

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI  
WARSZAWA-MIEDZESZYN

BIBLIOTEKA  
Instytutu Łączności

PROBLEMY

ŁĄCZNOŚCI

79

1972



MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

---

BIBLIOTEKA  
Instytutu Łączności

№ \_\_\_\_\_

# PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

ROK 12

WARSZAWA 1972

NR 79

---

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

**Redakcja Problemów Łączności**

---

**Redaktor Naczelny - mgr inż. Jerzy Rutkowski**

**Redaktorzy działów:**

**mgr inż. Władysław Cetner, mgr inż. Adam Moniuszko,  
mgr inż. Józef Możejko**

**Adres Redakcji:**

**Instytut Łączności**

**Branżowy Ośrodek**

**Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej**

**Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1**

**NA PRAWACH REKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO**

**Egz. Nr**

**00038**

**Redaktor: J. Borkowska**

**Montaż tekstu: B. Drabik**

---

**Dział Wydawniczy Instytutu Łączności**

**Format B5. Nakład 830. Wpłynęło do**

**Działu Wydawniczego 11.03.1972 r.**

**Druk ukończono w maju 1972 r.**

# PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

Piotr Ostrowski-Naumoff, Janusz Sochacki

## ZASADY WYBORU SYSTEMÓW TRANSMISJI DANYCH

### SPIS TREŚCI

	Str.
Wstęp	1
1. Systemy transmisji danych	3
1.1. Systemy transmisji pośredniej (off-line)	3
1.2. Systemy transmisji bezpośredniej (on-line)	7
2. Elementy łącza transmisji danych	11
2.1. Urządzenia wejściowe i wyjściowe	11
2.2. Blok sterowania i protekcji	20
2.3. Urządzenia do nawiązywania połączeń	23
2.4. Urządzenia przekształcania sygnałów (modemy i inne)	27
3. Szybkość modulacji - szybkość transmisji	37
4. Zabezpieczenie transmisji przed błędami	47
5. Efektywna szybkość transmisji	61
6. Ekonomiczne kryteria wyboru	72
7. Kryteria wyboru rodzaju łącza	76
7.1. Transmisja danych po łączach telegra- ficznych (50 bodów)	76

Str.

7.2. Transmisja danych po łączach telefonicznych	81
8. Uwagi końcowe	85
Wykaz literatury	88

Piotr Ostrowski-Naumoff

Janusz Sochacki

## ŻASADY WYBORU SYSTEMÓW TRANSMISJI DANYCH

### WSTĘP

Urządzenia, łącza i sieci transmisji danych stanowią integralną część systemów zdalnego przetwarzania danych, czy też mówiąc ogólniej - systemów teleinformatycznych. Patrząc więc na transmisję danych od strony zastosowań, należy ją uznać za gałąź informatyki. Jednocześnie jednak, z technicznego punktu widzenia, transmisja danych jest typową gałęzią telekomunikacji.

Przyszli użytkownicy, a szczególnie projektanci systemów informatycznych, stoją przed szczególnie trudnym zadaniem, polegającym na konieczności dokonania odpowiedniego wyboru, a w dalszej konsekwencji wkomponowania i zastosowania w systemach informatycznych urządzeń transmisji danych, a więc urządzeń telekomunikacyjnych, i to urządzeń wyjątkowo skomplikowanych. Zadanie to jest szczególnie trudne dlatego, że decyzje w sprawach związanych z telekomunikacją muszą być podejmowane w środowisku informatyków (użytkownicy, projektanci systemów EPD), od którego trudno jest wymagać specjalistycznej wiedzy z dziedziny telekomunikacji.

Pragnąc wyjść naprzeciw tym trudnościom i coraz częściej ujawniającym się potrzebom rozpowszechnienia podstawowych wiadomości, niezbędnych przy projektowaniu systemów teleinformatycznych, autorzy podjęli próbę ujęcia zagadnień systemów i łączy transmisji danych od strony potrzeb projektanta systemów zdalnego przetwarzania danych. Mając na względzie brak praktycznego doświadczenia w eksploatacji takich systemów w kraju jak i brak bazy sprzętowej, zamiarem autorów jest nie tyle dostarczenie gotowych recept postępowania w projektowaniu i eksploatacji, ile przedstawienie możliwości i elementarnych zasad analizy, niezbędnej do wybrania właściwego rodzaju urządzeń i łączy transmisji danych.

Intencją autorów jest, aby niniejszy artykuł dotarł również - a może i przede wszystkim - do użytkowników i projektantów systemów EPD, a więc do tych środowisk, do których nie docierają Problemy Łączności, a w każdym razie nie docierają regularnie. Dlatego też zdecydowano się uwypuklić w niniejszym artykule podstawowe zagadnienia techniczne, wiążące się bezpośrednio z wyborem rodzaju urządzeń i typu łączy transmisji danych, podając ten materiał w miarę kompletnie, nie odsyłając czytelnika do wcześniejszych opracowań z tego zakresu. Dotyczy to w szczególności szybkości modulacji, teoretycznej, znamionowej i efektywnej szybkości transmisji oraz metod zabezpieczenia przed błędami (rozdziały 3, 4 i 5)<sup>x)</sup>.

---

<sup>x)</sup> Rozdziały 1, 2, 6 i 7 opracował P. Ostrowski-Naumoff, a rozdziały 3, 4, 5 i 8 opracował J. Sochacki.



Zagadnienia te autorzy ujęli dość syntetycznie, omawiając je w zasadzie pod kątem wyboru urządzeń transmisji danych i projektowania systemów teleinformatycznych. Szersze ich omówienie znajdzie zainteresowany czytelnik w Problemach Łączności nr nr 3(8) z 1963 r., 1(22) i 3(24) z 1967 r. i 55 z 1970 r.

Autorzy mają nadzieję, że tak ujęty niniejszy artykuł zainteresuje zarówno czytelników związanych bezpośrednio z projektowaniem i wdrażaniem systemów transmisji danych, jak i wielu pracowników resortu łączności, pragnących poznać szerzej specyficzne cechy transmisji danych, tej nowej w warunkach krajowych, wyjątkowo dynamicznie rozwijającej się na świecie i perspektywicznej gałęzi telekomunikacji.

## 1. SYSTEMY TRANSMISJI DANYCH

W rozdziale tym omawiane będą tylko zespoły środków technicznych, służących do realizacji procesu zdalnego przetwarzania danych. Zagadnienia warunkujące wybór systemu przetwarzania w sensie proceduralnym nie będą poruszane jako wychodzące poza ramy przyjęte dla artykułu, mimo świadomości autorów o potrzebie kompleksowego spojrzenia na całość systemu w czasie jego projektowania.

### 1.1. Systemy transmisji pośredniej (off-line)

Systemy transmisji pośredniej (rys.1.1)<sup>x)</sup> cechuje wy-  
prowadzanie danych, w stacji zlokalizowanej w ośrodku

<sup>x)</sup> Wszystkie rysunki są umieszczone na końcu artykułu.

przetwarzania, w postaci zapisu na nośniku (taśmie perforowanej, magnetycznej lub na kartach perforowanych). Wyniki przetwarzania muszą być dostarczane do stacji nadawczej w tej samej formie. Organizacja przetwarzania danych w ośrodku obliczeniowym będzie więc identyczna, jak przy danych generowanych lokalnie lub dostarczanych drogą spedycji.

W systemach off-line powszechnie - choć nie z zasady - stosowane jest wprowadzanie w stacji zdalnej danych i wyprowadzanie wyników w identycznej formie i na takich samych nośnikach. Rola łącza transmisji danych sprowadzana jest wtedy do zdalnego wytworzenia wtórnika zapisu danych na nośniku maszynowym.

Głównym parametrem takiego łącza, interesującym projektanta systemu przetwarzania, jest czas niezbędny do przekazania partii informacji (inne cechy łącza jak i bliższe informacje o sposobie określania czasu przekazywania zawarte będą w dalszych częściach artykułu). W pierwszym stopniu przybliżenia czas ten można określić z zależności:

$$\text{czas przekazyw. [s]} = \frac{\text{liczba informacji [bit]}}{\text{efektywna szybkość transm. [bit/s]}}$$

lub odczytać go z wykresu podanego na rys. 6.

Korzystając z tego wykresu, należy zwrócić uwagę, że:

- liczba danych została w nim określona w trzech rodzajach jednostek - w znakach 8-bitowych, 80-kolumnowych kartach perforowanych i w znormalizowanych stronach maszynopisu;

- Dla wygody wartości liczbowe efektywnej szybkości transmisji przyjęto równe typowym wartościom przepływności binarnej. Często więc wygodniej będzie odczytać czas transmisji z szybkością nominalną i skorygować wartość odczytaną, mnożąc ją przez stosunek szybkości efektywnej do nominalnej.

Dla przykładu założymy, że partia informacji do przekazania zawiera  $10^6$  bitów i dysponujemy łączem o szybkości efektywnej 30 bit/s, czas przekazywania wyniesie 9 h 20'. Można uważać, że czas ten stanowi opóźnienie w dostarczeniu informacji do przetworzenia.

Zastosowanie urządzeń i łączy pozwalających uzyskać efektywną szybkość transmisji, np. 1000 bit/s, skróci czas przekazywania do 17 minut. Jednak nie należy w każdym tego typu przypadku mechanicznie poszukiwać rozwiązania jedynie w doborze urządzeń transmisyjnych, konieczna jest bowiem kompleksowa analiza problemu. Pomijając dyskusję dopuszczalnego czasu opóźnienia między uzyskaniem danych w formie pierwotnej (np. zapisu odręcznego) w oddalonym źródle a możliwością wprowadzenia ich do EMC w formie zapisu na nośniku maszynowym, która zwrócić się będzie z reguły w projekcie przetwarzania, zwrócić należy uwagę na organizację procesu przygotowania danych do transmisji, na co przy systemie z wejściem nośnikowym niezbędny jest dość znaczny czas, stanowiący część składową łańcucha opóźnień. Jeśli dane będą przenoszone na nośnik na jednym stanowisku z klawiaturą, z szybkością rzędu 30 bit/s, podział całej partii zawiera-

jącej  $10^6$  bitów na 30 podpartii i sukcesywna transmisja z szybkością 30 bit/s prowadzona równolegle z przygotowaniem dalszych partii da takie same opóźnienie w przekazaniu, jak transmisja całej partii z szybkością 1000 bit/s. Widać stąd, że różne sposoby i środki postępowania mogą dać podobny efekt; konieczne jest więc szczegółowe przeanalizowanie problemu pod względem funkcjonalnym i ekonomicznym.

Systemy off-line umożliwiają tworzenie różnych struktur łączy oraz sieci złożonych z tych łączy; struktury te dobrać należy tak, by jak najekonomiczniej realizować funkcję narzucaną im przez system przetwarzania danych. Na rys. 1.2, 1.3 i 1.4 pokazano trzy elementarne struktury łączy transmisji danych (TD) off-line. Występujące w nich kanały telekomunikacyjne mogą być kanałami trwałymi (np. dzierżawionymi) lub tworzonymi drogą komutacji w telefonicznej lub telegraficznej sieci powszechnego użytku.

Na rysunku 1.2 podano schemat łącza transmisji danych (TD), charakteryzującego się stosowaniem na obu jego zakończeniach nośników maszynowych - taśmy perforowanej (krajowe UTD-1200), taśmy magnetycznej lub kart. Łącza takie mogą być wyposażone w urządzenia do jednokierunkowego-zbiorniczego lub rozsiwczego - systemu informacyjnego albo też mogą być dwukierunkowe z naprzemienną lub jednoczesną pracą obu kierunków.

Istotna jest dla tej zasady pracy łącza możliwość oddzielenia procesu przygotowania danych na nośniku od procesu transmisji, a stąd możliwość minimalizacji czasu za-

jętości łącza lub podziału czasu zajętości łącza na długim i wspólnym wielu stacjom odcinku (rys. 1.3). Możliwość ta jest istotna przy kalkulacji kosztów eksploatacji systemu. W przypadkach, w których czas zajętości łącza nie odgrywa istotnego znaczenia, na przykład gdy konieczność dzierżawy łącza wynika z nadrzędnych założeń systemu przetwarzania (bilans czasu przekazywania lub tp.), ze względów technicznych (jakość transmisji, szybkość) czy ekonomicznych (małe odległości), można wyeliminować nośnik maszynowy na stacji zdalnej (rys. 1.4).

## 1.2. Systemy transmisji bezpośredniej (on-line)

Dysponując komputerem przystosowanym do pracy w systemach wielodostępowych (praktycznie mogącym realizować jednocześnie szereg programów), można organizować system zdalnego przetwarzania bezpośredniego. W systemie transmisji danych off-line niezbędne było pośrednictwo człowieka zarówno przy transporcie nośników i organizacji wprowadzania programów i danych dostarczanych łączyami TD do ośrodka przetwarzania, jak i przy ekspediowaniu wyników. Komputer wielodostępowy ma zespół urządzeń komunikacyjnych, umożliwiających bezpośrednio dołączenie wielu zespołów urządzeń wejściowych i wyjściowych lub wielu zdalnych stacji transmisji danych. W stacjach tych może być prowadzone zdalne przetwarzanie danych z czasem reakcji systemu praktycznie tak krótkim, jak to jest niezbędne (systemy pracujące w czasie realnym). Natomiast przy transmisji pośredniej (off-line) niemożli-

we jest skrócenie czasu reakcji systemu poniżej pewnej - stosunkowo dużej wartości progowej.

Nie wchodząc w szczegóły organizacji wewnętrznej procesu przetwarzania wieloprogramowego i upraszczając strukturę blokową zespołów komunikacyjnych (różną zresztą dla systemów różnych firm i o zróżnicowanej nomenklaturze) przedstawimy na rys. 1.5 możliwości strukturalne sieci transmisji danych w systemie on-line.

Na schemacie z rys. 1.5 występują cztery typy łączy transmisji danych:

- a) z pojedynczą stacją TD;
- b) z wieloma stacjami TD dołączonymi do różnych punktów toru transmisyjnego;
- c) z wieloma stacjami TD dołączonymi gwiazdźście do wysuniętego bloku zwielokrotniającego KS;
- d) międzymaszynowe (EMC-EMC).

Stosowanie w systemie transmisji danych łączy pracujących on-line nie wyklucza możliwości występowania w nim łączy off-line i to zarówno w strukturze gwiazdźstej (do lub z centrum obliczeniowego), jak i wielobocznej (między punktami zdalnego przetwarzania). W sieci łączy TD on-line może występować również komutacja łączy, jak na rys. 1.3, a także komutacja informacji - informacja opatrzona specjalnym adresem może być kierowana poprzez komputer centralny do innego punktu abonenckiego. System taki umożliwia między innymi dostosowywanie formy informacji do wymagań stacji TD, nie mogących

ze sobą współpracować bezpośrednio (np. stacji o różnych szybkościach pracy, różnych algorytmach współpracy, formach nośników itp.).

Wybór stacji współpracującej z EMC spośród stacji włączonych do wspólnego toru transmisyjnego odbywa się za pomocą adresu, poprzedzającego blok informacyjny, włączającego żadaną stację wraz z urządzeniem wejścia/wyjścia, które będzie wykorzystywane.

Stosowane bywają trzy typy adresów:

- indywidualne (włączające jedną stację),
- grupowe (włączające wszystkie stacje grupy),
- ogólne (włączające wszystkie stacje).

Adres określa: numer stacji (grupy), wyróżnik określający czy stacja ma przekazać swoje dane czy też przygotować się do odbioru danych, numer urządzenia wejścia/wyjścia stacji lub grupy tych urządzeń.

Wysunięty blok zwielokrotniający, pokazany na rys. 1.5, może spełniać jedynie funkcję powielania liczby wejść - będzie to wydzielony blok zespołu komunikacyjnego (multiplexera) lub też stanowić może komputer satelitarny w hierarchicznej wielokomputerowej sieci przetwarzania danych.

Pokazane na tymże rysunku łącze międzykomputerowe może mieć podobny charakter lub też stanowić połączenie równorzędnych komputerów o zróżnicowanych zadaniach lub wzajemnie zastępujących się w razie awarii.

Systemy komputerowe sieci zdalnego, bezpośredniego przetwarzania danych mają z zasady modułową konstrukcję

urządzeń komunikacyjnych, pozwalającą na taki dobór typów i liczbę modułów, by realizować projektowaną sieć bez nadmiaru środków technicznych i z możliwością jej rozwoju, w trakcie eksploatacji, do granic możliwości systemu.

Niemniej na każdym etapie rozwoju takiej sieci zespół środków technicznych i oprogramowanie muszą sobie ściśle odpowiadać. Pamiętać należy bowiem, że urządzenia transmisji danych on-line współpracują z komputerem według ściśle określonych procedur, określonych ich strukturą fizyczną (schematem logicznym ich automatów wewnętrznych), związanych z ich funkcją użytkową i przynależnością do określonego systemu komputerowego (np. IBM 370, ICL System 4). Oprogramowanie operacyjne komputera musi uwzględniać te procedury, narzucając ponadto organizację współpracy stacji centralnej i stacji zdalnych.

Łącza TD pracujące w systemie on-line mogą być tworzone zarówno na trwałych (dzierżawionych), jak i komutowanych łączach telekomunikacyjnych (telefonicznych i telegraficznych). W przypadku łączy komutowanych dostęp stacji TD do komputera (i odwrotnie) musi być poprzedzony procesem nawiązania połączenia. Bliższe omówienie konsekwencji i kryteriów wyboru typu łącza nastąpi w dalszych rozdziałach artykułu.

Szczegółowe opisy elementów składowych i zasad tworzenia systemów zdalnego przetwarzania danych znaleźć można w opisach firmowych systemów komputerowych (np. ICL System 4, IBM 360 i 370, Siemens - Transdata i wiele innych).



## 2. ELEMENTY ŁĄCZA TRANSMISJI DANYCH

Na wstępie założymy, że łącza transmisji danych tworzone będą na bazie kanałów dostępnych w krajowej sieci telekomunikacyjnej użytku publicznego (telegraficznych, telefonicznych), eliminując struktury specjalnych sieci dla transmisji danych (typu DATEX, DATEL), w kraju nie występujących. Za elementy łącza TD uważać będziemy wszystkie elementy, biorące udział w procesie przekazywania danych, od źródła do punktu przeznaczenia (drugiej stacji TD lub komputera), tzn.: wszystkie elementy stacji TD (rys. 2.1a) oraz urządzenia między stykiem S1 a S2 stacji centralnej (rys. 2.1b).

W przypadku transmisji danych on-line integralnym elementem systemu jest także jego oprogramowanie komunikacyjne. Każdy system komputerowy, umożliwiający pracę on-line z łączyami TD, wyposażony jest w firmowy pakiet programów komunikacyjnych (software) dostosowanych do określonych urządzeń TD (hardware<sup>o</sup> komunikacyjnego), co należy przede wszystkim wykorzystywać przy projektowaniu sieci TD tego typu.

### 2.1. Urządzenia wejściowe i wyjściowe

Zadaniem tych urządzeń jest przekształcenie dostarczonych informacji w różnorodnej ich postaci użytkowej na postać znormalizowanych, kodowych sygnałów elektrycznych lub dokonywanie operacji odwrotnej. Wybór urządzeń wejściowych i wyjściowych uwarunkowany jest wymaganiami

funkcjonalnymi stacjami TD, zgodnie z jej zadaniami w systemie przetwarzania. Rodzaj pracy i szybkość działania różnych urządzeń peryferyjnych ogranicza w znacznej mierze możliwości kojarzenia ich w ramach wyposażenia jednej stacji, wymagają bowiem różnych sposobów i szybkości transmisji.

Istotne dla dalszych rozważań zasadnicze cechy urządzeń wejściowych i wyjściowych zestawiono w tabl. 2.1. W tabelicy tej pominięto urządzenia nietypowe, w rodzaju przetworników analogowo-cyfrowych dla systemów telemetrycznych i telesterowania, w tym rejestratory graficzne i opisywacze (plottery).

W tabelicy 2.1 ujmowano w wielu przypadkach bardzo rozległe pod względem konstrukcji i parametrów klasy urządzeń w jednej pozycji (np. czytniki taśmy perforowanej począwszy od arytmicznych, stanowiących wyposażenie dalekopisu, do szybkich synchronicznych z odczytem fotooptycznym lub dielektrycznym). Jest więc zrozumiałe, że projektant systemu musi indywidualnie dobierać konkretny typ urządzenia do wymaganej szybkości transmisji, zapewniający najwłaściwsze jego wykorzystanie.

W niektórych rodzajach urządzeń peryferyjnych istnieją luki w reprezentacji pewnych obszarów szybkości pracy (np. brak drukarek o średniej szybkości pracy, w zakresie 20-600 zn/s wymieniona drukarka Inktronik firmy Teletype jest unikalnym, najnowszym wyrobem). Jeśli więc niezbędne jest wykorzystywanie takich urządzeń w bezpośredniej transmisji, trzeba stosować urządzenia o większej szybkości pracy, rezygnując z wykorzystania ich pełnych możliwości.

## Charakter pracy urządzeń peryferyjnych

W tabelicy 2.1 użyto następujących symboli do określenia charakteru pracy:

- ac - arytmiczny, czynny - momenty wyprowadzania sygnałów znakowych są przypadkowe i nie mogą być warunkowane urządzeniem transmisyjnym; momenty te narzuca na przykład operator naciskający klawisze;
- ab - arytmiczny, bierny - momenty wprowadzania lub wyprowadzania sygnałów znakowych są dowolne aż do osiągnięcia szybkości maksymalnej i mogą być narzucane przez urządzenie transmisyjne;
- sc - synchroniczny, czynny - urządzenie wyprowadza znaki w stałym, własnym rytmie;
- ss - sekwencyjny - określone ciągi znaków są (urządzenia wejścia) lub muszą być (urządzenia wyjścia) przedzielone okresami spoczynkowymi (na przykład drukarka maszyny do pisania o długim czasie powrotu karетки do początku wiersza (IBM 73), czytniki i perforatory kart itp.).

Wprowadzenie pojęcia pracy synchronicznej biernej uznano za zbędne, gdyż taką pracę umożliwia urządzenie arytmiczne bierne.

T a b l i c a 2.1

Urządzenia wejściowe i wyjściowe

Nazwa	I/O	Charakter przetwarzania	Rodzaj danych	Forma danych	Nośnik	Zakres maksymalnej szybkości pracy	Odpowiedni zakres szybkości tr. (bodów)	Zastosowania
Dalekopis	I/O	ac/ab	an	manip. ręczna druk	-	6-18 zn/s	50-200	dialog, przygotowanie
Maszyna do pisania	I/O	ac/ab	an	manip. ręczna druk	-	10-20 zn/s	100-200	dialog, przygotowanie
Klawiatura numeryczna	I	ac	n	manip. ręczna	-	20 /40/zn/s	równoległa 20 /40/zn/s	systemy zbiorcze
Czytnik taśmy perforowanej	I	ab/sc/	kod	nośnik	t.perf.	6-1500 zn/s	50-9600	transm. partiowa
Czytnik kart perforowanych	I	ab/sc/	kod	nośnik	k.perf.	0, 1-20 kart/s	100-24000	transm. partiowa
Perforator taśmy	O	ab	kod	nośnik	t.perf.	6-150 zn/s	50-1200	transm. partiowa
Perforator kart	O	ab	kod	nośnik	k.perf.	0, 1-2 kart/s	100-2400	transm. partiowa
Alfaskop	O	ab	an	odczyt i manipul.	-	240-1200 zn/s	1200	dialog
Grafoskop	I/O	ac/ab	graf.	nośnik	t. magnet.	240-1200 zn/s	1200/2400-	dialog
Rejestrator magnetyczny	I/O	ab	kod	nośnik	-	120 zn/s	1200	transm. partiowa
Drukarka	O	ab	an	druk	-	600-4000 zn/s	1200/9600-	dialog/transm. part.
Inktronik	O	ab	an	druk	-			transm. partiowa
Drukarka wierszowa	O	ab	an	druk	-			transm. partiowa

Oznaczenia: I - wejściowe, O - wyjściowe, an - alfanumeryczne, n - numeryczne, ac - alfanumeryczne, ab - alfanumeryczne, graf. - graficzne, t. magnet. - taśmowe magnetyczne, k.perf. - karta perforowana, t.perf. - taśma perforowana, manip. - manipulacja, druk - druk, nośnik - nośnik danych, kod - kod danych, an - alfanumeryczny, n - numeryczny.

Charakter pracy urządzeń peryferyjnych wpływa w istotnym stopniu na wybór sposobu transmisji.

Naturalnym sposobem transmisji sygnałów generowanych przez urządzenie arytmiczne czynne, na przykład klawiaturę, będzie sposób arytmiczny. Sposób ten polega na tym, że:

- w stanie spoczynkowym utrzymywany jest w kanale transmisyjnym stan "zatrzymowy" (stop),
- ciąg elementów kodowych znaku (o liczbie elementów zależnej od stosowanego kodu) poprzedzony jest elementem rozruchowym (o stanie przeciwnym do zatrzymowego).

Zasadą jest przyjmowanie równych czasów trwania elementów informacyjnych sygnału, przy czym element rozruchowy trwa tyle samo co jeden informacyjny, a zatrzymowy jest przeważnie przedłużony 1,5 lub 2-krotnie.

Sposobem tym można prowadzić transmisję ze wszystkich i do wszystkich urządzeń peryferyjnych. Okazuje się jednak w szeregu przypadków korzystniejsze stosowanie metody synchronicznej. Przewaga systemu synchronicznego wynika z mniejszych strat w wykorzystaniu zdolności przepustowej kanału i wyższej odporności na zakłócenia; okupiona jest jednak podwyższeniem stopnia złożoności urządzeń i ich większym kosztem.

W metodzie transmisji synchronicznej ciąg sygnałów informacyjnych, nie rozdzielonych elementami pomocniczymi, poprzedzony jest sekwencją sygnałów synchronizujących.

Struktura tej sekwencji pozwala na zsynchronizowanie podstaw czasu układu syntezy sygnału w nadajniku i układu jego analizy w odbiorniku zarówno w sensie elementów sygnału, jak i znaków (oraz bloków znaków). Synchronizacja utrzymywana jest w czasie transmisji sygnałów informacyjnych przez wykorzystywanie przez odbiornik momentów zmiany stanu sygnału odbieranego. Bliższe omówienie konsekwencji stosowania obu metod zawarte będzie w rozdziale poświęconym szybkości transmisji.

Sygnały informacyjne transmitowane metodą synchroniczną mogą być bezpośrednio wprowadzane na urządzenia wyjściowe arytmiczne, bierne (poniżej ich maksymalnej szybkości pracy). W każdym innym przypadku właściwe warunki współpracy mogą być zapewnione tylko przy połączeniu urządzenia wejścia/wyjścia poprzez jednostkę pamięci buforowej. Pamięć ta, działając na zasadzie wpisywania według rytmu urządzenia wejściowego i czytania według rytmu transmisji (lub odwrotnie), separuje w okresach czasu proporcjonalnych do pojemności pamięci współpracujące zespoły. W okresach marginesowych urządzenia wejściowe (wyjściowe) lub proces transmisji są wstrzymywane.

Ponieważ w systemach TD z protekcją kodową transmisja odbywa się z zasady blokami, dobiera się pojemność pamięci buforowej równą długości bloku, a w okresach marginesowych umieszcza się znaki związane z procesem protekcji.

Wszystkie systemy TD z zabezpieczeniem przeciw błędom transmisji, pracujące metodą czysto wynikową (czy-

stej taśmy), zawierają zazwyczaj dwa bufor pamięciowe o pojemności jednego bloku. Nie wdając się w dalsze szczegóły, mimo bardzo uproszczonego przedstawienia problemu, można stwierdzić, że systemy takie są predysponowane, bez dalszego istotnego wzrostu kosztów urządzeń, do współpracy z urządzeniami peryferyjnymi wszelkich typów (w tym z synchronicznymi czynnymi i sekwencyjnymi).

### Szybkość działania urządzeń peryferyjnych

Urządzenia peryferyjne stacji transmisji danych powinny być tak dobrane, aby ich nominalna szybkość pracy była nie mniejsza od znamionowej szybkości transmisji. W przeciwnym bowiem przypadku eksploatacja systemu będzie nieekonomiczna.

Można dopuszczać stosowanie urządzeń wolniejszych od przepustowości łącza TD w przypadku urządzeń arytmicznych czynnych (klawiatury), których wydajność ograniczona jest możliwościami operatora.

### Zestawy urządzeń peryferyjnych stacji TD

Przed określeniem zestawu niezbędnych urządzeń wejściowych i wyjściowych stacji TD należy przeanalizować podział funkcji między stacją przygotowania danych a stacją transmisji danych. Problem ten, w ograniczonym uprzednio zakresie omawianych urządzeń peryferyjnych, sprowadza się do pytania, czy dane wprowadzane za pomocą klawiatury mają być transmitowane bezpośrednio czy też

dopiero po ich utrwaleniu na nośniku (taśmie perforowanej magnetycznie lub kartach), ewentualnie można przyjąć zasadę, że wszystkie dane do transmisji są wprowadzone na jeden rodzaj nośnika (taśmę magnetyczną). Zagadnienie to odpowiada więc omówionemu w rozdz. 1 (rys. 1.2 i 1.4). Transmisja pośrednia opóźnia wprawdzie utrzymanie danych w ośrodku obliczeniowym, lecz pozwala na:

- skrócenie czasu transmisji (zajętości łącza),
- weryfikację i korektę danych przed nadaniem,
- gromadzenie danych w partie,
- automatyczne pobieranie danych przez ośrodek obliczeniowy,
- uelastycznienie procesu przygotowania danych (zmiany ilościowe danych, nośniki, organizacja i harmonogram prac) przy stałym, najprostszym wyposażeniu stacji TD.

W efekcie działania tych czynników najpowszechniej stosowane są do pracy off-line stacje TD wyposażone jedynie w perforatory i czytniki taśmy perforowanej. Ostatnio zauważyć można wypieranie ich przez stacje stosujące, jako uniwersalny nośnik pośredni, taśmę magnetyczną i to także do pracy on-line (Teletype 4210 i inne).

Stacje stosujące transmisję bezpośrednią on-line (lub każda z pary współpracujących ze sobą stacji w systemie off-line) mają wyposażenie maksymalne różne dla dwu grup szybkości:



poniżej 200 bodów (w USA poniżej 300 bodów)

- klawiatura } dalekopis lub
  - drukarka } specjalna maszyna do pisania,
  - perforator (ab) } taśm (np. z wyposażenia daleko-
  - czytnik (ab) } kart lub obu urządzeń do alter-
- natywnego użycia,

w zakresie 600 + 2400 bodów

- perforator szybki (ab) } taśm, kart lub obu urzą-
  - czytnik szybki (sc) } dzeń do alternatywnego u-
- życia,
- drukarka wierszowa (ss) (lub inna szybka, np. Tele-
  - type-Inktronic)

lub

- monitor ekranowy (grafoskop, alfaskop) z klawiaturą i ewentualnie piórem świetlnym,

lub

- rejestrator - czytnik taśmy magnetycznej.

Dla większych szybkości aktualnie możliwe jest stosowanie:

- czytników taśmy perforowanej - do około 9600 bodów (lecz nie perforatorów),
- drukarek wierszowych - do 24 bodów,
- rejestratorów - czytników taśmy magnetycznej.

Dobierając wyposażenie stacji mającej pracować tylko na przykład na nadawanie (w systemach zbiorczych), można wyeliminować urządzenia wyjściowe eliminując tą jednak możliwość realizacji procesów lokalnych (poza linią transmisyjną), w których ekonomicznie mogą być wykorzystywane elementy wyposażenia stacji.

Dla przykładu, stacja wyposażona w

- klawiaturę
- drukarkę
- perforator
- czytnik

umożliwia, poza nadawaniem z klawiatury lub czytnika i odbiorem na drukarkę lub perforator lub oba te urządzenia jednocześnie, realizację następujących procesów lokalnych:

- przygotowanie taśm (klawiatura=perforator) z kontrolą wydrukiem (drukarka),
- wydruk z taśm (czytnik=drukarka),
- powielanie taśm i ewentualnie jednoczesny wydruk (czytnik - drukarka - perforator).

## 2.2. Blok sterowania i protekcji

Stacja transmisji danych najogólniej może pracować w czterech stanach, zwanych:

1. Telefon (Teleks)
2. Praca lokalna

## 3. Wymiana danych .

## 4. Kontrola.

Stan "Telefon" lub w systemach pracujących na komutowanej sieci telegraficznej (teleksowej) stan "Teleks" pozwala na:

- nawiązywanie połączeń komutowanych,
- prowadzenie rozmów między obsługami stacji.

Przy pracy na łączach trwałych stan ten może nie występować. Przejście ze stanu "Telefon" do stanu "Wymiana danych" może być ręczne lub automatyczne, co będzie bliżej opisane w rozdziale poświęconym urządzeniu do automatycznego nawiązywania połączeń i automatycznej odpowiedzi.

Procesy, jakie mogą być realizowane w stanie "Praca lokalna", omówione były w rozdz. 2.1. W stanie "Wymiana danych" blok sterowania realizuje procesy:

- sterowania adresowego (polling, selecting),
- nadawania lub odbioru danych, w tym protekcję,
- alarmowania obsługi o sytuacjach awaryjnych,
- przejścia do stanu "Telefon".

Procesy wymiany danych określone są w systemie przez podanie ścisłych reguł budowy ciągów sygnałów i reakcji stacji współpracującej (algorytm wymiany). Niezbędne jest zachowanie zgodności tych reguł między współpracującymi stacjami, a w systemie on-line zgodności z oprogramowaniem komunikacyjnym komputera. Z algorytmem wymiany ściśle zespolony jest algorytm protekcji. Różne

firmy produkujące urządzenia TD lub komputery stosują różne algorytmy wymiany. Istotne jest więc, by wybrany system umożliwiał w swoim algorytmie współpracy takie warianty wzajemnego sterowania stacjami, jakie niezbędne są dla żądanej organizacji procesu transmisji w projektowanym systemie przetwarzania danych.

Warto zwrócić uwagę na to, że w wielu systemach (szczególnie z małymi szybkościami transmisji) wymagany jest udział obsługi w procesie wprowadzania znaków służbowych w ciąg informacyjny według algorytmu wymiany. Wprowadzenie tych znaków może mieć miejsce w czasie transmisji (np. przy pracy on-line z klawiatury) lub w czasie przygotowywania nośnika (transmisja pośrednia). Sygnały odbierane, wyprowadzane z urządzenia TD, mogą w takich przypadkach zawierać znaki służbowe, a nawet błędnie odebrane bloki z jedynie na ich końcu umieszczonym znakiem błędności (lub znakiem błędności w miejscu błędnie odebranych znaków informacyjnych). Taki system transmisji nazywany jest systemem "brudnej taśmy", w odróżnieniu od systemu "czystej taśmy", w którym na wyjściu urządzenia TD wyprowadzony jest tylko ciąg znaków informacyjnych.

Przy transmisji w kierunku do ośrodka przetwarzania eliminacja znaków służbowych związanych z procesem transmisji i błędnych bloków (znaków) nie stwarza trudności, bowiem dokonywana jest przez oprogramowanie komunikacyjne komputera.

Przy przeciwnym kierunku transmisji (wyniki przetwarzania) niezbędne będzie wykreślanie na wydrukach błędnych partii tekstu. Proces ten może prowadzić do powsta-

nia nowych błędów i obniżyć czytelność i estetykę wydruku. Mimo tej wady systemy "brudnej taśmy" są powszechnie stosowane przez najpoważniejszych producentów (IBM, ICL i inne) z racji ekonomicznych. Wady te bowiem są praktycznie mało istotne, gdy stacje pracują z małą szybkością transmisji, krótkimi partiami danych, przy mniejszych niż w systemach średnio szybkich prawdopodobieństwach powstania błędu, natomiast uproszczenie stacji pozwala na znaczne obniżenie jej ceny. Przy jednakowym wyposażeniu stacji na małe (do 200 bodów) i średnie (600/1200 bodów) szybkości, koszt stacji byłby porównywalny, a więc koszt jednostkowy przesłania 1 bitu informacji kilkakrotnie wyższy dla systemów wolnych.

### 2.3. Urządzenia do nawiązywania połączeń

Proces nawiązywania połączenia w komutowanej sieci telefonicznej lub telegraficznej oraz proces przełączania z transmisji telefonicznej lub telegraficznej (nie zabezpieczonej) na transmisję danych mogą być realizowane ręcznie przez obsługę lub automatycznie bez udziału obsługi. Procesy te są określone zaleceniami CCITT.

Dla sieci teleksowej obowiązujące są zalecenia V.10 (Stosowanie sieci teleksowej dla transmisji danych z szybkością modulacji 50 bodów) oraz V.11 (Automatyczne wywołanie i odzew w sieci teleksowej).

Zalecenie V.10 określa procedury przejścia na transmisję danych, gdy połączenie nawiązywane jest ściśle w warunkach pracy stacji teleksowych, czyli gdy mamy do

czynienia z ręcznym wywołaniem (wybór numeru) i z automatyczną odpowiedzią zsiamiennikiem dalekopisú.

Przewidziane są następujące metody przejścia na wymianę danych, inicjowanego przez stację wywołującą, zależnie od stopnia zautomatyzowania stacji:

- przejście ręczne na obu stacjach,
- przejście automatyczne na obu stacjach,
- przejście ręczne na jednej i automatyczne na drugiej stacji.

Wybór metody musi być uwarunkowany organizacją pracy systemu. Stosowanie przejść automatycznych będzie uzasadnione, gdy transmisja danych ma być przeprowadzana w czasie nieobecności obsługi na stacji wywoływanej (stacja wywołująca musi być z reguły stacją obsługiwaną z racji ręcznego procesu nawiązywania połączenia). Przejście na wymianę danych odbywa się za pomocą sygnału złożonego z sekwencji czterech znaków SSSS (lub "''''"), w związku z czym sekwencja taka nie może występować w korespondencji. Niektóre firmy oferują urządzenia o różnych możliwościach sterowania wymianą danych, wykorzystując inne sekwencje czteroznakowe - na przykład w celu wywołania danych od stacji wywoływanej, zmiany kierunku transmisji danych w trakcie wymiany (np. urządzenie FKG-T50 pred. NRD).

Zalecenie V.11 określa procedury nawiązywania połączeń i przełączeń na wymianę danych łącznie, przewidując następujące warianty współpracy stacji różnie wyposażonych:

- 1) stacja teleksowa z ręcznym wywołaniem - stacja TD z automatycznym urządzeniem odzewowym,
- 2) stacja teleksowa i stacja TD z ręcznym wywołaniem i ręcznym lub automatycznym przełączaniem na wymianę danych - stacja TD z automatycznym urządzeniem odzewowym,
- 3) stacja TD z automatycznym wywoływaniem - stacja teleksowa z automatyczną odpowiedzią znamiennikiem, lub  
stacja teleksowa lub TD z odpowiedzią znamiennikiem i automatycznym przełączaniem na wymianę danych, lub  
stacja TD z automatycznym urządzeniem odzewowym.

Praktycznie stosowanie automatycznych urządzeń do nawiązywania połączeń może być uzasadnione w bardzo rozbudowanych systemach zbiorczych lub rozsiewczych. Urządzenie do automatycznego nawiązywania połączeń będzie wtedy sterowane przez komputer centralny.

W komutowanej sieci telefonicznej ręczne nawiązywanie połączeń odbywa się identycznie, jak przy nawiązywaniu połączeń telefonicznych. Procedury automatycznego nawiązywania połączeń w komutowanej sieci telefonicznej określa zalecenie CCITT V.25 (Urządzenia automatycznego wywołania i odzewu w publicznej komutowanej sieci telefonicznej).

Zalecenie to przewiduje trzy warianty współpracy stacji różnie wyposażonych:

- 1) stacja z automatycznym wywołaniem do stacji z automatycznym odzewem,
- 2) ręcznie obsługiwana stacja TD do stacji z automatycznym odzewem,
- 3) stacja z automatycznym wywołaniem do stacji ręcznie obsługiwanej.

Procedury nawiązywania połączeń obejmują:

a) w czasie nawiązywania połączenia:

- stwierdzenie zdolności do pracy urządzenia komunikacyjnego (modemu),
- wybranie numeru telefonu,
- powzięcie decyzji o przerwaniu nieskutecznego procesu nawiązywania połączenia;

b) po nawiązaniu połączenia

- ustalenie identyczności,
- przełączenie na wymagany rodzaj współpracy,
- inicjowanie rozłączenia na obu stacjach.

Zakres zastosowań urządzeń do automatycznego nawiązywania połączeń telefonicznych będzie taki sam, jak podany przy okazji opisu urządzeń dla sieci telegraficznej. Znacznie częściej należy spodziewać się potrzeby stosowania jedynie automatycznych urządzeń odzewowych; są one zresztą znacznie prostsze i minimalnie rzutują na koszt całej stacji.



## 2.4. Urządzenia przekształcania sygnałów (modemy i inne)

Transmisja danych na znaczniejsze odległości korzysta z istniejących sieci telekomunikacyjnych (telegraficznych, telefonicznych, kanałów szerokopasmowych tworzonych z grup wtórnych lub pierwotnych zestrojów nośnych) przeznaczonych do innych celów, a więc i do transmisji innych rodzajów sygnałów. Sygnały binarne z urządzeń TD i sygnały związane z organizacją procesu transmisji, ogólnie występujące na styku S2 (rys. 2.1), przyjęto przekazywać w znormalizowanej zaleceniem CCITT V.24 postaci binarnej. Sygnały te są przekształcane w formę odpowiednią do wykorzystywanych kanałów przez specjalne urządzenia przekształcające (UPS).

Poniżej opiszemy podstawowe typy tych urządzeń, ograniczając się do aktualnie objętych zaleceniami CCITT i mających szansę stosowania w kraju w najbliższym czasie. Z racji założeń artykułu będziemy podawać tylko te cechy urządzeń, które są niezbędne do wyboru ich rodzaju przy projektowaniu systemu.

### Urządzenia przekształcania sygnałów dla łączy telegraficznych (UPSTG)

Zadaniem tych urządzeń jest głównie zamiana sygnałów otrzymywanych przez styk S2 (rys. 2.1) na sygnały właściwe dla wykorzystywanych łączy telegraficznych. W krajowej sieci telegraficznej można wykorzystywać dla trans-

misji danych komutowane połączenia w sieci teleksowej i trwale łączy z doprowadzeniami jedno lub dwutorowymi. Mają one między innymi następujące charakterystyki określające w pierwszym przybliżeniu możliwości ich wykorzystania dla TD:

#### 1. Sieć komutowana automatyczna (teleksowa)

- transmisja z naprzemian zmieniającym się kierunkiem transmisji (półdupleks),
- nadawanie przez zwieranie i rozwieranie obwodu (bateria centralna 120 V, prąd nominalny 40 mA),
- sygnał odbierany modulowany wartością prądu (stan A - 40 mA, stan Z - poniżej 5 mA),
- szybkość transmisji 50 bodów,
- przy relacjach krajowych aktualnie jest dopuszczalne stosowanie dowolnych struktur sygnałów, złożonych z elementów trwających co najmniej 20 ms,
- nawiązywanie połączeń i przełączenia na TD - jak opisano w rozdz. 2.3,
- jakość transmisji danych:  
oczekiwać należy, że średnia, długookresowa elementowa stopa błędów w warunkach pracy synchronicznej będzie zawarta w przedziale  $1-5 \cdot 10^{-4}$ .
- Elementowa stopa błędów dla 90% czasu transmisji i połączeń będzie niższa od  $8 \cdot 10^{-4}$ .
- Średnia częstość przerw transmisji dłuższych od 300 ms będzie zawarta w przedziale  $0,7 + 5$  przerw /godzinę [3].

2. Łącza trwałe (dzierżawione), z doprowadzeniami jednotorowymi:

- charakterystyka jak w pkt. 1, z tym że w zasadzie można oczekiwać niższej stopy błędów (podawanie wartości nie jest celowe, gdyż są one bardzo zależne od wielu czynników [3]).

3. Łącza trwałe (dzierżawione), z doprowadzeniami dwutorowymi:

- transmisja jednoczesna w obu kierunkach,
- nadawanie wartością prądu (jak w pkt. 1) lub kierunkiem prądu (przełączanie polaryzacji baterii własnej 60 V, prąd nominalny 20 mA),
- sygnał odbierany modulowany wartością prądu (jak w pkt. 1) lub kierunkiem prądu ( $\pm$  20 mA),
- szybkość transmisji 50 bodów,
- stopa błędów w zasadzie poniżej  $1 \cdot 10^{-4}$ , lecz rzeczywista wartość może być bardzo różna dla różnych łączy (wpływa na nią odległość, stan sieci kablowej, typy urządzeń nośnych).

Tego typu łącza nie były w kraju dotychczas badane.

Wiele urządzeń transmisji danych przystosowanych jest do powyższych warunków bez wyodrębnionego zespołu przekształcania sygnałów i bez wyodrębnionego styku S2. Wyklucza to możliwość wyposażenia ich w modem i wykorzystywania w sieci telefonicznej.

## Urządzenia przekształcania sygnałów dla łączy telefonicznych

W celu przystosowania łączy (kanałów) telefonicznych do transmisji sygnałów binarnych stosowane są i objęte zaleceniami CCITT dwa rodzaje urządzeń przekształcających:

1. Modemy (modulator + demodulator) - urządzenia, w których stosowane jest przesuwanie widma sygnału binarnego drogą modulacji fali nośnej.
2. UPS stałoprądowe, niskonapięciowe, tzw. "typu telegraficznego" (brak przyjętego terminu polskiego) - transmisja sygnałami telegraficznymi, kierunkiem prądu na niskim poziomie.

### Modemy

W dotychczasowej praktyce transmisji danych ustaliła się podstawowa rodzina modemów o znormalizowanych parametrach i zasadach pracy. Występują wprawdzie w urządzeniach wielu firm, przeważnie amerykańskich, odstępstwa od tych zasad, lecz są one drugorzędne.

Zalecenia CCITT obejmują 3 typy modemów dla transmisji szeregowej ("bit po bicie") i jeden typ modemu dla transmisji równoległej ("znak po znaku"). Zestawienie najważniejszych parametrów modemów podano na rys. 2.2.

Każdy z modemów umożliwia jednoczesną transmisję sygnałów binarnych w obu kierunkach, na wszelkiego typu łącach telefonicznych (w których ewentualne odcinki noś-

ne złożone są z dwu kanałów dla obu kierunków transmisji).

Modem dla małych szybkości modulacji, do 200 bodów, umożliwia transmisję z identycznymi szybkościami w obu kierunkach na łączach jednotorowych lub dwutorowych. Modemy dla szybkości średnich są wykonywane bądź dla transmisji półdupleksowej, z jednocześnie czynnym jednym kierunkiem o względnie dużej szybkości transmisji (dane) i przeciwnym kierunkiem o małej szybkości (75 bodów, dla sygnałów decyzyjnych), bądź dla transmisji duplexowej na łączach dwutorowych. Czynne są wtedy jednocześnie w każdym kierunku dwa kanały, szybki (600, 1200 lub 2400 bodów) i wolny (75 bodów).

Wszystkie typy modemów dla transmisji szeregowej mogą być stosowane przy dowolnych strukturach sekwencyjnych przekazywanych sygnałów binarnych.

Modemy dla transmisji równoległej przystosowane są do przekazywania określonej liczby kombinacji binarnych (znaków). Możliwe są tu (wg CCITT, zalecenie V.30) trzy warianty: do 16, 64 lub 256 znaków (jeśli stosuje się międzyznakowy stan spoczynkowy, liczba możliwych znaków transmitowanych zmniejsza się o 1).

Stosowanie modemów do transmisji równoległej jest ekonomicznie uzasadnione w dużych systemach zbiorczych, w których występuje duża liczba prostych i tanich stacji nadawczych i jedna centralna stacja odbiorcza. W najprostszym przypadku stacją nadawczą może tu być klawiszowy aparat telefoniczny dla wieloczęstotliwościowego systemu wybierania numerów. Wiele firm produkuje przystaw-

ki do takich aparatów, umożliwiające nadawanie danych ze specjalnych kart perforowanych. Duża odporność na zakłócenia, wykazywana przez modemy do transmisji równoległej (rys. 2.3), zapewnia wysoką wierność przekazywanych informacji na wszelkich połączeniach telefonicznych w sieci komutowanej i na łączach trwałych.

Wszystkie opisane wyżej rodzaje modemów służyć mogą do realizacji łączy TD na dowolne odległości i przy dowolnych realizacjach kanałów. Istnieje jednak szereg ograniczeń dotyczących właściwości wykorzystywanych kanałów oraz silna zależność jakości transmisji danych od właściwości kanałów. Przy ocenie możliwości realizacji łącza TD w określonej relacji z wymaganą szybkością trzeba więc dysponować dużym materiałem informacyjnym o właściwościach kanałów (lub połączeń komutowanych) oraz modemów.

Najistotniejsze dla oceny porównawczej są:

#### 1. Tłumienność wynikowa łącza

Poziom sygnału nadawanego z modemu w kanał telefoniczny ograniczony jest następującymi warunkami:

- moc maksymalna wyjściowa w punkcie dołączenia modemu do przyłącza abonenckiego nie może przekraczać 1 mW.
- poziom sygnału na wejściu urządzeń nośnych powinien być niższy od poziomu nominalnego o 13 dBm.

Poziom sygnału na wejściu modemu odbiorczego powinien być wyższy od progu czułości (ściślej górnej gra-

nicy histerezy progu czułości), który wynosi dla modemów 200 i 600/1200 - 43 dBm,  
 dla modemu 2400 - 27 dBm,  
 dla modemu równoległego - 49 dBm.

Dla pewnej pracy konieczne jest zapewnienie kilkudecybelowego marginesu bezpieczeństwa.

W efekcie tłumienność wynikowa łącza (w odniesieniu do 800 Hz) między abonentami powinna zawierać się w przedziale, podanym niżej:

dla modemów:

200 i 600/1200 - 5 do 30 dBm

2400 - do około 20 dBm,

równoległych - do około 30 dBm (zależnie od sposobu pracy).

## 2. Zniekształcenia tłumieniowe

Niezbędne jest stwierdzenie czy w całym zakresie widma przekazywanych przez modem sygnałów warunki tłumieniowe nie są przekroczone. Szczególnie należy sprawdzać to przy częstotliwości kanału zwrotnego, która w wielu przypadkach, szczególnie w sieci komutowanej może być znacznie silniej tłumiona.

Progresywnie ze wzrostem szybkości modulacji wzrasta znaczenie równomierności przebiegu charakterystyk tłumienności i grupowego czasu przejścia w funkcji częstotliwości. Obniżenie jakości transmisji danych, spowodowane niewłaściwymi charakterystykami łącza, może być zredukowane przez zastosowanie specjalnych

korektorów, to jest korektorów bądź o charakterystyce kompromisowej (przeciętnej dla szerokiej klasy łączy) lub też dobieranej indywidualnie dla każdego łącza (dzierzawionego). Te ostatnie mogą być oczywiście znacznie skuteczniejsze. Przykłady efektów stosowania korektorów podano na rys. 2.3 i 2.4.

### 3. Zakłócenia transmisji

W dokonywanym tu pobieżnym przeglądzie nie sposób opisać całokształtu zagadnień wpływu różnorodnych zakłóceń na jakość transmisji danych. Ograniczono się więc do przedstawienia<sup>x)</sup> proporcji między odpornościami na zakłócenia, w postaci szumu białego o widnie ograniczonym szerokością pasma kanału telefonicznego, dla różnych typów modemów (rys. 2.3). Wykres ten pozwala doskonale na ocenę proporcji ważności problemu jakości łącza w zależności od szybkości transmisji. Na przykład łącze, które z racji zakłóceń w postaci szumu białego zapewni wysoką jakość transmisji przy użyciu modemu 200-bodowego (elementowa stopa błędów - ESB =  $10^{-5}$ ) będzie złe dla transmisji z szybkością 1200 bódów (ESB =  $10^{-2}$ ), a transmisja z szybkością 2400 będzie w nim w ogóle niemożliwa.

Znaczenie innych czynników zakłócających jest wprawdzie ilościowo różne, lecz związek ich z typem modemu podobny.

Praktycznie jedynym skutecznym sposobem na pełną ocenę jakości łącza TD jest jego badanie wraz z o-

<sup>x)</sup> Na podstawie badań f-my Siemens [3]



kreślonym typem modemu. Aktualne materiały z tego typu badań w sieci krajowej podano w [4].

### Sprzęgacze akustyczne

W niektórych przypadkach może okazać się konieczne prowadzenie wymiany danych z nią przygotowanych do tego celu punktów, w których zainstalowany jest jedynie aparat telefoniczny. Aby uniknąć kłopotów związanych z instalacją stacji przez administracje łączności, a w szczególności oczekiwania na wykonanie instalacji w przypadku, gdy transmisja danych ma być prowadzona z wybranego punktu tylko przez krótki okres lub nawet jednorazowo, wiele firm zachodnich oferuje urządzenia dla akustycznego sprzęgania stacji TD z mikrotelefonem aparatu telefonicznego. Kanał nadawczy takiego sprzęgacza zakończony jest głośnikiem, do którego przystawiony jest mikrofon aparatu telefonicznego. Kanał odbiorczy sprzęgacza wyposażony jest w mikrofon współpracujący ze słuchawką aparatu telefonicznego. Sprzęgacze akustyczne dostosowane są do współpracy z określonym typem modemów. Spotykane wykonania przeznaczone są do małych szybkości transmisji (do 300 bodów).

Urządzenia przekształcania sygnałów dla krótkich, telefonicznych łączy trwałych

W wielu przypadkach niezbędne jest wprowadzenie wymiany danych na krótkie odległości - co najwyżej kilkadziesiąt kilometrów. Takie warunki, z zasady, funkcjo-

nalnie i ekonomicznie uzasadniają korzystanie z trwałych łączy telefonicznych (dzierżawionych). Okazuje się wtedy możliwe zrezygnowanie z systemów ńośnych i prowadzenie transmisji sygnałami stałoprądowymi, typu telegraficznego. Umożliwia to zastąpienie drogich i skomplikowanych modemów o zróżnicowanych, zależnych od szybkości transmisji typach, jednym urządzeniem przekształcającym, "przejrzystym" w sensie struktur sygnałów i szybkości transmisji, prostym i tanim.

Stałoprądowe urządzenia przekształcania sygnałów TD mogą być stosowane na łączach trwałych, kablowych, pupinizowanych i niepupinizowanych jedno i dwutorowych, w obu przypadkach umożliwiając transmisję duplexową z szybkościami od dowolnie małych do około 4800 bodów. Stosowane są sygnały liniowe typu "kierunkiem prądu" o małych poziomach - przeważnie poniżej  $\pm 300$  mV na zaciskach liniowych strony nadawczej [6, 7].

Według materiałów informacyjnych firmy Siemens urządzenia GDN 4800 na linii kablowej o średnicy żył 0,8 mm mogą, zależnie od szybkości transmisji i dopuszczalnych zniekształceń telegraficznych, pracować przy długościach toru kablowego nie przekraczających wartości podanych w tabelce na str. 37 (długości podano w km).

Osiągana elementowa stopa błędów może być bardzo niska, rzędu  $10^{-8}$ . Należy jednak liczyć się z faktem, że jest ona uzależniona od wielu czynników, takich jak: jakość kabla, stan połączeń odcinków, przesłuchy między torami w kablu itp.

Łącze	Zniekształcenia poniżej (%)	Szybkość transmisji (bodów)			
		600	1200	2400	4800
Jednotorowe	5	14	11	7	-
	20	18	16	13	10
Dwutorowe	5	30	21	14	-
	20	30	25	19	16

### 3. SZYBKOŚĆ MODULACJI - SZYBKOŚĆ TRANSMISJI

Jednym z podstawowych parametrów charakteryzujących urządzenia transmisji danych, decydującym często o wyborze danego urządzenia przez użytkownika, jest szybkość transmisji. Z jednej bowiem strony czas potrzebny do przesłania pewnego zbioru informacji, a wynikający bezpośrednio z szybkości transmisji, może być w określonym systemie teleinformatycznym ściśle limitowany, z drugiej zaś strony szybkość transmisji powinna być skorelowana z szybkością pracy aparatów końcowych. Wreszcie od wymaganej szybkości przesyłania informacji zależy typ podkładowego łącza telekomunikacyjnego, którym może być łącze telegraficzne, łącze telefoniczne lub specjalne łącze szerokopasmowe.

Dane, jako informacje numeryczne lub alfanumeryczne, są zbiorami znaków, wynikających z określonego alfabetu.

Każdemu znakowi przypisana jest jednoznacznie ustalona kombinacja kodowa, przy czym do zapisu informacji w postaci naturalnej stosuje się kod binarny. Przyjmując powszechnie stosowaną symbolikę 0 i 1, każdy znak można przedstawić w postaci skończonego ciągu zer i jedynek (bitów informacji), przy czym długość tego ciągu wynika z przyjętego kodu, zaś kombinacja bitów stanowi treść informacji. I tak na przykład w międzynarodowym alfabecie Nr 5 (ISO-CCITT), związanym z kodem 7-elementowym:

literze "a"	odpowiada kombinacja	1000011
literze "R"	odpowiada kombinacja	0100101
cyfrze "6"	odpowiada kombinacja	0110110

Bity, tworzące każdą kombinację kodową, są umownie ponumerowane (w przypadku kodu 7-elementowego: od 1 do 7). W tych przekrojach drogi transmisyjnej, w której wszystkie bity tworzące jedną kombinację przekazywane są jednocześnie, czyli równolegle, numeracja oznacza lokalizację bitów w przestrzeni (korelacja bitów z przewodami połączeniowymi, ze ścieżkami taśmy perforowanej lub magnetycznej), w tych zaś odcinkach łącza transmisji danych, w których stosuje się transmisję szeregową umowna numeracja bitów odpowiada kolejności ich przesyłania.

W systemach transmisji danych dominuje szeregową zasadą transmisji bitów i dalsze rozważania dotyczą takich właśnie przypadków. W łączy telekomunikacyjnym informacja ma postać sygnału elektrycznego, zaś każdy znak alfabetu jest ściśle określonym wycinkiem tego sygnału. Sygnał transmisji danych w postaci naturalnej jest syg-

nałem binarnym, to znaczy ciągiem impulsów elektrycznych o dwóch stanach znamiennych, odpowiadających jednoznacznie kodowym symbolom 0 i 1. Przyjmując obowiązującą konwencję międzynarodową, według której symbolowi binarnemu 0 odpowiada napięcie dodatnie ( $U_0 > +3 \text{ V}$ ), zaś symbolowi 1 - napięcie ujemne ( $U_1 < -3 \text{ V}$ ), naturalny sygnał transmisji danych, odpowiadający podanej wyżej przykładowo informacji aR6, miałby postać pokazaną na rys. 3.1.

Sygnał transmisji danych generowany i przesyłany jest w określonym rytmie, wyznaczanym bądź przez aparaty końcowe, bądź przez urządzenia komunikacyjne transmisji danych (modemy lub urządzenia protekcji), które wyznaczają skalę czasu (wirtualne momenty znamienne). Wycinek sygnału zawarty między dwoma kolejnymi wirtualnymi momentami znamiennymi zwany jest elementem sygnału i oznaczany symbolem  $\xi$ .

Szybkość generowania elementów sygnału nazywamy szybkością modulacji, którą najczęściej oznaczamy symbolem  $\nu$ . Szybkość modulacji, której jednostką jest bod (Bd), odpowiada liczbie elementów sygnału generowanych w ciągu 1 sekundy.

Oznaczając czas trwania elementu sygnału symbolem  $T$ , otrzymuje się następujące zależności:

$$\nu [\text{Bd}] = \frac{1}{T_{\xi} [\text{s}]} \quad \text{lub} \quad T_{\xi} [\text{s}] = \frac{1}{\nu [\text{Bd}]}.$$

Im większa jest szybkość modulacji, tym widmo sygnału jest szersze i tym szerszy kanał telekomunikacyjny

trzeba przeznaczyć do przesyłania danych. W przypadku przesyłania sygnału naturalnego pasmo przenoszenia kanału ( $\Delta f$ ) nie może być węższe niż  $0,5 \nu$ :

$$\Delta f [\text{Hz}] \geq 0,5 \nu [\text{Bd}].$$

W dalekosiężnych systemach teletransmisyjnych stosuje się z zasady procesy modulacji i demodulacji sygnałów, w wyniku czego sygnał transmisji danych ma postać prądu zmiennego o modulowanej amplitudzie, częstotliwości lub fazie. Szerokość kanału przystosowanego do przesyłania sygnałów o takiej właśnie postaci, przy transmisji obu wstęg bocznych - co ma miejsce przy małych i średnich (do 2400 bodów) szybkościach modulacji - musi być nie mniejsza niż  $\nu$ :

$$\Delta f [\text{Hz}] \geq \nu [\text{Bd}].$$

W praktyce stosowany jest pewien margines bezpieczeństwa i wymagana szerokość kanału transmisyjnego wynosi:

$$\Delta f [\text{Hz}] \geq (1,2 + 1,6) \cdot 0,5 \nu$$

w przypadku przesyłania sygnału naturalnego oraz

$$\Delta f [\text{Hz}] \geq (1,2 + 1,6) \nu$$

w przypadku systemów nośnych.

Szybkość modulacji jest parametrem technicznym urządzeń transmisji danych i interesuje przede wszystkim projektantów urządzeń i łączy. Natomiast parametrem in-

interesującym użytkownika jest przepływność binarna ( $V_B$ ) wyrażana w bitach na sekundę (bit/s), a jeszcze bardziej - szybkość transmisji wyrażana w znakach na jednostkę czasu, przy czym praktycznie stosowaną jednostką szybkości transmisji jest znak na sekundę lub znak na minutę.

W przypadku szeregowej transmisji naturalnego sygnału binarnego jeden element sygnału odpowiada jednemu bitowi<sup>x)</sup> (patrz rys. 3.1), i przepływność binarna wyrażona w bitach na sekundę jest liczbowo równa szybkości modulacji wyrażanej w bodach. Ogólnie zaś przepływność binarna określona jest zależnością:

$$V_B = \sum_{i=1}^{i=m} \nu_i \log_2 W_i$$

gdzie:  $m$  oznacza liczbę równoległych kanałów transmisyjnych,

$\nu_i$  oznacza szybkość modulacji zastosowaną w  $i$ -tym kanale transmisyjnym,

$W_i$  oznacza wartościowość kodu zastosowanego w  $i$ -tym kanale transmisyjnym.

W transmisji danych rozróżnia się trzy rodzaje szybkości transmisji:

- szybkość teoretyczną ( $V_T$ ),

---

<sup>x)</sup> Pojęcia "bit" użyto tu w znaczeniu szerszym niż stosuje się je w teorii informacji, rozciągając je - poza bitami informacyjnymi - także na bity służbowe, sterujące i nadmiarowe.

- szybkość znamionową ( $V_Z$ ),
- szybkość efektywną ( $V_E$ ).

Teoretyczna szybkość transmisji odpowiada maksymalnej liczbie znaków, które można by przesłać w jednostce czasu przy danej przepływności binarnej, przy zastosowaniu kodu o określonej długości ( $D$ ) i określonego systemu transmisyjnego (to znaczy synchronicznego lub arytmicznego), lecz bez kodowego zabezpieczenia przed błędami. Jest to parametr umożliwiający użytkownikowi wybór jednej spośród kilku podstawowych kategorii systemów transmisji danych i informujący go zarazem o rodzaju telekomunikacyjnego kanału podkładowego, który należy zastosować do przekazywania danych.

W tabelicy 3.1 zestawiono wartości teoretycznych szybkości transmisji, odpowiadające typowym przepływnościom binarnym i podstawowym kodom. Założono przy tym dla systemów arytmicznych, że stan rozruchowy (start) odpowiada jednemu elementowi sygnału, a stan zatrzymujący (stop) wynosi:

- 1 1/2 elementu sygnału dla kodu 5-elementowego i szybkości modulacji 50 bodów,
- 2 elementy sygnału dla wszystkich pozostałych przypadków.

Jak wynika z tej tabelicy, w systemach arytmicznych uzyskuje się zawsze mniejsze szybkości niż w systemach synchronicznych. Mimo to jednak istnieją przypadki, w któ-



Teoretyczne szybkości transmisji informacji alfanumerycznych

Przepływność bit/s	Kod 5-element. transmisja		Kod 6-element. transmisja		Kod 7-element. transmisja		Kod 8-element. transmisja		Typ łącza podkładowego
	arytm. mierzna	synchro. mierzna	arytm. mierzna	synchro. mierzna	arytm. mierzna	synchro. mierzna	arytm. mierzna	synchro. mierzna	
50	znak/min	400	333 $\frac{1}{3}$	500	300	428 $\frac{4}{7}$	272 $\frac{8}{11}$	375	Trwałe lub komutowane łącze telefoniczne
	znak/sek	6 $\frac{2}{3}$	5 $\frac{5}{9}$	8 $\frac{1}{3}$	5	7 $\frac{1}{7}$	4 $\frac{6}{11}$	6 $\frac{1}{4}$	
200	znak/min	1500	1333 $\frac{1}{3}$	2000	1200	1714 $\frac{2}{7}$	1090 $\frac{10}{11}$	1500	a) Trwałe lub komutowane łącze telegraficzne; b) Trwałe lub komutowane łącze telefoniczne
	znak/sek	25	22 $\frac{2}{9}$	33 $\frac{1}{3}$	20	28 $\frac{4}{7}$	18 $\frac{2}{11}$	25	
600	znak/min	4500	4000	6000	3600	5142 $\frac{6}{7}$	3272 $\frac{8}{11}$	4500	Trwałe lub komutowane łącze telefoniczne
	znak/sek	75	66 $\frac{2}{3}$	100	60	85 $\frac{5}{7}$	54 $\frac{6}{11}$	75	
1200	znak/min	9000	8000	12000	7200	10295 $\frac{5}{7}$	6945 $\frac{5}{11}$	9000	Telefoniczne nowoczesne łącze komutowane wysokiej jakości lub telefoniczne łącze trwałe
	znak/sek	150	133 $\frac{1}{3}$	200	120	171 $\frac{2}{7}$	109 $\frac{1}{11}$	150	
2400	znak/min	18000	16000	24000	14400	20571 $\frac{3}{7}$	13090 $\frac{10}{11}$	18000	Telefoniczne łącze trwałe wysokiej jakości (niewykłuczona konieczność korekcji charakterystyk fazowych)
	znak/sek	300	266 $\frac{2}{3}$	400	240	342 $\frac{6}{7}$	218 $\frac{2}{11}$	300	
4800	znak/min	36000	32000	48000	28800	41142 $\frac{6}{7}$	26181 $\frac{9}{11}$	36000	Telefoniczne łącze trwałe wysokiej jakości o skorygowanych charakterystykach fazowych
	znak/sek	600	533 $\frac{1}{3}$	800	480	685 $\frac{5}{7}$	436 $\frac{4}{11}$	600	

x) W Polsce łącza takie nie występują.

rych zastosowanie systemu arytmicznego jest konieczne (na przykład przy przesyłaniu danych w relacjach międzynarodowych za pośrednictwem sieci teleksowej) lub przynajmniej uzasadnione (mniejszy koszt urządzeń nie mających skomplikowanych i często stosunkowo drogich układów synchronizacyjnych; nadawanie z klawiatury bez pamięci buforowej).

I tak na przykład, jeśli z założeń systemu teleinformatycznego wynika konieczność przesyłania danych z szybkością większą niż 150 znaków na sekundę przy zastosowaniu kodu 8-elementowego, to należy wybrać system transmisji danych pracujący z przepływnością binarną co najmniej 2400 bitów na sekundę i założyć korzystanie z trwałego łącza telefonicznego.

Ogólnie biorąc, teoretyczną szybkość transmisji wylicza się w zależności:

$$V_T = \frac{V_B \cdot 60}{N_R + D + N_Z} \quad [\text{znak/min.}],$$

gdzie:  $N_R$  - liczba elementów rozruchowych w jednym znaku w przypadku transmisji arytmicznej (w systemach synchronicznych  $N_R = 0$ );

$D$  - długość kodu;

$N_Z$  - liczba elementów zatrzymujących w jednym znaku w przypadku transmisji arytmicznej (w systemach synchronicznych  $N_Z = 0$ ).

Znamionowa szybkość transmisji jest parametrem cechującym konkretny system transmisji danych i odpowiada maksymalnej liczbie znaków, jakie można w tym systemie przesłać w jednostce czasu (z uwzględnieniem kodowego zabezpieczenia przed błędami), w założeniu zastosowania idealnego kanału telekomunikacyjnego, to znaczy kanału o zerowym czasie przejścia sygnału w pętli: nadajnik - odbiornik - nadajnik i nie wprowadzającego błędów.

W olbrzymiej większości przypadków znamionowa szybkość transmisji jest mniejsza od szybkości teoretycznej. W celu zabezpieczenia transmisji przed błędami do elementów sygnału będących nośnikami informacji (zwanymi elementami lub bitami informacyjnymi) dodaje się bowiem zazwyczaj elementy (lub inaczej bity) kontrolne, umożliwiające wykrywanie, a nawet niekiedy korygowanie błędów, oraz elementy (lub bity) służbowe, organizujące współpracę nadajnika z odbiornikiem.

W systemach transmisji danych informacje grupowane są w bloki. Elementy sygnału odpowiadające jednemu blokowi informacji stanowią jednostkę transmisyjną, często również zwaną blokiem. Blok taki zawiera pewną liczbę informacyjnych elementów sygnału ( $N_{EI}$ ) oraz również określoną liczbę elementów nieinformacyjnych, czyli nadmiarowych ( $N_{EN}$ ), wśród których znajdują się elementy kontrolne i służbowe. W szczególnych przypadkach blok może zawierać tylko jeden znak.

Jeśli bloki przekazywane są bezpośrednio jeden po drugim, to odpowiada idealnemu kanałowi telekomunikacyjnej-

mu, to łatwo zauważyć, że stosunek szybkości znamionowej do szybkości teoretycznej wynosi:

$$\frac{N_{EI}}{N_{EI} + N_{EN}}$$

Wygodnie jest niekiedy operować pojęciem współczynnika redukcji szybkości:

$$R_V = \frac{N_{EI}}{N_{EI} + N_{EN}},$$

który jest łatwo wyliczalny dla każdego systemu transmisji danych i stosowanie którego prowadzi do oczywistej zależności:

$$V_Z = R_V \cdot V_T :$$

słusznej w odniesieniu zarówno do systemów synchronicznych, jak i arytmicznych.

Szybkość znamionowa daje użytkownikowi możliwość oszacowania walorów systemu transmisji danych, szczególnie gdy dysponuje się informacjami o kilku systemach i gdy można przeprowadzić ich porównanie. Należy jednak podkreślić, że jest to parametr teoretyczny, obliczany w założeniu, że dysponuje się idealnym kanałem telekomunikacyjnym, który w praktyce mógłby oznaczać kanał o stosunkowo małej stopie błędów pierwotnych (rzędu  $1 \cdot 10^{-5}$ ). W rzeczywistości, projektant systemu teleinformatycznego musi się liczyć z koniecznością korzystania z kanałów również gor-

szej jakości, cechujących się stopą błędów zawartą w granicach od  $1 \cdot 10^{-4}$  do  $1 \cdot 10^{-2}$ . W takich też przypadkach znamionowa szybkość transmisji jest parametrem mało użytecznym i należy operować efektywną szybkością transmisji, która uwzględnia jakość kanału telekomunikacyjnego, a w szczególności stopę błędów pierwotnych i czas przejścia sygnału.

Ogólnie biorąc, efektywna szybkość transmisji określa liczbę znaków, jaką można przesłać w konkretnym systemie transmisji danych, to znaczy w systemie stosującym pewną szybkość modulacji (przepływność binarna) i określony system zabezpieczenia przed błędami, przy zastosowaniu rzeczywistego kanału telekomunikacyjnego.

#### 4. ZABEZPIECZENIE TRANSMISJI PRZED BŁĘDAMI

System zabezpieczenia transmisji przed błędami powinien być przeanalizowany przez użytkownika bardzo wnikliwie. Z jednej bowiem strony decyduje on o wynikowej stopie błędów, których mimo najlepszych środków zaradczych nie da się nigdy sprowadzić w praktyce do zera, z drugiej zaś - wpływa bezpośrednio na efektywną szybkość transmisji.

Nie zawsze wprawdzie użytkownik lub projektant systemu teleinformatycznego ma pełną swobodę wyboru metody zabezpieczenia przed błędami, zwanej inaczej metodą protekcji. Jeśli bowiem mamy do czynienia z przesyłaniem danych do (lub od) elektronicznej maszyny cyfrowej połączonej bezpośrednio ("on line") z łączem transmisji da-

nych poprzez multipleksor komunikacyjny, to z reguły metoda zabezpieczenia przed błędami narzucona jest przez samą maszynę. Często też sam kanał telekomunikacyjny (np. rodzaj łącza abonenckiego w sieci komutowanej) wprowadza pewne ograniczenia i uniemożliwia zastosowanie dowolnego systemu protekcji.

W wielu jednak przypadkach, szczególnie przy pracy "off line", użytkownik, któremu oferowane są bardzo różnorodne systemy transmisji danych, powinien zdawać sobie sprawę z podstawowych choćby kryteriów wyboru metody protekcji. W niniejszym artykule główny nacisk położono na zagadnienie efektywnej szybkości transmisji. Ponieważ jednak uzyskana w praktyce wynikowa szybkość przekazywania informacji nie jest jedynym kryterium wyboru systemu protekcji, warto przypomnieć i inne kryteria.

Ze względów praktycznych (z uwagi na powszechność zastosowań w systemach zdalnego przetwarzania danych) ograniczymy się do systemów korekcyjnych, to znaczy do systemów zapewniających nie tylko wykrywanie błędów, ale i automatyczną ich korekcję. Również ze względów praktycznych nie będziemy rozpatrywać systemów pracujących kodem korekcyjnym bez kanału powrotnego.

Biorąc pod uwagę strukturę informacji wyprowadzanej z odbiorczych urządzeń transmisji danych do końcowego aparatu odbiorczego (lub ogólniej - do ujścia danych), systemy transmisji danych dzielimy na:

- czysto wynikowe i
- anulacyjne.

W urządzeniach pierwszej grupy do odbiorczego aparatu końcowego wyprowadzane są tylko informacje bezbłędne, po ewentualnym skorygowaniu powstałych błędów. Informacja odebrana jest więc wierną (w stopniu odpowiadającym zdolności protekcyjnej systemu) kopią informacji nadanej, nie zawierającą przy tym żadnych dodatkowych symboli lub znaków pomocniczych. W urządzeniach drugiej grupy do ujścia dochodzą wszystkie te informacje, które są przekazywane łączem transmisji danych. Obok informacji bezbłędnych, będą to więc informacje obarczone błędami i anulowane w określony sposób. Różnicę między systemami tych dwóch kategorii, w założeniu przesyłania informacji blokami, ilustruje rys. 4.1. Jak wynika z tego rysunku, różnice te dotyczą wyłącznie stacji odbiorczej. Mianowicie w urządzeniu odbiorczym transmisji danych systemu czysto wynikowego musi znajdować się pamięć buforowa o pojemności nie mniejszej niż jeden blok, dzięki czemu każdy blok wpisywany do takiej pamięci może być zweryfikowany przed wyprowadzeniem go do ujścia. Pamięć ta, której koszt - szczególnie przy stosunkowo długich blokach - rzutuje niekiedy na całkowity koszt zestawu urządzeń, jest ceną, jaką się płaci za niewątpliwą zaletę systemów czysto wynikowych, którą jest "czysta" postać odebranej informacji, nie wymagająca dodatkowych procesów związanych z obróbką nośników informacji (np. przepisywanie taśm lub ich cięcie i montaż) lub z programowym zabezpieczeniem się przed błędnymi (anulowanymi) blokami.

W celu uniknięcia ewentualnych nieporozumień warto zaznaczyć, że w systemach teleinformatycznych "on line" urządzenia protekcji mogą nie występować jako bloki wydzielone konstrukcyjnie. Dotyczy to w szczególności stacji centralnej, wyposażonej w elektroniczną maszynę cyfrową. Często bowiem funkcje protekcji realizowane są w multipleksorze komunikacyjnym i w takim przypadku opisane wyżej różnice w strukturze strumienia odbieranej informacji występują w tzw. kanale multipleksowym maszyny, łączącym jednostkę centralną z multipleksorem. W pewnych przypadkach bezbłądność informacji kontrolowana jest tylko przez odpowiedni program maszyny, ale takich przypadków rozdział ten nie dotyczy.

Drugim podstawowym kryterium podziału systemów transmisji danych jest zasada zabezpieczenia przed błędami. Rozróżnia się dwie podstawowe metody:

- sprzężenie zwrotne informacji,
- sprzężenie zwrotne decyzji.

W każdym z tych dwóch przypadków obie współpracujące ze sobą stacje transmisji danych połączone są nie tylko kanałem docelowym, po którym przesyła się informacje (w kierunku: nadajnik-odbiornik), lecz także kanałem powrotnym, po którym przesyłane są sygnały pomocnicze (w kierunku: odbiornik-nadajnik), umożliwiające wykrycie (w systemach ze sprzężeniem zwrotnym informacji) lub skorygowanie (w systemach ze sprzężeniem zwrotnym decyzji) błędów.

Zasada pracy systemów ze sprzężeniem zwrotnym infor-



macji polega - ogólnie rzecz biorąc - na tym, że w stacji odbiorczej tworzy się pętla między kanałem docelowym i powrotnym, dzięki której odebrane sygnały (niezależnie od ich zarejestrowania w stacji odbiorczej) są kierowane z powrotem do nadajnika, gdzie są porównywane z zapisanymi w pamięci sygnałami nadanymi. Każda niezgodność między sygnałem nadanym po kanale docelowym (zarejestrowanym w pamięci nadawczej) i sygnałem odebranym z kanału powrotnego traktowana jest jako błąd.

W systemach ze sprzężeniem zwrotnym decyzji stosuje się z zasady kody detekcyjne, co umożliwia odbiorczym urządzeniom protekcji stwierdzenie bezbłądności odebranej informacji lub wykrycie błędu. Po odebraniu kolejnego fragmentu informacji (bloku), stacja odbiorcza wysyła po kanale powrotnym decyzję pozytywną lub negatywną. Pierwsza z nich kwituje bezbłądny odbiór informacji i jest dla stacji nadawczej nakazem dalszego nadawania. Druga decyzja oznacza błąd w odebranych bloku i jest nakazem powtórzenia.

W każdej z tych dwóch podstawowych grup systemów występuje bardzo wiele różnych wariantów. Spotyka się w praktyce bardzo wiele różnych metod kodowania sygnałów, najrozmaitsze algorytmy współpracy stacji nadawczej z odbiorczą. Wiele z tych odmian jest uzasadnionych, choćby przewidywanymi warunkami, w jakich ma odbywać się transmisja danych, to znaczy przewidywaną jakością telekomunikacyjnego łącza podkładowego (liczba i rozkład w czasie błędów pierwotnych). Należy jednak przestrzec przed tak zwanymi "uproszczonymi" metodami i urządzeniami-

mi protekcji, reklamowanymi przez producentów, niestety często w sposób nieodpowiedzialny. Jedyne podkreślony w takich przypadkach argument - stosunkowo niski koszt "uproszczonych" urządzeń - prowadzi z zasady w ogólnym bilansie ekonomicznym do znacznie większych nakładów finansowych z uwagi na duże zmniejszenie efektywnej szybkości transmisji, co powoduje istotny wzrost kosztów z tytułu długiego czasu zajętości łącza. Często też stwierdza się w takich przypadkach znacznie większą od dopuszczalnej, liczbę nie wykrytych błędów, co dezorganizuje system teleinformatyczny. Taki przypadek też daje się przeliczyć liczbowo w kategoriach zysków i strat finansowych. Nierzadkie zjawisko nałożenia się na siebie obu tych czynników (mała szybkość efektywna i zbyt duża stopa błędów nie wykrytych) prowadzić może w konsekwencji do uznania "uproszczonego" systemu transmisji danych za nieprzydatny w praktyce, w konsekwencji czego reklamowany niski koszt urządzeń przestaje mieć jakiegokolwiek znaczenie (patrz rozdz. 7).

Każdy z przypadków musi być rzecz jasna wnikliwie rozważony i przeanalizowany przez użytkownika w oparciu o informacje dostarczone przez zespół projektantów systemu teleinformatycznego. Kilka dalej podanych przykładów może pomóc w przeprowadzeniu analizy i ułatwić wybór najbardziej odpowiedniego systemu transmisji danych.

Na początek warto wymienić podstawowe zalety i wady systemów ze sprzężeniem zwrotnym informacji i ze sprzężeniem zwrotnym decyzji. W systemach pierwszej grupy po kanale powrotnym przesyłana jest w zasadzie taka sa-

ma informacja, jak po kanale docelowym. W związku z tym kanał powrotny powinien być co najmniej tej samej klasy, co kanał docelowy (szerokość, jakość). Informacja przesyłana w kanale powrotnym jest narażona na błędy w takim samym stopniu, jak informacja zasadnicza przekazywana w kanale docelowym. Błędy w kanale powrotnym, nie wpływające w istocie na jakość informacji zasadniczej, powodują jednakże procesy korekcyjne (np. niepotrzebne powtarzanie bezbłędnych informacji), co zmniejsza efektywną szybkość transmisji. Wreszcie, w systemach ze sprzężeniem zwrotnym informacji, nadajnik jest tym urządzeniem, które sprawdza bezbłądność przesłanej informacji, on decyduje o tym, czy można kontynuować transmisję czy też należy powtórzyć informację. Odbiornik jest zaś elementem nieaktywnym, dyrygowanym; nie mającym praktycznie żadnych możliwości zweryfikowania odbieranych sygnałów. Jeśli więc na drodze przesyłowej: nadajnik - odbiornik wystąpiłyby istotne zakłócenia, to istnieje niebezpieczeństwo, że odbiornik nie zrozumie poleceń wysyłanych przez nadajnik i będzie wyprowadzał do ujęcia danych błędne informacje, będące następstwem mocnego zakłóconego i zniekształconego sygnału lub - w krańcowym przypadku - następstwem samego tylko sygnału zakłócającego.

Do zalet systemów ze sprzężeniem zwrotnym informacji można natomiast zaliczyć:

- stosunkowo dużą efektywną szybkość transmisji, uzyskiwaną w przypadku zastosowania dwutorowego (od stacji

nadawczej do stacji odbiorczej) łącza wysokiej jakości;

- stosunkowo małą stopę błędów nie wykrytych przy łączu przeciętnej jakości.

W systemach ze sprzężeniem zwrotnym decyzji, po kanale powrotnym przesyłane są krótkie sygnały pomocnicze, dzięki czemu kanał powrotny może być znacznie węższy od kanału docelowego. Sygnały te, z uwagi na ich strukturę, są narażone w znacznie mniejszym stopniu na przekłamania niż sygnały w kanale docelowym, co zmniejsza prawdopodobieństwo niepotrzebnych powtórzeń. Wreszcie odbiornik jest w tych systemach elementem aktywnym, odpowiednio zaprogramowanym, on analizuje strukturę sygnału i podejmuje decyzje. Dzięki temu prawdopodobieństwo dezorganizowania pracy systemu jest bardzo małe, nawet przy bardzo niekorzystnych zakłóceniach. Innymi słowy, systemy ze sprzężeniem zwrotnym decyzji pozbawione są wad, które cechują systemy ze sprzężeniem zwrotnym informacji. Za jedyną zaś ich wadę można by uznać stosunkowo dużą liczbę nadmiarowych elementów sygnału dodawanych do elementów informacyjnych, czego konsekwencją jest zmniejszenie efektywnej szybkości transmisji w stosunku do szybkości teoretycznej w granicach 5-20%, nawet w przypadku bardzo dobrych telekomunikacyjnych kanałów podkładowych.

Z punktu widzenia algorytmu współpracy urządzeń nadawczych z urządzeniami odbiorczymi, uwarunkowanego rodzajem podkładowego łącza telekomunikacyjnego (najczę-

ściej abonenckiego) lub rodzajem modemu, systemy transmisji danych wykorzystujące kanał powrotny można podzielić na dwie grupy:

- 1) systemy bez możliwości jednoczesnej transmisji sygnałów w obu kanałach (docelowym i powrotnym),
- 2) systemy z możliwością jednoczesnej transmisji sygnałów w obu kanałach.

Na rysunkach 4.2 i 4.3 pokazano zasadę pracy takich systemów. Już tylko na podstawie pobieżnej obserwacji można stwierdzić istotny wpływ wzajemnej zależności kanału docelowego i powrotnego (jednoczesność lub niejednoczesność transmisji sygnałów) na efektywną szybkość transmisji, nawet przy kanałach nie wprowadzających błędów. Dokładniejsze omówienie tych zależności przeprowadzone w rozdz. 5. Warto jednak to zjawisko zasygnalizować również z okazji omawiania systemów protekcji, aby podkreślić fakt, że sposób zabezpieczenia transmisji przed błędami ma istotny wpływ nie tylko na stopę błędów nie wykrytych, lecz także na efektywną szybkość transmisji, a więc na ten parametr, który wielu użytkowników lub projektantom systemów teleinformatycznych kojarzy się wyłącznie z zastosowaną szybkością modulacji.

W klasycznych systemach pracujących na zasadzie sprzężenia zwrotnego informacji nie stosuje się w większości przypadków kodów nadmiarowych. Sam fakt porównywania całkowitego sygnału nadanego z sygnałem, który powraca do urządzenia nadawczego po kanale powrotnym jest stosunkowo dobrym zabezpieczeniem przed błędami. Przy założe-

niu błędów niezależnych (co wprawdzie ułatwia analizę matematyczną, ale rzadko ma pokrycie w rzeczywistości) prawdopodobieństwo nie wykrytego błędu równe jest iloczynowi prawdopodobieństwa błędu w kanale docelowym i prawdopodobieństwa błędu w kanale powrotnym. Jeśli parametry obu tych kanałów są do siebie zbliżone i jeśli prawdopodobieństwo przekłamania elementu sygnału w każdym z tych kanałów równe jest  $p$ , to elementowa stopa błędów nie wykrytych ( $P_E$ ) wyniesie:

$$P_E = p^2,$$

a znakowa stopa błędów nie wykrytych

$$P_Z = D \cdot p^2$$

(gdzie  $D$  jest długością zastosowanego kodu). W rzeczywistości stopa błędów nie wykrytych, czyli - jak to możemy inaczej - wynikowa stopa błędów jest o jeden do dwóch rzędów mniejsza.

W systemach ze sprzężeniem zwrotnym decyzji stosuje się w praktyce kilka reprezentatywnych metod kodowania. Najbardziej typowe z nich to:

- a) dodawanie do elementów informacyjnych każdego znaku jednego elementu parzystości<sup>x)</sup> (tzw. parzystość prosta);

---

<sup>x)</sup> Pod tym pojęciem rozumie się zarówno parzystość, jak i nieparzystość.

- b) dodawanie do elementów informacyjnych każdego znaku kilku elementów parzystości (tzw. parzystość złożona lub wielokrotna);
- c) łączenie pewnej liczby znaków w blok i dodawanie do każdego znaku jednego elementu parzystości, a ponadto do całego bloku - jednego znaku parzystości (tzw. parzystość poprzeczna i podłużna);
- d) łączenie pewnej liczby znaków w blok i dodawanie do bloku pewnej liczby elementów kontrolnych, zgodnie z zasadą tworzenia kodów cyklicznych.

Przy zastosowaniu parzystości prostej wykrywane są jedynie błędy nieparzyste (to znaczy 1, 3, 5, 7 ... elementów błędnych w znaku).

Przy zastosowaniu parzystości złożonej nie wykrywane są pewne konfiguracje błędów. Struktura błędów nie wykrywanych zależy od liczby i od zasady tworzenia elementów parzystości. I tak na przykład w angielskim systemie PT 600/1200 PT, produkowanym przez firmę Plessey Company, do każdego 7-elementowego znaku dodaje się aż 5 elementów parzystości według następującej zasady:

$$E_1 \oplus E_4 \oplus E_5 \oplus E_6 \oplus E_8 = 1,$$

$$E_1 \oplus E_2 \oplus E_5 \oplus E_7 \oplus E_9 = 1,$$

$$E_1 \oplus E_2 \oplus E_3 \oplus E_6 \oplus E_{10} = 1,$$

$$E_3 \oplus E_4 \oplus E_5 \oplus E_7 \oplus E_{11} = 1,$$

$$E_2 \oplus E_3 \oplus E_4 \oplus E_6 \oplus E_7 \oplus E_{12} = 1,$$

gdzie  $E_1 - E_7$  to elementy informacyjne, a  $E_8 - E_{12}$  to elementy nadmiarowe. W wyniku takiego kodowania niewykrywalnych jest:

- 5,45% błędów poczwórnych,
- 2,7% błędów sześciokrotnych,
- 2,8% błędów ośmiokrotnych,
- 9,1% błędów dziesięciokrotnych.

Należy zwrócić uwagę, że metoda kodowania zastosowana w systemie PT 600/1200 PT, podobnie jak każda analogiczna metoda, powoduje znaczne obniżenie znamionowej szybkości transmisji w stosunku do szybkości teoretycznej. Przy zastosowaniu szybkości modulacji 1200 bodów i kodu 7-elementowego otrzymujemy bowiem:

$$V_T = \frac{1200}{7} = 171 \text{ znaków na sekundę,}$$

$$V_Z = \frac{1200}{12} = 100 \text{ znaków na sekundę,}$$

$$\text{a więc: } R = \frac{V_Z}{V_T} = \frac{100}{171} = 0,585$$

Zasadę parzystości poprzecznej i podłużnej obrazuje rys. 4.4. Elementy parzystości tworzone są w taki sposób, aby dla każdego rzędu poziomego i pionowego suma modulo 2 wynosiła 1. Przy takim kodowaniu niewykrywalne są pewne konfiguracje błędów parzystych w bloku (rys. 4.5). Jak pokazuje doświadczenie, jest to jednak dość skuteczna metoda zabezpieczenia i stosowana jest w wielu urządzeniach transmisji danych, przeznaczonych do



współpracy "on line" z wielodostępnymi elektronicznymi maszynami cyfrowymi, szczególnie w tzw. teleinformatycznych systemach dialogowych (inaczej - konwersacyjnych).

Wreszcie kody cykliczne stosowane są w tych przypadkach, gdy stopa błędów pierwotnych jest względnie duża, a w szczególności, gdy błędy pierwotne układają się w serie błędów. Mechanizm tworzenia kodów cyklicznych jest następujący. Bity informacyjne, wchodzące w skład jednego bloku oraz ewentualne bity służbowe, których łączna liczba wynosi  $n$ , traktuje się jako wielomian  $(n-1)$ -go stopnia  $B(x)$  o współczynnikach odpowiednio 0 lub 1. Na przykład ciąg:

100110101100010101

zapisalibyśmy jako wielomian siedemnastego stopnia:

$$x^{17} + x^{14} + x^{13} + x^{11} + x^9 + x^8 + x^4 + x^2 + 1.$$

System protekcji cechuje się ściśle określonym wielomianem generacyjnym  $G(x)$  stopnia  $m$ , przy czym:  $m < n$ . Bity kontrolne stanowią resztę, będącą wynikiem podzielenia wielomianu  $B(x)$  przez wielomian  $G(x)$ . Tym samym reszta  $R(x)$  będzie również wielomianem, przy czym stopień tego wielomianu wynosi  $m-1$ , a zatem odpowiadający mu ciąg składa się z  $m$  bitów. W konsekwencji takiej operacji kodowania, realizowanej przez nadawcze urządzenie protekcji, w łącznie transmisji danych wysyłany jest blok zabezpieczony, składający się z wielomianu  $B(x)$  i reszty  $R(x)$ .

Odbiorcze urządzenie protekcji traktuje cały odebrany ciąg elementów (blok brutto) jako wielomian stopnia

$(n+m-1)$ -ge i dzieli go przez wielomian generacyjny  $G(x)$ . W przypadku braku błędów w bloku rezultatem dzielenia jest zero (dzielenie bez reszty). Każda reszta różna od zera oznacza błąd.

Kody cykliczne stanowią dość silne zabezpieczenie przed błędami. Zapewniają one wykrywanie wszystkich serii błędów o długości do  $m$  elementów oraz znaczną większość dłuższych serii.

Przykładem takiego kodowania może być system protekcji zalecany przez CCITT dla średnich szybkości transmisji. Ma on następujące cechy:

struktura bloku: liczba elementów służbowych - 4  
 liczba elementów informacyjnych -  
 -  $240^x$ )  
 liczba elementów nadmiarowych - 16

wielomian generacyjny:  $X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$ .

Wydaje się celowe, aby podsumowanie niniejszego rozdziału przedstawić w postaci zasad, jakimi powinien kierować się użytkownik lub projektant systemu teleinformatycznego przy wyborze systemu zabezpieczenia transmisji przed błędami.

1. Z dużą rozwagą i ostrożnością należy podchodzić do często reklamowanych, tak zwanych "uproszczonych" urządzeń transmisji danych, uwzględniając w bilansie ekonomicznym wszystkie podstawowe czynniki (to znaczy poza

---

<sup>x</sup>) Przewiduje się także dłuższe bloki zawierające 480 lub 960 elementów informacyjnych.

stosunkowo niską ceną urządzeń, także stopień zabezpieczenia przed błędami, efektywną szybkość transmisji i koszty związane z eksploatacją).

2. Pamiętając, że głównym źródłem błędów jest człowiek i końcowe aparaty elektromechaniczne transmisji danych, nie należy stawiać wygórowanych wymagań metodom protekcji, wiedząc że nieuzasadniona rozbudowa systemu zabezpieczenia przed błędami wpływa na koszt urządzeń i na efektywną szybkość transmisji.

3. W większości przypadków przy wyborze systemu protekcji należy uwzględnić nie tylko stopę, ale i rozkład błędów pierwotnych.

4. Pamiętając, że system protekcji ma bezpośredni wpływ nie tylko na stopę błędów nie wykrytych, lecz również i na efektywną szybkość transmisji, należy wnikliwie przeanalizować nie tylko zasadę kodowania, lecz także algorytm współpracy urządzeń nadawczych i odbiorczych, uwzględniając strukturę i jakość łącza podkładowego.

## 5. EFEKTYWNA SZYBKOŚĆ TRANSMISJI

Efektywna szybkość transmisji, to znaczy liczba znaków przekazywanych w jednostce czasu w warunkach rzeczywistych, zależy od:

- znamionowej szybkości transmisji,
- algorytmu pracy systemu protekcji,
- od stopy i rozkładu błędów pierwotnych,

- (niekiedy) od długości łącza, a ściślej od czasu przejścia sygnału przez łącze.

Przeprowadzenie dokładnej, kompleksowej analizy i opracowanie uniwersalnej recepty, umożliwiającej przeprowadzenie oceny każdego typowego systemu we wszystkich możliwych przypadkach, znacznie wykracza poza ramy niniejszego artykułu. Ograniczono się więc do pokazania kilku przykładów, umożliwiających opanowanie metody, którą można się posługiwać w praktyce.

Wprowadźmy pojęcie znamionowej sprawności systemu transmisji danych, będącej stosunkiem szybkości efektywnej do szybkości znamionowej:

$$\eta_1 = \frac{V_E}{V_Z} \cdot 100 [\%]$$

Rozpatrzmy na początek związek między sprawnością  $\eta_1$ , algorytmem współpracy systemu protekcji i długością łącza, przy założeniu łącza bezbłędnego. Załóżmy też dla uproszczenia rachunku, że decyzja (rys. 4.3) jest nieskończenie krótka, to znaczy że  $T_Z = 0$ , i pomińmy bezwładność elektronicznych układów kodujących i dekodujących. Zważywszy (choćby na podstawie rys. 4.2 i 4.3), że stosunek czasu przejścia sygnału w pętli

nadajnik - odbiornik - nadajnik

do czasu nadawania jednego bloku może mieć istotny wpływ na sprawność, wprowadźmy pojęcie czasu zredukowanego  $t_r$ :

$$t_r = \frac{T_D + T_P}{F_B}$$

Stosując powyższe założenia do systemów pracujących według algorytmów, pokazanych na rys. 4.2 i 4.3, otrzymamy charakterystyki zgodnie z rys. 5.1. Na ich podstawie można dojść do oczywistego wniosku, że struktura łącza, uniemożliwiająca jednoczesną transmisję sygnałów w kanale docelowym i powrotnym, jest zdecydowanie niekorzystna, gdyż prowadzi do znacznego zmniejszenia szybkości transmisji (charakterystyki 1 i 3). Często jednak niejednoczesność transmisji sygnałów w obu tych kanałach nie wynika ze struktury łącza, lecz jest narzucona przez projektanta "uproszczonych" urządzeń transmisji danych. W stosunku do pełnosprawnych systemów, odpowiadających rysunkom 4.2.b i 4.3.b, "uproszczenie" to polega na tym, że:

- a) zmniejsza się pojemność pamięci w urządzeniu nadawczym do jednego bloku (system wg rys. 4.3.a),
- b) upraszcza się system numeracji bloków, a ściślej nie stosuje się w ogóle takiej numeracji,
- c) zmniejsza się pojemność pamięci w urządzeniu odbiorczym do jednego bloku (system wg rys. 4.2.a).

Cena, jaką się płaci za takie uproszczenia jest oczywiście - zmniejsza się radykalnie szybkość transmisji, nawet przy łączu nie wprowadzającym błędów.

Co więcej, tendencja "upraszczania" systemów transmi-

sji danych idzie w kierunku stosowania bardzo krótkich bloków, w przypadkach krańcowych - odpowiadających pojedynczym znakom. Prowadzi to bowiem do dalszego zmniejszenia pamięci zainstalowanych w urządzeniach protekcji. Przy stałej, dla danego łącza, wartości czasów  $T_D$  i  $T_P$  oznacza to przesuwanie się po charakterystykach 1 i 3 z rys. 5.1, w kierunku dużych wartości  $t_r$ , to znaczy obniżanie efektywnej szybkości transmisji do 20-30% szybkości znamionowej. Innymi słowy, stosując niewłaściwie "uproszczony" na przykład 600-bodowy system transmisji danych, uzyskuje się efektywną szybkość transmisji zbliżoną do szybkości, jaką zapewnia poprawnie zaprojektowany system 200-bodowy.

Powyższe stwierdzenia dotyczą sprawności  $\eta_1$ , to znaczy efektu zmniejszenia szybkości transmisji w stosunku do szybkości znamionowej  $V_Z$ . Pełniejszą ocenę systemu transmisji danych uzyskuje się przez porównanie efektywnej szybkości transmisji z szybkością teoretyczną  $V_T$ . Przez analogię do sprawności znamionowej  $\eta_1$ , można by wprowadzić pojęcie sprawności teoretycznej  $\eta_2$ , odpowiadające stosunkowi szybkości efektywnej  $V_E$  do szybkości teoretycznej  $V_T$ . Sprawność teoretyczna wyrażałaby się zależnością:

$$\eta_2 = \frac{V_E}{V_T} = \frac{V_E}{V_Z} \cdot \frac{V_Z}{V_T} = \eta_1 \cdot R_V [\%]^x)$$

---

x)  $R_V$  - patrz rōdz. 3.

W konsekwencji można by skonstruować całą rodzinę charakterystyk  $\eta_2 = f(t_r)$  dla konkretnych systemów transmisji danych. Ponieważ jednak współczynnik  $R_V$  jest wartością stałą dla konkretnego systemu, bardziej celowe jest rozpatrzenie kilku wybranych przykładów.

Zacznijmy znów od tzw. systemów "uproszczonych". Często słyszy się o prostych metodach zabezpieczenia transmisji przed błędami, polegających na dwu, trzy, n-krotnym przekazywaniu tego samego znaku, co umożliwia urządzeniom odbiorczym wykrycie, a niekiedy nawet skorygowanie błędów o określonych strukturach. Systemy takie należałoby zaliczyć do systemów ze sprzężeniem zwrotnym decyzji.

**P r z y k ł a d 1.** Przy dwukrotnym przekazywaniu znaku (z zastosowaniem inwersji - co umożliwia skorygowanie przez odbiornik pojedynczych błędów, lub bez inwersji - co umożliwia wykrycie wszystkich błędów nieparzystych i niektórych parzystych) uzyskuje się współczynnik  $R_V = 0,5$ . W połączeniu z algorytmem pracy również "uproszczonym" daje to następujące wartości  $\eta_2$ :

przy $t_r = 1$	$\eta_{2max} = 25\%$
przy $t_r = 1,5$	$\eta_{2max} = 20\%$
przy $t_r = 3$	$\eta_{2max} = 12,5\%$

**P r z y k ł a d 2.** Przy trzykrotnym powtarzaniu znaku (co daje możliwość korekcji błędów na przykład na zasadzie "dwa z trzech", lub stosunkowo pewnej detekcji błędów) współczynnik  $R_V$  wynosi  $1/3$ . Tym samym wartości

$\eta_{2\max}$  wypadają odpowiednio mniejsze niż w przykładzie 1.

**P r z y k ł a d 3.** Przy czterokrotnym powtarzaniu znaku (co daje możliwość stosunkowo pewnej korekcji błędów na przykład na zasadzie "trzy z czterech" lub bardzo pewnej detekcji błędów) otrzymujemy  $R_V = 0,25$ , co prowadzi do wartości  $\eta_{2\max}$  dwa razy mniejszych w stosunku do podanych w przykładzie 1.

**P r z y k ł a d 4.** W pierwszych modelach systemu DATELEKS (UTD 113), opracowanego w Wielkopolskich Zakładach Teletechnicznych "Teletra" w Poznaniu, zastosowano bloki o długości 30 bitów, w tym 25 bitów informacyjnych (5 znaków 5-elementowych) i 5 bitów parzystości złożonej. Współczynnik  $R_V$  dla tego systemu wynosi więc  $5/6$  (tzn. około 0,83). Przy pracy w łączu jednotorowym powinien być przyjęty algorytm według rys. 4.3.a, w związku z czym otrzymuje się:

$$\text{przy } t_r = 0,5 \quad \eta_{2\max} = 55,5\%$$

$$\text{przy } t_r = 1,0 \quad \eta_{2\max} = 41,6\%$$

Warto dla porównania przytoczyć przykłady odpowiadające typowym systemom transmisji danych:

**P r z y k ł a d 5.** System ze sprzężeniem zwrotnym informacji cechuje się współczynnikiem  $R_V$  równym 1, co w przypadku łącza dwutorowego (charakterystyka 2 z rys. 5.1) prowadzi do wartości  $\eta_{2\max} = 100\%$ .

**P r z y k ł a d 6.** System PT 600/1200 PT angielskiej firmy Plessey stosuje bloki o długości jednego zna-



ku. Znak taki składa się z 7 bitów informacyjnych i 5 kontrolnych. Współczynnik  $R_V$  wynosi zatem  $7/12$  (około 0,58). Ponieważ w systemie zastosowano sprzężenie zwrotne decyzji i algorytm wg rys. 4.3.b (charakterystyka 4 na rys. 5.1), sprawność  $\eta_{2max}$  wynosi około 58%.

**P r z y k ł a d 7.** System protekcji według Zalecenia V.41 CCITT cechuje się współczynnikiem  $R_V$  około 0,92, co w korelacji z charakterystyką 4 z rys. 5.1 prowadzi do  $\eta_{2max} \cong 92\%$ .

Powyższe rozważania dotyczyły łączy wyidealizowanych, to znaczy nie wprowadzających błędów. Błędy pierwotne występujące w każdym łączy rzeczywistym powodują zmniejszenie efektywnej szybkości transmisji. W systemach transmisji danych stosujących sprzężenie zwrotne informacji lub decyzji, konsekwencją błędu jest bowiem chwilowe wstrzymanie transmisji i powtórzenie określonej liczby bloków. Czas odpowiadający procesowi powtórzenia jest - z punktu widzenia przesyłania informacji - czasem jałowym. Jest rzeczą oczywistą, że im częściej będą powtarzane bloki, tym mniejsza będzie efektywna szybkość transmisji.

Podstawowym parametrem, charakteryzującym łączy telekomunikacyjne przeznaczone do transmisji danych, jest elementowa stopa błędów pierwotnych, która - przy zachowaniu pewnych warunków - odpowiada prawdopodobieństwu błędnego elementu. Przy względnie małych wartościach elementowej stopy błędów (rzędu  $1 \cdot 10^{-5}$ ), rozkład tych błędów w czasie ma niewielki wpływ na efektywną szybkość

transmisji. Jednakże dla łączy charakteryzujących się dużą stopą błędów (w granicach  $1 \cdot 10^{-3}$  -  $1 \cdot 10^{-2}$ ), rozkład błędów w funkcji czasu ma podstawowe znaczenie. W takich też przypadkach podstawą wyboru właściwego systemu protekcji jest tzw. model matematyczny błędów, to znaczy funkcja rozkładu błędów w czasie, wyznaczana statystycznie na podstawie odpowiednio dużej liczby pomiarów analitycznych.

Wśród stosowanych obecnie na świecie systemów protekcji przeważają zdecydowanie systemy stosujące sprzężenie zwrotne decyzji i pracujące według algorytmu podanego na rys. 4.3<sub>a</sub>,b. Dotyczy to urządzeń transmisji danych współpracujących z elektronicznymi maszynami cyfrowymi zarówno w systemie "off line", jak i "on line" - o ile w tych ostatnich nie zastąpiono urządzeń protekcji programowym (software) zabezpieczeniem przed błędami. Skoncentrujmy zatem uwagę na tych właśnie systemach transmisji danych.

Rozpatrzmy system protekcji zbliżony do systemu określonego w Zaleceniu V.41 CCITT. W systemie tym stosuje się tryb blokowy cyklu adresowania bloków (A, B, C). Konsekwencją wykrycia błędu w bloku o numerze kolejnym "n" jest powtórzenie dwóch bloków o numerach "n" i "n+1". Dla uproszczenia rachunku założymy bloki 250-bitowe.

Na rysunku 5.2 pokazano wpływ rozkładu błędów pierwotnych na efektywną szybkość transmisji przy założeniu, że elementowa stopa błędów wynosi  $1 \cdot 10^{-3}$  (jeden element błędny na 1000 elementów przesłanych). W rozpatrywanym wycinku czasu  $\Delta T$  mieści się 17 bloków. Tyle różnych blo-

ków można by przekazać w czasie  $\Delta T$ , gdyby łącze nie wprowadzało błędów; tym samym ta liczba bloków byłaby miarą szybkości znamionowej.

Rysunek 5.2.a pokazuje skutek równomiernego rozkładu błędów występujących w liczbie odpowiadającej założonej stopie błędów  $1 \cdot 10^{-3}$ . W konsekwencji obarczenia błędem każdego co czwartego bloku i częstych procesów powtarzania, w czasie  $\Delta T$  przekazanych zostało tylko 9 zamiast 17 różnych bloków, co prowadzi do sprawności  $\eta_1 \cong 53\%$ .

W przypadku grupowania się błędów (rys. 5.3.b i c) liczba powtórzeń jest mniejsza, w związku z czym liczba efektywnie przesłanych bloków wzrasta do 13 (rys. 5.3.b), a nawet do 15 bloków (rys. 5.3.c), a tym samym sprawność  $\eta_1$  wzrasta odpowiednio do około 76% i około 88%.

Do modelu błędów powinna być dobrana liczba i struktura elementów kontrolnych w taki sposób, aby prawdopodobieństwo nie wykrytego błędu było jak najmniejsze. W praktyce mamy do czynienia z kilkoma reprezentatywnymi typami łącz telekomunikacyjnych, charakteryzującymi się kilkoma typowymi modelami błędów pierwotnych. Dla tych łącz i dla tych modeli zostały opracowane pewne metody kodowania, bliskie optymalnym i ze względów praktycznych (unifikacja urządzeń, minimalizacja liczby różnych systemów) nie należy prowadzić wnikliwej analizy dla każdego konkretnego przypadku, lecz dążyć do zastosowania jednej z tych metod.

Większą swobodę ma projektant i użytkownik systemu teleinformatycznego w zakresie wyboru długości bloku. Tym bardziej, że istnieją urządzenia transmisji danych,

w których długość bloku może być zmieniana bądź ręcznie przez operatora (np. w systemie według Zalecenia V.41 CCITT przewidziane są trzy długości bloków: 260, 500, 980 bitów), bądź automatycznie w zależności od częstości powtórzeń.

Istotny wpływ długości bloku na efektywną szybkość transmisji wynika z rys. 5.3. Zakładając taką samą stopę i rozkład błędów pierwotnych, jak przyjęto dla rys. 5.2.a, można w przypadku krańcowym (przy zbyt długich blokach) całkowicie uniemożliwić transmisję danych, chociaż to samo łącze może zapewnić względnie dużą efektywną szybkość transmisji w przypadku bloków o właściwie dobranej długości. Jak bowiem wynika z rys. 5.3.a, w przypadku zastosowania bloków 500-bitowych, blok nr 1 będzie systematycznie obarczany błędem i proces transmisyjny sprowadzi się do systematycznego powtarzania pierwszej pary bloków. W efekcie więc, w czasie  $\Delta T$  urządzenie odbiorcze nie zaakceptuje ani jednego bloku i sprawność  $\eta_1$  będzie równa zero. Już jednak przy blokach 125-bitowych, mimo takiej samej liczby i rozkładu błędów, w czasie  $\Delta T$  zostaną przekazane bezbłędnie 24 bloki, co odpowiada sprawności  $\eta_1$  równej 75%.

Ogólnie biorąc dla systemów transmisji danych, stosujących sprzężenie zwrotne decyzji i zasadę jednoczesnej transmisji sygnałów w kanale docelowym i powrotnym, obowiązuje (przy pewnych założeniach upraszczających, nie wpływających w dostrzegalny sposób na efekt liczbowy) zależność:

$$\eta_1 = 1 - n_B \cdot p \cdot D_B,$$

gdzie:  $n_B$  - oznacza liczbę bloków powtarzanych w następstwie wykrycia błędu,

$p$  - oznacza elementową stopę błędów przy założeniu równomiernego ich rozkładu,

$D_B$  - oznacza długość bloku wyrażoną w bitach.

Wynikające z tej zależności charakterystyki pokazane na rys. 5.4 dla bloków o czterech długościach: 50, 100, 250 i 500 bitów (linie ciągłe). Pozornie oczywisty wniosek, jaki można by wyciągnąć z tych charakterystyk, a mianowicie - celowość stosowania jak najkrótszych bloków - jest niesłuszny, a to z dwóch powodów.

Po pierwsze istnieje jednoznaczna zależność między minimalną długością bloku, czasem przejścia sygnału w pętli: nadajnik-odbiornik-nadajnik i liczbą bloków powtarzanych po wykryciu błędu. Skrócenie bloku poniżej wartości  $D_{B_{\min}}$ , wynikającej z tej zależności, wymaga zwiększenia liczby powtarzanych bloków ( $n_B$ ), co powoduje skokowe zmniejszenie  $\eta_1$ .

Po drugie, blok musi zawierać pewną liczbę elementów nadmiarowych ( $N_{EN}$ ), nie będących nośnikami informacji. Skracanie bloku przy zachowaniu pewnej stałej wartości  $N_{EN}$  powoduje zmniejszenie współczynnika redukcji szybkości  $R_y$ , co odbija się bezpośrednio na znamionowej szybkości transmisji, a w konsekwencji na szybkości efektywnej. Pokazano to na rys. 5.4 w postaci charakte-

rystyk  $\eta_2$  (linie przerywane), przy założeniu  $N_{EN} = 20$ . Charakterystyki te wynikają z ogólnej zależności:

$$\eta_2 = (1 - n_B \cdot p \cdot D_B) \cdot \left(1 - \frac{N_{EN}}{D_B}\right) = \eta_1 \cdot \left(1 - \frac{N_{EN}}{D_B}\right).$$

Jak łatwo można wywnioskować z tych charakterystyk, dla określonego algorytmu pracy systemu transmisji danych ( $N_{EN} = \text{const.}$ ,  $n_B = \text{const.}$ ) oraz dla danych warunków transmisyjnych ( $p = \text{const.}$ ) istnieje długość bloku  $D_B$  optymalna z punktu widzenia sprawności teoretycznej  $\eta_2$ . Zilustrowano to na rys. 5.5 przy założeniu  $n_B = 2$ ,  $N_{EN} = 20$  dla trzech wartości  $p = 1 \cdot 10^{-3}$ ,  $5 \cdot 10^{-4}$  i  $1 \cdot 10^{-4}$ . Jak wynika z tego rysunku, optymalne długości bloków wynoszą odpowiednio: około 110, około 150 i około 350 bitów. Wychodząc z wyżej podanego wzoru dla  $\eta_2$ , można by wyznaczyć całe rodziny charakterystyk, uwzględniając również zmiany wartości  $n_B$  i  $N_{EN}$ .

Należy podkreślić, że w rzeczywistych łączach telekomunikacyjnych, szczególnie w łączach komutowanych, równomierny rozkład błędów jest bardzo mało prawdopodobny. Wyznaczenie optymalnej długości bloku wymaga więc bardziej skomplikowanej analizy matematycznej.

## 6. EKONOMICZNE KRYTERIA WYBORU

Dotychczas zajmowaliśmy się cechami systemów i urządzeń TD, które można określić jako funkcjonalne. Obecnie zwrócimy uwagę na niektóre ogólne zagadnienia ekonomiczne i pominięte dotychczas cechy użytkowe, ściśle z nimi związane.

Należy zaznaczyć na wstępie, że wiele cech urządzeń i sposobów ich wykorzystywania nie może być (w każdym razie w sposób ogólny) warunkowanych względami ekonomicznymi. Cechy te trzeba wyraźnie z dyskusji tej wyłączyć. Ponieważ szczególne założenia każdego problemu prowadzić będą do różnych decyzji w tym względzie, przedstawimy tu tylko dwa przykłady ilustrujące zagadnienie.

**S t o p a b ł ę d ó w .** Ponieważ gwarantowanie nieprzekroczenia z góry założonej stopy błędów prowadzić może do realizacji bardzo kosztownej (koszt urządzeń, dzierżawa kanałów o specjalnej jakości itp.), celowe jest niekiedy określenie kosztów związanych z korygowaniem błędów poza łączem TD. Rozpatrzeć wtedy należy różne pętle sprzężenia, w których decyzje o fałszywości danych pochodzić będą bądź z etapu kontroli wstępnej przed przetwarzaniem, bądź będą przez odpowiednią konstrukcję programu sygnalizowane w czasie przetwarzania, lub wreszcie weryfikacji podlegać będzie wynik przetwarzania lub jego konsekwencje.

W wielu przypadkach rozważania takie będą zbyt złożone, a koszty trudne do uchwycenia. W wielu przypadkach błąd nie może być w ogóle kwalifikowany ekonomicznie (np. sterowanie ruchem pociągów, niektóre systemy obronne itp.). Niezbędne będzie wtedy ekonomiczne rozpatrywanie alternatywnych realizacji przy stałym i wspólnym dla nich warunku dopuszczalnej stopy błędów.

**R o d z a j i ą c z y .** Praktycznie względy pozaekonomiczne decydować mogą przy podejmowaniu decyzji o

wyborze między łączami telefonicznymi komutowanymi i niekomutowanymi. Zasadniczym czynnikiem (poza jakością kanałów) będzie tu wymagana dyspozycyjność łącza TD. Postawienie przed systemem warunku pracy w czasie realnym wykluczy możliwość wykorzystania łączy komutowanych, nawet gdyby to było z innych względów dopuszczalne (np. systemy sygnalizacji awarii, zagrożenia obszaru kraju z powietrza wymagają stosowania łączy trwałych mimo minimalnego stopnia wykorzystania czasu na transmisję).

W innych przypadkach o wyborze łączy decydować będzie na przykład szybkość transmisji - praca z szybkością 2400 bit/s w interesującej relacji może być z racji odległości lub rozrzutu parametrów łączy realizowalna tylko na łączu trwałym, indywidualnie korygowanym.

Również tylko na łączach trwałych mogą pracować (on-line) łańcuchy równoległe połączonych stacji wywoływanych lub wybieranych adresowo (polling-selecting).

Dalsze ekonomiczne aspekty zagadnień projektowych ściśle zależą od zasad wyboru rodzaju łączy. Tam też poczynione będą uwagi o wpływie ceny urządzeń i efektywnej szybkości transmisji na ekonomikę eksploatacji.

#### Koszty eksploatacji łącza transmisji danych

Na koszty eksploatacji łącza TD wpływać będą następujące czynniki:

- a) koszt urządzeń stacji (przy pracy on-line także odpowiednia część kosztu wyposażenia komunikacyjnego EMC),



- b) koszty konserwacji i napraw,
- c) koszt obsługi,
- d) opłaty za połączenia (łącza),
- e) okres amortyzacji urządzeń.

Aktualna sytuacja TD w kraju nie pozwala na określenie składników według punktów a, b, c i e na podstawie obowiązujących cenników, taryf i norm z powodu braku tychże. Projektant skazany jest na konieczność opierania się na indywidualnych ofertach (a), samodzielnego wyznaczania kosztów i okresu amortyzacji, określając organizację i środki utrzymania urządzeń TD. Sytuacja ta ulegnie poprawie w momencie uruchomienia produkcji zróżnicowanych urządzeń TD dla krajowych systemów komputerowych i powołania służb TD w resorcie łączności.

Bardzo istotny składnik kosztów - opłaty za połączenia, jest za to w pełni uchwytny (Taryfa telefoniczna i telegraficzna). Stosunkowo wysoki udział opłat za połączenia w całości kosztów eksploatacji urządzeń TD i zróżnicowanie tych opłat w funkcji sposobów eksploatacji poważnie rzuca na decyzje projektowe.

Na podstawie obowiązujących taryf zestawiono wykresy podane na rys. 6.1, 6.2, 6.3 i 6.4. Wykresy te podają zależność miesięcznych opłat za łącza (połączenia) od czasu wykorzystania rodzaju łącza i jego długości. Na każdym wykresie naniesiono wartości opłat dla dwu porównywanych rodzajów łączy (dzierżawione-komutowane lub seansowe). Pozwala to na natychmiastową ocenę opłacalności, w danych warunkach, konkretnego rodzaju łącza.

W wykresach nie uwzględniono w ogóle połączeń między-miastowych realizowanych ręcznie; jedynie na wykresie z rys. 6.4 linie kosztu połączeń seansowych są identyczne z liniami kosztów ręcznych połączeń błyskawicznych. Projektowanie łączy TD na innego typu połączeniach ręcznie zestawionych nie będzie bowiem praktycznie realne z racji choćby:

- długiego czasu oczekiwania (niejednokrotnie do kilku godzin),
- błędów seryjnych i rozłączeń powodowanych przez telefonistki.

W wykresach nie uwzględniono wszystkich pozycji taryf, zbyt zaciemniłoby to istotny charakter zależności, jednak w czasie projektowania niezbędnym jest opieranie się na pełnych tabelach opłat.

## 7. KRYTERIA WYBORU RODZAJU ŁĄCZY

### 7.1. Transmisja danych po łączach telegraficznych (50 bodów)

Wyberu rodzaju łącza można dokonać uwzględniając:

- a) relacje, w jakich stacja ma pracować,
- b) proporcje przewidywanych opłat taryfowych dla różnych realizacji łączy,
- c) wymagania odnośnie jakości transmisji.

Dyskusję prowadzić można na podstawie wykresu z rys. 6.1 i poniższej tablicy.

T a b l i c a 7.1

## Stopa błędów łączy telegraficznych

Rodzaj łączy	Stopa błędów		Liczba przerw 300 ms na godzinę
	wg DBP (NRF)	wg pomiarów krajowych	
Trwałe, naturalne	$1-10 \cdot 10^{-6}$	przeciętnie ( $10^{-4}$ )	(1.5)
Trwałe, tg wielokrotnej		$2-20 \cdot 10^{-5}$	0.5
Komutowane (teleks)	$2-4 \cdot 10^{-5}$	$1-5 \cdot 10^{-4}$	0,7 - 5

U w a g a . Dane wg pomiarów w kraju ujęte w nawiasy nie dotyczą ściśle omawianego typu łączy, lecz łączy wraz z translacją wybieraka wstępnego centrali automatycznej; ich wartości są więc większe niż te, których należy oczekiwać w tym przypadku.

Szczegółowe informacje o własnościach krajowej sieci telegraficznej podano w [3].

Poniżej zostanie omówionych kilka typowych przypadków, dla których należy dokonać wyboru rodzaju łączy dla transmisji danych:

1. Współpraca dwu stacji o stałej lokalizacji, w ramach zasięgu jednej centrali teleksowej

- z uwagi na strukturę opłat stałych za doprowadzenia stacji do centrali, zawsze opłacalna będzie dzierżawa łącza (linie opłat za połączenia komutowane miejscowe nie przecinają linii opłat za dzierżawę - rys. 6.1).

## 2. Współpraca dwu stacji o stałej lokalizacji w zasięgu różnych central teleksowych

- wyboru rodzaju łącza należy dokonać w zależności od czasu transmisji; dla wartości czasu transmisji na linii opłat (rys. 6.1), za odpowiednie łącze dzierżawione, wypadającej po prawej stronie i poniżej linii opłat za połączenie komutowane, bardziej opłacalne jest dzierżawienie łącza. Ponieważ dzierżawa łącza o zasięgu 500 km jest już opłacalna od 100 godzin pracy miesięcznie (a krótszych przy jeszcze mniejszym ich wykorzystaniu), można stwierdzić, że praktycznie z reguły dzierżawa będzie tu opłacalna, zapewni ponadto wyższą jakość transmisji i pełną dyspozycyjność.

## 3. Praca stacji z kilkoma stacjami różnie zlokalizowanymi. Przypadek ten zilustrujemy prostym przykładem:

Lokalizacja stacji jest na rys. 7.1. Czasy współpracy stacji są następujące:

- A  $\rightleftarrows$  B - 200 h/miesiąc  
 A  $\rightleftarrows$  C - 100 h/miesiąc  
 B  $\rightleftarrows$  C - nie współpracują.

W poniższej tabelce zestawimy możliwe warianty połączeń i wysokości opłat miesięcznych

Relacja	Łącze		
	dzierżawione	komutowane	
A - B	900.-	6.900.-	
A - C	15.000.-	18.450.-	
	21.900.-	15.900.-	
		25.350	
			19.350.-

Najbardziej opłacalna jest więc dzierżawa łączy w obu relacjach i przełączanie w stacji A, szczególnie, że następną z kolei możliwość - dzierżawa łączy A - B i łączy komutowane; A - C wymaga pełnego przestrzegania regulaminu stacji teleksowych zarówno w A, jak i C (stacje TD nie muszą mieć dalekopisów ze znamiennikami, pracując na łączy dzierżawionych, natomiast jest to bezwzględnie konieczne przy pracy w sieci komutowanej).

Sytuacja z powyższego przykładu ulegnie radykalnej zmianie, jeżeli stacja A ma pracować z na przykład 4 stacjami w obrębie centrali 2, przez łączny czas 100 h/miesiące. Dzierżawa 4 łączy A-C<sub>1,2,3,4</sub> kosztować będzie wtedy 60000 zł miesięcznie, a połączenia komutowane nadal 18450 zł, i ewentualne wyposażenie stacji teleksowych szybko się zamortyzuje. Stosowanie własnej komutacji w obszarze 2 i jednego łączy dzierżawionego nie będzie opłacalne, bowiem koszt dzierżawy za łączy wykorzystywane wielokrotnie jest taryfowo wyższy o 37%.

Przy wyborze typu urządzenia do pracy na łączach telegraficznych o ściśle limitowanej szybkości transmisji należy zwrócić uwagę na efektywną szybkość transmisji, jaką może ono zapewnić. Zagadnienie to zilustrowane zostało na rys. 7.2 łącznie z wpływem ceny urządzeń TD na ogólny koszt eksploatacji w sieci teleksowej. Dla większej przejrzystości zależności te przedstawiono w stosunku do kosztów transmisji teleksowej takich samych ilości informacji. Wykres został sporządzony w oparciu o opłaty taryfowe za łącza i konserwację urządzeń stacji teleksowej; założenie kosztów obsługi w wysokości 2000 zł miesięcznie w przeliczeniu na 8 godzin na dobę; okres amortyzacji urządzeń - 6 lat; koszt konserwacji urządzeń TD równy 50% odpisów amortyzacyjnych. Z wykresu tego wyraźnie widać, jak, przy dużym stopniu wykorzystania stacji, dominujący wpływ ma efektywna szybkość transmisji i jak ten parametr jest istotniejszy od ceny urządzeń. Podobnie silnych zależności nie dostrzeżemy ani w warunkach eksploatacji urządzeń TD na łączach telegraficznych dzierżawionych - gdzie koszty opłat za połączenia będą stałe, ani przy pracy na łączach telefonicznych - gdzie szybkość transmisji nie jest w podobnym sensie ograniczona (np. zamiast pracować z szybkością znamionową 600 bodów i szybkością efektywną równą 50% tej poprzedniej, można pracować z szybkością 1200 bodów i uzyskać szybkość efektywną 600 bodów). Niemniej we wszystkich przypadkach konieczne jest analizowanie tego zagadnienia, gdyż prawidłowe rozstrzygnięcie może przynieść znaczne oszczędności. Nie wolno jednak zapominać o pozaeko-

nomicznych konsekwencjach podejmowanych decyzji (np. powodujących wzrost stopy błędów).

Przy omawianiu łączy telegraficznych zwrócono szczególną uwagę na zagadnienie wpływu efektywnej szybkości transmisji na koszty eksploatacji również z tego względu, że dla nich często spotykane są urządzenia TD, tzw. "uproszczone". Często uproszczenie to wiąże się z prostą konstrukcją i niską ceną, okupioną właśnie redukcją efektywnej szybkości transmisji i słabą zdolnością protekcyjną. Konieczne jest ostrożne analizowanie celowości ich stosowania, gdyż urządzenia te mogą okazać się bardzo kosztowne w eksploatacji.

## 7.2. Transmisja danych po łącach telefonicznych

Wybór rodzaju łączy telefonicznych szczególnie dla transmisji średnio szybkiej (powyżej 600 bodów) jest znacznie bardziej złożony niż w przypadku łączy telegraficznych dla transmisji wolnej (50 bodów) z racji znacznie silniejszego wpływu parametrów łączy na jakość transmisji lub w ogóle na jej realizowalność oraz z powodu wydatniejszych zmian w funkcjonalności systemu.

Rozpatrując możliwość zastosowania łączy komutowanych, należy przede wszystkim stwierdzić, czy w interesującej relacji połączenia są (lub będą w wymaganym czasie) zestawiane automatycznie czy też ręcznie.

Przy połączeniach zestawianych automatycznie należy w zasadzie oczekiwać, że czas niezbędny na nawiązanie połączenia wynosić będzie około 20 s, przy prawdopo-

bieństwie realizacji połączenia średnio 95% (praktycznie prawdopodobieństwo to jest w wielu przypadkach mniejsze).

Czas oczekiwania na ręczną realizację połączenia może być bardzo różnorodny i dochodzi w praktyce, przy połączeniach zwykłych do paru godzin, co w większości zastosowań transmisji danych jest nie do przyjęcia. Praktycznie więc jedyną możliwą formą połączeń ręcznych będą połączenia błyskawiczne lub seansowe - zestawianie na z góry ustalony okres czasu (np. codziennie od 14.00 do 15.00).

Ogólne, dostępne aktualnie informacje o jakości połączeń telefonicznych zestawiono w tablicy na str. 83 w formie syntetycznych wskaźników przeciętnych. Praktycznie jednak miarodajne informacje można uzyskać drogą pomiarów konkretnych łączy trwałych, spotykane bowiem różnice w stopie błędów przekraczają rząd wielkości. W połączeniach komutowanych należy także liczyć się z dużymi różnicami w jakości poszczególnych zestawień połączeń. Aktualne wytyczne wyboru łączy i dopuszczania relacji komutowanych dla transmisji danych [9] zakładają, że wynik pomiaru testowego elementowej stopy błędów nie może przekroczyć  $10^{-3}$ .

Dysponując rozeznaniami o wpływie omówionych wyżej czynników na realizację wymagań stawianych rozpatrywanej relacji transmisji danych, można wybrać właściwy dla niej rodzaj łączy, postępując według schematu podanego na rys. 7.3. Rozstrzygnięcie kolejnych zagadnień wymaga: analizy funkcjonalnej relacji - 1, informacji bezpośred-



Przebieg parametry krajowych łącz telefonicznych dla transmisji danych x)

Rodzaj łącza	Połączenia komutowane automatycznie		Łącza trwałe (odcinki międzymiastowe)
Cecha (przy szybkości transm. 600/1200 bodów)	miejscowe	międzymiastowe	
Procent abonentów wykuczonych z racji przekroczenia dopuszczalnej tłumienności w ponad 10% połączeń	na odcinku Ab - Ab 8 + 15 %	na odcinku Ab - Cmn 22% (600-bodowe) 32% (1200-bodowe)	nie dotyczy
Elementowa stopa błędów	2 · 10 <sup>-4</sup>		2 · 10 <sup>-5</sup>
Blokowa stopa błędów (blok - 511 elementów)	1 · 10 <sup>-2</sup>		4 · 10 <sup>-3</sup>
Średnia liczba przerw transmisji na 1 h	1		0,5

x) Uwaga. Dane tablicy zestawiono do celów ilustracyjnych tego artykułu i są one nieoficjalne. Bliższe informacje zawarte są w [4] i [8].

nie dostępnych o istniejących możliwościach realizacji połączeń - 2, 3, 7; analizy opłacalności połączeń komutowanych wg taryf (lub z wykresów, rys. 6.2, 6.3, 6.4) - 4, 8, 9, orzeczeń o parametrach łączy (wyników badań) - najpierw 5, 10 i w drugim etapie - 6, 12.

Wiele uwag poczynionych w rozdz. 7.1 jest i tu aktualnych, nie będą więc omówione powtórnie. Na podkreślenie zasługuje celowość rozstrzygnięcia na korzyść łączy dzierżawionych przy niższych czasach transmisji niż czas odpowiadający zrównaniu kosztów, w szczególności przy ogólnie niskich kosztach dzierżawy (łącza miejscowe); należy bowiem liczyć się ze znacznymi, a trudnymi do przewidzenia stratami, wynikłymi z przeszkód w nawiązaniu połączeń komutowanych (uszkodzenia w centralach, wzrost ruchu, niektóre połączenia o niedostatecznej jakości), ogólnie niższą jakością transmisji (spadek szybkości efektywnej) i stratą czasu na nawiązanie połączeń i rozmowy telefoniczne poprzedzające przejście na transmisję danych.

Z drugiej strony w pewnych przypadkach, z braku łączy, dzierżawa może być niemożliwa i praca w sieci komutowanej będzie przez jakiś czas koniecznością.

Aktualnie brak jest rozeznania o przydatności krajowej sieci telefonicznej do transmisji z szybkościami większymi od 1200 bodów. Praktyka i zalecenia większości producentów wskazują na możliwość stosowania na przykład modemów 2400 bit/s tylko na łączach trwałych, w każdym razie przy większych odległościach.

## 8. UWAGI KOŃCOWE

W niniejszym artykule autorzy starali się określić zasady, jakimi powinien się kierować projektant lub użytkownik systemu teleinformatycznego przy wyborze systemów i zestawów urządzeń transmisji danych, oraz kryteria, jakie należy brać pod uwagę przy podejmowaniu decyzji w tym zakresie. Ze względu na olbrzymią różnorodność systemów transmisji danych (algorytmy współpracy stacji końcowych, szeroki zakres szybkości transmisji), struktur i postaci przetwarzanych informacji (zróżnicowane aparaty końcowe i typy nośników), urządzeń transmisji danych (technologia, konstrukcja, zasady wykrywania i korekcji błędów, rodzaj modulacji), łączności telekomunikacyjnych (telegraficzne, telefoniczne, szerokopasmowe; analogowe, cyfrowe; komutowane, seansowe, trwałe), a także ze względu na szeroki zakres zastosowań technicznych środków teleinformatyki w gospodarce narodowej i wynikające stąd zróżnicowanie specyficznych wymagań użytkowych nie jest jednak możliwe opracowanie jednoznacznej recepty. Często bowiem projektant systemu stanie w obliczu pozornie lub rzeczywiście zbliżonych do siebie alternatyw i o wyborze jednej z nich w jednym przypadku mogą zdecydować względy doraźne (np. możliwości finansowe inwestora), w innym - dalekowzroczna polityka rozwojowa.

Mimo to wydaje się celowe zakończenie niniejszego artykułu syntetycznym zestawieniem zawartych w nim wskazówek i intencji autorów.

1. W przypadku zamierzonego pośredniego "of line" systemu współpracy z elektroniczną maszyną cyfrową istnieje znacznie większa swoboda w zakresie wyboru systemu i zestawu urządzeń transmisji danych, niż w przypadku bezpośredniego "on line" systemu współpracy.

2. Przyjmując za punkt wyjściowy wielkość przewidywanego strumienia nadawanych i odbieranych informacji, wymaganą postać informacji, a niekiedy i jej pilność, należy określić typy aparatów końcowych, jakie mają wejść w skład stacji peryferyjnej (końcowej) systemu teleinformatycznego, zdając sobie sprawę, że w wielu przypadkach typ aparatu końcowego decyduje o szybkości transmisji (np. klawiatura lub reperforator).

3. Uwzględniając wielkość przewidywanego strumienia informacji, własności wybranych aparatów końcowych, a niekiedy także realne możliwości uzyskania w danej relacji (lub relacjach) odpowiedniego połączenia telekomunikacyjnego, należy określić wymaganą szybkość modulacji. Podjęcie tej decyzji sprowadza dalsze rozważania do określonej kategorii systemów i urządzeń transmisji danych oraz w zasadzie wyznacza jednoznacznie typ modemu (np. 200, 600-1200, 2400, 4800 Bd) lub ogólniej mówiąc konwertora sygnałów (np. konwertory sygnałów dla łączy telegraficznych).

4. Bierąc za podstawę dopuszczalną stopę błędów wynikowych oraz typ połączenia telekomunikacyjnego (np. łączy komutowane, seansowe, dzierżawione), należy podjąć decyzję w zakresie systemu protekcji i algorytmu

pracy stacji końcowej. Należy pamiętać, że wybór typu łącza zależy powinien przede wszystkim od pilności i od przewidywanego strumienia informacji w połączeniu z analizą ekonomiczną (opłaty taryfowe za usługi telekomunikacyjne) i mogą jednakże w wielu przypadkach odgrywać istotną rolę względy jakościowe (np. zła jakość sieci komutowanej w danym rejonie lub w danej relacji) lub ograniczone możliwości Administracji Łączności. W każdym przypadku zalecane jest skonsultowanie się ze specjalistami Administracji Łączności zarówno na temat typu łącza, jak i systemu protekcji.

Przy współpracy "on line" z wielodostępną elektroniczną maszyną cyfrową, system protekcji i algorytm pracy może być a priori narzucony przez oprogramowanie EMC i przez typ multipleksora komunikacyjnego.

5. W zależności od przewidywanej funkcji stacji końcowej (np. tylko nadawanie, tylko odbiór lub na przemian nadawanie i odbiór informacji) należy ustalić kompletację urządzeń. Dotyczy to wszystkich podstawowych urządzeń, a więc modemów, urządzeń protekcji i sterowania oraz aparatów końcowych.

Należy pamiętać, że w teleinformatywnych systemach zbiorczych (duże peryferyjnych stacji nadawczych - jedna centralna stacja odbiorcza) szczególnie opłacalne i uzasadnione ekonomicznie są systemy transmisji danych, stosujące zasadę równoległej transmisji sygnałów.

6. Należy pamiętać, że w obecnym stanie techniki telekomunikacyjnej w kraju stosowanie szybkości modulacji

większej od 1200 Bd (np. 2400, 4800 Bd) pociąga za sobą konieczność instalowania - w większości przypadków - specjalnych korektorów fazowej charakterystyki kanału. W wielu zaś przypadkach transmisja informacji z takimi szybkościami modulacji może okazać się niemożliwa.

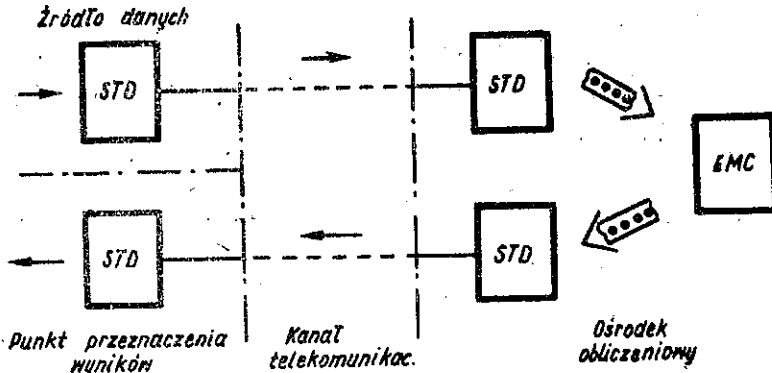
7. Można przyjąć zasadę, że im mniejsza jest stopa błędów pierwotnych w danym połączeniu telekomunikacyjnym (w konkretnych przypadkach należy konsultować się ze specjalistami Administracji Łączności), tym dłuższe bloki można dopuścić w systemie protekcji.

8. Każde nie uzasadnione i zbyt wygórowane wymaganie, na przykład: zbyt ostre wymaganie na dopuszczalną stopę błędów wynikowych, zbyt duża szybkość modulacji, nie uzasadniona dzierżawa łącza, wpływa w bardzo istotny sposób na wielkość nakładów inwestycyjnych.

#### WYKAZ LITERATURY

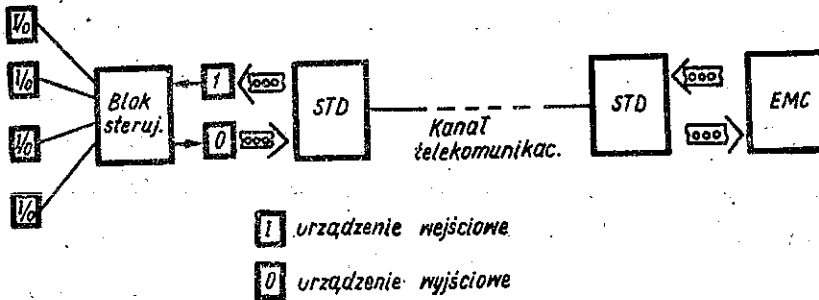
1. Targowski A.: Automatyczne przetwarzanie danych. PWN, Warszawa 1970.
2. CCITT: White Book. Vol. VIII, Data Transmission. Geneva: ITU 1969 r.
3. Ostrowski P.: Wyniki badań stopy błędów w łączach telegraficznych. IL, Warszawa 1970 r.
4. Kożuchowski A.: Wyniki badań stopy błędów w telefonicznych łączach trwałych i komutowanych. IL, Warszawa 1970 r.

5. Pumpe G.: Modem-Familie für die Datenübertragung über das Fernsprechnet. Siemens-Z. 1969 t. 43 nr 4, s. 335-337.
6. Horst H., Lang M.: DC data transmission in a local network area - results of trial operation. NTZ 1969 t. 22 nr 6, s. 353-363.
7. Horak W., Lang M.: DC data transmission over loaded cable lines - results obtained during trial operation. NTZ 1971 t. 24 nr 6, s. 329-335.
8. Ostrowski P., Trębicki J.: Badania tłumienności wynikowej telefonicznych połączeń komutowanych. IŁ, Warszawa 1970 r.
9. Kozuchowski A., Ostrowski P.: Kryteria wyboru telefonicznych i telegraficznych łączów dla transmisji danych. IŁ, Warszawa 1970 r.
10. Sochacki J.: Współczesne systemy i urządzenia transmisji danych. Problemy Łączności 1967 nr 1/22/ s. 1-65 i nr 3/24/ s. 1-89.
11. Henkler O.: Elektrische Datenfernübertragung, IPF 1966. zeszyt 139c, s. 1649-50.

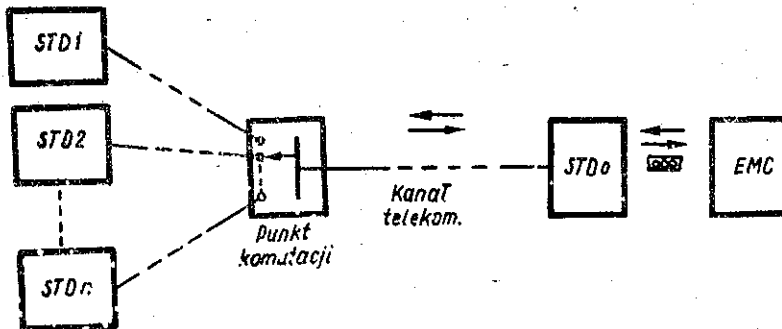


Rys. 1.1. Transmisja danych przy przetwarzaniu pośrednim "off-line"

STD - stacja transmisji danych, EMC - elektroniczna maszyna cyfrowa



Rys. 1.2. Łącze transmisji danych (TD) „off-line” z transmisją pośrednią

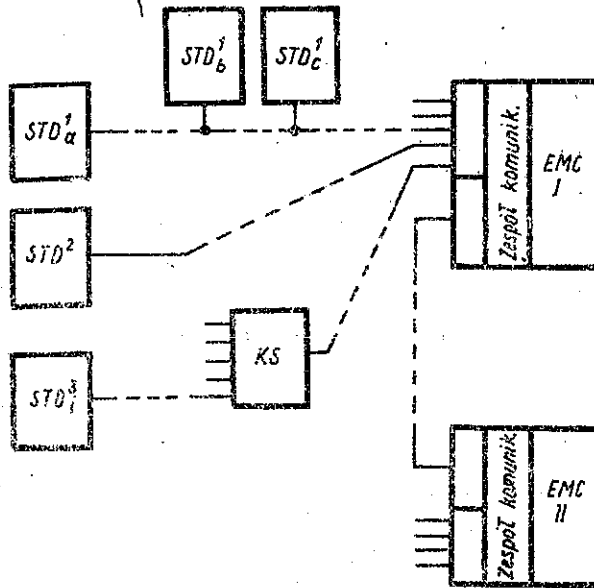


Rys. 1.3. Komutacja łączy TD



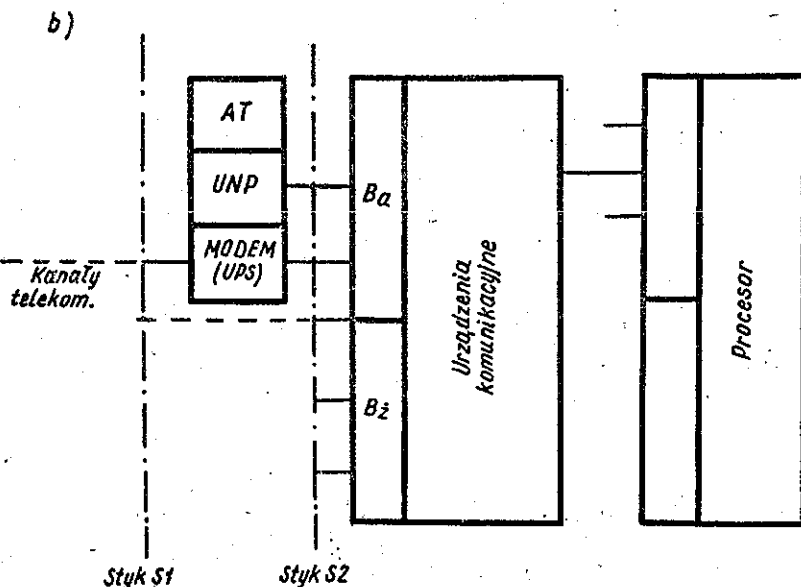
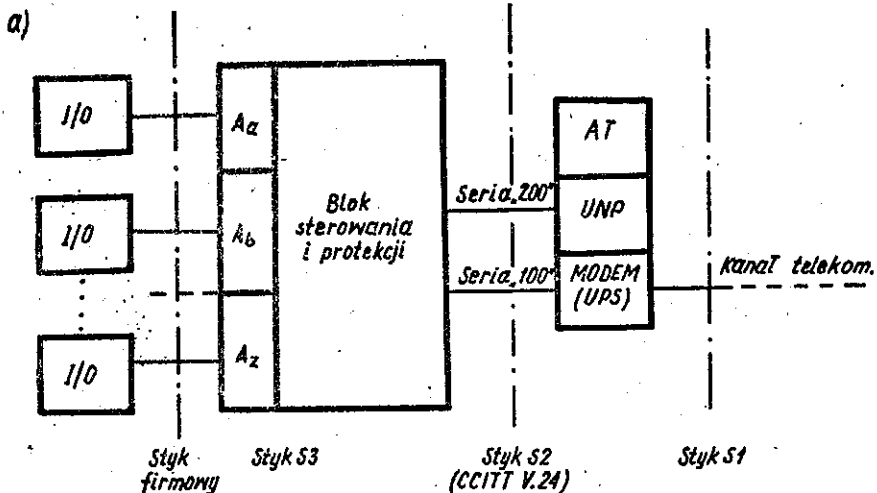


Rys. 1.4. Łącze TD "off-line" z transmisją bezpośrednią



Rys. 1.5. Typy łącz w sieci TD "on-line"

- $STD^1_{a..n}$  - stacje transmisji danych dołączane równolegle do łącza, pracujące systemem adresowego wzywania (polling) i wyboru (selecting)
- $STD^2$  - stacje pojedyncze, z łączem indywidualnym
- $STD^3_i$  - stacje dołączone poprzez koncentrator wyniesiony
- KS - koncentrator wyniesiony



Rys. 2.1. Elementy stacji TD: a - stacja TD "off-line", stacja zdalna "on-line", b - stacja centralna "on-line", ośrodek przetwarzania

I/O - urządzenie wejścia/wyjścia, i - adapter styku urządzeń wejścia/wyjścia, AT - aparat telefoniczny (dalekopis), UNP - urządzenie do nawiązywania połączeń lub odzewu automatycznego, UPS - urządzenie przetwarzania sygnałów, B - urządzenie buforowe

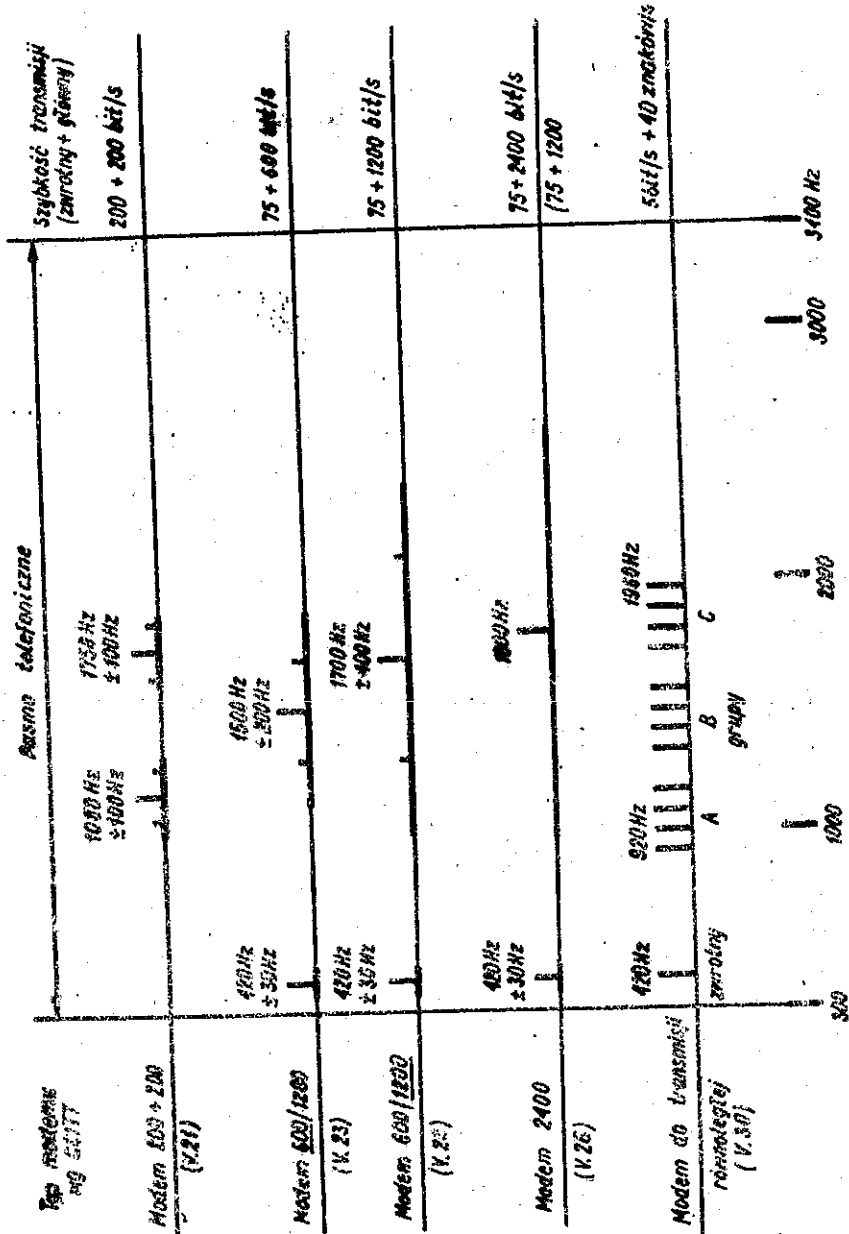
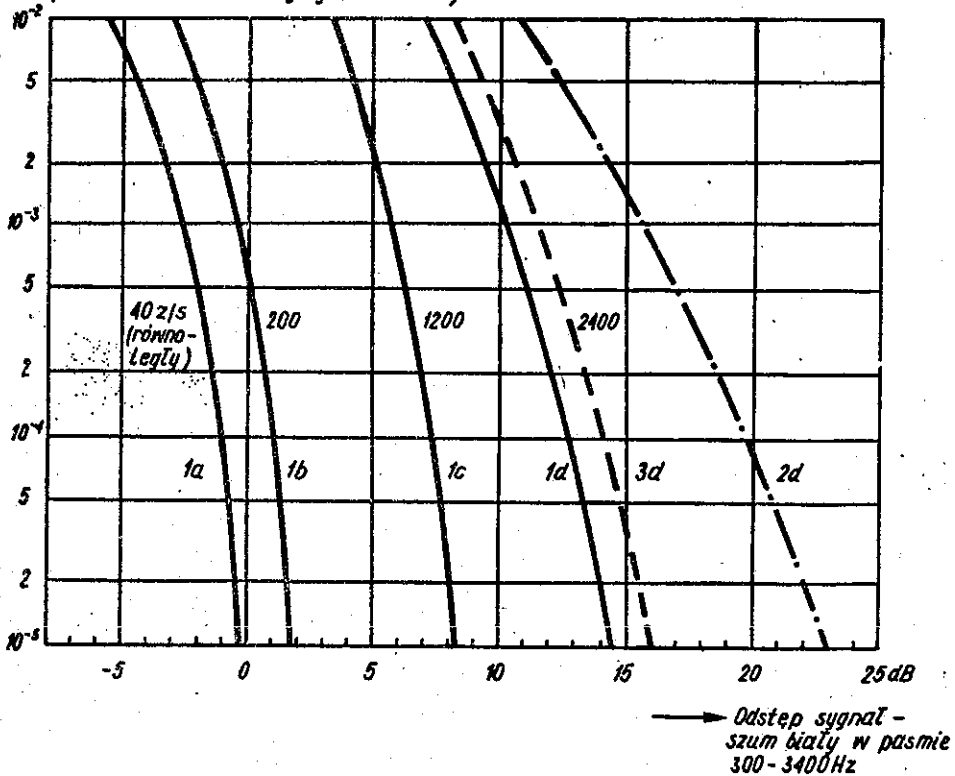


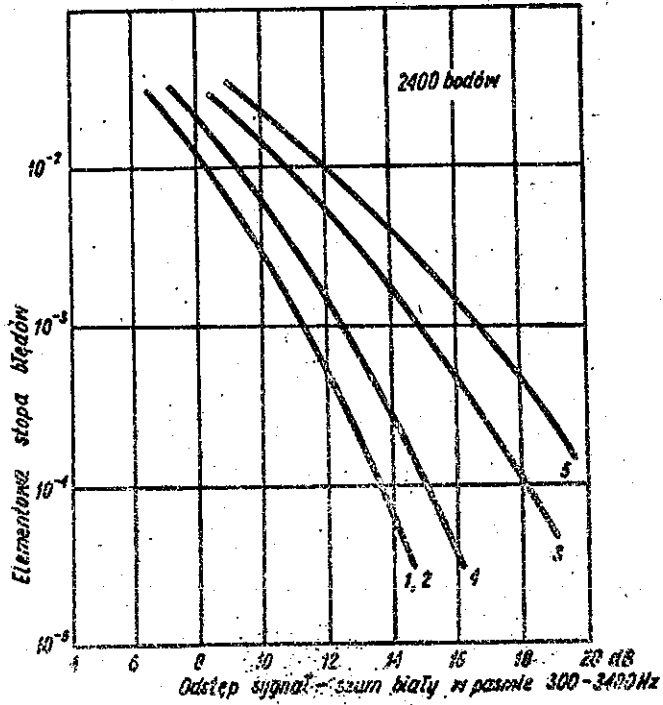
Fig. 2.2. Modemy są według selekcji CCITT. Szybkość transmisji i zakres zakresów wzmianek częstotliwości

Elementowa stopa błędów  
(dla modemu równoległego - znakowa)



Rys. 2.3. Zależność elementowej stopy błędów od odstepu sygnał-szum biały w pasmie 300-3400 Hz, dla różnych typów modemów

1 - bezpośrednie połączenie modemu nadawczego i odbiorczego;  
 2 - połączenie złożone z: 5 km kabla okrągowego o średnicy żył 0,9 mm, 3 łącza nośne, 50 km kabla pupinizowanego 80 mH/1,7 km, 5 km kabla okrągowego o średnicy żył 0,9 mm; 3 - połączenie jak dla krzywej 2, z wbudowanym w modemie korektorem; a - modem do transmisji równoległej, b - modem 200 bodów, c - modem 600/1200bów, d - modem 2400 bodów

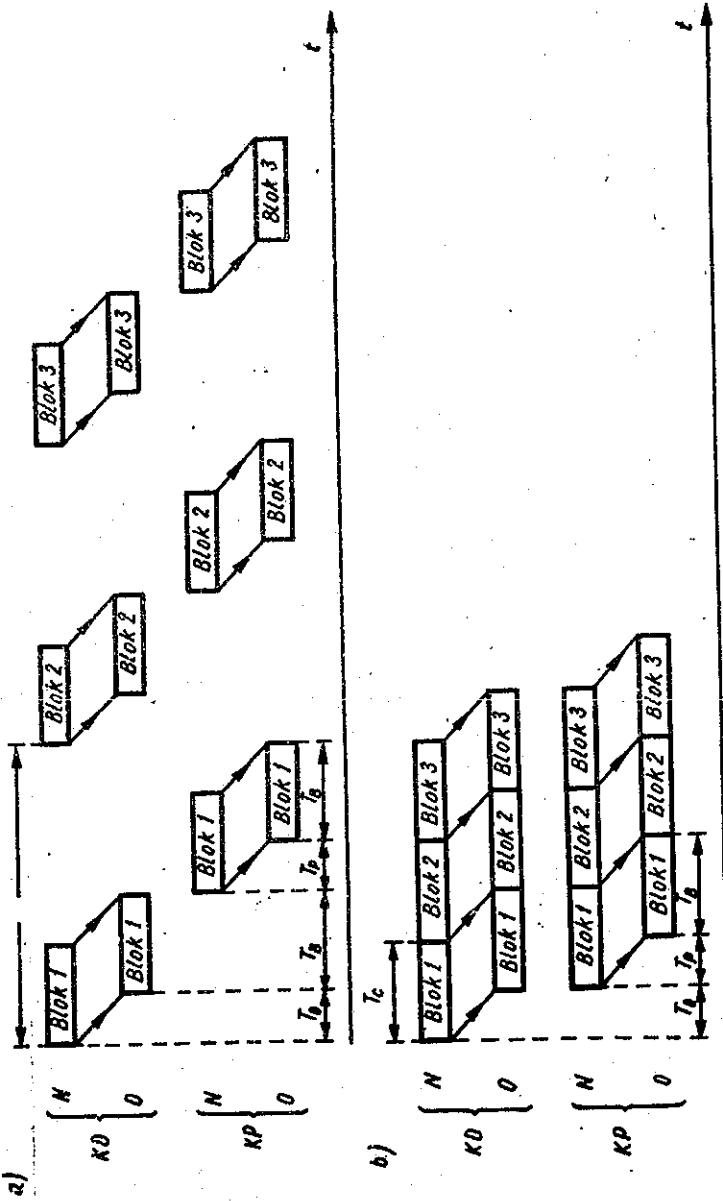


Rys. 2.4. Skuteczność stosowania korekcji charakterystyki łącza

- 1 - bezpośrednie połączenie modemu nadawczego i odbiorczego, 2 - połączenie przez 3 łącza nośne z korekcją, 3 - jak 2, bez korekcji, 4 - pełne połączenie jak dla krzywej 2d rys. 2.3, z korekcją, 5 - pełne połączenie jak dla krzywej 3d rys. 2.3., bez korekcji



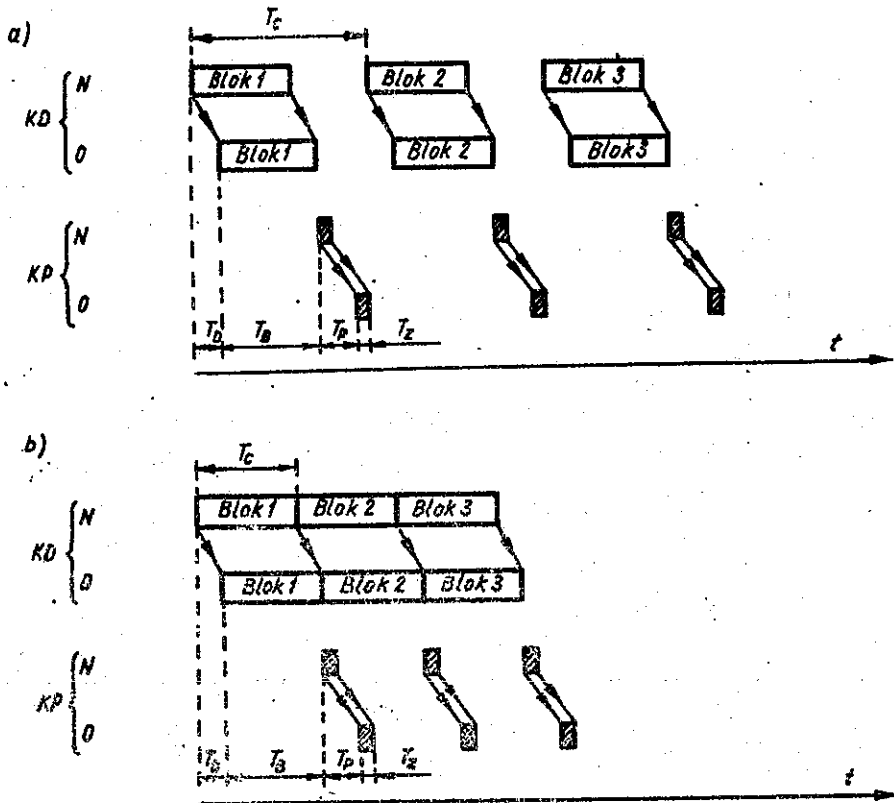




Rys. 4.2. Zasada transmisji danych w systemach ze sprzężeniem zwrotnym informacyjnym (a) i jednoczesną (b) transmisją sygnałów w kanale docelowym i powrotnym

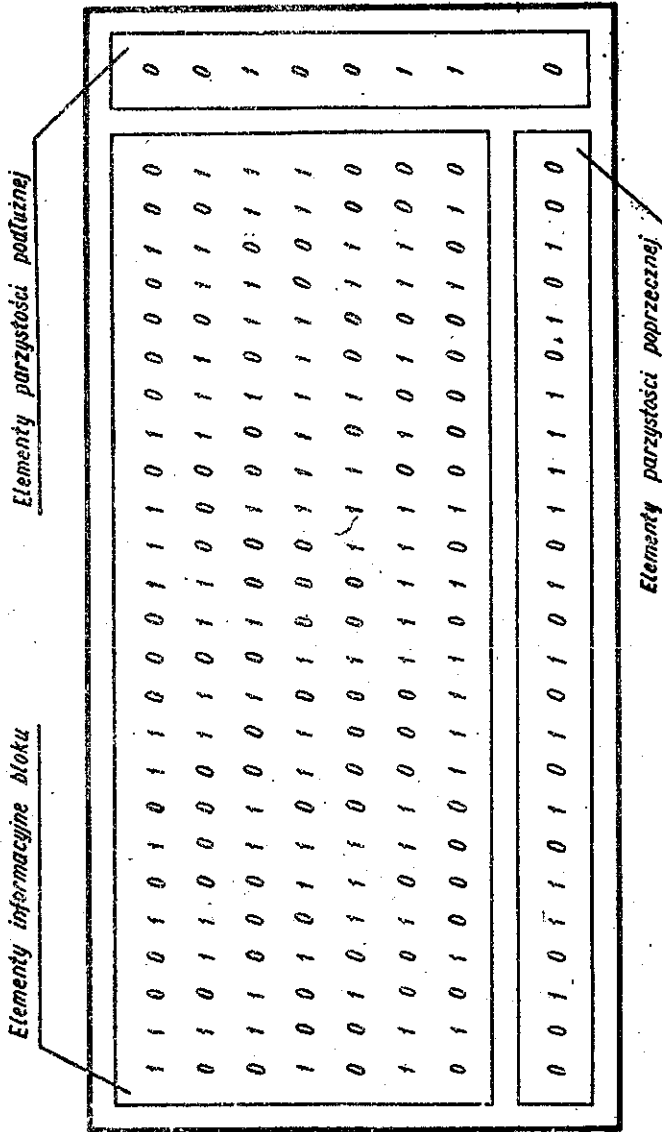
KD - kanał docelowy, KP - kanał powrotny, N - nadawanie, O - odbiór,  $T_B$  - czas nadawania jednego bloku,  $T_D$  - czas przejścia sygnału po kanale docelowym,  $T_P$  - czas przejścia sygnału po kanale powrotnym,  $T_C$  - czas całkowity niezbędny do przesłania jednego bloku



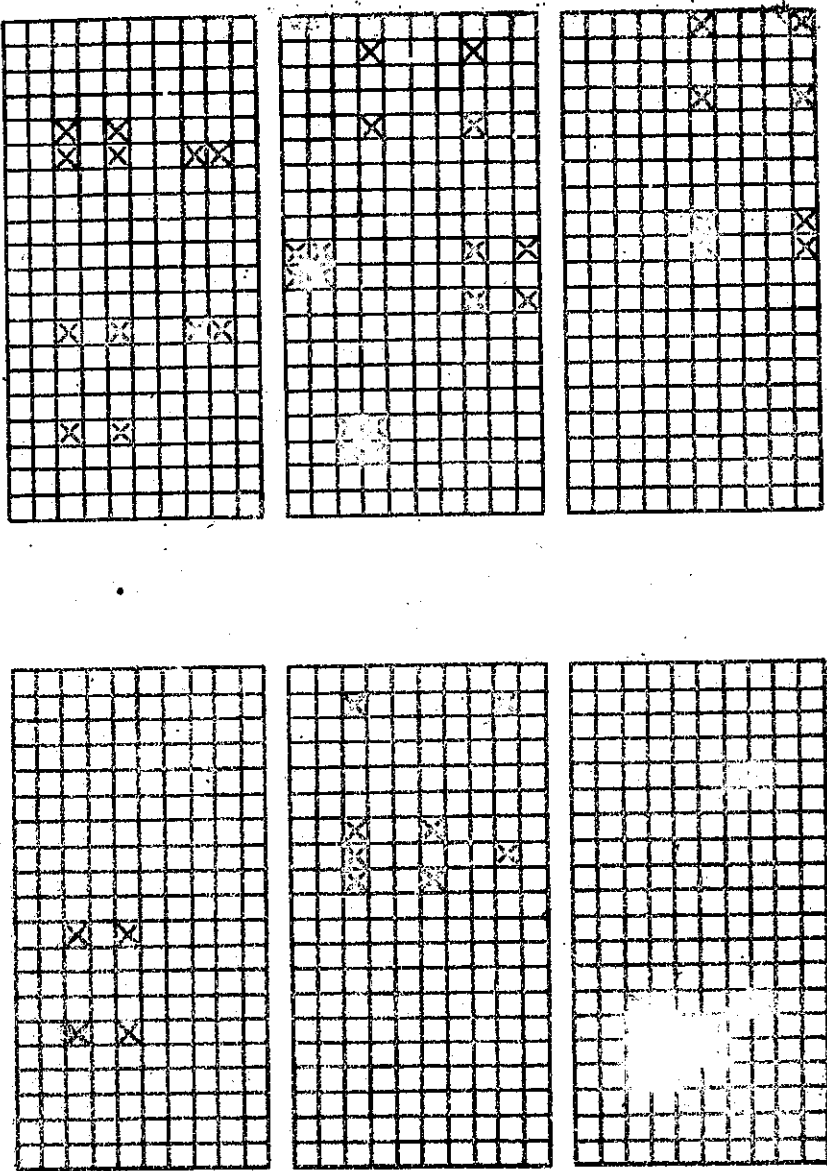


Rys. 4.3. Zasada transmisji danych w systemach ze sprzężeniem zwrotnym decyzyjnym z niejednoczesną (a) i jednoczesną (b) transmisją sygnałów w kanale docelowym i powrotnym

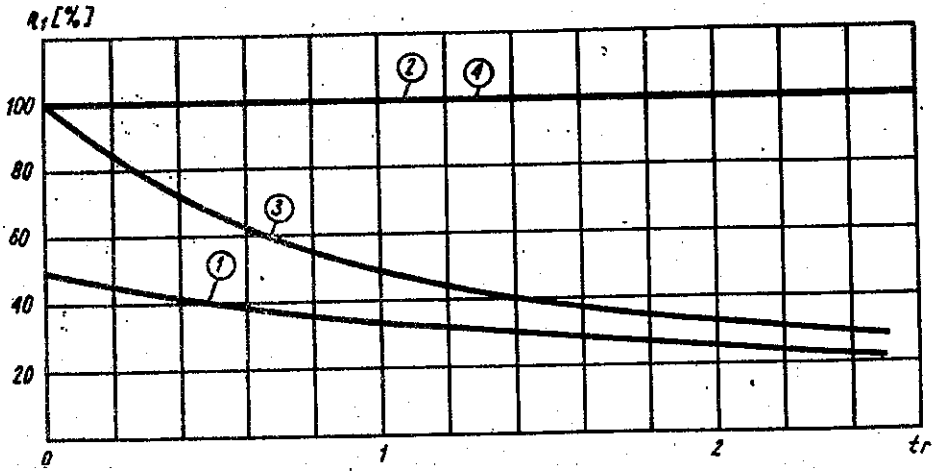
KD - kanał docelowy, KP - kanał powrotny, N - nadawanie, 0 - odbiór, ■ - decyzja,  $T_B$  - czas nadawania jednego bloku,  $T_D$  - czas przejścia sygnału po kanale docelowym,  $T_P$  - czas przejścia sygnału po kanale powrotnym,  $T_Z$  - czas nadawania decyzji,  $T_C$  - czas całkowity niezbędny do przesłania jednego bloku



Rys. 4.4. Konstrukcja bloku informacji zabezpieczonego na zasadzie parzystości poprzecznej i podłużnej



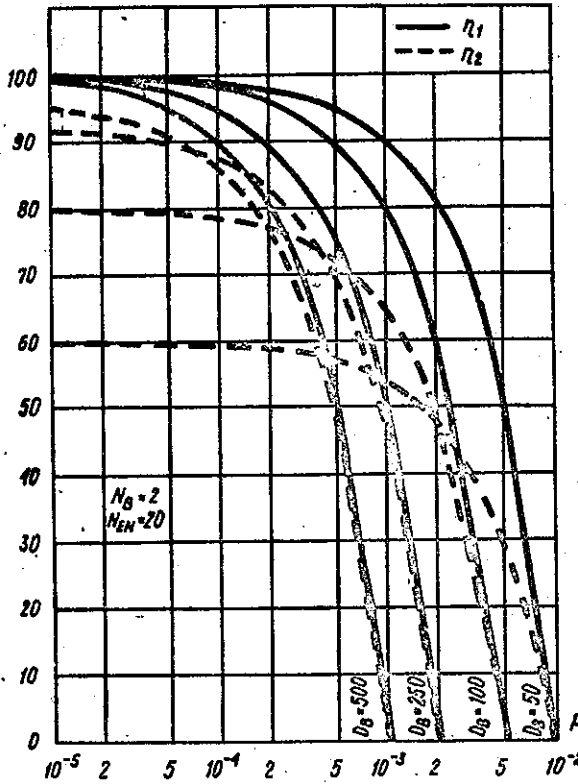
Rys. 4.5. Przykłady struktur błędów niewykrywalnych w systemach protekcji stojących parzystość poprzeczną i podłużną



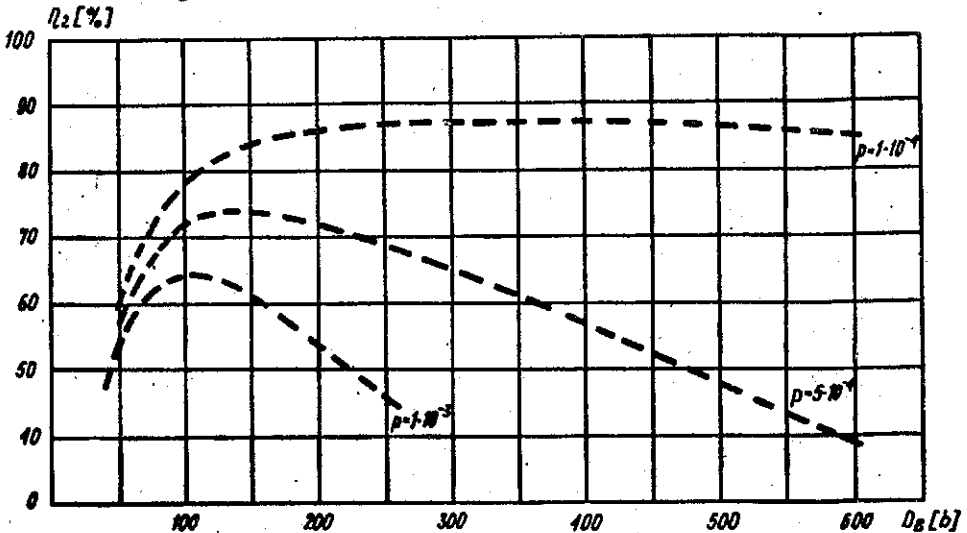
Rys. 5.1. Sprawność znamionowa systemów transmisji danych o algorytmach według 4.2 i 4.3. przy zerowej stopie błędów pierwotnych

- ① - system z rys. 4.2.a; ② i ④ - systemy z rys. 4.2.b i 4.3.b; ③ - system z rys. 4.3.a

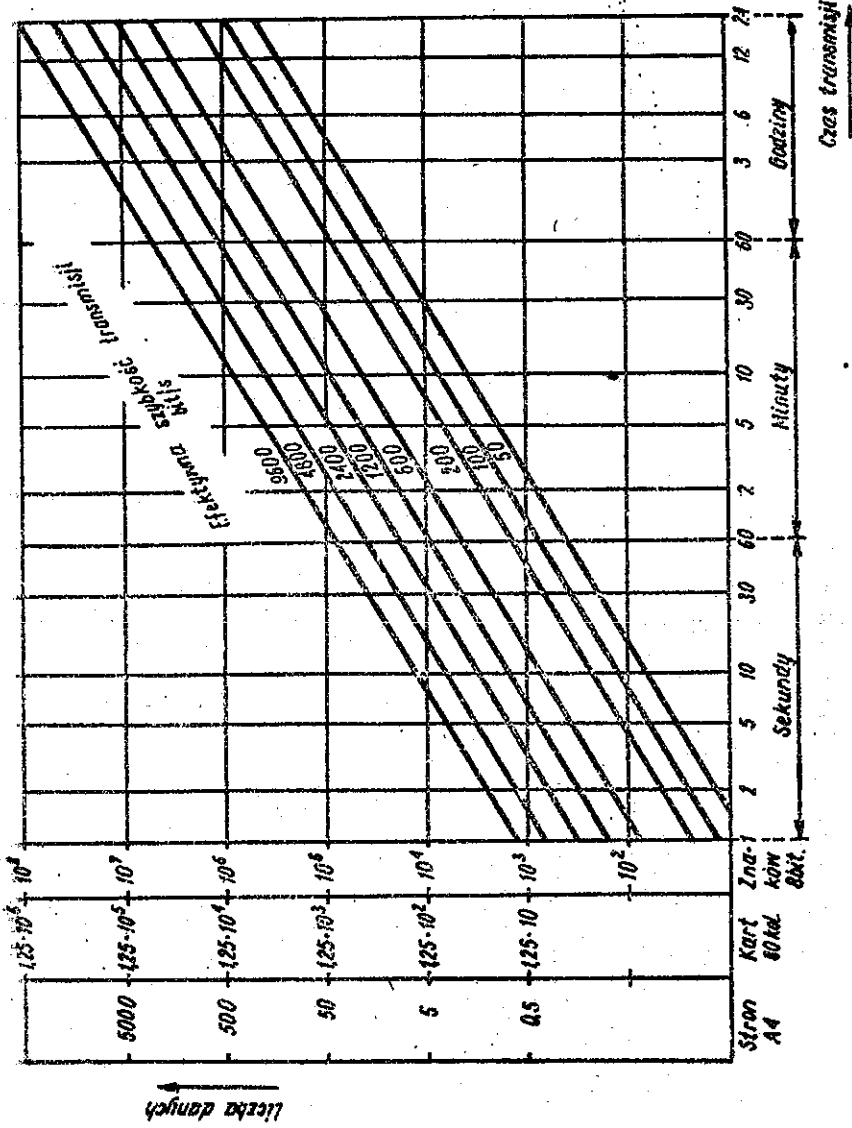


$\eta_1[\%], \eta_2[\%]$ 

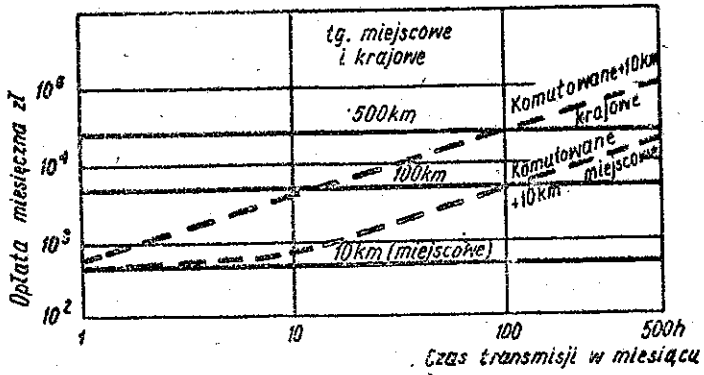
Rys. 5.4. Zależność sprawności od elementowej stopy błędów pierwotnych (sprzężenie zwrotne decyzji, jednoczesna transmisja sygnałów w kanale docelowym i powrotnym)



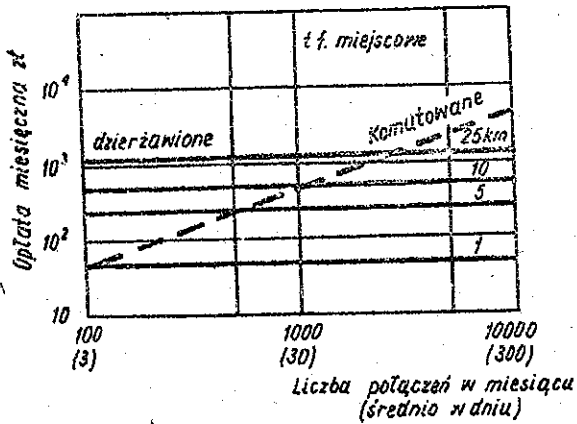
Rys. 5.5. Wpływ długości bloku ( $D_B$ ) na teoretyczną sprawność



Rys. 6. Wykres dla określenia czasu transmisji w zależności od liczby danych przy różnych szybkościach efektywnych transmisji

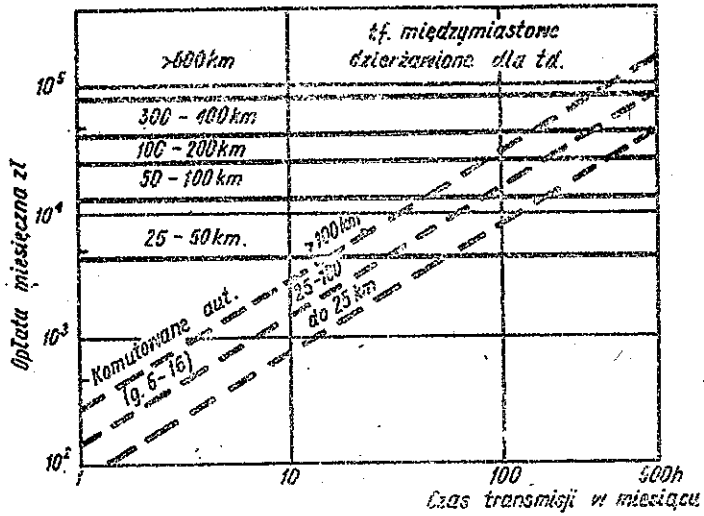


Rys. 6.1. Opłaty za połączenia i łącza telegraficzne

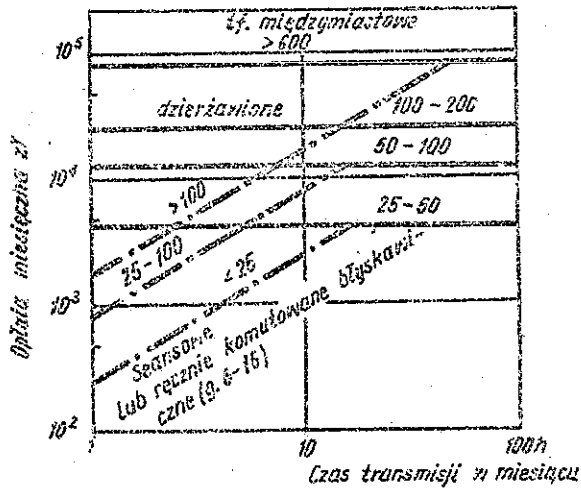


Rys. 6.2. Opłaty za połączenia i łącza telefoniczne miejscowe

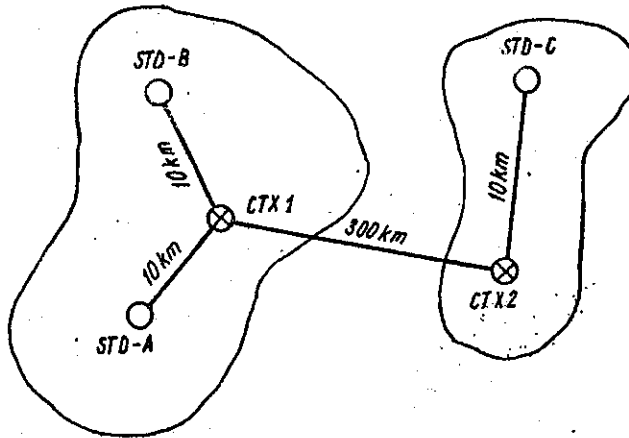




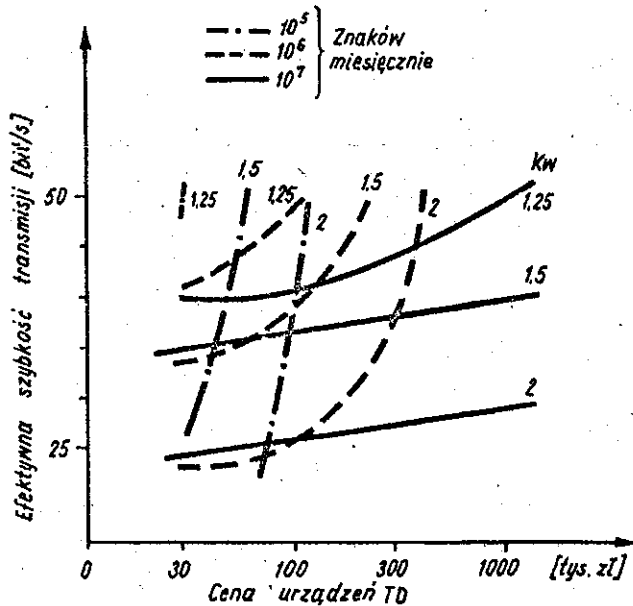
Rys. 6.3. Opiaty za połączenia i łącza telefoniczne międzymiastowe



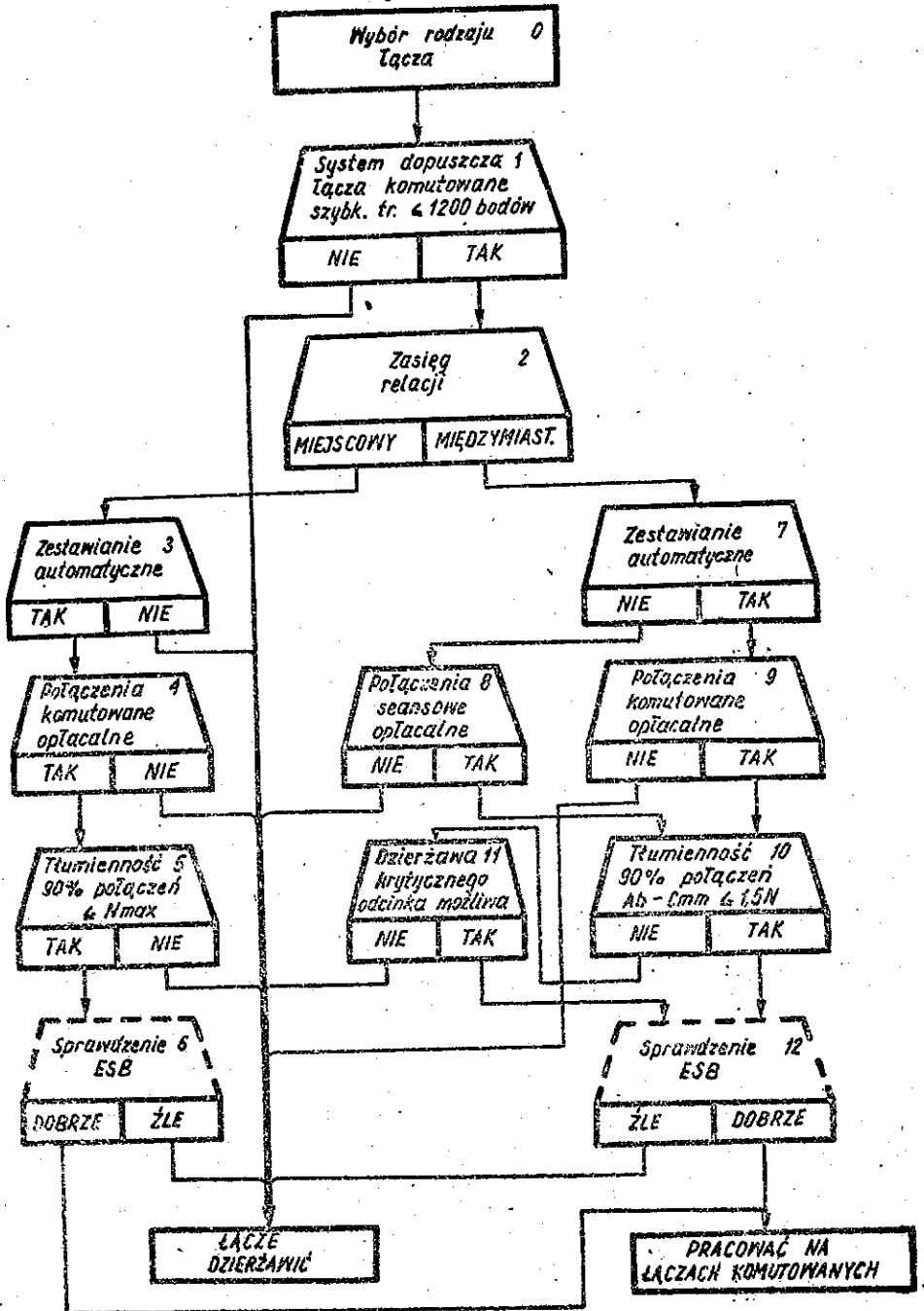
Rys. 6.4. Opiaty za połączenia seansowe i łącza dzierżawione telefoniczne



Rys. 7.1. Przykładowy wycinek sieci transmisji danych  
 STD-A,B,C - stacje transmisji danych A,B,C; CTX 1,2 - centrale  
 teleksowe 1,2



Rys. 7.2. Wpływ ceny urządzeń i efektywnej szybkości transmisji  
 na koszty własne (Kw) w telegraficznej sieci komitowanej (telek-  
 sowej)



Ryż. 7.3. Schemat postępowania przy wyborze rodzaju łączy telefonicznych dla transmisji danych

