, zapisać rów-

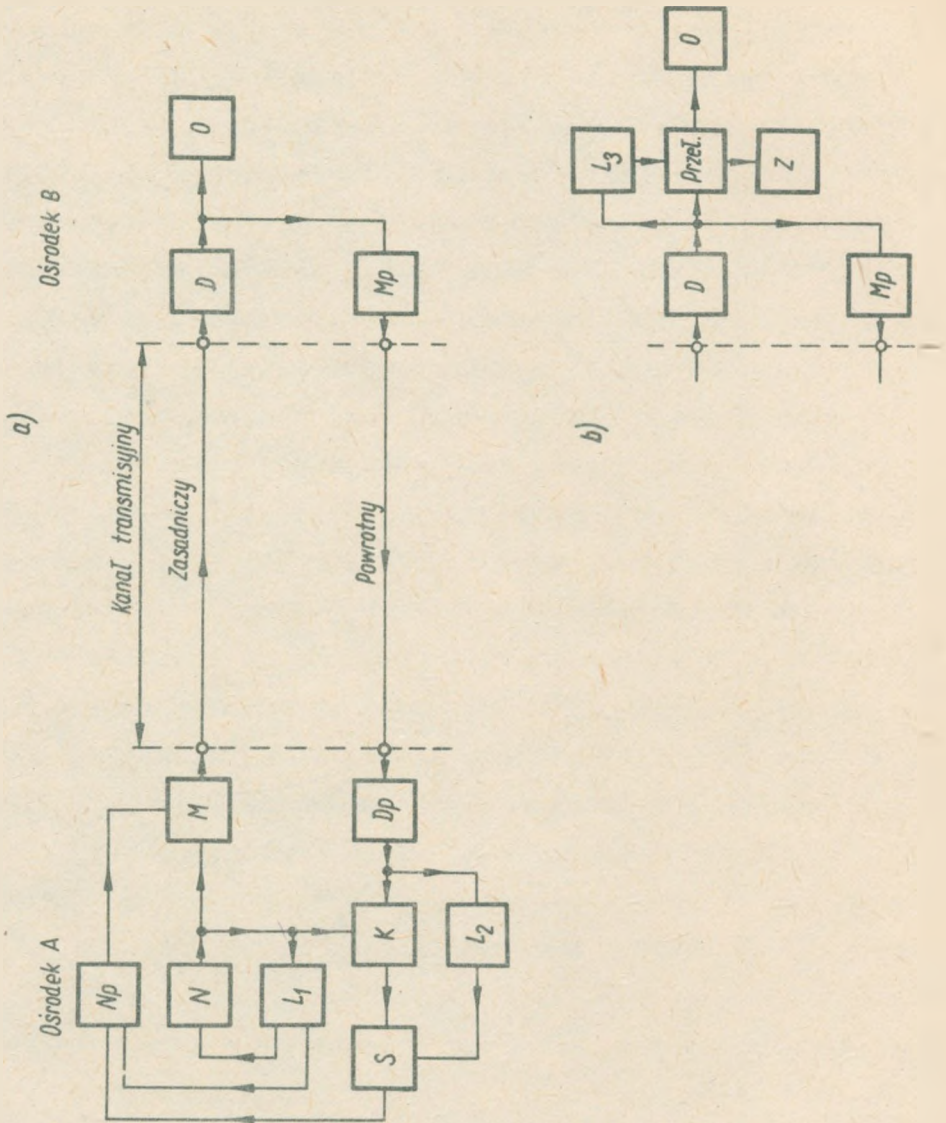


Rys. 10. Schemat blokowy systemu transmisji danych ze sprzężeniem zwrotnym informacji, zapewniającego wykrywanie i wskazywanie miejsca błędów obsłudze ośrodka nadawczego

nież numery błędnych znaków lub bloków informacji. Interwencja obsługi jest oczywiście w takim przypadku również niezbędna, lecz istnieje możliwość powtórzenia tylko błędnych fragmentów informacji, co oczywiście radykalnie skraca całkowity czas transmisji.

4.2.3. System zapewniający wykrywanie i wskazywanie miejsca błędu obsłudze ośrodka odbiorczego

Schemat takiego systemu pokazano na rys. 11. Podobnie, jak w poprzednich przypadkach weryfikacja, czyli sprawdzenie informacji, następuje w ośrodku nadawczym A. Niepotrzebny jest jednak w takim przypadku układ rejestrujący (R), natomiast niezbędny jest nadajnik pomocniczy (Np) i układ sterujący (S). Po nadaniu każdego bloku, nadajnik jest zatrzymywany i odłączany, a dołączony zostaje nadajnik pomocniczy (Np). Funkcje te spełnia układ liczący (L_1), który liczy nadawane elementy sygnału i po ostatnim elemencie bloku wysyła odpowiednie kryterium. Jednocześnie drugi układ liczący (L_2) zlicza elementy sygnału odbieranego po kanale powrotnym. Po ostatnim elemencie w odebranym bloku układ L_2 wysyła kryterium uruchomienia nadajnika pomocniczego za pośrednictwem układu sterującego (S). Jeśli w trakcie porównywania danego bloku komparator nie stwierdził błędu, sygnał wyjściowy z układu sterującego powoduje wysłanie z nadajnika pomocniczego umownego sygnału bezbłądności. Jeśli blok był obciążony błędem, nadajnik pomocniczy wysyła inny sygnał, który zostaje zrozumiany przez odbiornik w ośrodku B jako stwierdzenie błędu w odebranym bloku. Po nadaniu sygnału dodatkowego, nadajnik pomocniczy odłącza się automatycznie i zostaje włączony nadajnik główny, który wysyła następny blok. W efekcie więc ośrodek odbiorczy posiada rozeznanie co do błędów, jakimi została obciążona odebrana informacja i może zażądać od ośrodka



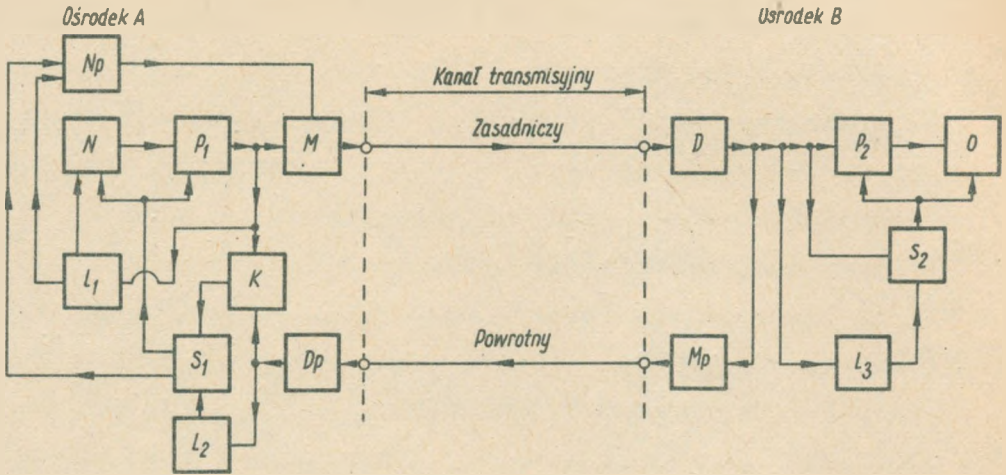
Rys. 11. Schemat blokowy systemu transmisji danych ze sprzężeniem zwrotnym informacji, zapewniającego wykrywanie i wskazywanie miejsca błędu obsłudze ośrodka odbiorczego: a) z rejestracją symboli błędności lub bezbłędności przez odbiornik, b) z oddzielnym zapisem numerów błędnych bloków

nadawczego powtórzenia błędnych bloków.

Zagadnienie oznaczenia błędnych bloków w ośrodku odbiorczym może być rozwiązane w dwojaki sposób. Można wszystkie sygnały odbierane z kanału zasadniczego rejestrować w jednolity sposób i w takim przypadku po każdym zarejestrowanym bloku zostaje zarejestrowany również znak bezbłądności lub znak błędu. Metoda taka nie jest zbyt wygodna, gdyż np. taśma papierowa zawiera oprócz odebranej informacji zasadniczej również informacje dodatkowe, które w wielu przypadkach zostaną skasowane, o ile taśma ma być dalej wykorzystywana, np. w maszynie matematycznej. Drugi sposób (rys. 11b), to wyposażenie stacji odbiorczej w układ licząco-kodujący (L_3) i w dodatkowy układ zapisujący (Z). Układ L_3 powoduje przełączenie drogi transmisyjnej po skończonym bloku z odbiornika na układ zapisujący (Z) i jednocześnie wysyła kryterium, które układ (Z) zapisuje jako numer bloku. Dodatkowy sygnał z nadajnika (N_p) wchodzi tylko na układ (Z). W efekcie odbiornik (O) rejestruje tylko informację zasadniczą, układ zaś zapisujący - numery wszystkich bloków z oznaczeniem ich błędności lub bezbłądności.

4.2.4. System z wykrywaniem i automatyczną korekcją błędów

System zapewniający wykrywanie i automatyczną korekcję błędów jest ze zrozumiałych względów o wiele bardziej skomplikowany, co wynika nawet z najogólniejszego schematu blokowego, pokazanego na rys. 12. System taki



Rys. 12. Schemat blokowy systemu transmisji danych ze sprzężeniem zwrotnym informacji, zapewniającego wykrywanie i automatyczną korekcję błędów

jest jednak najlepszy z eksploatacyjnego i funkcjonalnego punktu widzenia i z uwagi na pełną automatyzację procesów związanych z transmisją informacji oraz z wykrywaniem i poprawianiem błędów nie wymaga praktycznie żadnej interwencji obsługi w czasie przekazywania kompletnej informacji. Ponadto automatyczne skorygowanie błędu prowadzi do zapisu tylko zasadniczej i bezbłędnej informacji, bez żadnych dodatkowych znaków i symboli. Dzięki temu nośnik informacji po stronie odbiorczej, którym może być papierowa taśma perforowana, taśma magnetyczna lub po prostu arkusz papieru zapisany drukiem (np. przy odbiorze na dalekopolis), można wykorzystać do dalszych procesów bez żadnych dodatkowych obróbek. Odbiornikiem może być również w takim przypadku maszyna matematyczna przyłączona do łącza bezpośrednio lub przez układ retransmi-

syjno-pamięciowy, co nie jest możliwe w żadnym poprzednio omawianym systemie.

Zasada pracy systemu jest następująca. W przypadku podziału informacji na bloki o ściśle określonej długości sprawdzenie wierności transmisji następuje dla każdego bloku osobno. Blok informacji nadany z nadajnika (N) zostaje równocześnie zapisany w pamięci nadawczej (P_1). W ośrodku odbiorczym blok ten nie zostaje wprowadzony do odbiornika, lecz zapisany w pamięci odbiorczej (P_2). Jednocześnie z transmisją bloku działa w ośrodku nadawczym licznik (L_1), który kontroluje ilość nadanych elementów sygnału i po skończeniu bloku informacji wyłącza nadajnik (N) i przygotowuje do pracy nadajnik pomocniczy (N_p). W ośrodku odbiorczym działa podobny licznik (L_3), który po skończonym bloku odłącza pamięć (P_2) od toru, a dołącza układ dekodująco-sterujący (S_2). Jednocześnie nadany blok informacji wraca po łączu powrotnym do ośrodka nadawczego, gdzie następuje porównanie informacji nadanej i zwrotnej przez komparator (K), w analogiczny sposób, jak w systemach opisanych poprzednio. Licznik (L_2) kontroluje długość bloku i po jego skończeniu wyzwala układ sterujący (S_1). Jeśli w trakcie porównywania bloku układ sterujący (S_1) nie otrzymał z komparatora kryterium błędu, to po sygnale końca bloku, otrzymanym z licznika (L_2), wysyła kryterium bezbłądności do nadajnika pomocniczego (N_p), który nadaje do ośrodka odbiorczego umowny sygnał bezbłądności i odłącza się. Jednocześnie układ sterujący (S_1) kasuje pamięć nadawczą (P_1) i po pewnym czasie uruchamia nadajnik (N), któ-

ry wysyła następny blok informacji. Ośrodek nadawczy zaś powraca do stanu wyjściowego.

Kryterium bezbłędności przesłane do ośrodka odbiorczego zostaje zrozumiane odpowiednio przez układ dekodująco-sterujący (S_2), który wyzwala pamięć (P_2) połączoną z odbiornikiem informacji. Po odebraniu przez odbiornik informacji cały ośrodek odbiorczy powraca do stanu wyjściowego i przygotowany jest tym samym do odbioru następnego bloku w podobny sposób.

Jeśli w wyniku porównania informacji zawartej w danym bloku komparator (K) stwierdził błąd, układ sterujący (S_1) w ośrodku nadawczym wysyła do nadajnika pomocniczego (N_p) kryterium błędu i nadajnik ten wysyła do ośrodka odbiorczego sygnał błędności. Jednocześnie zaś układ sterujący nie uruchamia nadajnika (N), tylko wyzwala po pewnym czasie pamięć nadawczą (P_1), która powtarza zapamiętany blok informacji. Sygnał błędności zaś, wysłany przez nadajnik pomocniczy (N_p), zostaje w ośrodku odbiorczym odebrany i odpowiednio zrozumiany przez układ dekodująco-sterujący (S_2), który kasuje pamięć odbiorczą (P_2) i przywraca ośrodkowi stan wyjściowy, czyli stan gotowości odebrania powtarzanego bloku od początku.

Takie cykle pracy powtarzają się każdorazowo przy transmisji kolejnych bloków, z tym że powtarzanie błędnych bloków może odbywać się nieograniczoną ilość razy. W efekcie informacja odebrana przez odbiornik będzie pozbawiona błędów i jakichkolwiek informacji pomocniczych.

4.3. Ogólna charakterystyka systemów transmisji danych ze sprzężeniem zwrotnym informacji

Systemy opisane w rozdziale 4.2. należy traktować jako przykłady reprezentujące pewne typowe kategorie koncepcji czy rozwiązań. Podstawowe założenia stawiane każdemu z tych systemów można rozwiązać z powodzeniem w oparciu o inne schematy blokowe. Ponadto w ramach jednego systemu można zrealizować szereg odmian, różniących się nie tylko szczegółami technicznymi, ale i zasadą wzajemnego funkcjonalnego powiązania poszczególnych zespołów. Np. zamiast pamięci nadawczej można zastosować nadajnik, który po zatrzymaniu można cofnąć np. o cały blok i w dowolnym momencie blok ten nadać powtórnie; w ostatnim z opisanych systemów transmisja nie musi odbywać się na zasadzie blokowej; można też zrealizować taki system, że transmisja (z podziałem na bloki lub bez takiego podziału) odbywa się bez przerwy tak długo, dopóki nie zostanie stwierdzony błąd (to znaczy nie oczekuje się na wynik porównania z komparatora). Podanie jednakże wszystkich możliwych lub stosowanych rozwiązań wykraczałoby poważnie poza ramy niniejszej pracy.

Niemniej wydaje się, że przeanalizowanie tylko tych rozwiązań, które zostały przykładowo opisane powyżej, umożliwia wysnucie zasadniczych wniosków, dotyczących zalet i wad, wspólnych dla wszystkich systemów transmisji danych ze sprzężeniem zwrotnym informacji.

Do charakteryzowania systemów transmisji danych pracujących na zasadzie sprzężenia zwrotnego informacji

warto zestawić podstawowe ich założenia:

1. Sprawdzenie wierności transmisji polega na porównaniu informacji nadanej z informacją doprowadzoną zwrotnie do stacji nadawczej za pośrednictwem stacji odbiorczej i kanału powrotnego.
2. Z powyższej zasady wynika fakt, że ewentualne wykrywanie błędu następuje na stacji nadawczej, a stacja odbiorcza musi być dodatkowo zawiadomiona o bezbłędności transmisji lub o znalezieniu błędu.
3. Kanałem powrotnym jest przekazywana całkowita informacja, zatem jego parametry muszą być zbliżone do parametrów kanału zasadniczego.

Niektóre cechy specyficzne systemów ze sprzężeniem zwrotnym informacji można uznać za cechy raczej dodatnie, inne zaś za ujemne. Do zalet takich systemów trzeba zaliczyć fakt, że zasadą urządzeń protekcji jest porównanie dwóch pełnych informacji. Daje to gwarancję wykrywania błędów każdego rodzaju (pojedynczych, podwójnych lub całych serii błędów). Jednocześnie zaś urządzenia protekcji są stosunkowo proste, ponieważ nie działają na zasadzie nadmiaru i ustalonego z góry programu weryfikacji, lecz w stosunkowo prosty sposób porównują na bieżąco dwie informacje. Powyższe zalety są szczególnie wyraźne, jeśli od systemu wymaga się tylko wykrywania błędów. W takim bowiem przypadku zarówno struktura łącza, jak i postać urządzeń transmisji danych jest wyjątkowo prosta, a ponadto w przypadku braku błędów, efektywna szybkość transmisji jest równa maksymalnej szybkości teoretycznej.

Ujemne cechy systemów pracujących ze sprzężeniem zwrotnym informacji wynika z faktu, że kanałem powrotnym jest przesyłana całkowita informacja i że wykrywanie błędów następuje na stacji nadawczej. Informacja przesyłana kanałem powrotnym narażona jest na działanie czynników powodujących błędy, w podobnym stopniu jak informacja przekazywana w kierunku zasadniczym. Ponieważ układy protekcji nie mogą rozróżnić, w którym z kanałów powstał błąd informacji, rejestrują zarówno prawdziwe błędy, jak i te, które powstały na drodze powrotnej. Jeśli parametry obydwu kanałów są zbliżone do siebie, prawdopodobieństwo powstania błędu na drodze A-B-A jest dwukrotnie większe od prawdopodobieństwa związanego z drogą transmisyjną A-B. Ponieważ każdy wykryty błąd powoduje bądź wstrzymanie transmisji, bądź (w przypadku automatycznej korekcji) powtórzenie pewnej części informacji, efektywna szybkość transmisji jest znacznie zmniejszona przez błędy powstające w kanale powrotnym.

Wykrywanie błędów po stronie nadawczej komplikuje w znacznym stopniu zasadę pracy całego systemu, jeśli wymaga się od niego automatycznej korekcji błędów. Jeśli transmisja odbywa się blokami i po każdym bloku następuje potwierdzenie jego jakości, urządzenie odbiorcze stosunkowo długo oczekuje na decyzję z nadajnika. Stacja odbiorcza, zapisawszy blok informacji w pamięci, musi czekać z dalszym jego przetworzeniem (skasowanie pamięci lub wysłanie z niej informacji do odbiornika) przez określony czas, w którym informacja wraca do nadajnika kanałem powrotnym i decyzja z nadajnika przechodzi do stacji

odbiorczej. Jeśli zaś informacja nie jest dzielona na bloki, pamięć odbiorcza musi mieć bardzo dużą pojemność, aby zmieścić taką ilość informacji, jaka jest przesyłana w czasie odpowiadającym w przybliżeniu sumie czasu przejścia informacji kanałem powrotnym i czasu przekazania ewentualnej decyzji skasowania pamięci w przypadku wykrycia błędu w nadajniku. Żadna z powyższych zasad transmisji nie może zapewnić odpowiednio dużej efektywnej szybkości pracy.

Względy powyższe spowodowały, że systemy transmisji danych, pracujące na zasadzie sprzężenia zwrotnego informacji, nie są ani powszechnie stosowane, ani specjalnie zalecane. Tym bardziej, że istnieją systemy pracujące ze sprzężeniem zwrotnym decyzji, pozbawione wielu wyżej wspomnianych wad.

4.4. Systemy transmisji danych ze sprzężeniem zwrotnym decyzji

Zasada pracy systemów ze sprzężeniem zwrotnym decyzji polega na tym, że funkcje wykrywania błędów spełnia odpowiednio przystosowana do tego stacja odbiorcza, która po sprawdzeniu otrzymanego bloku informacji wysyła do stacji nadawczej kanałem powrotnym jedną z dwóch decyzji:

- powtórzenie ostatniego bloku (lub kilku ostatnich bloków),
- nadawanie następnego bloku.

Według niektórych autorów, do systemów ze sprzężeniem zwrotnym decyzji zalicza się również takie systemy, w

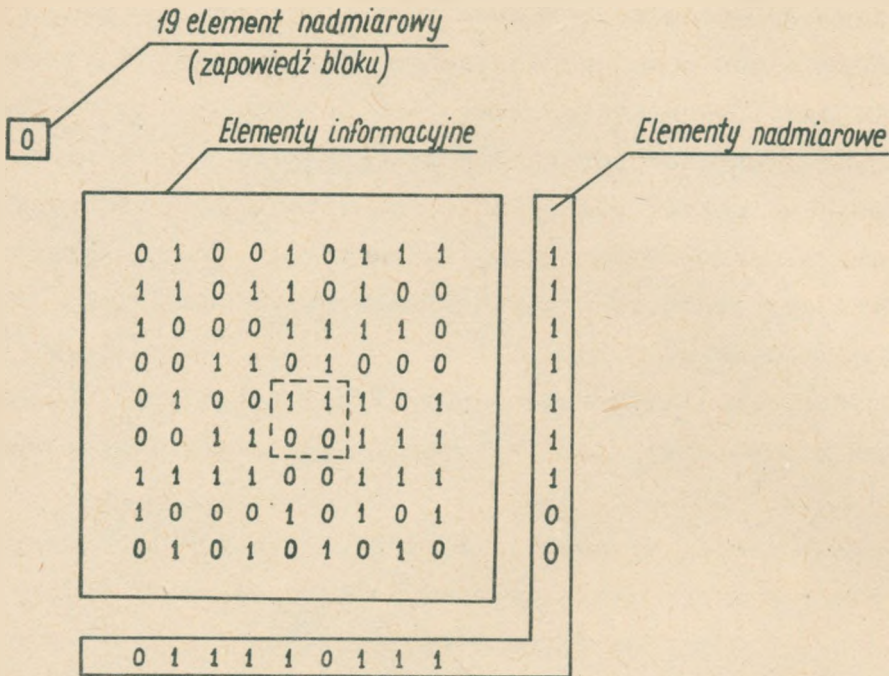
których sprawdzeniu podlega każdy przesyłany znak z osobna. Klasyfikacja systemów jest jednak jak dotąd na tyle płynna, że nie popełnia się błędów zaliczając takie systemy do trzeciej grupy (systemy pracujące na zasadzie kodu nadmiarowego). W dalszym więc ciągu niniejszej pracy, mianem systemów ze sprzężeniem zwrotnym decyzji określa się tylko te systemy, które pracują z podziałem informacji na bloki.

Aby stacja odbiorcza mogła stwierdzić poprawność odebranego bloku, musi on, a ściślej odpowiadający mu sygnał elektryczny, spełniać ściśle określone założenia. Innymi słowy, kombinacja impulsów elektrycznych tworzących dany blok musi wynikać ze z góry określonego programu, zgodnego z programem pracy urządzenia protekcji w ośrodku odbiorczym. Z drugiej jednak strony nie można narzucać informacji, która ma tworzyć dany blok z góry określonej treści, gdyż jest to sprawa przypadkowa, wynikająca z aktualnych potrzeb nadawcy. Dlatego też blok informacji składa się nie tylko z informacyjnych elementów sygnału, ale także i z elementów nadmiarowych, które są dodawane do każdej porcji informacji objętej jednym blokiem i które zależą od aktualnej jej treści. Zasady konstrukcji elementów nadmiarowych (ich ilość i kombinacja) wynikają z jednej strony z założonych wskaźników jakościowych danego systemu (dopuszczalna stopa błędów wynikowych mimo korekcji), a z drugiej strony z wyników analizy błędów, otrzymanych na drodze badań i pomiarów danego kanału (rozkład i prawdopodobieństwo błędów pierwotnych). Każdy element nadmiaru umożliwia wy-

krywanie błędów ograniczonej kategorii. Im większa jest ilość odpowiednio dobranych elementów nadmiarowych, tym większe jest prawdopodobieństwo wykrycia wszystkich błędów, jakie powstaną w czasie transmisji. Nie można jednak stosować nadmiernej liczby elementów nadmiarowych, gdyż konieczność przesyłania ich wraz z informacją zmniejsza efektywną szybkość transmisji, którą określa ilość poprawnie odebranych elementów lub znaków w ciągu sekundy.

Na rysunku 13 pokazano przykład konstrukcji bloku wraz z elementami nadmiarowymi, w założeniu zastosowania kodu binarnego.

Blok z rys. 13 składa się z 81 elementów informacyjnych i 19 elementów nadmiaru. Kolejne elementy informacyjne zostały podzielone w sposób umyślny (fikcyjny) na 9 szeregów 8-elementowych, tworząc w zapisie tabelarycznym 9 rzędów poziomych i 9 rzędów pionowych. Symbol "0" odpowiada jednemu stanowi znamienne, a symbol "1" drugiemu. Ponieważ w każdym rzędzie jest nieparzysta ilość elementów, zatem jeśli elementy "0" są w ilości parzystej, to liczba elementów "1" jest nieparzysta i odwrotnie. Nadmiar jest skonstruowany w ten sposób, że z każdym rzędem poziomym i pionowym związany jest jeden element nadmiarowy (spośród 18), który posiada taki stan znamieny ("0" lub "1"), aby łącznie z nim, w każdym rzędzie była parzysta liczba zarówno elementów "0", jak i elementów "1". Dziewiętnasty element nadmiarowy (w lewym górnym rogu tabeli) jest początkiem bloku i posiadając zawsze jeden stan znamieny (roboczy) spełnia ro-



Rys. 13. Przykład konstrukcji bloku informacji wraz z elementami nadmiarowymi (linią przerywaną zaznaczono przypadek błędów niewykrywalnych)

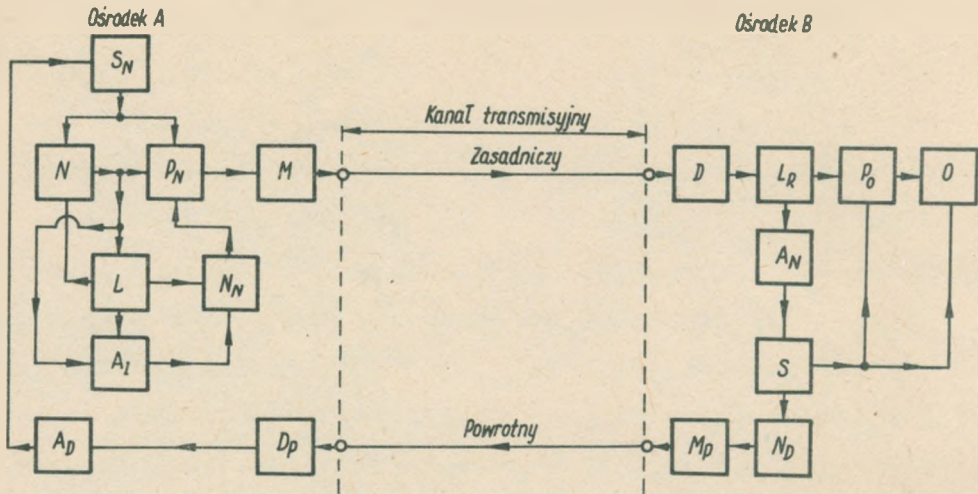
lę elementu rozruchowego dla bloku, czyli jest swojego rodzaju "zapowiedzią" bloku dla urządzeń odbiorczych. Jak łatwo sprawdzić, tak skonstruowany nadmiar gwarantuje wykrycie m.in. błędu pojedynczego, każdej nieparzystej liczby błędów, pojedynczą transpozycję, wiele przypadków parzystej liczby błędów i serii błędów. Nie można jednak wykryć np. czterech błędów, jeśli ułożyły się tak, jak to wskazuje oznaczenie w tabeli.

Program weryfikacji, czyli zasada konstrukcji nadmiaru musi być zaprogramowana zarówno w nadawczym, jak i w

odbiorczym urządzeniu protekcji. Urządzenie nadawcze analizuje na bieżąco wysyłany blok i po odliczeniu 81 elementów informacyjnych dosyła automatycznie wynikające z powyższej zasady elementy nadmiarowe. Urządzenie odbiorcze odbierając blok po pierwsze oddziela elementy informacyjne w liczbie 81 i kieruje je w stronę odbiornika, a po drugie wszystkie elementy (z wyjątkiem pierwszego, który zapowiadając nadejście bloku uruchamia urządzenie protekcji), w tej liczbie i elementy nadmiarowe, sprawdza na założoną z góry parzystość w rzędach poziomych i pionowych. Stwierdzenie jakiegokolwiek niezgodności w założonym programie oznacza wykrycie błędu.

Nadmiar można konstruować wg wielu najrozmaitszych programów, lecz zasada jego wykorzystania przez urządzenie protekcji jest taka sama, jak opisana powyżej.

Znając rolę nadmiaru i ogólne metody zabezpieczenia blokowego, warto omówić krótko zasadę pracy systemu ze sprzężeniem zwrotnym decyzji, opierając się o przykładowy schemat blokowy, pokazany na rys. 14. Informacja przekazywana jest z ośrodka nadawczego A do ośrodka odbiorczego B kanałem zasadniczym, zaś kanałem powrotnym jest przesyłana w przeciwnym kierunku decyzja, w zależności od wyników sprawdzenia bloku w ośrodku odbiorczym. Nadajnik informacji (N) w ośrodku A nadaje kolejno elementy informacyjne, których ilość kontroluje licznik (L). Informacja nadawana za pośrednictwem modulatora (M) zapisywana jest jednocześnie w pamięci nadawczej (P_N). Licznik po odliczeniu odpowiedniej ilości elementów informacyjnych (zgodnie z przykładem z rys. 13, jest ich



Rys. 14. Schemat blokowy systemu transmisji danych, pracującego na zasadzie sprzężenia zwrotnego decyzji

81) zatrzymuje nadajnik (N) i wymusza wysłanie 18 elementów nadmiarowych z nadajnika nadmiaru (N_N). Nadajnik nadmiaru został w międzyczasie odpowiednio zaprogramowany przez analizator informacji (A_I), który cały czas kontrolował strukturę elementów informacyjnych i w zależności od niej wysłał odpowiednie kryteria do nadajnika nadmiaru (N_N). Po odliczeniu wszystkich elementów w bloku licznik (L) wraca w stan spoczynku, kasując zarazem stan analizatora (A_I) i nadajnika nadmiaru (N_N). W ten sposób cztery elementy ośrodka nadawczego, a mianowicie (N), (L), (A_I), (N_N), przygotowane są do nadawania następnego bloku.

Blok informacji, po przejściu przez demodulator (D) w ośrodku odbiorczym, przechodzi przez licznik rozdzielczy (L_R), który kieruje do pamięci odbiorczej (P_0) tyl-

ko 81 elementów informacyjnych, a wszystkie elementy bloku do analizatora nadmiaru (A_N). Analizator ten sprawdza założony program bezbłędności (parzystość w rzędach poziomych i pionowych). W przypadku zgodności z programem wysyła odpowiednie kryterium do układu sterującego (S). Układ sterujący wyzwala w takim przypadku pamięć odbiorczą (P_0), która przesyła informację zawartą w odebranych bloku do odbiornika (jeśli to potrzebne, układ sterujący uruchamia także odbiornik). Jednocześnie układ sterujący (S) wysyła za pośrednictwem nadajnika decyzji (N_D) i kanału powrotnego odpowiedni sygnał, żądający nadania następnego bloku. Jeśli analizator nadmiaru stwierdził niezgodność z programem, wysyła do układu sterującego (S) inne kryterium, które w efekcie powoduje skasowanie pamięci (P_0) i wysłanie do ośrodka nadawczego kanałem powrotnym sygnału, żądającego powtórzenia bloku. W jednym i w drugim przypadku urządzenia ośrodka odbiorczego B, po spełnieniu swych funkcji przechodzą w stan spoczynku i gotowe są do przyjęcia bądź powtórnego, bądź następnego bloku.

Jeśli do ośrodka A przychodzi kanałem powrotnym sygnał decyzyjny z ośrodka B, zostaje on rozpoznany przez analizator decyzji (A_D). Po stwierdzeniu, że jest to żądanie nadania następnego bloku, analizator (A_D) wysyła odpowiednie kryterium do układu sterującego (S_N), który kasuje pamięć nadawczą (P_N), wysyła pierwszy element nadmiarowy rozpoczynający blok i uruchamia nadajnik (N). Następuje w efekcie identyczny cykl pracy, jak opisany powyżej. Jeśli analizator (A_D) stwierdzi, że sygnał odebra-

ny z kanału powrotnego jest żądaniem powtórzenia bloku, wysyła do układu sterującego (S_N) inne kryterium. Powoduje to tylko wyzwolenie pamięci nadawczej (P_N), która nadaje pełny zapamiętany blok (wraz z elementami nadmiarowymi). Powtarzanie bloku może odbywać się dowolną ilość razy.

Istnieje oczywiście wiele innych rozwiązań systemów ze sprzężeniem zwrotnym decyzji, niemniej ogólne zasady ich pracy są zbliżone do opisanej powyżej. Z bardziej typowych systemów warto wymienić takie, które nie posiadają pamięci nadawczej (P_N), ale w przypadku stwierdzenia błędu mogą cofnąć nadajnik i wymusić wysłanie przez niego bloku już raz (lub kilka razy) nadanego. Są także systemy, które nie czekając na sygnał decyzyjny z ośrodka odbiorczego wysyłają następne bloki. Jeśli nie nastąpiło przekłamanie informacji, jest to czysty zysk czasu; jeśli jednak powstał błąd, trzeba powtórzyć nie jeden, lecz kilka ostatnich bloków. Wszystkie odmiany systemów tego typu mają swoje zalety i wady. Toteż ostateczny wybór koncepcji powinien wynikać z aktualnych warunków, w jakich będzie odbywać się transmisja, czyli z analizy parametrów danego kanału.

Wracając do schematu z rys. 14 warto jeszcze kilka słów poświęcić pamięci odbiorczej (P_0). Jeśli bowiem nie wykryto błędu, pamięć ta musi wysyłać zapisaną informację do odbiornika (0) i jednocześnie odbierać następny blok. Pojemność jej musi być zatem większa od jednego bloku i wynosić w przybliżeniu 2 bloki informacji.

Zasadniczą zaletą wszystkich systemów pracujących na

zasadzie sprzężenia zwrotnego decyzji jest ich duża wydajność. Trzeba oczywiście pamiętać, aby nadmiar był właściwie skonstruowany i mógł tym samym zapewnić spełnienie wymagań na dopuszczalną stopę błędów nie wykrytych. Długość bloku musi być również odpowiednio dobrana do danych warunków transmisyjnych. Przy zbyt krótkich blokach zbyt dużo czasu traci się bowiem na oczekiwanie transmisji (czas przejścia sygnałów decyzyjnych), przy zbyt długich blokach można w jaskrawym przypadku całkowicie uniemożliwić transmisję, ponieważ pierwszy blok będzie zawsze obciążony błędem i powtarzany bez końca. Przy optymalnie dobranych parametrach, systemy te są jednak bardzo ekonomiczne i przydatne we wszystkich konkretnych warunkach eksploatacyjnych. Rozeznanie bloków następuje bowiem w ośrodku odbiorczym, dzięki czemu można natychmiast wyzwolić pamięć odbiorczą, o ile nie było błędu. Ponadto odbiornik może dostać zawsze czystą informację, bez żadnych dodatkowych znaków. Kanał powrotny może być znacznie węższy, ponieważ sygnał decyzyjny jest z zasady krótki (mała ilość względnie szerokich elementów) i może być przesłany z dużo mniejszą prędkością. Przesyła się go ponadto w stosunkowo dużych odstępach czasu, tak że zagadnienie obciążenia go błędem i niewłaściwej interpretacji może być w praktyce pominięte. Niemniej jednak może on być odpowiednio zabezpieczony przed błędami przez stosunkowo mały nadmiar.

Wadą, jeśli tak to można nazwać, systemów tego rodzaju jest fakt, że żaden praktycznie nadmiar nie zapewnia wykrycia błędów w 100 procentach. Trzeba jednak stwier-

dzić, że zapewnienie 100 procentowej wierności transmisji, w oparciu o jakiegokolwiek środki techniczne, jest praktycznie niemożliwe.

Zalety systemów ze sprzężeniem zwrotnym decyzji sprawiły, że w większości krajów, w których transmisja danych już od szeregu lat jest bieżącym problemem eksploatacyjnym są one systemami podstawowymi i najpowszechniejszymi.

4.5. Systemy transmisji danych stosujące kody nadmiarowe

Jak już wspomniano w rozdziale 3.3. niniejszej pracy, zależność wiążąca alfabet, jako zbiór znaków z kodem, w oparciu, o który informacje te mają być przesyłane, ma postać:

$$N = W^D$$

Zachowanie tej zależności wiąże się z pojęciem tzw. kodu oszczędnego, to jest takiego kodu, którego właściwości są wykorzystane w maksymalnym stopniu w celu przekazania jak największej ilości znaków.

Przekazywanie informacji złożonych z tej samej ilości znaków (N) danego alfabetu może odbywać się również w oparciu o kod, którego długość D^0 jest dowolnie większa od długości odpowiedniego kodu oszczędnego D . Jeśli więc długość aktualnie zastosowanego kodu D^0 spełnia następującą zależność:

$$D^0 = D + X = \log_w N + X$$

gdzie X - dowolna liczba naturalna, to kod taki nosi nazwę kodu nadmiarowego, a dodatkowe elementy w każdym znaku (w ilości " X ") nazywane są elementami nadmiarowymi.

Elementy nadmiarowe mogą być i są wykorzystywane do zabezpieczenia transmisji przed błędami. W zależności od ilości elementów nadmiarowych w kodzie, czyli od wielkości nadmiaru, kod cechuje się lepszymi lub gorszymi właściwościami, zabezpieczającymi transmisję przed błędami. Jeśli konstrukcja i wielkość nadmiaru w kodzie zapewnia jedynie wykrywanie błędów pewnych określonych kategorii, to dany kod nosi nazwę kodu detekcyjnego¹⁾. Kody posiadające odpowiednio rozbudowany nadmiar, umożliwiające nie tylko wykrycie, ale i automatyczną korekcję błędów pewnych kategorii, noszą nazwę kodów korekcyjnych.

Rola elementów nadmiarowych w każdym przesyłanym znaku kodu nadmiarowego jest taka sama, jak rola nadmiaru w odniesieniu do całego bloku w przypadku systemów ze sprzężeniem zwrotnym decyzji, opisanych w rozdziale 4.4

Przykłady wzbogacania kodu można przeanalizować przyjmując za podstawę międzynarodowy alfabet i pięcioelementowy kod binarny Nr 2, zalecany przez CCITT do wymiany informacji za pośrednictwem łączy telegraficznych. W tabelicy 1 podano zależności kodowe między elementami alfa-

¹⁾ Używany w takich przypadkach termin "detekcja" należy rozumieć jako synonim słowa "wykrywanie".

betu Nr 2 i sygnałami wyrażającymi te elementy, wynikającymi z kodu 5-, 6- i 7-elementowego.

Kod 6-elementowy będący przykładem kodu detekcyjnego został skonstruowany w ten sposób, że do elementów kodowych każdego znaku, zapisanego w pięcioelementowym kodzie oszczędnym, dodano jeden element nadmiaru o takiej polaryzacji, aby w obrębie każdego znaku ilość elementów zarówno jednego jak i drugiego stanu ("A" i "Z") była parzysta.

Urządzenie analizująco-odbiorcze zna oczywiście zasadę zabezpieczenia kodowego i każde naruszenie parzystości na skutek powstałych błędów może być wykryte. Łatwo sprawdzić, że kod 6-elementowy zapewnia wykrycie nieparzystej ilości błędów (1, 3, 5), nie stwarza jednak możliwości wykrycia błędów w ilości parzystej (2, 4, 6). Wykrycie błędu przez urządzenia analizująco-odbiorcze nie daje jednak żadnej wskazówki co do właściwej postaci znaku, w którym został wykryty błąd. Jeśli bowiem w nadanym znaku o postaci:

AAZAZA

nastąpił błąd, w wyniku którego sygnał został odebrany np. jako:

AZZAZA

to mimo stwierdzenia nieparzystości, odbiornik nie jest w stanie stwierdzić, czy bezbłędny sygnał powinien mieć postać ZZZAZA, czy ZAZZZA, czy też jakąkolwiek inną. Dlatego też kod ten nie ma właściwości korekcyjnych, a tylko detekcyjne i te stosunkowo ograniczone.

T a b l i c a 1

Kod pięcioelementowy jest kodem oszczędnym, natomiast każdy z pozostałych, kodem nadmiarowym

Elementy alfabetu (znaki)	Kod 5-elementowy	Kod 6-elementowy	Kod 7-elementowy	
Lp.	T r e ś ć			
1	2	3	4	
1	A	ZZAAA	ZZAZAZA	AAZZAZA
2	B	ZAAZZ	ZAAZZZ	AAZZAAZ
3	C	AZZZA	AZZZAZ	ZAAZZAA
4	D	ZAAZA	ZAAZAA	AAZZZAA
5	E	ZAAAA	ZAAAAZ	AZZZAAA
6	F	ZAZZA	ZAZZAZ	AAZAAZZ
7	G	AZAZZ	AZAZZZ	ZZAAAAZ
8	H	AAZAZ	AAZAZA	ZAZAAZA
9	I	AZZAA	AZZAAA	ZZZAAAA
10	J	ZZAZA	ZZAZAZ	AZAAAZZ
11	K	ZZZZA	ZZZZAA	AAAZAZZ
12	L	AZAAZ	AZAAZA	ZZAAAZA
13	M	AAZZZ	AAZZZZ	ZAZAAAZ

Tablica 1 c.d.

1	2	3	4	5
14	N	AAZZA	AAZZAA	ZAZAZAA
15	O	AAAZZ	AAAZZA	ZAAAZZA
16	P	AZZAZ	AZZAZZ	ZAAAZZA
17	Q	ZZZAZ	ZZZAZA	AAAZZAZ
18	R	AZAZA	AZAZAA	ZZAAZAA
19	S	ZAZAA	ZAZAAA	AZAZAZA
20	T	AAAAZ	AAAAZZ	ZAAAZAZ
21	U	ZZZAA	ZZZAAZ	AZZAAZA
22	V	AZZZZ	AZZZZA	ZAAZAAZ
23	W	ZZAAZ	ZZAAZZ	AZAAZAZ
24	X	ZAZZZ	ZAZZZA	AAZAZZA
25	Y	ZAZAZ	ZAZAZZ	AAZAZAZ
26	Z	ZAAAZ	ZAAAZA	AZZAAAZ
27	Powrót wózka	AAAZA	AAAZAZ	ZAAAZZZ
28	Zmiana wiersza	AZAAA	AZAAAZ	ZAZZAAA
29	Zmiana poczetu (cyfry)	ZZAZZ	ZZAZZA	AZAAZZA
30	Zmiana poczetu (litery)	ZZZZZ	ZZZZZZ	AAAZZZA
31	Odstęp	AAZAA	AAZAAZ	ZZAZAAA
32	-- niewykorzystane --	AAAAA	AAAAAA	AAAAZZZ
33	Sygnal powtórzenia	-	-	AZZAZAA
34	Sygnal α	-	-	AZAZAAZ
35	Sygnal β	-	-	AZAZAZA

Kod 7-elementowy podany w tablicy jest zalecany przez CCITT w przypadku transmisji synchronicznej kanałami radiowymi (zalecenie S.13). Poszczególne kombinacje tego kodu nie powstały przez wzbogacenie kombinacji kodu 5-elementowego, lecz zostały skonstruowane według jednolitego systemu, tzw. "3 + 4". Każda kombinacja kodowa zawiera 3 elementy o stanie znamionym "Z" i 4 elementy o stanie "A". Odebranie znaku, którego sygnał nie spełnia tej zasady, jest jednocześnie z wykryciem błędu. Jak łatwo sprawdzić, tak skonstruowany kod umożliwia wykrywanie nie tylko nieparzystej ilości błędów, lecz i wiele przypadków błędów występujących w parzystych ilościach. Nie wykrywalny jest tylko taki błąd wielokrotny w obrębie jednego znaku, który polega na zmianie stanu elementów "A" na "Z" w takiej samej ilości, w jakiej elementy "Z" zmieniły stan na "A". Prawdopodobieństwo takiego przypadku jest oczywiście bardzo małe, a tym samym zabezpieczenie transmisji odpowiednio stosunkowo dobre. Niemniej, podobnie jak kod 6-elementowy i ten kod nie posiada własności korekcyjnych.

Systemy transmisji danych, stosujące kody detekcyjne, mogą posiadać kanał powrotny lub nie. System nie posiadający kanału powrotnego gwarantuje tylko wykrywanie błędów pewnej kategorii, nie umożliwia natomiast automatycznej ich korekcji. W przypadku wykorzystania kanału powrotnego do celów protekcji system pracuje w analogiczny sposób, jak systemy ze sprzężeniem zwrotnym decyzyjnym. Jedyną różnicą jest fakt, że w systemach stosujących kod detekcyjny kontrolą objęty jest każdy znak

osobno, a w systemach ze sprzężeniem zwrotnym decyzji - cały blok informacji.

Konstrukcja kodów korekcyjnych jest o wiele bardziej złożona, a wymagany nadmiar do skorygowania tylko błędów pojedynczych jest porównywalny z długością kodu oszczędnego. Dla przykładu w tablicy 2 pokazano 5-elementowy kod korekcyjny, jaki może być zastosowany do przekazywania czterech różnych znaków ($N = 4$). Binarny kod oszczędny dla $N = 4$ posiada długość $D = 2$. Zwiększenie długości kodu w celach korekcji z wartości $D = 2$ na wartość $D' = 5$ odpowiada nadmiarowi ($X = 3$) o wartości 150%. Kod ten zapewnia nie tylko znalezienie, ale i automatyczne poprawienie pojedynczego błędu.

T a b l i c a 2

Przykład kodu korekcyjnego					
Znaki alfabetu	Elementy sygnału				
	kodowe		nadmiarowe		
	K_1	K_2	N_1	N_2	N_3
a	0	0	0	0	0
b	1	0	1	0	1
c	0	1	0	1	1
d	1	1	1	1	0

Bez błędny sygnał każdego znaku musi spełniać trzy warunki:

$$K_1 = N_1 \quad K_2 = N_2$$

$$K_1 + K_2 = N_3$$

Może istnieć pięć przypadków błędu pojedynczego

1. Błąd K_1 . Wtedy $K_1 \neq N_1$ i $K_1 + K_2 \neq N_3$
2. Błąd K_2 . Wtedy $K_2 \neq N_2$ i $K_1 + K_2 \neq N_3$
3. Błąd N_1 . Wtedy $K_1 \neq N_1$
4. Błąd N_2 . Wtedy $K_2 \neq N_2$
5. Błąd N_3 . Wtedy $K_1 + K_2 \neq N_3$

Jeśli odbiornik stwierdził jedną z trzech ostatnich niezgodności w stosunku do założeń programowo-kodowych, oznacza to, że żaden z elementów kodowych nie został przekłamany. W przypadku stwierdzenia pierwszej pary niezgodności odbiorcze urządzenie protekcji wie, że element K_1 jest błędny i przed zarejestrowaniem zmienia automatycznie jego polaryzację na przeciwną. Podobny także jest efekt stwierdzenia drugiej pary niezgodności. Tak więc w przypadku błędu pojedynczego, stacja odbiorcza koryguje błąd samodzielnie, bez konieczności korzystania z kanału powrotnego i żądania powtórzenia.

Oprócz podanych wyżej pięciu przypadków błędów pojedynczych i wynikających z nich niezgodności mogą zaistnieć jeszcze dwa inne przypadki, a mianowicie:

$$a) K_1 \neq N_1 \quad i \quad K_2 \neq N_2$$

$$b) K_1 \neq N_1, \quad K_2 \neq N_2 \quad i \quad K_1 + K_2 \neq N_3$$

Pierwszy z nich odpowiada błędowi podwójnemu K_1 i K_2 lub N_1 i N_2 , drugi np. jednoczesnemu przekłamaniu elementów F_1 i N_2 lub K_2 i N_1 , lub K_1 , K_2 i N_3 , lub N_1 , N_2 i N_3 .

Stwierdzenie któregośkolwiek z takich przypadków oznacza wykrycie błędów przez odbiorcze urządzenie protekcji, lecz nie daje możliwości ich automatycznej korekcji bez powtórzenia informacji przez nadajnik. Mogą też zaistnieć błędy wielokrotne wyższego rzędu, których urządzenie odbiorcze nie jest w stanie wykryć. Do takich przypadków można zaliczyć na przykład jednoczesny błąd K_1 , K_2 , N_1 i N_2 lub K_1 , N_1 i N_3 , lub K_2 , N_2 i N_3 .

Właściwości danego kodu wynikają z tzw. odległości Hamminga " d_{\min} ". Jeśli sygnały poszczególnych znaków alfabetu zapisane są za pomocą symboli kodu binarnego "0" i "1", to odległość Hamminga oznacza najmniejszą różnicę między zapisami dwóch dowolnych znaków alfabetu. Odległość Hamminga $d_{\min} = 1$ oznacza kod oszczędny; $d_{\min} = 2$ odpowiada kodowi detekcyjnemu, zaś $d_{\min} \geq 3$ oznacza, że kod ma właściwości korekcyjne. W pokazanym powyżej przykładzie odległość Hamminga $d_{\min} = 3$.

Spośród systemów transmisji danych, stosujących kody nadmiarowe, można wyróżnić cztery zasadnicze rodzaje:

1. System stosujący kod detekcyjny, lecz nie dysponujący kanałem powrotnym.
2. System stosujący kod detekcyjny i posiadający kanał powrotny.

3. System stosujący kod korekcyjny, lecz nie posiadający kanału powrotnego.
4. System stosujący kod korekcyjny i posiadający kanał powrotny.

Pierwszy z nich zapewnia tylko wykrycie błędów określonej kategorii. Drugi wykrycie tych błędów i automatyczną ich korekcję na takiej samej zasadzie, na jakiej pracują systemy ze sprzężeniem zwrotnym decyzji. Trzeci system zapewnia korekcję błędów pewnych kategorii oraz wykrycie błędów pewnych wyższych kategorii. Czwarty system zapewnia automatyczną korekcję wszystkich wykrytych błędów, z tym że korekcja np. błędów pojedynczych następuje na zasadzie analizy odebranego sygnału w ośrodku odbiorczym, a pozostałych wykrytych błędów dzięki wykorzystaniu kanału powrotnego i ponownemu powtórzeniu informacji.

Z wyżej wymienionych systemów największe zastosowanie znalazły systemy z czwartej grupy. Trzeba jednak obiektywnie stwierdzić, że systemy powyższe mają dość istotne wady. Po pierwsze, stosunkowo duży nadmiar zmniejsza bardzo znacznie efektywną szybkość transmisji informacji w stosunku do teoretycznej szybkości danego systemu. Po drugie, urządzenia transformujące i z oszczędnego na zabezpieczony i odwrotnie są bardzo skomplikowane.

5. ZAGADNIENIA TRANSMISYJNE

5.1. Wprowadzenie

Transmisja sygnałów impulsowych wymaga spełnienia pewnych warunków specyficznych, często nieistotnych przy transmisji sygnałów analogowych. Ponadto kryteria jakości transmisji wiążące się z parametrami odebranego sygnału znacznie odbiegają od kryteriów oceny jakości np. sygnału telefonicznego.

Jak już podano w rozdziale 3, podstawowym parametrem sygnału transmisji danych czy sygnału telegraficznego jest zniekształcenie i błąd. Nie analizuje się w odebranym sygnale tego typu ani zawartości harmonicznych, ani szumów czy zakłóceń. Niemniej wszystkie te czynniki, które ujemnie wpływają na jakość transmisji analogowej, decydują również o ostatecznej postaci sygnału impulsowego. Dlatego też problem transmisji sygnałów impulsowych jest również bardzo istotny w systemach telegrafii czy transmisji danych.

Spośród podstawowych czynników, które wpływają na wynikową postać sygnałów transmisji danych, należy wymienić

- a) szerokość kanału transmisyjnego i jego charakterystykę tłumieniową,
- b) charakterystykę fazową kanału,
- c) szumy i zakłócenia,
- d) wahania poziomu transmisji,

- e) przesunięcie częstotliwości sygnałów,
- f) krótkie przerwy w transmisji i nagłe skoki poziomu.

Wiadomo że każdy z tych czynników ma większy lub mniejszy wpływ na przesyłany sygnał, w zależności od zastosowanego systemu modulacji. Systemy o modulacji amplitudy (AM) cechują się największą prostotą końcowych urządzeń transmisyjnych, lecz zarazem najmniejszą odpornością na zakłócenia, wahania poziomu i krótkie przerwy transmisji. Systemy o modulacji częstotliwości (FM) wymagają bardziej skomplikowanych urządzeń końcowych, lecz są za to znacznie odporniejsze na wahania poziomu i zakłócenia. Bardzo wrażliwe są natomiast na niewielkie nawet przesunięcia częstotliwości. Systemy o modulacji fazy (PhM) są najmniej wrażliwe na większość parametrów kanału, wpływających ujemnie na jakość transmisji, wymagają jednak bardzo skomplikowanych urządzeń końcowych.

Ograniczenie pasma i nieliniowość charakterystyki fazowej wpływają bezpośrednio na kształt obwiedni przesyłanych sygnałów. Dlatego też z punktu widzenia transmisyjnego, szerokość kanału powinna być jak największa, co jest oczywiście w kolizji z podstawową zasadą maksymalnego wykorzystania dróg telekomunikacyjnych. Dlatego też w efekcie szerokość kanału musi być wynikiem uzasadnionego kompromisu.

Charakterystyka fazowa kanału jest parametrem szczególnie istotnym w przypadku systemów pracujących w sto-

sunkowo szerokim pasmie i z odpowiednio dużą szybkością modulacji, toteż w przypadkach uzasadnionych trzeba stosować niekiedy specjalne korektory fazowe.

Transmisja danych odbywa się na całym świecie bądź na łączach telegraficznych, bądź na telefonicznych. Z tego też względu przyjął się następujący podział systemów:

- 1) systemy o małych szybkościach modulacji (tzw. wolne systemy transmisji danych), których zakres pracy zawiera się mniej więcej w granicach od 50 do 200 bodów,
- 2) systemy o średnich szybkościach modulacji, których zakres pracy zawiera się mniej więcej w granicach od 200 do 3000 bodów.

Ponadto istnieją specjalne, raczej unikalne systemy transmisji danych, pracujące z szybkościami od 3000 bodów nawet do kilkuset tysięcy bodów (tzw. szybkie systemy transmisji danych), wykorzystujące kanały specjalne. Z uwagi jednak na niewielki obecnie stopień zainteresowania w kraju takimi systemami, praca niniejsza nie omawia związanych z nimi problemów.

5.2. Transmisja danych kanałami telegraficznymi

Łącze telegraficzne różni się od łącza transmisji danych tylko brakiem urządzeń protekcji i niekiedy niektórymi parametrami urządzeń końcowych (czytniki i reperformatory taśmy papierowej). Sam jednak telegraficzny ka-

nał transmisyjny wraz z urządzeniami telegrafii wielokrotnej może być w pełni adaptowany dla potrzeb transmisji danych.

Istniejące na całym świecie urządzenia telegrafii wielokrotnej AM i FM można klasyfikować w zależności od rozstawienia i szerokości kanałów, co decyduje automatycznie o maksymalnej krotności urządzenia w założeniu, że ma ono pracować kanałem telefonicznym o pasmie zawartym w granicach (300-3400) Hz. Rozróżnia się następujące systemy:

1. Systemy 24-krotne (AM i FM)

Rozstawienie kanałów: co 120 Hz

Szerokość kanału: 80 Hz

Najniższa częstotliwość środkowa kanału: 420 Hz

Stosowana szybkość modulacji: 50 bodów.

2. Systemy 18-krotne (w zasadzie tylko FM)

Rozstawienie kanałów: co 180 Hz

Szerokość kanału: 120 Hz

Najniższa częstotliwość środkowa kanału: 450 Hz

Stosowana szybkość modulacji: 75 i 50 bodów.

3. Systemy 12-krotne (w zasadzie tylko FM)

Rozstawienie kanałów: co 240 Hz

Szerokość kanału: 160 Hz

Najniższa częstotliwość środkowa kanału: 480 Hz

Stosowana szybkość modulacji: 100, 75 i 50 bodów.

4. Systemy 8-krotne (FM)

Rozstawienie kanałów: co 360 Hz

Szerokość kanału: 240 Hz

Najniższa częstotliwość środkowa kanału: 540 Hz
 Stosowana szybkość modulacji: 200, (150), 100, 75 i
 50 bodów.

5. Systemy 6-krotne (FM)

Rozstawienie kanałów: co 480 Hz
 Szerokość kanału: 320 Hz
 Najniższa częstotliwość środkowa kanału: 600 Hz
 Stosowana szybkość modulacji: 200, (150), 100, 75 i
 50 bodów.

System pierwszy, zalecany przez CCITT (Zalecenia: R.31 i R.35), stosowany jest powszechnie niemal we wszystkich krajach na całym świecie.

System drugi nie jest zalecany przez CCITT. Jest on podstawowym systemem telegraficznym w sieci Związku Radzieckiego.

System trzeci, zalecany przez CCITT (Zalecenie R.36), stosowany jest tylko w niektórych krajach.

System czwarty i piąty, stosowany tylko w niektórych krajach, jest przedmiotem dyskusji CCITT. Można się spodziewać, że jeden z tych systemów zostanie objęty zaleceniami CCITT w wyniku obrad zebrania plenarnego w 1964 r.

Jeśli w poszczególnych systemach stosowana jest modulacja częstotliwości, to różnica częstotliwości między jednym a drugim stanem znamionym wynosi:

$$f_2 - f_1 = 2 \Delta f = 0,5 \cdot \Delta f_0$$

gdzie Δf_0 oznacza rozstawienie kanałów.

W krajowej sieci telegraficznej stosowane są systemy

telegraficzne tylko pierwszego rodzaju. Są to trzy systemy względnie stare, mogące pracować wyłącznie z szybkością 50 bodów:

- 1) WT - 34 (Siemens) o modulacji amplitudy,
 - 2) ZCE-12/A (Ericsson) o modulacji amplitudy,
 - 3) ZCE-12/F (Ericsson) o modulacji częstotliwości
- oraz dwa systemy opracowane w ostatnich latach:
- 4) VT-24 (prod. Węgierskiej Rep. Ludowej) o modulacji amplitudy,
 - 5) TgN24DK (produkcji krajowej) o modulacji amplitudy.

W niektórych krajach Europy zachodniej eksploatuje się systemy uniwersalne, których urządzenia końcowe mogą być wyposażone w kanały o różnym rozstawieniu i szerokości. Końcowy stojak takiego systemu telegrafii wielokrotnej może być wyposażony np. w 6 kanałów 50-bodowych ($\Delta f_0 = 120$ Hz), w 3 kanały 100-bodowe ($\Delta f_0 = 240$ Hz) i w 3 kanały 200-bodowe ($\Delta f_0 = 480$ Hz).

Do czasu, gdy zostaną w kraju opracowane i wdrożone do eksploatacji systemy telegrafii wielokrotnej FM, o różnych rozstawieniach kanałów, lub jeden system uniwersalny FM, transmisja danych będzie musiała bazować wyłącznie na istniejących kanałach, w większości o modulacji amplitudy. Wiadomo zaś, że systemy AM są najmniej odporne na działanie czynników zakłócających. W związku z tym, przekazywane informacje będą w stosunkowo dużym stopniu przekłamywane, co z jednej strony rzutuje na stopień skomplikowania urządzeń protekcji, a z drugiej strony znacznie zmniejsza efektywną szybkość transmisji. Po-

nadto transmisja danych po aktualnie posiadanych kanałach telegraficznych będzie się mogła odbywać tylko z szybkością modulacji równą 50 bodów ze względu na szerokość tych kanałów.

5.3. Transmisja danych kanałami telefonicznymi

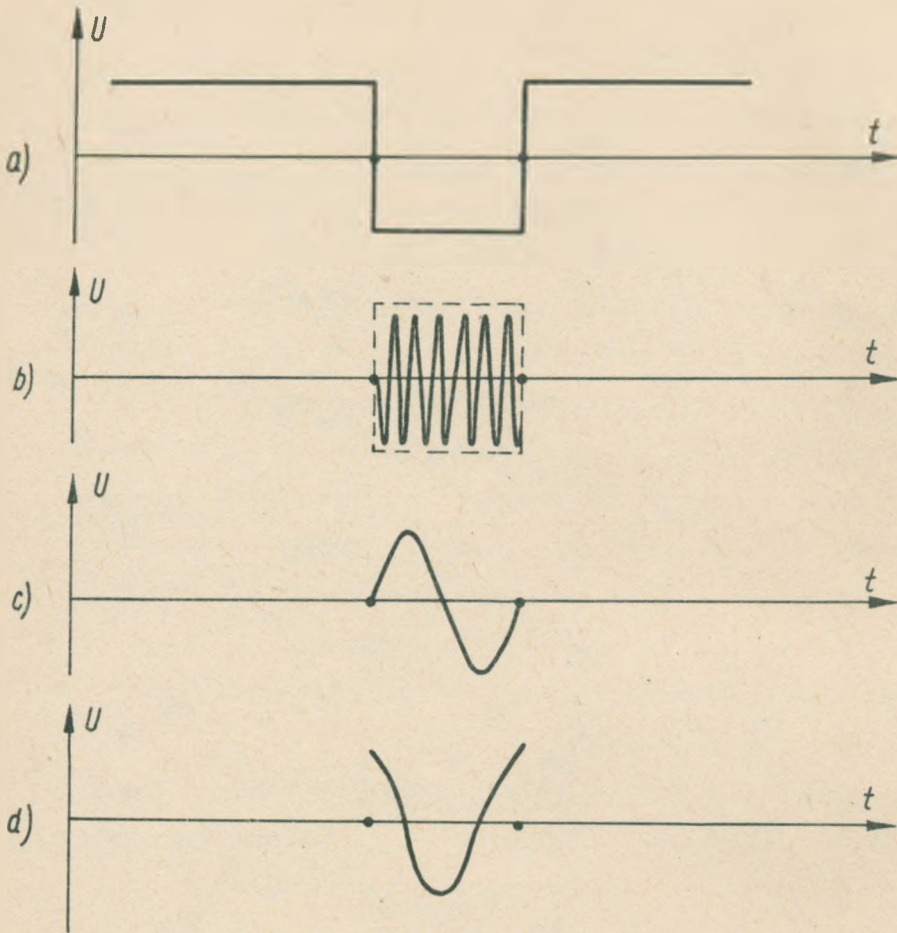
Aby kanał telefoniczny mógł być wykorzystany dla transmisji danych, musi być wyposażony dodatkowo w impulsowe urządzenia modulujące i demodulujące, czyli w tzw. modemy. Wprawdzie technika procesu modulacji i demodulacji w urządzeniach tego typu nie odbiega w swych zasadach od techniki modulacji i demodulacji telegraficznej, jednakże modemy dla szybkości średnich są o wiele bardziej skomplikowane z uwagi na znacznie większą szybkość modulacji.

Jeśli szybkość modulacji jest znacznie mniejsza od częstotliwości nośnej sygnału, element sygnału (rys.15a) zawiera wiele okresów częstotliwości nośnej (rys.15b). Niezależnie więc od wzajemnej zależności fazowej między sygnałem modulującym a częstotliwością nośną obwiednia sygnału po modulacji ma praktycznie stały, prostokątny kształt i stałą długość. Zależność taka jest spełniana w urządzeniach telegrafii wielokrotnej, gdzie, np. przy szybkości modulacji 50 bodów, najmniejsza częstotliwość nośna wynosi około 400 Hz.

W modemach przeznaczonych do pracy łączami telefonicznymi, częstotliwość nośna leżąca mniej więcej w środku kanału wynosi około 1900 Hz, a stosowana szyb-

kość modulacji 600, 1200, 1800, a nawet 2400 bodów. Długość elementu sygnału wynosi zatem odpowiednio około 1,67 ms, 0,83 ms, 0,56 ms i 0,42 ms, podczas gdy jeden okres fali nośnej odpowiada około 0,53 ms. Postać elementu sygnału zależy zatem w bardzo dużym stopniu od położenia momentów charakterystycznych sygnału modulującego w stosunku do fazy fali nośnej (rys. 15 c,d). Przypadkowość zależności fazowej między sygnałem modulującym a falą nośną może, w przypadku stosunkowo dużej szybkości, doprowadzić nie tylko do nadmiernego wzrostu zniekształceń sygnału, ale i uniemożliwić proces detekcji, co prowadzi do powstawania wielu błędów. Dlatego też jednym z najtrudniejszych problemów technicznych, związanych z projektowaniem modemów na średnie szybkości modulacji, jest zagwarantowanie synchronizmu między sygnałem modulującym a falą nośną. Mimo że na rys. 15 pokazano przykład sygnału o modulowanej amplitudzie, problem ten jest tak samo istotny również w systemach FM i PhM.

We wszystkich krajach prowadzących od szeregu lat prace eksperymentalne zrezygnowano z zastosowania modulacji amplitudy w systemach transmisji danych o średnich szybkościach ze względu na znane powszechnie wady systemów AM. Problem wyboru systemu spośród dwóch pozostałych wazył się długo zarówno w CCITT, jak i w wielu instytucjach naukowo-badawczych poszczególnych krajów. Wielu było zwolenników zarówno systemów FM, jak i systemów PhM, w wyniku czego w poszczególnych krajach pracuje wiele urzędzeń o modulacji częstotliwości i fazy. W 1963 r. Komisja Studiów "A" CCITT zaproponowała normalizację modemu,



Rys. 15. Zależność kształtu elementu sygnału od stosunku częstotliwości fali nośnej do szybkości modulacji: a) element sygnału w postaci naturalnej, b) element sygnału w postaci prądu zmiennego w przypadku częstotliwości nośnej dużo większej o szybkości modulacji, c) i d) element sygnału w postaci prądu zmiennego w przypadku częstotliwości nośnej zbliżonej do szybkości modulacji i różnych zależnościach fazowych między falą nośną a sygnałem modulującym

jaki ma być przeznaczony do pracy na komutowanych łączach telefonicznych. A oto jego ewentualne podstawowe parametry:

1. Znamionowa szybkość modulacji: 1200 i 600 bodów.
2. Częstotliwość środkowa: 1500 Hz (przy szybkości 600 bodów), 1700 Hz (przy szybkości 1200 bodów).
3. System modulacji: FM.
4. Dewiacja częstotliwości: $\Delta f = 200$ Hz (600 bodów),
 $\Delta f = 400$ Hz (1200 bodów).
5. Dopuszczalne odchylenie częstotliwości znamionowych od wartości znamionowej: ± 15 Hz dla każdej częstotliwości znamiennej.
6. Dopuszczalne przesunięcie częstotliwości wprowadzane przez kanał transmisyjny: ± 6 Hz.
7. Częstotliwości znamienne sygnałów w kanale powrotnym:
 $f_1 = 390$ Hz, $f_2 = 450$ Hz.
8. Szybkość modulacji w kanale powrotnym: do 75 bodów.
9. Zależność między częstotliwościami znamionowymi i stanami znamionowymi sygnału w kanale powrotnym:
 $f_1 = 390$ Hz \rightarrow stan "Z" \rightarrow "1"
 $f_2 = 450$ Hz \rightarrow stan "A" \rightarrow "0"

Doświadczenia prowadzone w wielu krajach dowiodły, że do szybkości 1200 bodów systemy pracujące na zasadzie modulacji częstotliwości gwarantują wystarczającą jakość transmisji, nawet w przypadku wykorzystania tele-

fonicznej sieci komutowanej. Ponieważ zaś urządzenia FM są znacznie prostsze i tańsze od urządzeń PhM, zdecydowano zalecić modulację częstotliwości. Niemniej w dalszych pracach badawczych, mających na celu opracowanie urządzeń, które mogłyby pracować z większymi szybkościami na wybranych łączach telefonicznych, CCITT zaleca uwzględnianie zarówno systemów FM, jak i PhM. Większe od 1200 bodów szybkości modulacji, dopuszczone przez CCITT, wynikają z szeregu $600 \cdot n$ bodów, zaś szybkości zalecane z szeregu $600 \cdot 2^{n-1}$.

6. MIERNICTWO TRANSMISJI DANYCH

6.1. Analiza i analizatory zniekształceń

Zniekształcenia telegraficzne, jakimi jest obarczony sygnał transmisji danych, są jedną z potencjalnych przyczyn powstawania błędów, szczególnie w tych systemach transmisji danych, w których nie stosuje się regeneratorów. Z drugiej zaś strony wielkość i rozkład zniekształceń jest dla każdego kanału transmisyjnego wynikowym kryterium jego jakości, ponieważ zależy od wszystkich czynników wpływających na jakość transmisji.

Metody pomiaru zniekształceń i przyrządy pomiarowe stosowane w eksploatacji telegraficznej nie wystarczają do przeprowadzenia badań, niezbędnych z punktu widzenia transmisji danych. Po pierwsze są to mierniki zniekształceń pracujące w większości tylko z szybkością modulacji 50 bodów. Nieliczne tylko rodzaje przyrządów przystosowane są do szybkości modulacji w zakresie od ok. 50 bo-

dów do ok. 200 bodów. Po drugie, w oparciu o istniejące przyrządy pomiarowe można tylko obserwować na bieżąco zniekształcenia sygnału, bez możliwości zarejestrowania ich wielkości i ilości poszczególnych przypadków. W związku z tym wynik pomiaru jest subiektywny i w najlepszym przypadku odpowiada maksymalnej wielkości zniekształcenia, jaką zaobserwowano w czasie wykonywania pomiaru. Metody takie nie mogą zagwarantować uzyskania wyników, które byłyby obiektywnym odbiciem zjawisk zachodzących w kanale transmisyjnym.

Właściwe określenie wynikowych parametrów kanału transmisyjnego wymaga przeprowadzenia analitycznych pomiarów zniekształcenia. Do zrealizowania pomiarów niezbędne są specjalne przyrządy pomiarowe, nie stosowane w placówkach eksploatacyjnych, nazywane analizatorami zniekształceń. Zasada ich pracy jest następująca.

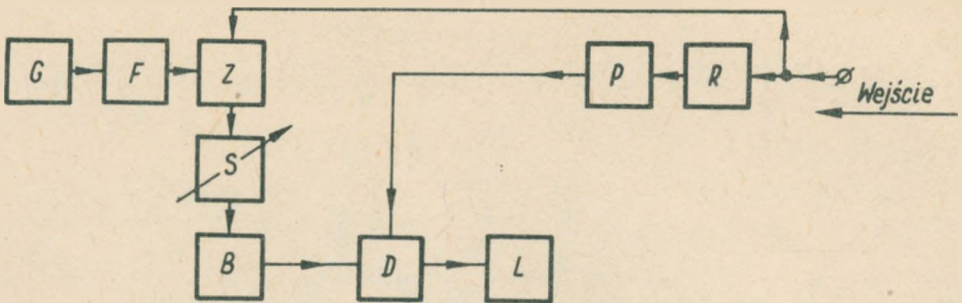
Analiza zniekształceń odbywa się z zachowaniem arytmicznego systemu transmisji. Sygnał pomiarowy może (choć nie musi) być nadawany rytmicznie, jednakże jego struktura musi odpowiadać strukturze sygnału przesyłanego w systemie "start-stop". Znaczy to, że cały program pomiarowy musi być podzielony na znaki, z których każdy rozpoczyna się elementem rozruchowym (zawsze o tej samej polaryzacji) i kończy się elementem zatrzymującym o polaryzacji przeciwnej w stosunku do elementu rozruchowego). Między tymi dwoma elementami znajdują się elementy kodowe w ilości wynikającej z zastosowanych przyrządów pomiarowych.

Założeniem pomiarów tego typu jest określenie prawdopodobieństwa, z jakim może wystąpić dana wartość zniekształcenia lub, z jakim dana wartość zniekształcenia może być przekroczona w rzeczywistych warunkach transmisyjnych. Prawdopodobieństwo takie można określić tylko na podstawie odpowiednio dużej liczby znanych przypadków. Dlatego też badania konkretnego kanału sprowadzają się do przeanalizowania sygnału, składającego się z elementów w ilości od 10^6 do 10^7 . Przy szybkości modulacji 50 bodów odpowiada to czasowi pomiaru od 5,5 godz. do 55 godz., a przy szybkości modulacji np. 1000 bodów - czasowi od 15 minut do 2,5 godziny.

Pomiar wymaga zastosowania zestawu pomiarowego składającego się z dwóch przyrządów:

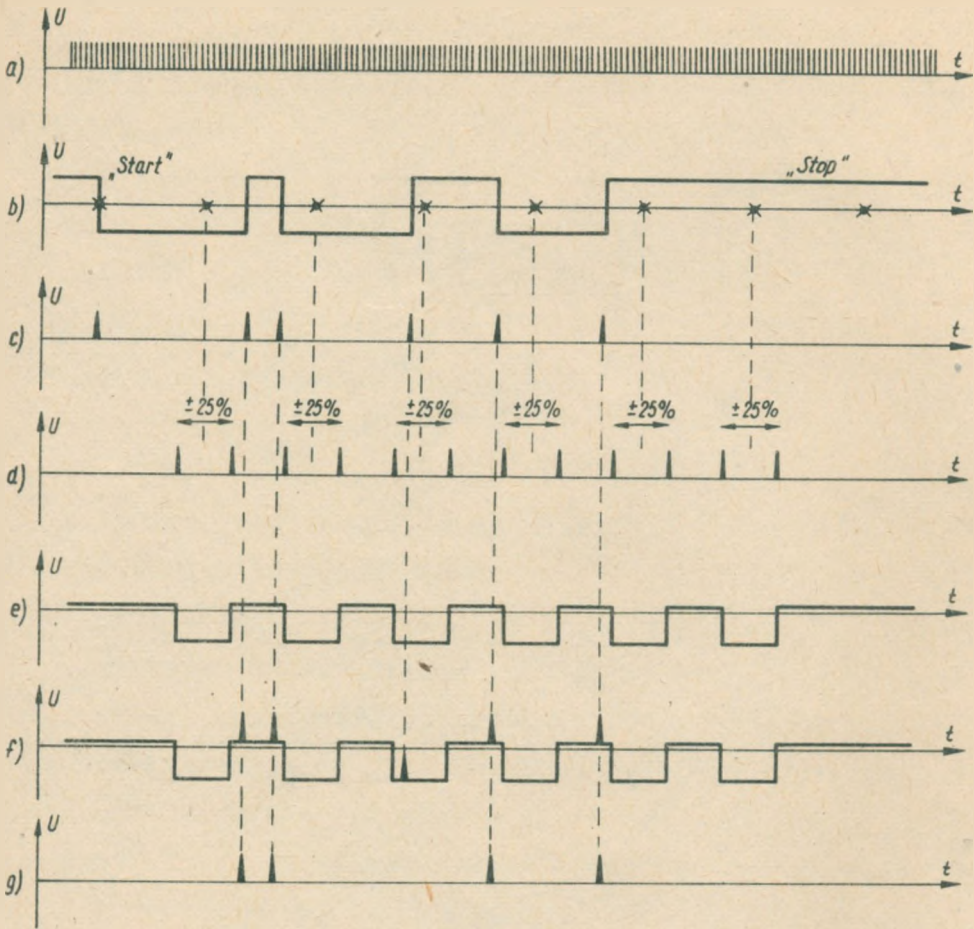
- z nadajnika sygnałów,
- analizatora zniekształceń arytmicznych.

Podstawowym fragmentem zestawu pomiarowego jest analizator. Jego ogólny schemat blokowy pokazano na rys. 16, a zasadnicze przebiegi czasowe na rys. 17. Zasada działania analizatora jest następująca. Generator podstawowy (G) wytwarza drgania o częstotliwości np. 100 razy większej od aktualnej szybkości modulacji, z jaką nadawany jest sygnał pomiarowy. Drgania te są przekształcane przez układ formujący (F) na ciąg odpowiednio wąskich impulsów zegarowych (rys. 17a), których częstotliwość powtarzania równa jest częstotliwości generatora (G). W efekcie więc odległość między sąsiednimi impulsami zegarowymi równa jest jednej setnej części elementu



Rys. 16. Uproszczony schemat blokowy analizatora zniekształceń

sygnału, a zatem odpowiada zniekształceniom o wartości 1%. Do wejścia analizatora doprowadzony jest sygnał odbierany (rys. 17b), który zostaje zróżniczkowany przez układ różniczkujący (R) i zamieniony na jednokierunkowe impulsy szpilkowe (rys. 17c) przez układ prostujący (P). Jednocześnie początek elementu rozruchowego każdego znaku otwiera zawór elektroniczny (Z), przez który przechodzą impulsy zegarowe aż do momentu jego zamknięcia. Zamknięcie zaworu następuje automatycznie po czasie odpowiadającym mniej więcej długości jednego znaku przy danej szybkości modulacji. Takie cykle pracy powtarzają się dla każdego znaku osobno. Impulsy zegarowe, które przeszły przez zawór (Z), podlegają dalszej przeróbce przez układ szyfrujący (S). Mianowicie, jak już wiadomo z poprzednich rozdziałów, co setny impuls zegarowy, wychodzący z zaworu (Z), odpowiada idealnemu położeniu momentów charakterystycznych niezniekształconego sygnału. Odległość od tych impulsów w lewo i w prawo, liczona liczbą impulsów zegarowych rozstawionych co 1%, odpo-

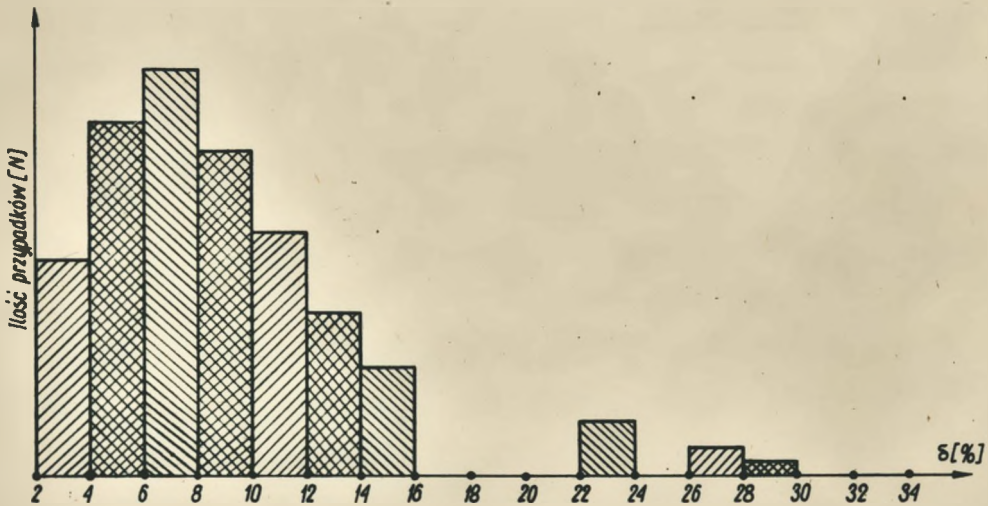
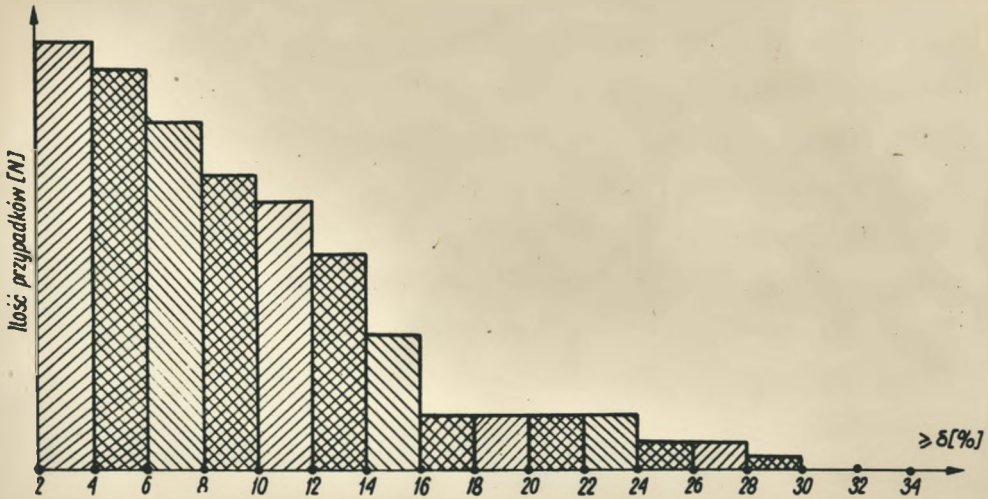


Rys. 17. Zasada pracy analizatora zniekształceń

wiada wartości zniekształcenia arytmicznego. Działanie szyfratora (S) uzależnione jest od ustawienia przełącznika na wartość zniekształceń, której przekroczenie ma być rejestrowane przez dany licznik analizatora. Jeśli np. wartością interesującą jest zniekształcenie większe lub równe 25%, szyfrator wybiera tylko impulsy o nume-

rach kolejnych $n \cdot 100 \pm 25$ (rys. 17d). Każdy nieparzysty impuls spośród wybranych otwiera specjalny układ bramkujący (B), a każdy impuls parzysty zamyka go. W efekcie układ bramkujący wytwarza przebieg pokazany na rys. 17e. Na przebieg ten nakładane są impulsy szpilkowe, występujące w momentach charakterystycznych odbieranego sygnału (rys. 17c), w wyniku czego przebieg wypadkowy przedstawia się jak na rys. 17f. Przebieg ten zostaje wytworzony w układzie sumująco-dyskryminującym (D), który jednocześnie zatrzymuje wszystkie impulsy wypadające wewnątrz bramek pokazanych na rys. 17e, a wysyła tylko te impulsy, które występują poza granicami bramek (rys. 17g). Każdy z takich impulsów oznacza, że nastąpił przypadek przekroczenia nastawionej (na szyfratorze) wartości zniekształcenia. Impulsy te zliczane są przez licznik elektroniczny (L) i w efekcie po skończonym pomiarze znana jest ilość momentów charakterystycznych analizowanego sygnału, obarczonych zniekształceniem większym od wartości nastawionej.

Dla utrwalenia rozkładu zniekształceń w badanym kanale, analizator musi mieć kilka wyżej opisanych układów. Dla każdego z nich ustawia się inną wartość zniekształcenia i po skończeniu pomiaru stan liczników analizatora odpowiada zjawiskom, jakie występowały w badanym kanale w czasie pracy zestawu pomiarowego. Odczyt stanu liczników analizatora umożliwi odtworzenie własności kanału w postaci gabarytowej krzywej sumacyjnej (rys. 18a) lub gabarytowej krzywej rozkładu (rys. 18b). Jeśli przy tym analizator posiadał licznik, zliczający wszystkie momen-



Rys. 18. Wyniki analizy zniekształceń: a) przykład gabarytowej krzywej sumacyjnej (histogramu dystrybuanty komplementarnej), b) przykład gabarytowej krzywej rozkładu (histogramu gęstości)

ty charakterystyczne w odbieranym sygnale, można stosunkowo dokładnie określić prawdopodobieństwo przekroczenia danego stopnia zniekształcenia.

Opisana wyżej zasada pracy analizatora oddaje tylko w ogólny sposób mechanizm współdziałania poszczególnych bloków. W rzeczywistości analizatory są przyrządami bardzo skomplikowanymi, a często i bardzo uniwersalnymi. Można np. analizować oddzielnie zniekształcenia momentów przyspieszonych i opóźnionych lub momentów odpowiadających zmianie stanów z "A" na "Z" i z "Z" na "A". Można też badać tylko np. trzecie lub czwarte (itp.) momenty charakterystyczne poszczególnych znaków.

Zważywszy jednak, że analizator umożliwia obiektywny pomiar zjawisk przypadkowych, trzeba go - niezależnie od stopnia jego uniwersalności - uznać dla potrzeb transmisji danych za jeden z przyrządów podstawowych.

Analizatory, jakie byłyby w pełni przydatne do badania łączy transmisji danych przy małych i średnich szybkościach oraz łączy telegraficznych, powinny pracować w zakresie szybkości modulacji od 50 bodów do około 2500 bodów i powinny być przystosowane między innymi do kodu 5-elementowego.

6.2. Analiza i analizatory błędów

Poznanie rozkładu błędnych elementów, występujących w czasie transmisji sygnałów w warunkach rzeczywistych kanałami nie wyposażonymi w urządzenia zabezpieczające, jest warunkiem optymalnego wyboru zasad protekcji dla da-

nego systemu i ustalenia ilości i struktury nadmiaru. Dlatego też zagadnienia pomiaru błędów nie można sprowadzić wyłącznie do badania zjawisk od strony ilościowej. Niezbędne pomiary analityczne i statystyczne wykonuje się w oparciu o zestawy lub przyrządy pomiarowe, zwane ogólnie analizatorami błędów.

Metody analizy błędów można by podzielić na dwie zasadnicze kategorie:

- metody analizy pośredniej,
- metody analizy bezpośredniej.

Metody analizy pośredniej dają w efekcie znacznie większe możliwości dokładnego zanalizowania zjawisk, jakie zachodziły w łączy podczas wykonywania badań, są jednak o wiele bardziej żmudne, pracochłonne i skomplikowane.

Pomiary wykonywane wg takich metod można podzielić na dwa etapy. Pierwszy etap to zarejestrowanie sygnału odbieranego na końcu badanego łączy w postaci zapisu na papierowej taśmie perforowanej lub na taśmie magnetycznej. Techniczna strona tego etapu nie jest specjalnie skomplikowana i sam pomiar nie wymaga wyszukanej aparatury. Drugim etapem pracy jest analiza zapisanej taśmy. Ta czynność musi odbywać się w oparciu o specjalną aparaturę analizującą. W skład jej wchodzi oczywiście wzorzec, czyli odpowiednio utrwalony sygnał nadany, i układ porównujący - komparator. W wyniku porównania wzorca z utrwalonym na taśmie sygnałem odebrany otrzymuje się z komparatora odpowiednie kryterium w przypadku każ-

dej niezgodności między poszczególnymi elementami porównywanych sygnałów. Zadaniem analizatora odbierającego kryteria błędności z komparatora jest odpowiednia selekcja i utrwalenie tych kryteriów, aby otrzymany wynik badania z jednej strony w maksymalnym stopniu odzwierciedlał faktyczny rozkład błędnych elementów, a z drugiej strony był czytelny dla człowieka. Zaletą takiej metody pomiarowej jest fakt, że taśma, jako nośnik odebranych sygnałów, jest praktycznie niezniszczalna i może być analizowana wielokrotnie wg różnorodnych kryteriów analizy. Wynik takiej analizy może tym samym zapewnić najdokładniejsze ustalenie interesujących faktów, jakie miały miejsce w trakcie wykonywania pomiarów, a często i określenie ich przyczyn. Istnieje szereg sposobów analitycznego badania taśmy. Z bardziej typowych można wymienić:

- podanie łącznej ilości błędnych elementów;
- podział całego programu na bloki 2,3,4 ... n-elementowe i podanie ilości błędnych bloków każdego rodzaju ewentualnie wraz z numerami błędnych bloków;
- podanie wszystkich odległości między sąsiednimi elementami błędnymi, mierzonych ilością elementów bezbłędnych, co prowadzi do podania ciągu liczb (np. 36 - 17 - 0 - 0 - 3 - 411 - 82 - 1 - 3 - 0 - 1 - 226 - 42),
- podanie wszystkich odległości między sąsiednimi elementami bezbłędnymi, mierzonych ilością elemen-

tów błędnych, co prowadzi do podania innego ciągu liczb (np. 0 - 0 - 0 - 1 - 0 - 0 2 - 0 - 0 - 0 1 - 0);

- podanie kolejnych numerów wszystkich błędnych elementów.

Pomiary wg metody analizy pośredniej można wykonywać zarówno na łączu zamkniętym w pętłę, jak i na łączu otwartym, przy czym szereg problemów utrudniających wykonanie pomiarów wg metody analizy bezpośredniej (np. synchronizacja stacji nadawczej i odbiorczej, skompensowanie opóźnienia wprowadzanego przez badane łącze) jest w tym przypadku w zasadzie do pominięcia.

Metody analizy bezpośredniej mają tę zaletę, że wynik badań zostaje utrwalony w trakcie pomiarów i dalsza jego obróbka jest niepotrzebna. Bezsporną wadą takich metod jest ograniczenie z konieczności zakresu analizy. Zestaw pomiarowy (i tak przeważnie bardzo skomplikowany) jest bowiem odpowiednio zaprogramowany i nie ma możliwości otrzymania innego rodzaju wyników, niż to wynika z jego zasady pracy. Wymaganie zaś zbyt wielkiej uniwersalności od zestawu pomiarowego prowadziłoby do absurdu technicznego i rażąco nadmiernych nakładów inwestycyjnych.

Jedną z metod analizy bezpośredniej jest metoda analizy blokowej. W zależności od stopnia skomplikowania przyrządów pomiarowych może ona dać mniej lub bardziej dokładne wyniki. Niezależnie zaś od wielu wad ma tę zaletę, że otrzymane wyniki analizy są szczególnie przy-

datne przy projektowaniu systemów transmisji danych pracujących na zasadzie kontroli blokowej i sprzężenia zwrotnego decyzji.

Zasada pracy analizatora błędów pracującego metodą blokową, podana w sposób bardzo uproszczony, przedstawia się w następujący sposób. Analizator błędów, jako zestaw pomiarowy, składa się z trzech zasadniczych części:

- części nadawczej,
- części odbiorczo-analizującej,
- części rejestrującej.

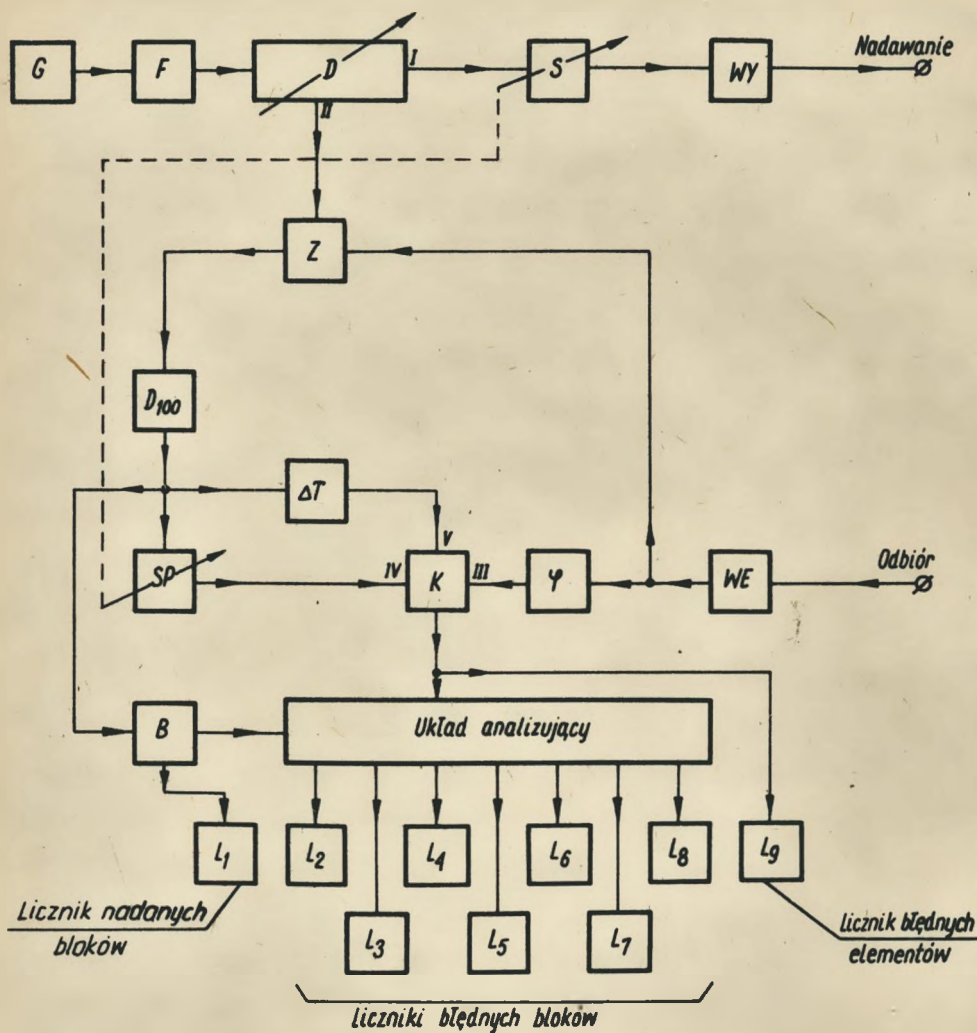
Część nadawcza, zwana dalej nadajnikiem, służy do wytworzenia odpowiedniego programu pomiarowego, a ponadto związana jest wieloma parametrami (np. podstawą czasu) z częścią odbiorczo-analizującą, zwaną dalej odbiornikiem.

Odbiornik ma za zadanie przyjęcie sygnału z linii, odpowiednie jego uformowanie (np. regeneracja), porównanie go z sygnałem wzorcowym oraz wytworzenie i selekcję kryteriów dla części rejestrującej. Niekiedy odbiornik zawiera również układy kontrolujące ewentualne przerwy w transmisji.

Część rejestrująca, zwana dalej licznikami, rejestruje i zlicza poszczególne kryteria wytwarzane przez odbiornik.

Uproszczony schemat blokowy analizatora pokazano na rys. 19. Mechanizm jego pracy w założeniu pomiaru w pętli i transmisji synchronicznej jest następujący.

Generator podstawowy (G) jest centralnym układem narzucającym wzorcowy podział czasu. Częstotliwość jego



Rys. 19. Przykładowy schemat blokowy analizatora błędów

drgań jest z zasady kilkaset razy większa od szybkości modulacji, z jaką odbywa się transmisja programu pomiarowego, a to z dwóch powodów. Po pierwsze, ponieważ z reguły analizator przystosowany jest do kilkunastu standardowych szybkości modulacji, a centralny układ podstawy czasu nie może być przestrajany z uwagi na wymaganą dużą stabilność, częstotliwość generatora musi być wspólną wielokrotną wszystkich założonych szybkości modulacji. Po drugie, ze względów dalej wyjaśnionych, dla poprawnego działania analizatora niezbędny jest przebieg impulsowy (szpilkowy), o częstotliwości mniej więcej 100 razy większej od szybkości modulacji. Sygnał wyjściowy z generatora, po odpowiednim uformowaniu przez układ formujący (przerzutnik F), zostaje podany na zespół dzielników częstotliwości impulsów (D) o nastawianym stopniu podziału. Zespół dzielników (D) posiada dwa wyjścia: jedno dla impulsów zegarowych o częstotliwości równej szybkości modulacji (wyjście I), drugie (wyjście II) dla impulsów zegarowych o częstotliwości np. 100 razy większej. Impulsy z wyjścia I wchodzą na szyfrator (S), który, w zależności od zaprogramowania go przez obsługę, przetwarza impulsy zegarowe na przebieg impulsowy, odpowiadający wybranemu programowi pomiarowemu (odpowiednia kombinacja impulsów). Przebieg ten zostaje następnie podany na formujący układ wyjściowy (WY), który nadaje sygnałowi odpowiedni kształt i dopasowuje jego parametry do aktualnie badanego kanału (napięcie w impulsach).

Sygnał odbierany przechodzi przez wejściowy układ formujący (WE) i zostaje podany na komparator (K). Do drugiego wejścia komparatora doprowadza się sygnał wzorcowy z szyfratora pomocniczego (SP) zaprogramowanego w sposób identyczny z szyfratorem (S). Aby oba te sygna-

ły mogły być porównane z sobą w sposób poprawny, muszą być podane na szyfrator w zgodnych fazach, czyli innymi słowy wysłanie programu z szyfratora pomocniczego (SP) musi być uzależnione od czasu, w jakim został przyjęty sygnał badanego kanału. Szybkość, z jaką będzie podawany na komparator sygnał wzorcowy, będzie identyczna z szybkością sygnału odbieranego dzięki gałęzi łączącej wyjście II zespołu dzielników częstotliwości (D) z szyfratorem pomocniczym. Mianowicie impulsy zegarowe o częstotliwości 100 razy większej od szybkości modulacji, po przejściu przez zawór (Z), przez dzielnik częstotliwości (D_{100}) o podziale 1:100, będą miały taką samą częstotliwość, jak impulsy zegarowe, wymuszające podział czasowy sygnału nadawanego, pobierane z wyjścia I zespołu dzielników (D). Zgodność fazy obydwu porównywanych sygnałów zapewni powiązanie zaworu (Z) z sygnałem odbieranym. W przypadku braku sygnału odbieranego zawór (Z) jest zamknięty i do szyfratora nie dochodzą żadne impulsy wyzwajające. Z chwilą nadejścia sygnału, początek jego pierwszego elementu otwiera zawór (Z) i pierwszy impuls, jaki doszedł do szyfratora pomocniczego (SP) rozpoczyna nadawanie sygnału wzorcowego. Następne impulsy (każdy co setny impuls) zapewniają ciągłe nadawanie tego sygnału z taką samą szybkością modulacji, z jaką został nadany sygnał pomiarowy i z jaką jest odbierany sygnał z badanego łącza. Jeśli istnieje jakiegokolwiek opóźnienie na drodze: wyjście II zespołu (D) - wejście IV komparatora (K), musi ono być skompensowane na drodze sygnału odbieranego, przez dodatkowy układ opóźniający (ψ).

Powyżej podany mechanizm pracy jest w pełni słuszny tylko w tym przypadku, gdy pierwszy moment charakterystyczny sygnału odbieranego nie był obciążony nadmiernym zniekształceniem i nie został przekłamany. Ponieważ założenia takich nie można w praktyce zrealizować, układ analizatora komplikuje się dodatkowo, co zostanie dalej omówione.

Z chwilą gdy do komparatora (K) zostały doprowadzone dwa sygnały, z zachowaniem wszelkich warunków umożliwiających ich poprawne porównanie, komparator (K) analizuje kolejno wszystkie elementy, badając zgodność ich polaryzacji (stanów znamiennych). Może się to odbywać przez próbkowanie tych dwóch przebiegów impulsami szpilkowymi, wypadającymi teoretycznie w środkach elementów sygnału wzorcowego. W tym celu z wyjścia dzielnika (D_{100}) pobiera się impulsy, które po wprowadzeniu przez układ opóźniający (ΔT) opóźnienia równego połowie okresu - są podawane na wejście V komparatora. Jeśli w momencie próbowania istniała niezgodność stanów znamiennych między porównywanymi sygnałami, komparator wytwarza impuls będący stwierdzeniem błędu. Impulsy wyjściowe z komparatora są materiałem, który podlega odpowiedniej analizie i selekcji przez układ analizujący. Jeśli np. z zasady pracy ma wynikać, że analizator błędów ma zliczać:

- wszystkie elementy błędne,
- wszystkie elementy (lub bloki) nadane,
- oddzielnie bloki z 1, 2, 3.... n elementami błędnymi,

to układ musi być wyposażony dodatkowo w układ kontroli długości bloków (B). Układ ten przesyła do układu analizującego kryterium początku i końca każdego bloku. Z chwilą otrzymania kryterium początku bloku otwierają się w układzie analizującym układy pamięciowe, które rejestrują kryteria błędów odbierane z komparatora. Z chwilą nadejścia kryterium końca bloku układ analizujący wysyła impuls do tego licznika, który zlicza kryteria, jakie w czasie trwania bloku zostały odebrane z komparatora (np. stwierdzenie 3 błędów powoduje wysłanie impulsu tylko do licznika, który zlicza bloki z trzema błędami). Jednocześnie analizator kasuje swoje pamięci i rozpoczyna rejestrację kryteriów w obrębie następnego bloku. Impulsy z układu analizującego są doprowadzane do odpowiedniej ilości liczników, zliczających bloki z określonymi ilościami błędnych elementów. Osobny licznik zlicza wszystkie elementy błędne na podstawie kryteriów odbieranych z wyjścia komparatora, natomiast licznik nadanych bloków współpracuje z układem (B).

Już tak uproszczony opis działania analizatora błędów świadczy o jego stopniu skomplikowania. Istnieje jednak szereg problemów dodatkowych, świadomie pominiętych w powyższym opisie i pokazanym schemacie, które w zdecydowany sposób komplikują technikę pomiarów i konstrukcję analizatorów.

P o p i e r w s z e : sygnał odbierany jest obarczony zniekształceniem o nieznanej, a często znacznej wartości. Dlatego też początek pierwszego elementu sygnału odbieranego nie może być wystarczającym kryterium

wyzwolenia szyfratora pomocniczego. Prowadziłoby to bowiem do zliczania i tych przypadków, gdzie błędów w istocie nie było, a sygnał był obciążony tylko zniekształceniem, stwarzającym pozory błędu w stosunku do właściwego momentu wyzwolenia analizatora. W praktyce więc, przed wysłaniem właściwego programu pomiarowego wysyła się często sygnał pomocniczy (np. 1:1, 2:2 i 3:3) i na podstawie jego obserwacji umiejscawia się w czasie impulsy sterujące szyfrator pomocniczy (SP). W takim też przypadku początek pierwszego elementu sygnału odbieranego otwiera tylko wstępnie szyfrator pomocniczy, lecz nie narzuca mu momentu wyzwolenia. Można też zachowując pierwotną, prostą koncepcję wyzwolenia szyfratora dodać układ automatycznie korygujący położenie (w czasie) impulsów próbkujących, wchodzących na wejście V komparatora, na podstawie ciągłej kontroli zniekształceń sygnału odbieranego. Każde z takich rozwiązań wymaga wielu dodatkowych i skomplikowanych układów, powiązanych funkcjonalnie z innymi blokami analizatora.

P o d r u g i e : pierwszy element sygnału odbieranego może być obiektywnie przekłamany i wyzwolenie szyfratora pomocniczego nastąpi nie pierwszym lecz n-tym elementem sygnału. Prowadzi to oczywiście do zliczenia olbrzymiej ilości fałszywych błędów i dyskwalifikuje przydatność wyników pomiaru. Dlatego też często elementem wyzwalamym jest odpowiednio zakodowana zapowiedź programu. Jej przekłamanie prowadzi po prostu do nie wyzwolenia szyfratora pomocniczego. Należy w takim przypadku wstrzymać pracę analizatora i po chwili

rozpocząć pomiary ponownie. Zrealizowanie takiej zasady wymaga dodatkowego nadajnika zapowiedzi programu w części nadawczej i deszyfratora zapowiedzi w części odbiorczej.

P o t r z e c i e : Przy pomiarach na łączu otwartym dochodzi problem synchronizacji podstawy czasu nadajnika i odbiornika. Zapewnienie wymaganej zgodności pomiaru częstotliwościami obu podstaw czasu wymaga bądź przesyłania w trakcie programu pomiarowego (lub w przerwach programu) specjalnych sygnałów synchronizujących, bądź przesyłania wzorcowej częstotliwości kanałem dodatkowym.

Opisaną powyżej zasadę pracy analizatora błędów trzeba traktować jako przykład. Istnieje cały szereg możliwych rozwiązań układowych, podobnie jak szereg różnych zasad analizy błędów. Niemniej podstawowe problemy są we wszystkich przypadkach bardzo trudne w realizacji.

7. TRANSMISJA DANYCH W CCITT, OWL I RWPG

Transmisja danych, jako najmłodsza dziedzina telekomunikacji, ma w międzynarodowych organizacjach telekomunikacyjnych tradycje o wiele uboższe niż np. telegrafia, telefonia czy technika łączenia.

Zagadnieniami transmisji danych w CCITT zajmuje się Komisja Studiów A, zorganizowana dopiero w 1960 r. w czasie zebrania plenarnego w New Delhi. Stosunkowo krótki okres działalności tej Komisji ma swoje odbicie w ilości obowiązujących zaleceń w tej dziedzinie. Zalece-

nia te (V.1. i V.2.) zawarte w VII tomie Czerwonej Księgi CCITT nie oddają jednak aktualnego stanu prac Komisji A. Czteroletnia działalność Komisji A i wyniki prac jej grup roboczych zostały ujęte w około 90 dokumentach, zawierających często materiały będące wynikiem głębokich studiów i prac eksperymentalnych prowadzonych w wielu krajach Europy zachodniej i Ameryki. Na podstawie dotychczasowych prac Komisji A można się spodziewać, że w najbliższym czasie zostaną znormalizowane podstawowe parametry systemów transmisji danych. Studia prowadzone w ramach prac Komisji A zmierzają w kierunku normalizacji

1. Modemu transmisji danych (FM) dla szybkości 600 -
- 1200 bodów.
2. Zasad transmisji danych łączami telegraficznymi w oparciu o kod 5, 6 i 7-elementowy.
3. Zasad transmisji równoległej.
4. Miejsca podziału łącza między użytkownikiem urządzeń i administracją łączności (tzw. styk).
5. Poziomu transmisji w kierunku zasadniczym i powrotnym.
6. Szeregu szybkości modulacji w zakresie od 50 do mniej więcej 3000 bodów.
7. Jednolitych metod badania łączy.

Problemy bardziej przyszłościowe, na razie wstępnie rozważane przez Komisję A, to:

1. Transmisja danych łączami telefonicznymi, ze średnimi szybkościami (1800, 2000, 2400, 3000, 3600, 4800 bodów)

z uwzględnieniem aspektu ograniczenia jednej wstęgi bocznej i zastosowania modulacji fazy.

2. Transmisja szybka (5000-100000 bodów).

Wśród zagadnień objętych współpracą międzynarodową między członkami OWŁ i RWPG, transmisja danych jest jak dotąd w początkowym etapie. Wynika to prawdopodobnie z faktu, że punkt ciężkości skupia się na bieżących problemach, związanych z koniecznością dalszego rozwoju i ulepszania klasycznych urządzeń telekomunikacyjnych (systemy telefonii i telegrafii wielokrotnej, centrali automatyczne). Niemniej, podstawowe problemy transmisji danych mają swoje odbicie w tematyce prac OWŁ. Do takich tematów można zaliczyć

- a) badanie zakłóceń w łączach telekomunikacyjnych,
- b) rozważenie nowego systemu łączności telegraficznej,
- c) opracowanie ujednoczonych wymagań techniczno-eksploatacyjnych na tranzystorowe, uniwersalne urządzenia telegrafii wielokrotnej FM, umożliwiające transmisję sygnałów z szybkościami od 50 do 200 bodów.

Istnieją ponadto dane, aby sądzić, że w najbliższym czasie zostaną opracowane ujednoczone wymagania techniczno-eksploatacyjne na systemy transmisji danych szybkości małej i średniej.

Można się spodziewać, że tempo rozwoju transmisji danych we wszystkich krajach socjalistycznych będzie sta-

le wzrastać w miarę krystalizowania się form bezpośredniej współpracy między naukowo-badawczymi instytutami łączności poszczególnych krajów.

8. AKTUALNY STAN PRAC W ZAKRESIE TRANSMISJI DANYCH PROWADZONYCH W POLSCE I PERSPEKTYWY DALSZEGO ROZWOJU

Rozwój transmisji danych w Polsce trzeba uznać za fakt obiektywnie wynikający z normalnej ewolucji środków łączności i postępu technicznego w dziedzinie telekomunikacji, a także z coraz wyraźniej zarysowujących się potrzeb, wynikających ze struktury ekonomicznej całokształtu gospodarki krajowej i zasad kierowania tą gospodarką. Dlatego też niezmiernie ważnym problemem jest prowadzenie prac naukowo-badawczych i eksperymentalnych w takim zakresie i w takim tempie, aby mieć gwarancję, że wdrożenie transmisji danych do eksploatacji nastąpi we właściwym czasie, bez opóźnień, które by mogły odbijać się ujemnie na efektach ekonomicznych różnych gałęzi gospodarki narodowej.

Zagadnienie transmisji danych zostało postawione w sposób problemowy w programie prac naukowo-badawczych, opracowanym w 1962 r. przez zespół specjalistów współpracujących z resortem łączności. Uznanie transmisji danych za jeden z najważniejszych problemów naukowo-badawczych w zakresie telekomunikacji na najbliższe lata doprowadziło do powołania w początku 1963 r. Komisji d/s Transmisji Danych przy Ministrze Łączności. Komisja ta, skupiająca specjalistów i przedstawicieli wielu zainte-

resowanych resortów, ma czuwać nad prawidłowym ustaleniem kierunków prac prowadzonych w Polsce, sugerować te kierunki oraz pełnić rolę organu koordynującego prace prowadzone w kilku różnych placówkach naukowych i naukowo-badawczych.

Działalność Komisji zależy w dużym stopniu od możliwości wykonawczych poszczególnych zainteresowanych placówek. Brak jest bowiem w kraju instytucji czy placówki naukowo-badawczej działającej wyłącznie w zakresie transmisji danych. Dlatego też problematyka transmisji danych włączona została do działalności placówek już istniejących, zajmujących się pierwotnie zagadnieniami telegrafii lub telefonii. Spośród placówek tych należy wymienić przede wszystkim

1. Zakład Telegrafii i Transmisji Danych Instytutu Łączności w Warszawie.
2. Zakład Telegrafii Politechniki Warszawskiej.
3. Katedrę Teletransmisji Przewodowej Politechniki Warszawskiej.

Oprócz wymienionych placówek, szereg prac prowadzą również instytucje należące do innych resortów.

W wyniku aktualnej i zamierzonej na najbliższe lata działalności tych placówek można się spodziewać opracowania i wdrożenia do eksperymentalnej eksploatacji

1. Systemów transmisji danych o małych szybkościach modulacji (50-200 bodów) w latach 1966-1967.

2. Systemów transmisji danych o średnich szybkościach modulacji (600, 1200 i 1800 bodów) - w latach 1967-1969.
3. Analizatorów zniekształceń czasowych (telegraficznych) przystosowanych do szybkości modulacji w zakresie 50-2000 bodów - w latach 1966-1967.
4. Analizatorów błędów przystosowanych do szybkości modulacji w zakresie 50-2000 bodów - w latach 1966-1967.
5. Mierników grupowego czasu przejścia - w latach 1967-1969.
6. Prototypu uniwersalnych urządzeń telegrafii wielokrotnej FM o rozstawieniu kanałów co 120, 180, 240 i 480 Hz

oraz przebadania istniejącej sieci telekomunikacyjnej w latach 1965-1968.

Terminy powyższe wynikają głównie z aktualnego potencjału poszczególnych placówek i trudności, jakie te placówki odczuwają przy realizacji zadań. Podstawowe trudności, wspólne dla większości zainteresowanych placówek, to brak

- 1) wyspecjalizowanej kadry naukowo-technicznej i inżynierjno-technicznej,
- 2) etatów i możliwości zwiększenia personelu,
- 3) środków na zakup importowanej i krajowej aparatury pomiarowej podstawowej i specjalistycznej.

Pokonanie tych trudności równałoby się automatycznie odpowiedniemu skróceniu terminów poszczególnych opracowań z jednej strony i rozszerzeniu zakresu prac z drugiej strony.

Dlatego też warto, mając na względzie aspekty ekonomiczne w skali ogólnokrajowej, rozważyć możliwości usunięcia powyższych trudności. Można sądzić, że większość z nich zostałaby automatycznie usunięta lub radykalnie zmniejszona przez:

a) przyznanie odpowiedniej ilości etatów placówkom, w których działalności podstawowej transmisja danych jest problemem głównym;

b) uwzględnienie w większym stopniu telegrafii i transmisji danych w programach nauczania na wydziałach łączności wyższych uczelni, co dałoby gwarancję zwiększonego dopływu odpowiednio wykwalifikowanej kadry;

c) przyznanie wyżej wymienionym placówkom specjalnych środków finansowych i dewizowych na zakup importowanej aparatury pomiarowej i urządzeń transmisji danych do celów eksperymentalnych;

d) organizowanie praktyk i konsultacji w zakresie transmisji danych za granicą (szczególnie w krajach Europy zachodniej i w USA) dla specjalistów krajowych i specjalizujących się pracowników naukowo-badawczych, ze szczególnym zwróceniem uwagi na możliwość korzystania ze stypendiów ONZ;

e) wcielenie w życie bezpośredniej i stałej współpracy między naukowo-badawczymi instytucjami łączności krajów socjalistycznych.

Niewątpliwie zrealizowanie powyższych postulatów wymagałoby uzgodnień między kierownictwem wielu resortów i kompetentnymi organami państwowymi. Trzeba jednak pamiętać, że i efekty transmisji danych nie będą zamrożone w ramach jednego tylko resortu, lecz mając wybitny charakter międzyresortowy będą w przyszłości podstawowym czynnikiem, decydującym o wskaźnikach ekonomicznych całej gospodarki narodowej. Można już dziś stwierdzić, że jakiegokolwiek wysiłki włożone w rozwój transmisji danych i jakiegokolwiek środki finansowe poświęcone na ten cel na etapie wstępnych prac naukowo-badawczych wrócą w przyszłości do społeczeństwa jako dochód z rozsądnie zainwestowanego kapitału.

WYKAZ LITERATURY

1. G. Baggenstos: Etat actuel de la transmission de données. Techn. Mitt. PTT XLII (1964)/2(II), 84-86.
2. S. Brand and C.W. Carber: A 1650-bit-per-second data system for use over the switched telephone network. Comm E1 (USA) 58(1962), 652-661.
3. K. Christanssen, M. Schönau Hansen og Th.Lauritzen: Dataoverføring og databehandling i USA. Teletechnik 10(1959)/3-4(XII), 83-134.

4. A.P. Clark: Considerations in the choice of the optimum data transmission systems for use over telephone circuits. British Telecommunications Research (Technical document).
5. R.W. Hamming: Error-detecting and error-correcting codes. BSTJ 26(1950), 147-160.
6. M. Jeppson: Frequency-shift modulation of binary-coded signals for transmission over telephone circuits. El Comm 37(1961)/2, 103-116.
7. W.T. Jones: Transmission of data over telephone - type circuits. El Comm 37(1961)/2, 87-102.
8. M. Magwald: Zu einigen Problemen der Daten-Fernübertragung. Fernm Praktiker 4(1964)/3(III), 49-53.
9. H. Marko: Systemtechnik der Datentübertragung auf Fernsprechleitungen. Nachr Fachber 19(1960), 63-69.
10. W.W. Peterson: Binary controls for error control. Comm El (USA) 58(1962), 648-652.
11. Polounek: Zajímavosti o prenosu dat.
Slobs 25(1964)/1(I), str. 62.
/3(III), 179-18
/5(V), str. 312
/6(VI), 375-376.
12. R. Roquet: La transmission des données. Rev Postes Telecomm. 17(1962)/1, 12-22.
13. D. Slepian: A class of binary signalling alphabets. BSTJ 35(1956), 203-234.

14. Chr. Wobus: Stand der Technik und Probleme auf dem Gebiete der Datenübertragung. Nachr Techn. 14(1964)/4(IV), 126-130.
 15. Datenübertragung im öffentlichen Fernsprechnetz. Fernm Praxis 39(1962)/1, 18-19.
 16. Zbiór 19 artykułów. Onde EI 43(1963)431(III).
-

