

1 9 6 7

Nr 3 (24)

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
WARSZAWA — MIEDZESZYN

PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI



MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

ROK 7

WARSZAWA 1967

NR 3(24)

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Kolegium Redakcyjne:

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

Członkowie:

mgr inż. Władysław Adaszewski, inż. Edmund Janowski,
prof. Stefan Jasiński, dr Stanisław Włoszczowski,
mgr inż. Adam Moniuszko, mgr inż. Józef Możejko,
mgr Zofia Życińska

Sekretarz Redakcji - Irena Kulko

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH RĘKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO

Redaktor: J. Borkowska

Montaż tekstu B. Drabik

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 710. Druk ukończono
w kwietniu 1968 r.

PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

SPIS TREŚCI

	Str.
J. Sochacki - Współczesne systemy i urządzenia transmisji danych (część II)	1

Janusz Sochacki

WSPÓŁCZESNE SYSTEMY I URZĄDZENIA
TRANSMISJI DANYCH
(C z ę ś ć II)^{x)}

1. WPROWADZENIE

W pierwszej części artykułu, która została opublikowana w numerze 1/22 Problemów Łączności podano zasady klasyfikacji systemów i urządzeń transmisji danych oraz opisano zasadę pracy i podstawowe parametry systemów i urządzeń opracowanych we Francji.

W niniejszym artykule opisano systemy i urządzenia transmisji danych opracowane w innych krajach europejskich, ze szczególnym uwzględnieniem tych systemów i urządzeń, których zasady działania nie były publikowane w technicznej literaturze zagranicznej, dostępnej w Polsce. Informacje zawarte w artykule pochodzą w większości bezpośrednio z reklamowo-technicznej dokumentacji producentów. Zróżnicowanie tej dokumentacji pod względem dokładności i szczegółowości danych technicznych spowodowało, że zestawione w niniejszym artykule systemy i urządzenia nie zostały opisane jednakowo obszernie.

^{x)} Część I ukazała się w nr 1(22) Problemów Łączności.

2. SYSTEMY WŁOSKIEJ FIRMY OLIVETTI

2.1. System TD 2100 przeznaczony do pracy na łączach telefonicznych

2.1.1. Ogólna charakterystyka systemu TD 2100

System TD 2100 jest typowym systemem transmisji danych, stosującym średnie szybkości modulacji i przystosowanym do pracy na trwałych i komutowanych łączach telefonicznych. Parametry modemu, wchodzącego w kompletny zestaw urządzeń, są zgodne z aktualnymi zaleceniami CCITT. Oznacza to, że w modemie zastosowana jest modulacja częstotliwości, przy czym częstotliwości znamienne wynoszą 1300 i 2100 Hz przy szybkości modulacji 1200 bodów oraz 1300 i 1700 Hz przy szybkości modulacji 600 bodów. W kanale powrotnym, utworzonym na zasadzie podziału pasma częstotliwości, zastosowana jest również modulacja częstotliwości, przy czym częstotliwości znamienne sygnału przesyłanego w tym kanale wynoszą 390 i 450 Hz.

System TD 2100 należy do grupy systemów korekcyjnych. Wykrywanie błędów odbywa się na zasadzie zabezpieczenia blokowego, a korekcja błędów oparta jest na zasadzie sprzężenia zwrotnego decyzji, umożliwiającego powtarzanie bloków uznanych za błędne. Jednakże zasada protekcji zastosowana w tym systemie nie przewiduje analizy bezbłądności odebranych bloków przed wprowadzeniem ich

do reperforatora, w związku z czym informacja zapisana po stronie odbiorczej na taśmie perforowanej składa się nie tylko z bezbłędnych bloków informacji, lecz zawiera również odpowiednio oznaczone bloki błędne.

Przekazywanie informacji w systemie TD 2100 odbywa się z jednej taśmy perforowanej na drugą. Urządzenia tego typu istnieją w kilku wariantach, przystosowanych odpowiednio do różnych kodów i różnego rodzaju taśm perforowanych. I tak:

a) urządzenia TD 2150 przystosowane są do kodu 5-elementowego i do taśmy 5-ścieżkowej (o szerokości 11/16 cala),

b) urządzenia TD 2160 przystosowane są do kodu Audit i do taśmy perforowanej o szerokości 3/4 cala,

c) urządzenia TD 2170 przystosowane są do kodu 7 i 8-elementowego i do taśmy perforowanej o szerokości 7/8 cala,

d) urządzenia TD 2180 przystosowane są do kodu 6,7 i 8-elementowego i do taśmy 8-ścieżkowej (o szerokości 1 cala - według ISO i CCITT).

2.1.2. Zasada działania systemu TD 2100

Informacje, które mają być przekazane za pośrednictwem systemu TD 2100, muszą być naniesione po stronie nadawczej na taśmę perforowaną w specjalny sposób. Mianowicie zostaje ona podzielona na grupy znaków, które w procesie transmisji i w procesie protekcji są trakto-

wane jako bloki. Kolejne grupy znaków (bloki) oddzielane są od siebie umownym znakiem, który zostaje wyperforowany na taśmie w trakcie jej przygotowywania przed procesem transmisji^{x)}. Znak ten oznacza koniec bloku, a jego obecność na taśmie jest warunkiem poprawności procesu transmisyjnego i warunkiem właściwego działania układów wykrywających i korygujących błędy.

Po przygotowaniu taśmy perforowanej i po wprowadzeniu jej do czytnika oraz po uruchomieniu urządzeń, czytnik sczytuje znaki, tworzące dany blok, aż do znaku oznaczającego koniec bloku włącznie, po czym automatycznie zatrzymuje się. Sczytywane znaki przekazywane są do nadawczych urządzeń protekcji, które:

a) przekształcają równoległy sygnał binarny na binarny sygnał szeregowy i przekazują go w tej postaci do modemu nadawczego;

b) analizują strukturę informacji, tworzącej aktualnie nadawany blok łącznie ze znakiem końca bloku, aby po jego zakończeniu wytworzyć odpowiednio dobrany ciąg elementów nadmiarowych, umożliwiających odbiorczym urządzeniom protekcji sprawdzenie bezbłędności danego bloku.

^{x)} Na podstawie firmowego opisu systemu TD 2100 można wnioskować, że długość bloku jest w zasadzie dowolna, a ograniczona głównie względami praktycznymi. W starszych dokumentach firmy Olivetti zalecano stosowanie bloków o długości około 80 znaków.

Elementy nadmiarowe są nadawane bezpośrednio po nadaniu znaku oznaczającego koniec bloku. Z chwilą nadania ostatniego elementu nadmiarowego urządzenie nadawcze nie oczekuje decyzji (informacji o tym, czy nadawany blok został odebrany przez odbiornik poprawnie, czy też został obciążony błędem), która za pośrednictwem kanału powrotnego nadejdzie ze stacji odbiorczej z pewnym opóźnieniem, lecz natychmiast rozpoczyna nadawanie następnego bloku. Po automatycznym uruchomieniu czytelnika, proces transmisji jest analogiczny, jak w przypadku nadawania pierwszego bloku.

Jak już wspomniano, urządzenie nadawcze wysyła kolejny blok informacji nie czekając na decyzję dotyczącą poprzedniego bloku. Taki system transmisji nie powoduje straty czasu i obniżenia szybkości transmisji, lecz wymaga dodatkowego oznaczania bloków, aby umożliwić nadawczym urządzeniom protekcji właściwe skorelowanie odebranej po kanale decyzji z blokiem, której ta decyzja dotyczy. Dlatego też w systemie zastosowano tryb blokowy cykl transmisyjny i cykliczną numerację sczytywanych z taśmy bloków. Jeśli przyjmiemy, że bloki zostały oznaczone symbolami A, B i C, to w przypadku transmisji bezbłędnej (brak powtórzeń bloków uznanych za błędne), kolejność transmisji byłaby następująca:

BLOK_A, BLOK_B, BLOK_C, BLOK_A, BLOK_B, BLOK_C, BLOK_A itd.

System numeracji znany jest zarówno nadawczym jak i odbiorczym urządzeniom protekcji. Same zaś wskaźniki nu-

meracyjne poszczególnych bloków muszą być przed procesem transmisyjnym naniesione na taśmę perforowaną w podobny sposób, jak znaki oznaczające koniec bloku.

W systemie TD 2100 przyjęto zasadę, że na końcu bloku wysyłany będzie symbol, oznaczający następny blok. To znaczy, po bloku informacji oznaczonym na przykład przez "A" zostanie nadany znak końca bloku oraz umowny symbol zapowiadający następny blok, czyli blok "B". Zatem struktura jednej grupy informacji nadanej przez czytnik taśmy perforowanej między jego dwoma kolejnymi zatrzymywaniemiami jest następująca:

- blok informacji A (B_A)
- znak końca bloku (K)
- symbol bloku B (S_B).

Odpowiednio oznaczony znak końca jednego bloku może spełniać zarazem zapowiedź następnego bloku. Stosując zatem następującą symbolikę:

$$K + S_A = Z_A \quad (\text{zapowiedź bloku A, oznaczająca zarazem koniec bloku C}),$$

$$K + S_B = Z_B \quad (\text{zapowiedź bloku B, oznaczająca zarazem koniec bloku A}),$$

$$K + S_C = Z_C \quad (\text{zapowiedź bloku C, oznaczająca zarazem koniec bloku B}),$$

można przedstawić proces sczytywania informacji z czytnika taśmy perforowanej następująco:

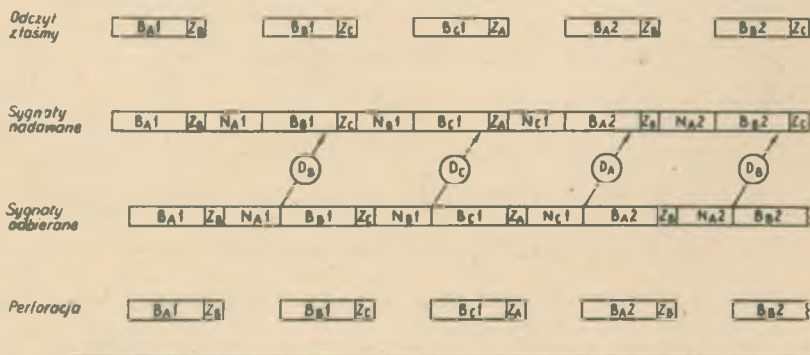
$B_A + Z_B$ - przerwa - $B_B + Z_C$ - przerwa - $B_C + Z_A$ -
- przerwa ... itd.

W każdej przerwie pracy czytelnika, nadawcze urządzenie protekcji wysyła elementy nadmiarowe (N), skojarzone z zakończonym przed chwilą blokiem. W takim więc razie, sygnał wysyłany w linię posiada następującą strukturę (rys. 1).

$B_A + Z_B + N_A, B_B + Z_C + N_B, B_C + Z_A + N_C,$

$B_A + Z_B + N_A \dots$ itd.

Tak uformowany sygnał, przekształcony w modemie nadawczym w impulsy prądu zmiennego o modulowanej często-



Rys. 1. Zasada transmisji w systemie TD 2100 przy braku błędów

B_A, B_B, B_C - bloki informacji

Z_A, Z_B, Z_C - znaki oznaczające koniec jednego bloku i zapowiadające blok następny

N_A, N_B, N_C - elementy nadmiarowe związane odpowiednio z blokami informacji B_A, B_B, B_C

D_A, D_B, D_C - sygnały decyzyjne oznaczające gotowość przyjęcia bloku B_A, B_B, B_C

tliwości dochodzi poprzez łącze telefoniczne do odbiorczej stacji transmisji danych. Tam, po zmodulowaniu w modemie odbiorczym, zostaje doprowadzony do odbiorczych urządzeń protekcji, które:

a) z każdej grupy sygnałów wydzielają elementy informacyjne tworzące blok (B_A , B_B lub B_C) oraz znaki końca bloku (Z_A , Z_B lub Z_C) i kierują je do reperforatora;

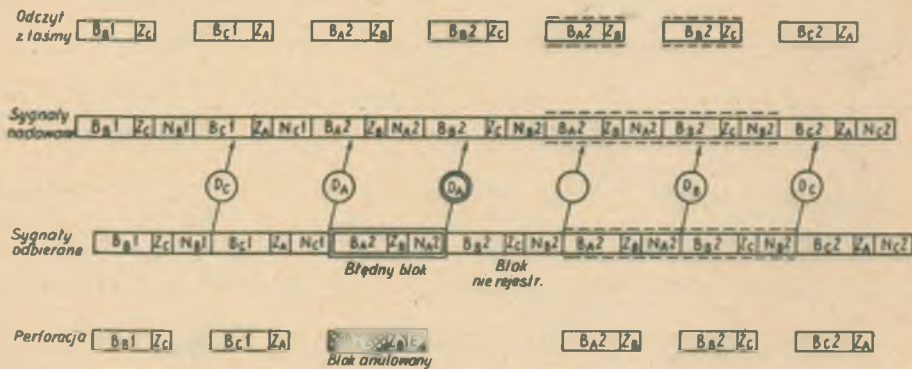
b) analizują prawidłowość struktury każdej kompletnej grupy sygnałów (to znaczy $B_A + Z_B + N_A$ lub $B_B + Z_C + N_B$, lub $B_C + Z_A + N_C$);

c) zachowują w pamięci numer aktualnie analizowanego bloku (A, B lub C) aż do momentu odbioru ostatniego elementu nadmiarowego, przynależnego do danego bloku, a tym samym do momentu zakończenia analizy danego bloku.

Wynik analizy może być pozytywny (brak błędu) lub negatywny (stwierdzenie błędu).

W pierwszym przypadku odbiorcze urządzenie protekcji wysyła za pośrednictwem kanału powrotnego do stacji nadawczej decyzję pozytywną, to znaczy odpowiednio z kodowany sygnał oznaczający żądanie dalszego nadawania. Jak to wynika z rys. 1, decyzja ta nadchodzi do stacji nadawczej w czasie, gdy wysyła ona kolejny blok. Jeśli na przykład stacja odbiorcza odebrała i zanalizowała blok B_A , to w momencie, gdy decyzja wynikająca z tej analizy dochodzi do stacji nadawczej, ta ostatnia jest w trakcie nadawania bloku B_B . Decyzja zawiera w sobie informację o numerze bloku, który stacja odbiorcza jest

gotowa przyjąć. I tak po stwierdzeniu bezbłędności bloku B_A , stacja odbiorcza oczekuje na kolejny blok, a więc na blok B_B i w związku z tym wysyła decyzję D_B . Jeśli numer bloku, na który oczekuje stacja odbiorcza, zawarty w decyzji, odpowiada numerowi bloku, który jest aktualnie nadawany, stacja nadawcza kontynuuje transmisję według normalnego cyklu (B_B, B_C, B_A itd). Tak więc w opisywanym przypadku po nadawanym aktualnie bloku B_B , w trakcie którego stacja nadawcza odebrała decyzję D_B , zostanie nadawany blok B_C .



Rys. 2. Zasada transmisji w systemie TD 2100 w przypadku wykrycia błędów



- decyzja negatywna



- bloki powtórzone

E - znak wyperforowany na końcu błędnego bloku, anulujący ten blok

W drugim przypadku (rys. 2), to znaczy w przypadku wykrycia błędu w odebranym bloku (np. w bloku B_A), stacja odbiorcza wysyła decyzję negatywną, powodującą w konsekwencji proces powtórzenia. Jednocześnie zaś odbiorcze urządzenie protekcji wysyła do reperforatora umowny znak (E) oznaczający, że zapisywany blok jest błąd-

ny i ma być anulowany. Znak ten jest perforowany na taśmie na końcu każdego błędnego bloku. Ponadto zostaje automatycznie zatrzymany reperforator na czas około jednego bloku.

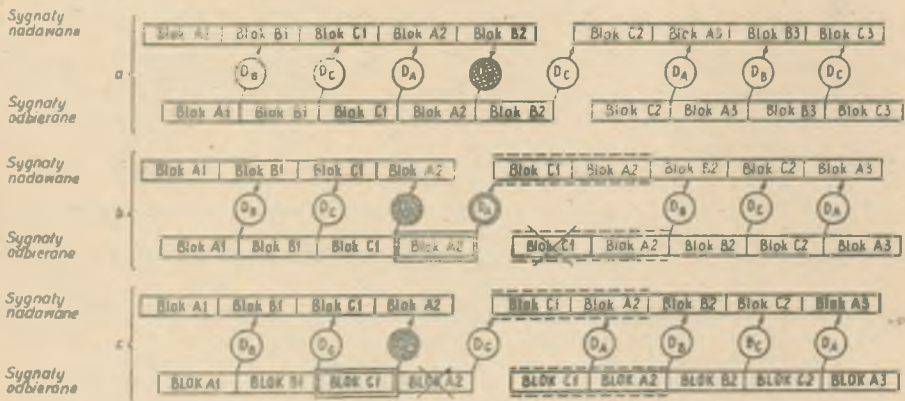
Jeśli w danym przypadku błąd zostaje wykryty w bloku B_A , urządzenie odbiorcze żąda powtórzenia bloku B_A wysyłając decyzję negatywną D_A . Podobnie jak w pierwszym przypadku, decyzja wynikająca z analizy bloku B_A dochodzi do stacji nadawczej w trakcie wysyłania bloku B_B . Jednakże w tym przypadku numer aktualnie nadawanego bloku (B) nie zgadza się z numerem zawartym w decyzji (A). W wyniku tej niezgodności stacja nadawcza kończy nadawanie aktualnego bloku B_B i automatycznie cofa czytelnik o dwa bloki do tyłu, to znaczy do początku bloku B_A , którego zażądała stacja odbiorcza. W celu jak najmniejszej straty czasu czytelnik cofa się ze znacznie większą szybkością (około 540 mm/sek) od szybkości odpowiadającej normalnej transmisji. Następnie zostaje ponownie nadany blok B_A , czemu towarzyszą wszystkie wcześniej opisane procesy.

Opisana wyżej zasada pracy systemu TD 2100, pokazana na rys. 1 i 2, zapewnia wprawdzie automatyczne powtórzenie wszystkich bloków uznanych przez odbiorcze urządzenie protekcji za błędne, lecz zakłada wprowadzanie do reperforatora obok bloków bezbłędnych także i odpowiednio anulowanych błędnych bloków. Fakt ten może w pewnych przypadkach obniżyć wartość użytkową systemu, gdyż wykorzystywanie tak zapisanej taśmy perforowanej przez urządzenie przetwarzające dane (np. przez maszynę mate-

matyczną) wymaga uprzedniego uzgodnienia kodów, a ściślej mówiąc - gwarancji, że maszyna matematyczna właściwie zrozumie znak oznaczający błędne bloki.

Na zakończenie omawiania zasady pracy systemu TD 2100 warto pokrótce przeanalizować konsekwencje obarczenia błędem decyzji, przesyłanych po kanale powrotnym. Trzy przypadki tego typu, a mianowicie:

a) błąd w sygnale decyzyjnym D przy braku błędu w transmisji odbywającej się po kanale zasadniczym (od stacji nadawczej do odbiorczej),



Rys. 3. Zasada transmisji w systemie TD 2100 w przypadku obarczenia błędem decyzji: a/ błędna decyzja przy bezbłędnych blokach, b/ błędna decyzja pozytywna poprzedzająca błędny blok, c/ błędna decyzja negatywna

- | | | | |
|---|--------------------------------------|-----------------|---|
| ⊙ | - decyzja pozytywna bezbłędna | BLOK | - sygnał złożony z bloku informacji, z zapowiedzi następnego bloku i elementów nadmiarowych |
| ⊖ | - decyzja negatywna bezbłędna | BLOK | - blok bezbłędny |
| ⊙ | - decyzja pozytywna obciążona błędem | BLOK | - blok błędny |
| ⊖ | - decyzja negatywna obciążona błędem | BLOK | - blok powtórzony |
| | | BLOK | - blok nie rejestrowany /na taśmie perforatora/ |

b) błąd w sygnale decyzyjnym D oraz błąd w bloku nadawanym w tym samym czasie, w którym stacja nadawcza odebrała błędny sygnał decyzyjny,

c) błąd w bloku oraz błąd w sygnale decyzyjnym dotyczącym tego samego, błędnego bloku

zostały pokazane odpowiednio na rys. 3a, 3b i 3c. W każdym z tych przypadków stacja nadawcza wstrzymuje transmisję do czasu odebrania następnej decyzji, po czym bądź ją wznawia ponownie (przypadek 3a), bądź też cofa czytelnik o dwa bloki wstecz i rozpoczyna transmisję od powtórzenia dwóch ostatnich bloków (przypadki 3b i 3c). W żadnym jednak z tych przypadków nie następuje istotne zakłócenie między współpracującymi stacjami. Również żaden z tych przypadków nie jest przyczyną powstania nie wykrytego błędu. Odpowiednie procesy, towarzyszące wspomnianym przypadkom łatwo prześledzić na rys. 3, w związku z czym nie wymagają one dodatkowego komentarza.

2.1.3. Zasady protekcji w systemie TD 2100

Z punktu widzenia metody zabezpieczenia transmisji przed błędami, zastosowanej w systemie TD 2100, warto pokrótce omówić dwa zagadnienia:

a) zabezpieczenie przed błędami wprowadzanymi przez czytelnik taśmy perforowanej,

b) zasadę tworzenia elementów nadmiarowych.

Zabezpieczenie przed błędami wprowadzanymi przez e-

lektromechaniczne urządzenia końcowe transmisji danych (a więc przez czytniki i perforatory taśmy) jest bardzo istotnym zagadnieniem z użytkowego punktu widzenia. Wiadomo bowiem, że dzięki elektronicznym urządzeniom protekcji można zapewnić bardzo dużą wierność transmisji, odpowiadającą stopie błędów nie wykrytych w granicach od $1 \cdot 10^{-8}$ nawet do $1 \cdot 10^{-12}$, lecz z drugiej strony wiadomo także, że elektromechaniczne urządzenia końcowe są bardzo niedoskonałe i wprowadzają błędy w ilościach 1 błędny znak na 100.000 znaków, a w najlepszym przypadku na 10.000.000 znaków nadanych. Tak więc najlepsze właściwości protekcyjne systemu transmisji danych są w praktyce często nie wykorzystane z winy czytnika taśmy perforowanej lub reperforatora.

W systemie TD 2100 specjalny rewersyjny (cofanie taśmy) czytnik taśmy perforowanej, wykorzystano do rozwiązanej w bardzo interesujący sposób kontroli jego pracy. Mianowicie czytnik zawiera dwie głowice pracujące w stosunku do kierunku przesuwu taśmy - szeregowo. Każdy zatem znak zapisany na taśmie perforowanej sczytywany jest dwukrotnie. Pierwszy raz przez głowicę nadawczą, która wytwarza sygnały wysyłane w linię i drugi raz przez głowicę kontrolną, która swój odczyt porównuje z odczytem głowicy nadawczej. W przypadku zgodności tych dwóch odczytów transmisja przebiega normalnie. Jeśli jednak porównanie dwóch odczytów któregośkolwiek ze znaków zapisanych na taśmie wykazało niezgodność, czytnik wysyła specjalne kryterium do nadawczych urządzeń protekcji. Powoduje ono, że urządzenie protekcji

konstruuje - dla bloku, w którym czytnik źle przeczytał znak - elementy nadmiarowe N nieprawidłowo, co powoduje automatyczne wykrycie błędu przez odbiorcze urządzenie protekcji i nakaz powtórzenia tego bloku. Ponieważ w urządzeniu nadawczym nie zastosowano pamięci, a powtarzanie bloków odbywa się w wyniku cofnięcia taśmy w czytniku, blok zawierający błędnie przeczytany znak będzie jeszcze raz w całości odczytywany przez obydwie głowice. Prawdopodobieństwo, że w tym samym bloku nastąpi powtórzony błąd czytnika jest znikomo małe, jeśli założymy, że stopa błędów wprowadzanych przez czytnik jest rzędu $1 \cdot 10^{-5}$, a blok zawiera tylko około 80 znaków. Gdyby jednak nawet czytnik popełnił błąd ponownie, proces powyższy zostałby powtórzony, gdyż ograniczeń ilościowych pod tym względem system TD 2100 praktycznie nie posiada.

Zasada pracy urządzeń protekcji systemu TD 2100, jako klasycznego systemu, stosującego sprzężenie zwrotne decyzji, opiera się na tworzeniu po stronie nadawczej elementów nadmiarowych o ściśle określonej konstrukcji i na sprawdzaniu tej konstrukcji po stronie odbiorczej. Struktura elementów informacyjnych, tworzących blok, jest przypadkowa. Aby zachować jednolitą konstrukcję poszczególnych grup elementów, złożonych w przypadku systemu TD 2100 z bloku informacji (B), z zapowiedzi następnego bloku (Z) i z elementów nadmiarowych (N), nadawcze urządzenie protekcji śledzi przypadkowy układ wysyłanych w linię elementów sygnału tworzących ciągi B i Z danego bloku i dodaje do nich odpowiednio skonstruowane elementy nadmiarowe N, dzięki czemu suma ciągów B+Z+N każdego bloku posiada zawsze tę samą cechę.

Tworzenie elementów nadmiarowych w systemie TD 2100 oparte jest na zasadach budowy kodów cyklicznych. Ciągi binarnych elementów tworzących blok informacji (B) i zapowiedź następnego bloku (Z) traktowane są jako wielomian n -tego stopnia, o składnikach uporządkowanych według malejących potęg i o współczynnikach "0" lub "1", odpowiadających stanom znamionym binarnego sygnału ziarnistego^{x)}. Wielomian utworzony z B + Z danego bloku jest w nadawczym urządzeniu protekcji dzielony przez wielomian 18. stopnia, o ściśle określonej i dla każdego bloku jednakowej postaci, czyli przez tzw. wielomian generacyjny. Reszta powstała w wyniku takiego dzielenia będzie miała zatem postać również wielomianu, co najwyżej 17. stopnia, to znaczy złożonego najwyżej z 18 składników. Reszta ta, w postaci ciągu binarnych elementów sygnału tworzy elementy nadmiarowe każdego bloku.

Powyższa operacja matematyczna realizowana jest w rejestrze przesuwym (inaczej - w pamięci dynamicznej) nadawczych urządzeń protekcji, przy zastosowaniu metody algebraicznej "modulo 2". Elementarne operacje według tej metody są następujące:

$$\begin{array}{ll}
 0 + 0 = 0 & 0 \times 0 = 0 \\
 0 + 1 = 1 & 0 \times 1 = 0 \\
 1 + 0 = 1 & 1 \times 0 = 0 \\
 1 + 1 = 0 & 1 \times 1 = 1
 \end{array}$$

^{x)} Na przykład ciąg elementów sygnału: 01011001110 traktowany jest jako wielomian 10. stopnia: $0 \cdot X^{10} + 1 \cdot X^9 + 0 \cdot X^8 + 1 \cdot X^7 + 1 \cdot X^6 + 0 \cdot X^5 + 0 \cdot X^4 + 1 \cdot X^3 + 1 \cdot X^2 + 1 \cdot X + 0$.

Poniżej pokazano przykład operacji tego typu przyjmując dla uproszczenia, że elementy B + Z tworzą następujący wielomian 14. stopnia:

$$110001011010001$$

i że wielomian generacyjny 5. stopnia ma postać:

$$100110.$$

Przed wykonaniem dzielenia dopisuje się na końcu dzielnej (wielomian odpowiadający ciągom B+Z) zera w liczbie o jedność mniejszej od liczby składników w wielomianie generacyjnym. Ta operacja pomocnicza powoduje, że dalej opisana analogiczna operacja kontrolna, przeprowadzana w odbiorczym urządzeniu protekcji doprowadzi - w przypadku bloku bezbłędnego - do rezultatu dzielenia w postaci 000000 (dzielenie bez reszty), co jest wygodne ze względów praktycznych.

Przykład dzielenia:

$$\begin{array}{r}
 \underline{110100101101010} \\
 11000101101000100000 : 100110 \\
 \underline{100110} \\
 101110 \\
 \underline{100110} \\
 100011 \\
 \underline{100110} \\
 101010 \\
 \underline{100110} \\
 110000 \\
 \underline{100110} \\
 101101 \\
 \underline{100110} \\
 101100 \\
 \underline{100110} \\
 101000 \\
 \underline{100110} \\
 11100 \quad (\text{reszta z dzielenia})
 \end{array}$$

W wyniku operacji podanej wyżej jako przykład, w linię zostałyby wysłany następujący ciąg elementów:

11000101101000111100

↓
 elementy sygnału
 tworzące blok in-
 formacji (B) oraz
 zapowiedź następ-
 nego bloku (Z)

↘
 elementy nadmiarowe (N)
 odpowiadające reszcie
 uzyskanej w wyniku
 dzielenia.

Skonstruowany według wyżej opisanej zasady blok zostaje analizowany przez odbiorcze urządzenia protekcji. Procedura analizy jest analogiczna do zasady tworzenia elementów nadmiarowych w nadawczych urządzeniach protekcji. Mianowicie każdy odebrany ciąg elementów sygnału (B+Z+N) traktowany jest jako wielomian i zostaje podzielony przez identyczny, jak w części nadawczej, wielomian generacyjny 18. stopnia. Brak reszty w wyniku dzielenia oznacza, że blok został odebrany bez błędu, zaś każda reszta różna od zera oznacza błąd w odebranym bloku. W zależności od wyniku dzielenia, odbiorcze urządzenie protekcji wysyła po kanale powrotnym decyzję pozytywną, oznaczającą akceptację odebranego bloku, lub negatywną - oznaczającą żądanie powtórzenia.

Operacja kontrolna realizowana w odbiorczym urządzeniu protekcji, w odniesieniu do ciągu elementów podanych w powyższym przykładzie, przebiegałaby w sposób następujący:

a) w przypadku bloku bezbłędnego

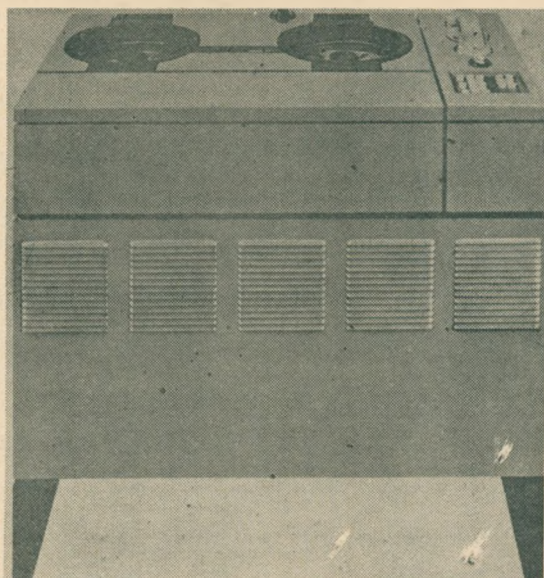
$$\begin{array}{r}
 \underline{110100101101010} \\
 11000101101000111100 : 100110 \\
 \underline{100110} \\
 101110 \\
 \underline{100110} \\
 100011 \\
 \underline{100110} \\
 101010 \\
 \underline{100110} \\
 110000 \\
 \underline{100110} \\
 101101 \\
 \underline{100110} \\
 101111 \\
 \underline{100110} \\
 100110 \\
 \underline{100110} \\
 000000 \quad (\text{reszta równa zero})
 \end{array}$$

b) w przypadku bloku zawierającego jeden błąd:

$$\begin{array}{r}
 \underline{110100100100111} \\
 11000101001000111100 : 100110 \\
 \underline{100110} \\
 101110 \\
 \underline{100110} \quad \text{błąd} \\
 100010 \\
 \underline{100110} \\
 100010 \\
 \underline{100110} \\
 100001 \\
 \underline{100110} \\
 111111 \\
 \underline{100110} \\
 110010 \\
 \underline{100110} \\
 101000 \\
 \underline{100110} \\
 1110 \quad (\text{reszta różna od zera})
 \end{array}$$

2.1.4. Konstrukcja urządzeń systemu TD 2100

Urządzenia systemu TD 2100 we wszystkich wariantach wspomnianych w rozdz. 2.1.1. mają jednakową konstrukcję. Są one wykonane w postaci wolno stojących szafek pokazanych na rys. 4. Każda taka szafka zawiera kompletne



Rys. 4. Wygląd zewnętrzny nadawczo-odbiorczego urządzenia transmisji danych typu TD 2100

wyposażenie nadawczo-odbiorczej stacji transmisji danych, a w szczególności:

- czytnik taśmy perforowanej,
- nadawcze urządzenie protekcji (logikę),
- modem nadawczy,
- modem odbiorczy,
- odbiorcze urządzenie protekcji (logikę),
- perforator taśmy papierowej.

Urządzenia systemu TD 2100 są całkowicie stranzysto-
ryzowane.

2.2. System TD 2000 przeznaczony do pracy na łączach telegraficznych

2.2.1. Ogólna charakterystyka systemu TD 2000

Oprócz systemu TD 2100 firma Olivetti opracowała i produkuje urządzenia systemu TD 2000 przeznaczone do pracy na sieci teleksowej i na telefonicznych łączach trwałych. System ten spełnia istniejące zalecenia CCITT tak pod względem współpracy z abonencką siecią telegraficzną, jak i pod względem podstawowych parametrów urządzeń i sygnałów. W przypadku pracy urządzeń TD 2000 na sieci teleksowej kryterium przełączającym stację końcową ze struktury telegraficznej na strukturę transmisji danych jest sekwencja SSSS wg międzynarodowego telegraficznego alfabetu nr 2.

Urządzenia TD 2000 mogą pracować przy jednej z następujących szybkości modulacji: 50, 60, 67, 75 i 100 bodów. Nadawczym aparatem końcowym jest czytnik taśmy perforowanej, odbiorczym - jest reperforator. Oba te urządzenia, podobnie jak w przypadku urządzeń systemu TD 2100 są integralnie związane z całością konstrukcji, która jest prawie identyczna jak w urządzeniach systemu opisanego w rozdz. 2.1.

Bardzo podobna też jest zasada zabezpieczania transmisji przed błędami. Kontrola poprawności pracy czytni-

ka realizowana jest metodą dwukrotnego sczytywania z taśmy każdego znaku (przez dwie głowice) i porównywania ze sobą obydwu odczytów. Zabezpieczenie przed błędami wprowadzanymi przez kanał transmisyjny oparte jest na zasadzie kontroli blokowej i sprzężenia zwrotnego decyzji. Tworzenie nadmiaru dla każdego bloku zgodne jest z zasadami konstrukcji kodów cyklicznych, z tym że wielomian generujący jest 12. stopnia, a nie 18. stopnia, jak to miało miejsce w systemie TD 2100.

Zasadnicze różnice między zasadą pracy systemu TD 2000 i wcześniej opisanego systemu TD 2100, które dokładniej są omówione w rozdz. 2.2.2. są następujące:

a) blok stanowiący grupę znaków objętych protekcją, oprócz elementów informacyjnych (B), znaku końca bloku (K) i elementów nadmiarowych (N), zawiera także znak początku bloku (P), poprzedzający informacyjne elementy sygnału (B),

b) po nadaniu kolejnego bloku transmisja zostaje wstrzymana do czasu nadejścia po kanale zwrotnym decyzji, w związku z czym:

bloki nie wymagają numeracji,

znaki końca bloku i znaki początku (K) bloku (P) są jednakowe dla wszystkich bloków.

2.2.2. Zasada działania systemu TD 2000

Urządzenia TD 2000 produkowane są jako urządzenia nadawczo-odbiorcze, przystosowane do dwukierunkowej

transmisji naprzemiennej. Jeśli urządzenie TD 2000 zainstalowane jest jako dodatkowe wyposażenie typowej telegraficznej stacji abonenckiej, to nawiązywanie połączenia odbywa się na zasadach obowiązujących w sieci teleksowej. W trakcie nawiązywania połączenia urządzenia transmisji danych nie biorą udziału w procesie transmisyjnym, to też po nawiązaniu połączenia obie stacje przystosowane są do konwencjonalnej transmisji telegraficznej. Przełączenie stacji ze struktury telegraficznej na strukturę transmisji danych, to znaczy włączenie się do pracy urządzeń TD 2000 następuje w wyniku nadania lub odebrania przez daną stację sekwencji SSSS. Urządzenia TD 2000 na stacji, która nadała tę sekwencję, przygotowują się do nadawania danych, zaś urządzenia na stacji, która odebrała SSSS - do odbioru danych.

W przypadku, gdy łącze nie wprowadza błędów, transmisja przebiega w sposób pokazany na rys. 5. Informacje, które mają być przekazane, zostały uprzednio wyperforowane na taśmie z podziałem na bloki informacji $B_1, B_2 \dots \dots B_n$, przy czym bloki te są poprzedzielane znakami końca bloku (K). Taki sam znak końca bloku jest wyperforowany na początku taśmy.

Stacja nadająca wysyła sekwencję SSSS i oczekuje na potwierdzenie jej odbioru przez stację współpracującą. Potwierdzeniem tym jest decyzja pozytywna (D), którą stacja odbiorcza przekazuje za pośrednictwem kanału powrotnego. Decyzja pozytywna (D) jest jedyną decyzją stosowaną w systemie TD 2000. Brak tej decyzji w czasie równym 1200 ms, licząc od końca ostatniego znaku wysłanego

przez stację nadającą, rozumiany jest jako decyzja negatywna i automatycznie powoduje powtórzenie ostatniego bloku. Jeśli w trakcie transmisji danych nastąpiło czterokrotnie powtórzenie tego samego bloku, przy piątym z rzędu braku decyzji pozytywnej następuje automatyczne przełączenie stacji nadającej na strukturę telegraficzną.

Załóżmy jednak, że transmisja przebiega prawidłowo, i że po wysłaniu sekwencji SSSS stacja nadająca otrzymała decyzję pozytywną przed upływem 1200 ms. Powoduje to wysłanie pierwszego bloku, na który składają się:

znak początku bloku (P), nadany przez urządzenie protekcji,

znak końca bloku (K), sczytany z początku taśmy perforowanej,

elementy nadmiarowe (N) nadane przez urządzenie protekcji, z tym jednak, że w tym przypadku są one skonstruowane nieprawidłowo.

Nadany blok zostaje uznany przez odbiorcze urządzenie protekcji za błędny, co w konsekwencji powoduje:

wyperforowanie po stronie odbiorczej znaku oznaczającego błędny blok (E), który jest w tym przypadku informacją, że dalszy zapis na taśmie jest wynikiem transmisji zabezpieczonej przed błędami, w przeciwieństwie do zapisu, który go poprzedza,

powtórzenie (z powodu braku decyzji pozytywnej) przez nadajnik tego samego bloku (P+K+N), jednakże tym razem z elementami nadmiarowymi skonstruowanymi poprawnie.

Odbiorcze urządzenie protekcji odrzuca znaki początku bloku i elementy nadmiarowe, wprowadzając do reperforatora pozostałe części składowe odbieranych bloków, a więc w tym przypadku jedynie znak końca bloku szczytany z taśmy po stronie nadawczej. Dalsze procesy powtarzają się cyklicznie według schematu:

wysłanie do stacji nadawczej decyzji pozytywnej (D),
odbiór decyzji (D) przez stację nadającą,

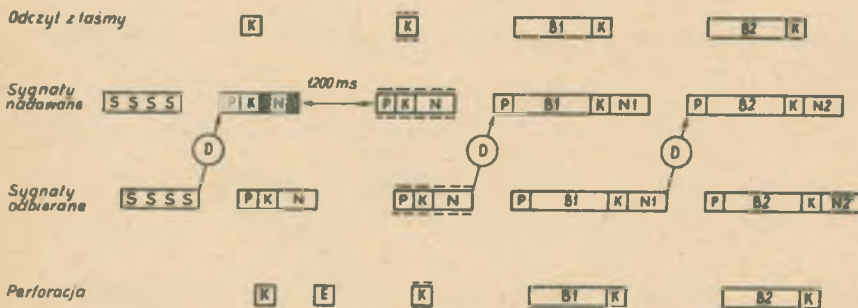
wysłanie przez stację nadającą następnego bloku o konstrukcji P (z urządzenia protekcji) + B (z czytnika) + K (z czytnika) + N (z urządzenia protekcji),

zatrzymanie czytnika na stacji nadającej,

odbiór bloku P+B+K+N przez stację odbiorczą i analiza jego struktury przez odbiorcze urządzenie protekcji,

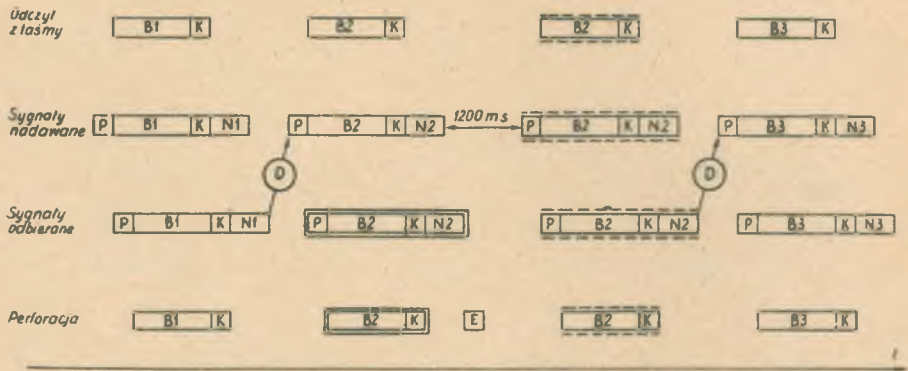
przekazanie do reperforatora na stacji odbiorczej fragmentów B i K odebranego bloku,

wysłanie do stacji nadającej decyzji pozytywnej (D) itd.



Rys. 5. Zasada transmisji w systemie TD 2000 przy braku błędów

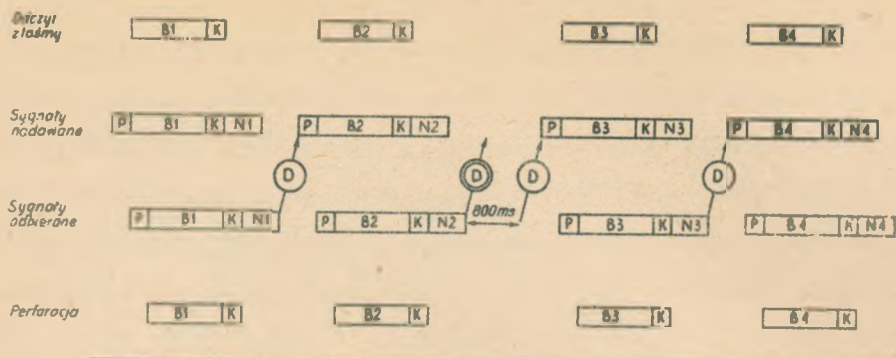
Graficzna ilustracja powyższych procesów pokazana jest na rys. 5. Analogiczne procesy odbywają się w przypadku transmisji ciągów bloków, z których nie wszystkie dochodzą do stacji odbiorczej w postaci bezbłędnej. Ilustruje to rys. 6, na którym blok B2 został obciążony błędem. Konsekwencją wykrycia przez odbiorcze urządze-



Rys. 6. Zasada transmisji w systemie TD 2000 w przypadku wykrycia błędu

nie protekcji błędów w tym bloku, jest wyperforowanie na jego końcu znaku E, oznaczającego błędny blok i nie wysłanie do stacji odbiorczej decyzji pozytywnej. W takiej sytuacji stacja nadająca po odczekaniu 1200 ms cofa czytelnik aż do początku bloku B2 i nadaje go ponownie w postaci P+B2+K+N2. Blok tym razem zostaje odebrany poprawnie i dalsza transmisja aż do następnego błędnego bloku, przebiega zgodnie ze schematem z rys. 5. Jak już wspomniano wcześniej stacja nadająca ogranicza automatycznie ilość powtórzeń tego samego bloku.

Skutki obciążenia błędem decyzji (D) przesyłanej po kanale powrotnym ze stacji odbiorczej do nadawczej, zilustrowane na rys. 7, są następujące. Stacja odbiorcza o-



Rys. 7. Zasada transmisji w systemie TD 2000 w przypadku obciążenia błędem decyzji D przesyłanej po kanale powrotnym

(D) - decyzja bezbłędna

(D) - decyzja obciążona błędem

debrawszy bezbłędny blok, wysyła decyzję pozytywną (D) i oczekuje na odbiór następnego bloku. Jeśli jednak decyzja (D) została w czasie transmisji przekłamana, stacja nadawcza nie wysyła następnego bloku, lecz oczekuje powtórnej decyzji. Stacja odbiorcza zaś kontroluje czas, jaki upłynął od wysłania przez nią decyzji pozytywnej (D). Jeśli po upływie 800 ms oczekiwany blok nie nadszedł, stacja odbiorcza wysyła decyzję po raz drugi i ewentualnie może powtarzać ten sam proces kilkakrotnie. Jeśli którakolwiek z wysyłanych decyzji dojdzie do stacji nadawczej w postaci bezbłędnej, transmisja zostaje wznowiona. W przeciwnym przypadku, po 8 sekundach bezskutecznego oczekiwania na kolejny blok, stacja odbiorcza przełącza się automatycznie na strukturę telegraficzną.

2.2.3. Właściwości użytkowe systemu TD 2000

Konstrukcja urządzeń TD 2000 jest niemal identyczna z konstrukcją urządzeń TD 2100. Kompletne urządzenie na-

dawczo-odbiorcze zawierające między innymi czytnik, reperforator oraz układy zabezpieczające przed błędami, wykonane jest w postaci wolno stojącej szafki, podobnej do pokazanej na rys. 4. Pod względem konstrukcji, urządzenia TD 2000 i TD 2100 różnią się w zasadzie tylko pulpitem manipulacyjnym i mikrotelefonami wbudowanymi w urządzenia TD 2100.

Podobnie jak w urządzeniach opisanych w rozdz. 2.1., tak i w urządzeniach TD 2000 zastosowano rewersyjny czytnik z dwoma głowicami w celu zabezpieczenia transmisji przed błędami wprowadzanymi przez sam czytnik. Jest to niewątpliwie bardzo istotną zaletą urządzeń TD 2000. Trzeba jednakże pamiętać, że w zestawie urządzeń tworzących typową stację telegraficzną znajduje się także czytnik i reperforator taśmy. W związku z tym wyposażenie urządzeń transmisji danych w podobny czytnik i w podobny reperforator jest w pewnym sensie dublowaniem wyposażenia stacji końcowej, a z pewnością wpływa to w znacznym stopniu na całkowity koszt aparatury.

Zasada protekcji zastosowana w systemie TD 2000 decyduje w znacznym stopniu o właściwościach użytkowych urządzeń. Warto więc przedyskutować kilka zasadniczych problemów, wynikających z zasady pracy urządzeń TD 2000, opisanej w poprzednich podrozdziałach.

Pierwszą istotną cechą urządzeń TD 2000, która może być uznana przez większość użytkowników za wadę, jest wprowadzenie do reperforatora błędnych informacji. Mimo że błędne bloki są odpowiednio oznaczane na taśmie perforowanej (znak "E"), mogą one komplikować dalsze wy-

korzystanie zapisanej taśmy i w wielu przypadkach wymagać jej dodatkowego montażu (wycinanie błędnych bloków i klejenie taśmy). Praktyka pokazuje, że użytkownicy korzystają najchętniej z systemów transmisji danych pracujących na zasadzie "czystej taśmy".

Inną cechą systemu TD 2000, której warto poświęcić kilka słów, jest zastosowanie sprzężenia zwrotnego decyzji. Taka metoda protekcji jest w pełni uzasadniona w systemach transmisji danych na średnie szybkości modulacji (np. TD 2100), gdzie stosuje się w większości przypadków jednoczesne dwukierunkowe przesyłanie:

a) informacji z dużą szybkością modulacji za pośrednictwem szerokiego kanału zasadniczego,

b) decyzji z małą szybkością modulacji za pośrednictwem wąskiego kanału powrotnego.

W systemach transmisji danych, pracujących na kanałach telegraficznych, możliwe jest przekazywanie sygnałów w dwóch kierunkach jednocześnie z tą samą szybkością modulacji. Jeśli tak - to bardziej uzasadnione wydaje się stosowanie sprzężenia zwrotnego informacji, które:

a) zapewnia lepsze właściwości protekcyjne systemu,

b) umożliwia pracę z większą efektywną szybkością, gdyż nie wymaga przekazywania w kierunku zasadniczym elementów nadmiarowych, nie wykorzystywanych dla celów informacyjnych, a wydłużających kod,

c) umożliwia realizację systemu, pracującego na zasadzie "czystej taśmy", bez potrzeby stosowania w urzą-

dzeniach nadawczych i odbiorczych kosztownych pamięci o stosunkowo dużej pojemności, przy jednoczesnym zapewnieniu stosunkowo wysokiej efektywnej szybkości transmisji.

W urządzeniach TD 2000 zastosowano jednak sprzężenie zwrotne decyzji. Zasadniczym powodem, jakim prawdopodobnie kierowali się konstruktorzy urządzeń, jest możliwość pracy tego systemu na jednorodowej linii abonenckiej, tzn. na linii typu półdupleksowego, która nie umożliwia jednoczesnej transmisji sygnałów w dwóch kierunkach. Konsekwencją tych założeń jest zasada, że stacja nadawcza po nadaniu bloku wstrzymuje nadawanie następnego bloku, aż do momentu otrzymania po kanale powrotnym decyzji (D). Jest to przykład typowej transmisji półdupleksowej. Taki system transmisji pociąga za sobą automatycznie pewne konsekwencje, które w przypadku systemu TD 2000 są następujące:

1. Konieczność przerywania transmisji przez stację nadającą i oczekiwanie na decyzję powoduje zmniejszenie efektywnej szybkości transmisji nawet przy idealnym, nie wprowadzającym błędów - łączu. Strata szybkości zależy od długości stosowanych bloków i od długości linii, przy czym przy linii o maksymalnej dopuszczalnej długości (czas przejścia w obie strony równy 800 ms) wynosi:

około 50% przy blokach o długości około 6 znaków,
około 20% przy blokach o długości około 20 znaków.

2. Przy przeciętnym łączu, wprowadzającym błędy w

ilościach odpowiadających elementowej stopie błędów rzędu $1 \cdot 10^{-3}$, nie wskazane jest stosowanie długich bloków. Na przykład blok o długości pierwotnie zalecanej przez firmę Olivetti, równej 80 znakom, prowadziłby do przekłamywania przeciętnie co drugiego bloku i do zmniejszenia efektywnej szybkości transmisji o przeszło 50% w stosunku do maksymalnej szybkości teoretycznej.

Jak widać z powyższego, trzeba się liczyć z faktem, że transmisja informacji w oparciu o system TD 2000 może się odbywać praktycznie z szybkością o 20% do 25% zmniejszoną w stosunku do szybkości transmisji informacji telegraficznych, to znaczy z szybkością 300 znaków na minutę przy wykorzystaniu typowego, 50-bodowego kanału telegraficznego.

Na koniec warto podkreślić jeszcze jedną dość istotną cechę systemu TD 2000, która niestety w przeciętnych warunkach transmisji może prowadzić do wzajemnego niezrozumienia się współpracujących stacji i w konsekwencji do zbyt częstych rozłączeń. Otóż zgodnie z treścią rozdz. 2.2.2. stacja nadawcza po każdym bloku wstrzymuje transmisję, oczekując na nadejście decyzji od stacji odbiorczej. W przypadku braku tej decyzji w czasie 1200 ms stacja nadająca powtarza blok, zaś w przypadku odebrania decyzji obarczonej błędem nie nadaje kolejnego bloku, lecz czeka na ponowną, bezbłędną decyzję. Stacja odbiorcza z kolei wysyła decyzję (nawet kilkakrotnie w odstępach co 800 ms) tylko w przypadku odbioru bezbłędnego bloku, zaś w przypadku błędnego bloku nie wysyła decyzji w ogóle.

Otóż wyobraźmy sobie, że stacja nadawcza nadała blok, który został odebrany przez drugą stację z błędem, wobec czego decyzja nie zostaje wysłana. Wyobraźmy sobie dalej, że po nadaniu tego bloku nastąpiło zakłócenie w kanale powrotnym, które stacja nadawcza odebrała jako przekłamaną decyzję, w związku z czym nie wysyła następnego bloku w oczekiwaniu na powrotną bezbłędną decyzję. W takiej sytuacji stacja odbiorcza nie wysyła decyzji oczekując bez skutku na powtórzenie bloku, zaś stacja odbiorcza oczekuje bezskutecznie na powtórny decyzję. Stan taki uniemożliwia automatycznie wznowienie transmisji, w związku z czym łącze pozostaje przez jakiś czas zupełnie niepotrzebnie zajęte i w efekcie dwie stacje przełączają się na strukturę telegraficzną, co powoduje zarówno zwłokę w transmisji, jak i konieczność interwencji obsługi przynajmniej na stacji nadającej. Przypadek taki może być zaś stosunkowo często obserwowany, gdyż prawdopodobieństwo zakłócenia w tym samym czasie transmisji w obu kierunkach jest dość duże.

3. SYSTEMY OPRACOWANE W WIELKIEJ BRYTANII

3.1. System PT 600/1200 PT firmy Plessey Company

3.1.1. Ogólna charakterystyka systemu PT 600/1200 PT

System PT 600/1200 PT opracowany przez angielską firmę Plessey Company, przy wykorzystaniu wcześniejszych projektów firmy A.T.E., jest typowym systemem transmisji danych na średnie szybkości modulacji, przeznaczony do

pracy na komutowanej telefonicznej sieci powszechnego użytku, a także na telefonicznych łączach trwałych. Jego parametry transmisyjne, a więc szybkość modulacji (600 lub 1200 bodów) rodzaj modulacji (FM) i częstotliwości znamienne sygnału w kanale zasadniczym i powrotnym, są zgodne całkowicie z istniejącymi zaleceniami CCITT, wzmiankowanymi w poprzednim rozdziale oraz w pierwszej części artykułu.

Przekazywanie danych odbywa się z taśmy perforowanej po stronie nadawczej na taśmę perforowaną po stronie odbiorczej. System PT 600/1200 PT jest systemem korekcyjnym, przy czym zastosowana zasada protekcji umożliwi zapis na taśmie perforowanej wyłącznie informacji uznanych za bezbłędne po stronie odbiorczej. Innymi słowy, system PT 600/1200 PT pracuje na zasadzie "czystej taśmy". Wykrywanie błędów oparte jest na kontroli znakowej, dzięki czemu na taśmę perforowaną nanoszone są tylko znaki informacyjne, bez żadnych znaków pomocniczych oznaczających np. podział na bloki. Korygowanie błędów odbywa się na zasadzie powtarzania błędnych znaków w wyniku decyzji negatywnych, które stacja odbiorcza przekazuje po kanale powrotnym w przypadku wykrycia błędu.

Urządzenia PT 600/1200 PT pracują synchronicznie, przy czym synchronizowanie urządzeń na początku transmisji, oraz utrzymywanie synchronizmu w trakcie transmisji odbywa się całkowicie automatycznie.

Informacje mogą być zapisane w kodzie praktycznie dowolnym począwszy od kodu 5-elementowego, a skończywszy na kodzie 8-elementowym (7 elementów informacyjnych i

jeden element parzystości). Przystosowanie urządzeń do jednego z tych kodów następuje w wyniku prostej czynności eksploatacyjnej.

Urządzenia PT 600/1200 PT zasługują na szczególną uwagę użytkowników ze względu na stosunkowo niską cenę w porównaniu z ceną urządzeń tej klasy, produkowanych przez inne firmy zachodnio-europejskie. Niska cena jest wynikiem zastosowanej zasady protekcji oraz przystosowanych do tej zasady właściwości konstrukcyjnych urządzeń, a w szczególności - czytnika taśmy perforowanej. Z punktu widzenia użytkownika urządzenia PT 600/1200 PT posiadają wiele interesujących, dalej opisanych zalet.

3.1.2. Zasada działania systemu PT 600/1200 PT

Informacje, które mają być przekazane za pośrednictwem urządzeń PT 600/1200 PT, powinny być przed procesem transmisji naniesione na taśmę perforowaną. Urządzenia końcowe, a więc czytnik taśmy i reperforator mogą być przystosowane w ramach czynności eksploatacyjnych bądź do taśmy 5-ścieżkowej (szerokość 11/16 cala), bądź do taśmy 8-ścieżkowej (szerokość 1 cala).

Przy stosowaniu taśmy 5-ścieżkowej informacje muszą być zapisane w kodzie 5-elementowym, z tym że w stosunku do struktury kodu nie stawiane są w zasadzie żadne ograniczenia. Przy wykorzystaniu taśmy 8-ścieżkowej może być stosowany jeden z następujących kodów:

- a) kod 5-elementowy o dowolnej strukturze,

- b) kod 6-elementowy o dowolnej strukturze,
- c) kod 7-elementowy o dowolnej strukturze,
- d) nadmiarowy kod 7-elementowy (6 elementów informacyjnych i jeden element nadmiarowy spełniający regułę parzystości),
- e) nadmiarowy kod 7-elementowy (6 elementów informacyjnych i jeden element nadmiarowy spełniający regułę nieparzystości),
- f) nadmiarowy kod 8-elementowy (7 elementów informacyjnych i jeden element nadmiarowy spełniający regułę parzystości),
- g) nadmiarowy kod 8-elementowy (7 elementów informacyjnych i jeden element nadmiarowy spełniający regułę nieparzystości).

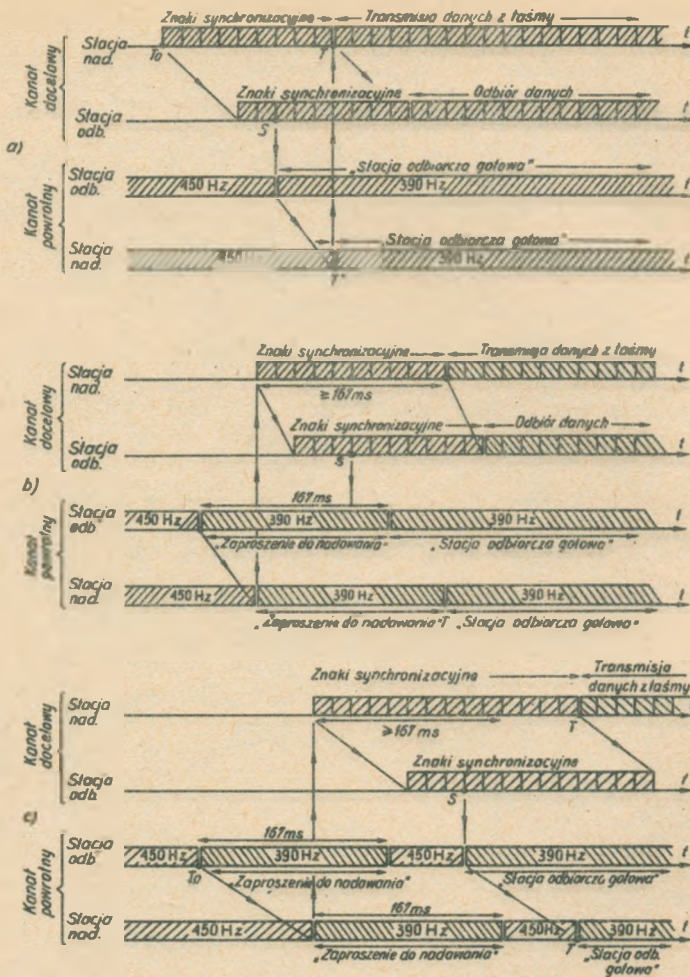
Po przygotowaniu taśmy zapisanej w jednym z wyżej wymienionych kodów, można nawiązywać połączenie z żądaną stacją. Jeśli korzysta się z komutowanej sieci telefonicznej, operator na stacji wywołującej realizuje połączenie zgodnie z procedurą obowiązującą w danej sieci. W dalszej kolejności operatorzy obydwu stacji uzgadniają podstawowe zasady transmisji, a więc jej kierunek, szybkość modulacji, rodzaj kodu itp. i w zależności od tych uzgodnień ustawiają odpowiednio przełączniki manipulacyjne urządzeń transmisji danych. Następnie operatorzy przełączają ręcznie (za pomocą odpowiednich przełączników) obie stacje ze "struktury telefonicznej" na "strukturę transmisji danych", czyli odłączają od linii aparaty telefoniczne, przyłączając do niej urządzenia transmisji danych.

Wspomniane wyżej operacje muszą być rzecz jasna poprzedzone takimi czynnościami podstawowymi jak założenie taśmy perforowanej z informacją na stacji nadawczej, sprawdzenie zapasu czystej taśmy na stacji odbiorczej, włączenie zasilania na obydwu stacjach itp. Czynności tego rodzaju muszą być dokonywane w trakcie eksploatacji każdego systemu transmisji danych, w związku z tym nie ma potrzeby szczegółowego ich omawiania.

Jeśli zatem zarówno czynności pomocnicze jak i opisane wyżej operacje manipulacyjne zostały zakończone, obie stacje transmisji danych są gotowe do pracy.

Rozpoczęcie transmisji może nastąpić z inicjatywy bądź stacji nadawczej, bądź stacji odbiorczej, w wyniku naciśnięcia przez operatora którejkolwiek ze stacji przycisku "START". Procesy, które rozpoczynają się w tym momencie opisane są poniżej i zilustrowane na rys. 8, 9 i 10.

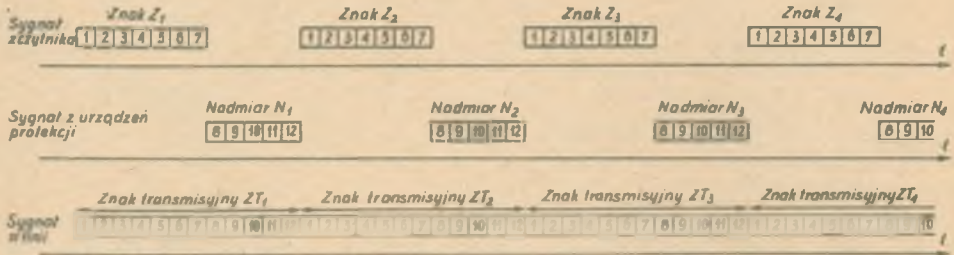
W pierwszej kolejności następuje proces wzajemnego zsynchronizowania się urządzeń na obu stacjach. Jeśli rozpoczęcie transmisji nastąpiło w wyniku naciśnięcia przycisku "START" na stacji nadającej (rys. 8a), nadawcze urządzenie transmisji danych wysyła (za pośrednictwem modulatora wchodzącego w skład modemu nadawczego) po kanale docelowym ciąg 12-elementowych znaków synchronizacyjnych o specjalnej strukturze (111010001100). Z chwilą, gdy urządzenia odbiorcze odebrały odpowiednią ilość znaków wystarczającą do zsynchronizowania się ich z urządzeniami nadawczymi (moment "S"), stacja odbiorcza powoduje zmianę stanu znamiennego utrzymywanego w



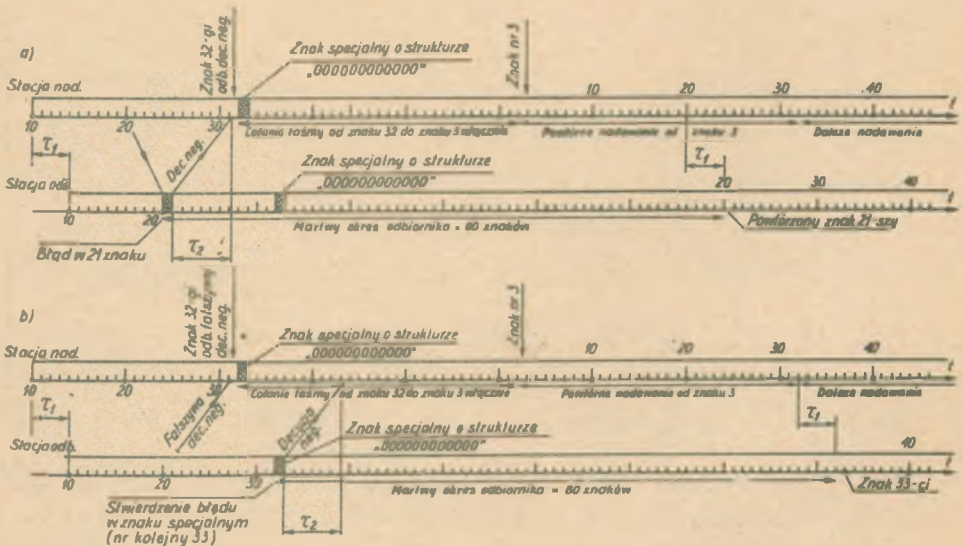
Rys. 8. Procesy synchronizacji: a/ inicjatywa transmisji na stacji nadawczej, b/ inicjatywa transmisji na stacji odbiorczej - synchronizacja natychmiastowa, c/ inicjatywa transmisji na stacji odbiorczej - synchronizacja zwłoczna

T - moment naciśnięcia przycisku "START" przez operatora stacji inicjującej transmisję, S - moment zakończenia synchronizacji urządzeń odbiorczych, T - moment rozpoczęcia procesu transmisji danych z taśmy

kanale powrotnym. Mianowicie częstotliwość trwałego sygnału sinusoidalnego istniejącego w tym kanale od momentu włączenia zasilania i przełączenia stacji odbiorczej ze struktury telefonicznej na strukturę transmisji da-



Rys. 9. Struktura sygnału przekazywanego między nadawczym i odbiorczym urządzeniem PT 600/1200 PT



Rys. 10. Procesy korekcji - powtarzanie błędnych informacji: a/ decyzja negatywna prawdziwa, b/ decyzja negatywna fałszywa

τ_1 - czas przejścia sygnału po kanale docelowym, τ_2 - czas przejścia sygnału po kanale powrotnym

nych zmienia się z 450 Hz (jedna częstotliwość znamien-
na sygnałów przekazywanych w kanale powrotnym) na 390 Hz
(druga częstotliwość znamien-
na). Zmiana częstotliwości
posiada w tym przypadku znaczenie sygnału "stacja od-
biorcza gotowa". Z chwilą odebrania przez stację nadaw-
czą sygnału o częstotliwości 390 Hz (moment "T"), na-
tymczasem po skończeniu aktualnie nadawanego znaku syn-
chronizacyjnego, następuje rozpoczęcie nadawania infor-
macji sczytywanych przez czytnik z przygotowanej taśmy
perforowanej.

Analogiczne procesy występują w przypadku zainicjo-
wania transmisji przez stację odbiorczą w wyniku naci-
śnięcia przycisku "START" przez operatora tej stacji.
Mianowicie stacja odbiorcza zmienia stan znamien-
ny w kanale powrotnym, to znaczy w miejsce sygnału o częstotli-
wości 450 Hz wysyła sygnał o częstotliwości 390 Hz. Że-
by nie nastąpiła kolizja w procesie synchronizacji, wpro-
wadzono pewne ograniczenia czasowe. Czas trwania stanu
odpowiadającego częstotliwości 390 Hz, który to stan
można by nazwać "zaproszeniem do nadawania" dla stacji
nadawczej, jest ściśle określony i wynosi 167 ms. Detek-
tor tego stanu w urządzeniu nadawczym powoduje wysłanie
ciągu znaków synchronizacyjnych, jednakże blokuje on
możliwość rozpoczęcia transmisji informacji zapisanych
na taśmie przed upłynięciem 167 ms od momentu stwier-
dzenia w kanale powrotnym obecności sygnału o częstotli-
wości 390 Hz. Chodzi bowiem o to, aby sygnału o często-
tliwości 390 Hz, posiadającego znaczenie "zaproszenia
do nadawania", nie traktować jako sygnału "stacja od-

biorcza gotowa", gdyż sygnały te różne pod względem funkcjonalnym są identyczne pod względem elektrycznym (ta sama częstotliwość 390 Hz).

W wyżej opisanym procesie zainicjowania transmisji przez stację odbiorczą można wyróżnić dwa przypadki, a mianowicie:

- I. tzw. synchronizację natychmiastową oraz
- II. tzw. synchronizację zwłoczną.

W pierwszym przypadku proces synchronizacji zostaje zakończony jeszcze przed upływem 167 ms licząc od momentu, gdy stacja odbiorcza rozpoczęła nadawanie sygnału o częstotliwości 390 Hz i w związku z tym sygnał ten zostaje podtrzymany, przybierając znaczenie kryterium "stacja odbiorcza gotowa" (rys. 8b). Detektor sygnału w urządzeniu nadawczym sprawdzi w odpowiednim momencie obecność częstotliwości 390 Hz w kanale powrotnym i spowoduje zakończenie nadawania znaków synchronizacyjnych oraz rozpoczęcie transmisji danych, to znaczy informacji z taśmy perforowanej.

W drugim przypadku proces synchronizacji nie kończy się przed upływem 167 ms, w związku z czym stacja odbiorcza przywraca pierwotny stan w kanale powrotnym, to znaczy zmienia częstotliwość sygnału w tym kanale na 450 Hz (rys. 8c). Dzięki temu detektor sygnału kanału powrotnego uniemożliwia rozpoczęcie transmisji danych w nieodpowiednim momencie. Wysyłanie przez stację odbiorczą sygnału o częstotliwości 450 Hz trwa do momentu zakończenia procesu synchronizacji, po czym na-

stępuje zmiana częstotliwości na 390 Hz, z tym że sygnał ten odpowiada już kryterium "stacja odbiorcza gotowa"^{x)}.

Z chwilą gdy proces synchronizacji, przebiegający według jednego z trzech wyżej opisanych wariantów, zostanie zakończony, rozpoczyna się przekazywanie danych. Dane przygotowane w postaci informacji naniesionych na taśmę perforowaną są sczytywane przez czytnik wmontowany w urządzenie nadawcze. Rytm pracy czytnika wynika z pracy układów zegarowych sterujących całą elektroniką urządzenia nadawczego. Czytnik pracuje skokowo, to znaczy po sczytaniu każdego znaku jest zatrzymywany na czas, w którym elektroniczne układy nadawczego urządzenia protekcji formują i wysyłają w kanał docelowy grupę nadmiarowych elementów sygnału związanych ze sczytaniem i nadaniem już znakiem.

Jak już wspomniano w rozdz. 3.1.1., w systemie PT600/1200 PT zastosowano dla celów protekcji tzw. kontrolę znakową. Ta metoda kontroli, w odróżnieniu od kontroli blokowej, polega na tym, że elementy nadmiarowe dodawane są do każdego znaku. Tak więc sygnał wysyłany w linię przez nadawcze urządzenie transmisji danych składa się (rys. 9) z następujących po sobie na przemian ele-

^{x)} W niektórych dokumentach firmy Plessey podaje się, że w trakcie procesów synchronizacyjnych, w kanale powrotnym wykorzystuje się dwa stany znamienne: 450 i 390 Hz; w innych zaś - stany te są określone jako: brak napięcia i napięcie o częstotliwości 390 Hz.

mentów informacyjnych odpowiadających znakom sczytanym z taśmy perforowanej ($Z_1, Z_2, Z_3 \dots Z_n$) oraz z elementów nadmiarowych związanych z tymi znakami ($N_1, N_2, N_3 \dots N_n$).

Zasada konstrukcji elementów nadmiarowych (N) jak i inne istotne cechy zasady protekcji zastosowanej w systemie PT 600/1200 PT będzie omówiona w następnym podrozdziale. Analizując zaś ogólną zasadę pracy systemu trzeba tylko dodać, że rozpoczęta w opisany wyżej sposób transmisja trwa nieprzerwanie tak długo, dopóki odbiorcze urządzenie protekcji nie stwierdzi błędu w którymś z odebranych znaków.

Kontrola błędów odbywa się w odbiorczym urządzeniu protekcji dla każdego znaku oddzielnie. W wyniku stwierdzenia przez to urządzenie prawidłowej struktury odebranego ciągu elementów (ciąg ten będziemy dalej nazywać znakiem transmisyjnym - ZT), złożonego z elementów informacyjnych (Z) i z elementów nadmiarowych (N), następuje przekazanie elementów informacyjnych do perforatora i wydziurkowanie na taśmie kombinacji otworów odpowiadającej danemu znakowi (Z). W kanale powrotnym podtrzymywany jest stan odpowiadający decyzji pozytywnej (390 Hz), zaś odbiornik odbiera i analizuje kolejny znak. W przypadku stwierdzenia błędu przez odbiorcze urządzenie protekcji, dany znak nie jest wprowadzany do perforatora, zostaje natomiast rozpoczęty proces korekcji, który przebiega w następujący sposób.

Urządzenie odbiorcze powoduje zmianę częstotliwości sygnału w kanale powrotnym z 390 Hz na 450 Hz, co odpowiada decyzji negatywnej lub inaczej - nakazowi "powtórź",

skierowanemu do stacji nadawczej. Jednocześnie zaś odbiorcze urządzenie protekcji przestaje reagować na sygnały nadchodzące po kanale docelowym, odliczając za pośrednictwem odbiorczych układów zegarowych czas tego stanu równy 60 znakom transmisyjnym (ZT), uznając za pierwszy znak tego cyklu ten, w którym został stwierdzony błąd.

Proces korekcji na stacji nadawczej rozpoczyna się z chwilą odebrania przez tę stację nakazu "powtórz", co w konsekwencji powoduje natychmiastowe zatrzymanie transmisji. Jednocześnie zaś czytnik cofa się automatycznie o 30 znaków, przy czym powtarza sczytywanie tych samych 30 znaków i w przypadku braku ponownego kryterium "powtórz" sczytuje dalsze kolejne znaki z taśmy perforowanej w normalnym rytmie.

Opisany wyżej proces korekcji zilustrowany jest graficznie na rys. 10a. Analizując szczegółowo procesy pokazane na tym rysunku łatwo stwierdzić, że znak uznany przez stację odbiorczą za błędny dojdzie ponownie do tej stacji wraz z ciągiem innych powtórzonych znaków. W tym właśnie momencie, w którym odbiorcze urządzenie protekcji zakończy odliczanie 60 znaków i włączy stację odbiorczą powtórnie do normalnej pracy. Fakt ten, gwarantujący uzyskanie praktycznie bezbłędnej "czystej taśmy" po stronie odbiorczej, wynika z synchronicznej pracy urządzeń PT 600/1200 PT. Synchronizm urządzeń nadawczych i odbiorczych uzyskany w wyniku wcześniej opisanych wstępnych procesów jest podtrzymywany i poprawiany przez cały czas transmisji, w tym także i w okresach, gdy sta-

cja nadawcza cofa czytnik o 30 znaków i gdy te znaki ponownie nadaje. Dlatego też sygnały binarne są wysyłane w linię przez stację nadawczą nawet w okresie cofania czytnika, mimo że znaki szczytywane "od tyłu" nie mają żadnego sensu informacyjnego. Stała obecność sygnału kodowego w kanale docelowym stwarza jednak możliwość wykorzystania przez stację odbiorczą momentów znamienych sygnału do podtrzymywania uzyskanego synchronizmu. Proces ten przebiega nieprzerwanie w urządzeniach odbiorczych, w tym także po wykryciu błędu, to znaczy w okresie odpowiadającym czasowi transmisji 60 znaków, będącym martwym okresem z punktu widzenia efektywności transmisji informacji.

Wspomniane wyżej cechy i odpowiedniość martwych okresów we współpracujących urządzeniach:

- a) w urządzeniu odbiorczym - 60 znaków,
- b) w urządzeniu nadawczym - 30 znaków (cofanie) + 30 znaków (powtarzanie), a więc również 60 znaków,

umożliwiają poprawne realizowanie procesów korekcji niezależnie od długości użytego łącza, ściślej zaś - od czasu przejścia sygnałów przez to łącze w kierunku docelowym i powrotnym, pod warunkiem, że łączny czas przejścia sygnału w obie strony będzie nie większy od czasu nadawania 30 znaków transmisyjnych (ZT). Ponieważ znak transmisyjny składa się zawsze z 12 elementów sygnału (patrz rozdział 3.1.3.), wartość graniczna czasu przejścia wynosi:

około 600 ms przy szybkości modulacji 600 bodów,
około 300 ms przy szybkości modulacji 1200 bodów.

Przyjmując, że czas przejścia sygnałów przez kanał docelowy jest zbliżony do czasu przejścia sygnałów przez kanał powrotny, graniczna długość łącza telefonicznego przeznaczonego do pracy systemu PT 600/1200 PT odpowiada czasowi przejścia sygnału w jednym kierunku, równemu połowie podanych wyżej wartości, to znaczy:

około 300 ms przy szybkości modulacji 600 bodów,
około 150 ms przy szybkości modulacji 1200 bodów.

Zasada powtarzania błędnych znaków przewiduje również zabezpieczenie przed skutkami błędnych decyzji. Zabezpieczenie takie jest niezbędne w systemie PT 600/1200 PT, gdyż decyzje przekazywane po kanale powrotnym nie są kodowane, lecz mają postać trwałych stanów znamienych (częstotliwość sygnałów 390 lub 450 Hz). W związku z tym dość prawdopodobny jest taki przypadek, że transmisja informacji w kanale docelowym przebiega bezbłędnie, w związku z czym stacja odbiorcza utrzymuje w kanale powrotnym częstotliwość 390 Hz odpowiadającą decyzji pozytywnej, lecz zakłócenia powodują zachwianie tego stanu. W takim też przypadku chwilowy zanik częstotliwości 390 Hz i pojawienie się w widmie sygnałów zakłócających prążka odpowiadającego częstotliwości 450 Hz powoduje cofnięcie czytelnika na stacji nadawczej i powtórzenie już nadanych znaków, nie wymagane i nie oczekiwane przez stację odbiorczą. Żeby zapobiec błędnemu zapisowi informacji na stacji odbiorczej,

nadawcze urządzenia protekcji wprowadzają sztucznie błąd w pierwszym znaku wysyłanym po kanale docelowym po odebraniu decyzji negatywnej. Znak ten, o strukturze nie spełniającej reguły protekcyjnej, ma zawsze postać 000000000000. Jak wynika z rys. 10a, odbiór tego znaku przez odbiorcze urządzenia protekcji nie wprowadza kolizji, jeśli proces korekcji został zainicjowany przez stację odbiorczą oraz (rys. 10b) powoduje rozpoczęcie normalnego, poprawnego procesu korekcji, jeśli rozpoczęte cofanie czytelnika i powtarzanie informacji było wynikiem zakłóceń w kanale powrotnym, symulujących nieistniejącą decyzję negatywną.

3.1.3. Zasada protekcji w systemie PT 600/1200 PT

Jak już wspomniano w poprzednich rozdziałach, system PT 600/1200 PT jest systemem korekcyjnym stosującym kontrolę znakową i sprzężenie zwrotne decyzji. Kontrola znakowa polega na tym, że informacji nie dzieli się na bloki, zaś elementy nadmiarowe sygnału dodaje się do każdego wysyłanego w linię znaku, który tym samym - z punktu widzenia kontroli bezbłądności - stanowi podstawową transmisyjną jednostkę informacji (ZT).

Kod detekcyjny, umożliwiający wykrywanie przez urządzenia odbiorcze błędów w przekazywanym sygnale, jest kodem równomiernym 12-elementowym. Każdy zatem znak transmisyjny (ZT) składa się z 12 elementów sygnału, niezależnie od tego, czy informacje zostały zapisane na taśmie perforowanej w kodzie 5, 6, 7 czy 8-elementowym.

W każdym 12-elementowym znaku transmisyjnym (ZT) pierwsze siedem elementów sygnału może stanowić elementy informacyjne, zaś ostatnie pięć elementów sygnału - to elementy nadmiarowe. Ponieważ system PT 600/1200 PT przewiduje stosowanie różnych kodów do zapisu informacji, wykorzystanie pierwszych siedmiu elementów sygnału w znaku transmisyjnym (ZT) może być różne, zgodnie z tablicą na str. 47.

Jak wynika z powyższej tablicy, przy zastosowaniu kodu 8-elementowego nie wszystkie elementy tego kodu są wysyłane w linię. Jest to zgodne z zasadą tworzenia kodu 8-elementowego według zaleceń CCITT i ISO, zgodnie z którymi ósmy element sygnału jest elementem nadmiarowym wykorzystywanym głównie w celu kontroli prawidłowości zapisu informacji na taśmie perforowanej i nie musi być wysyłany w linię, jeśli system protekcji zastosowany w urządzeniach transmisji danych tego nie wymaga. W urządzeniach systemu PT 600/1200 PT bity sczytywane z ósmej ścieżki taśmy perforowanej są wykorzystywane tylko do lokalnej kontroli parzystości znaków na taśmie w urządzeniu nadawczym i nie są przekazywane do stacji odbiorczej.

Tablica powyższa nasuwa i inne wnioski. Mianowicie pełne wykorzystanie właściwości transmisyjnych systemu PT 600/1200 PT ma miejsce tylko w przypadku zastosowania kodów 7 i 8-elementowych. Tylko bowiem w tych przypadkach wszystkie elementy sygnału są wykorzystane bądź jako nośniki informacji (E_1-E_7), bądź jako elementy zabezpieczające przed błędami (E_8-E_{12}). W przypadku zaś

T a b l i c a 1

		Charakter elementów sygnału											
Rodzaj kodu	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈	E ₉	E ₁₀	E ₁₁	E ₁₂	
Kod 5-elementowy	←	elementy informacyjne	→	←	elementy informacyjne	→	elementy jące	←	elementy nadmiarowe	→	←	elementy nadmiarowe	→
Kod 6-elementowy	←	elementy informacyjne	→	←	elementy informacyjne	→	el. jące	←	elementy nadmiarowe	→	←	elementy nadmiarowe	→
Kod 7-elementowy	←	elementy informacyjne	→	←	elementy informacyjne	→	←	elementy nadmiarowe	→	←	elementy nadmiarowe	→	←
Kod 8-elementowy	←	elementy informacyjne	→	←	elementy informacyjne	→	←	elementy nadmiarowe	→	←	elementy nadmiarowe	→	←

zastosowania kodów krótszych, to znaczy kodów 5 i 6-elementowych, nie wykorzystuje się czasu niezbędnego do przekazania odpowiednio dwóch (E_6 i E_7) lub jednego (E_7) elementu jałowego. Ujmując ten fakt liczbowo można uznać, że wykorzystanie przepustowości systemu jest niepełne i wynosi:

- a) dla kodu 5-elementowego około 83,3%,
- b) dla kodu 6-elementowego około 91,7%.

Na tle powyższych właściwości systemu PT 600/1200 PT warto omówić efektywność transmisji nieco szerzej. Otóż zastosowana w tym systemie metoda kontroli znakowej posiada, oprócz niewątpliwych zalet także istotną wadę. Mianowicie stosunkowo rozbudowany nadmiar w postaci pięciu elementów przypadających na jeden znak zmniejsza w istotny sposób szybkość transmisji wyrażoną w znakach na jednostkę czasu. Przyjęte podstawowe parametry transmisyjne systemu, to znaczy:

- synchroniczna zasada pracy,
- szybkość modulacji 600 i 1200 bodów

stwarzają teoretycznie możliwość przekazywania informacji ze stosunkowo dużą szybkością. Za szybkość maksymalną można uznać taką szybkość, jaka wynika z przekazywania znaków bez zabezpieczania przed błędami, a więc szybkość wynikającą z zależności:

$$V_T = \frac{V}{D}$$

gdzie:

V_T - odpowiada maksymalnej teoretycznej szybkości transmisji wyrażonej w znakach na sekundę;

V_m - odpowiada szybkości modulacji;

D - odpowiada długości zastosowanego kodu (5,6,7 lub 8-elementowego).

Zważywszy jednak, że każdy sygnał znakowy (ZT) przekazywany w systemie PT 600/1200 PT składa się z 12 elementów sygnału, maksymalna praktyczna szybkość transmisji (V_p), jaką można uzyskać przy zastosowaniu tego systemu, jest niezależna od długości kodu i wynosi:

$$V_p = \frac{V_m}{12}$$

Zatem współczynnik wykorzystania systemu PT 600/1200PT będący stosunkiem szybkości praktycznej (V_p) do szybkości teoretycznej (V_T), wyrażony w procentach, wynosi:

- a) przy zastosowaniu kodu 5-elementowego ok. 41,6%,
- b) przy zastosowaniu kodu 6-elementowego 50%,
- c) przy zastosowaniu kodu 7-elementowego ok. 58,3%,
- d) przy zastosowaniu kodu 8-elementowego ok. 66,6%.

Uwzględniając zastosowane w urządzeniach szybkości modulacji 600 i 1200 bodów, obliczone wyżej współczynniki wykorzystania systemu prowadzą do następujących bezwzględnych wartości liczbowych:

- a) szybkość modulacji 600 bodów

Szybkość teoretyczna (V_T) wynosi:

- dla kodu 5-elementowego 120 znaków/sek,
- dla kodu 6-elementowego 100 znaków/sek,
- dla kodu 7-elementowego około 85,7 znaków/sek,
- dla kodu 8-elementowego 75 znaków/sek.

Szybkość praktyczna (V_p) wynosi 50 znaków/sek.

b) szybkość modulacji 1200 bodów

Szybkość teoretyczna (V_T) wynosi:

- dla kodu 5-elementowego 240 znaków/sek,
- dla kodu 6-elementowego 200 znaków/sek,
- dla kodu 7-elementowego około 171,5 znaków/sek,
- dla kodu 8-elementowego 150 znaków/sek.

Szybkość praktyczna (V_p) wynosi 100 znaków/sek.

Trzeba przy tym podkreślić, że podane wyżej współczynniki wykorzystania systemu i odpowiadające im szybkości praktyczne zostały obliczone przy założeniu, że do transmisji danych użyto kanał idealny, nie wprowadzający błędów. W rzeczywistości uzyskane efektywne szybkości transmisji będą mniejsze od obliczonych szybkości praktycznych na skutek występujących w kanale zakłóceń i spowodowanych przez nie powtórzeń.

Rozważania powyższe wynikały z podstawowej zasady protekcji zastosowanej w systemie PT 600/1200 PT, polegającej na tworzeniu znaków transmisyjnych (ZT) o stałej długości odpowiadającej 12 elementom sygnału, zawierających po 5 elementów nadmiarowych. Elementy te spełniają pięć niezależnych reguł parzystości według poniższej tablicy.

Każdy element sygnału binarnego może mieć wartość "0" lub "1". Operacje logiczne realizowane przez nadawcze urządzenia protekcji przy tworzeniu elementów nadmiarowych są identyczne z operacjami logicznymi przebiegającymi w odbiorczych urządzeniach protekcji przy kontroli bezbłądności transmisji. Dla każdego znaku realizuje się pięć operacji logicznych, przy czym w każdej z nich bierze udział jeden element nadmiarowy spośród elementów E_8-E_{12} , zgodnie z tablicą 2. Każda z tych operacji logicznych daje w rezultacie dodawania modulo 2 wynik równy "1".

Konstrukcję elementów nadmiarowych warto zilustrować na przykładzie. Załóżmy, że sygnał odpowiadający szczytanemu z taśmy znakowi ma postać:

0110011

Zatem wartości poszczególnych elementów informacyjnych są następujące:

E_1 -- "0"	E_4 -- "0"
E_2 -- "1"	E_5 -- "0"
E_3 -- "1"	E_6 -- "1"
E_7 -- "1"	

Operacja logiczna 1: $E_1 \oplus E_4 \oplus E_5 \oplus E_6 \oplus E_8 = 1$

Element E_8 musi mieć wartość "0", aby była spełniona zależność:

$$0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 = 1$$

Operacja logiczna 2: $E_1 \oplus E_2 \oplus E_5 \oplus E_7 \oplus E_9 = 1$

Element E_9 musi mieć wartość "1", aby była spełniona zależność:

$$0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 = 1$$

Operacja logiczna 3: $E_1 \oplus E_2 \oplus E_3 \oplus E_6 \oplus E_{10} = 1$

Element E_{10} musi mieć wartość "0", aby była spełniona zależność:

$$0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 0 = 1$$

Operacja logiczna 4: $E_3 \oplus E_4 \oplus E_5 \oplus E_7 \oplus E_{11} = 1$

Element E_{11} musi mieć wartość "1", aby była spełniona zależność:

$$1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 = 1$$

Operacja logiczna 5: $E_2 \oplus E_3 \oplus E_4 \oplus E_6 \oplus E_7 \oplus E_{12} = 1$

Element E_{12} musi mieć wartość "1", aby była spełniona zależność:

$$1 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 \oplus 1 = 1$$

W efekcie tych pięciu operacji logicznych, pełny 12-elementowy znak transmisyjny (ZT) będzie miał postać:

$$0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1.$$

Podobne operacje logiczne są realizowane przez odbiorcze urządzenia protekcji. Jeśli wszystkie wyniki pięciu operacji logicznych równe są "1", odebrany znak uznany jest za bezbłędny. W takim przypadku siedem elementów informacyjnych wprowadzone jest do perforatora,

w kanale powrotnym utrzymywany jest stan odpowiadający decyzji pozytywnej (390 Hz), a urządzenia odbiorcze przyjmują kolejny znak. Jeśli zaś wynik którejkolwiek kontrolnej operacji logicznej równy jest "0", odebrany znak nie zostaje wprowadzony do perforatora, zapis jego w odbiorczym urządzeniu protekcji zostaje skasowany, częstotliwość sygnału w kanale powrotnym zmienia się na 450 Hz (na przeciąg 80 ms) i następuje proces korekcji opisany w poprzednim podrozdziale.

Opisana wyżej zasada zabezpieczenia transmisji przed błędami zapewnia wykrycie następujących przypadków błędów:

- a) wszystkie przypadki odpowiadające elementom błędnym w ilości nieparzystej w jednym znaku (1,3,5,7,9,11),
- b) wszystkie przypadki odpowiadające dwóm elementom błędnym w znaku,
- c) 94,55% przypadków odpowiadających czterem elementom błędnym w znaku,
- d) 97,3% przypadków odpowiadających sześciu elementom błędnym w znaku,
- e) 97,2% przypadków odpowiadających ośmiu elementom błędnym w znaku,
- f) 90,9% przypadków odpowiadających dziesięciu elementom błędnym w znaku.

Według doświadczeń firmy Plessey Company, metoda protekcji zastosowana w systemie PT 600/1200 PT zapewnia stopę błędów nie wykrytych:

a) w granicach od $1 \cdot 10^{-6}$ do $1 \cdot 10^{-7}$ przy pracy na telefonicznej sieci komutowanej powszechnego użytku,

b) w granicach od $1 \cdot 10^{-7}$ do $1 \cdot 10^{-8}$ przy pracy na telefonicznych łączach trwałych odpowiednio wysokiej jakości.

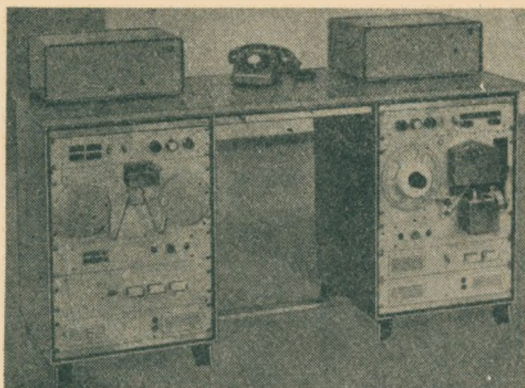
Do zasady protekcji zastosowanej w systemie PT 600/1200 PT należy zaliczyć również dodatkowe zabezpieczenie przed skutkami przypadkowej przerwy transmisji. Do tego celu można wykorzystać dowolny jeden znak spośród zbioru 128 znaków tworzących alfabet przy kodzie 7-elementowym. Po wybraniu tego znaku należy wykonać w urządzeniu nadawczym odpowiednie wewnętrzne połączenia typu eksploatacyjnego. Najczęściej stosowany jest do tego celu znak o strukturze 0000000 odpowiadający brakowi perforacji na taśmie. Jeśli w trakcie przekazywania informacji nastąpi przypadkowa przerwa w transmisji, na obu stacjach powstaje specjalny alarm optyczny i akustyczny. Stacja odbiorcza przestaje odbierać sygnały z toru, zaś stacja nadawcza przestaje nadawać dalsze informacje. Jednocześnie jednak czytnik na stacji nadawczej cofa taśmę o 14 znaków i kontynuuje wsteczny posuw taśmy aż do stwierdzenia obecności na taśmie wybranego, wyżej omówionego znaku, po czym urządzenie zostaje całkowicie zatrzymane. Fakt ten umożliwia operatorom obu stacji ponowne wznowienie transmisji od z góry znanego znaku, co eliminuje konieczność dodatkowych skomplikowanych nieraz uzgodnień między operatorami, możliwość powstania pomyłek i konieczność wznowienia trans-

misji od początku informacji. Oczywiście operator na stacji odbiorczej musi w odpowiedni sposób anulować ostatecznie znaki, zapisane na taśmie aż do znanego mu z góry znaku, na którym została zatrzymana taśma w urządzeniu nadawczym.

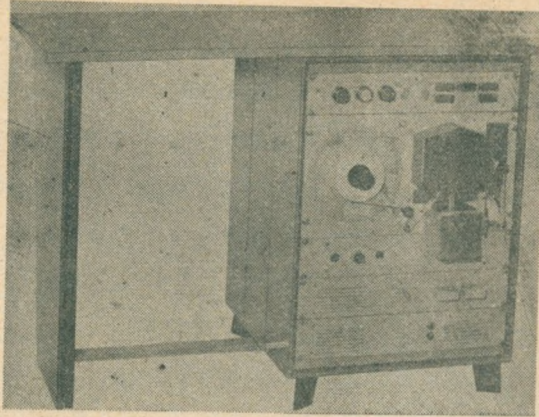
3.1.4. Konstrukcja i właściwości użytkowo-eksploatacyjne urządzeń PT 600/1200 PT

3.1.4.1. Konstrukcja urządzeń PT 600/1200 PT. Urządzenia PT 600/1200 PT wykonywane są w postaci biurkowej w trzech wariantach, jako:

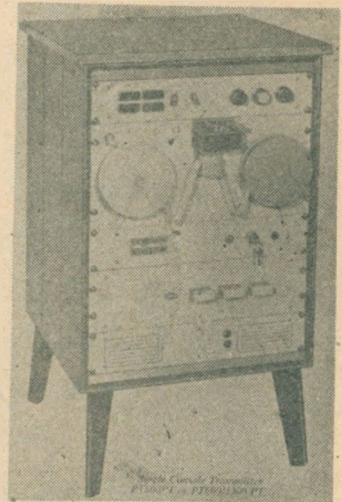
- a) urządzenia nadawczo-odbiorcze w postaci podwójnego biurka (rys. 11),
- b) urządzenie nadawcze i osobno urządzenia odbiorcze w postaci biurek pojedynczych (rys. 12),



Rys. 11. Nadawczo-odbiorcze urządzenie PT 600/1200 PT w postaci podwójnego biurka



Rys. 12. Odbiorcze urządzenie PT 600/1200 PT w postaci pojedynczego biurka



Rys. 13. Nadawcze urządzenie PT 600/1200 PT w postaci wolno stojącej konsoli

c) urządzenia nadawcze i osobno urządzenia odbiorcze w postaci wolno stojącej konsoli (rys. 13).

W pierwszym przypadku stacja końcowa może prowadzić naprzemienną dwukierunkową transmisję danych za pośred-

nictwem sieci komutowanej lub łącza trwałego przy dwuprzewodowym (jednotorowym) doprowadzeniu abonenckim lub dwukierunkową jednoczesną transmisję danych za pośrednictwem łącza trwałego o dwutorowym doprowadzeniu abonenckim. Urządzenia według wariantu "b" lub "c" umożliwiają transmisję danych tylko w jednym kierunku, to znaczy odpowiednio bądź nadawanie, bądź odbiór danych.

Każde urządzenie PT 600/1200 PT zawiera układy protekcji wraz z całą elektroniką sterującą, układy liniowe dopasowujące aparaturę transmisji danych do łącza telefonicznego, pulpit manipulacyjny wyposażony we wskaźniki optyczne, przełączniki i przyciski manipulacyjne, zasilacz oraz czytnik taśmy perforowanej (w urządzeniach nadawczych lub nadawczo-odbiorczych) i perforator (w urządzeniach odbiorczych lub nadawczo-odbiorczych). Modemy nie wchodzi w skład wyposażenia urządzeń PT 600/1200 PT, stanowiąc odrębne zespoły konstrukcyjne. Aparat telefoniczny służący do nawiązywania połączeń również nie jest związany konstrukcyjnie z urządzeniami PT 600/1200 PT.

Elektronika urządzeń, oparta na technice statycznej, rozwiązana została na elementach półprzewodnikowych.

Konstrukcja urządzeń przystosowana jest do pomieszczeń typu biurowego w bankach, urzędach, biurach, ośrodkach obliczeniowych itp. Urządzenia wykonane są w sposób estetyczny, zapewniający względnie łatwą obsługę nawet przez personel administracyjny. Zespoły nie związane konstrukcyjnie z urządzeniami PT 600/1200 PT mogą

być ustawione bezpośrednio na blacie konstrukcji biurowej, jak to pokazano na rys. 11.

Urządzenia PT 600/1200 PT zasilane są z jednofazowym napięciem zmiennym o wartości 100-125 V, bądź 200-250 V i o częstotliwości w granicach od 45 Hz do 65 Hz. Pobór mocy wynosi:

- około 220 W przez urządzenia nadawcze,
- około 350 W przez urządzenia odbiorcze.

Wszystkie połączenia między urządzeniami PT 600/1200 PT i modemami oraz aparatem telefonicznym realizuje się za pomocą specjalnych przewodów zakończonych odpowiednimi wtykami i gniazdami, wchodzących w skład wyposażenia urządzeń.

Zainstalowanie urządzeń ogranicza się zatem tylko do doprowadzenia linii telefonicznej i napięcia zasilającego z sieci energetycznej.

3.1.4.2. Modemy. Urządzenia PT 600/1200 PT przystosowane są do współpracy z modemami znormalizowanymi przez CCITT (Zalecenie V.23, Księga Błękitna CCITT - tom VIII, str. 42-44, U.I.T. - Genewa 1964 r.). Przy stosowanie to obejmuje zarówno parametry elektryczne jak i rodzaj i funkcje poszczególnych obwodów łączących modem z urządzeniami PT 600/1200 PT, tworzących tzw. styk znormalizowany przez CCITT (Zalecenie V.24, Księga Błękitna CCITT - tom VIII, str. 44-57).

Firma Pelssey Company może dostarczać urządzenia PT 600/1200 PT łącznie z modemami opracowanymi w Wiel-

kiej Brytanii i uznanymi przez Poczta Brytyjską za podstawowe wyposażenie sieci transmisji danych. Są to mode-my typu "Datel Modem 1A". Można jednak również połączyć urządzenia PT 600/1200 PT z jakimkolwiek modemem innej produkcji, byle by spełniał on wyżej wspomniane zalece-nia CCITT.

3.1.4.3. Czytnik i perforator taśmy. Jako aparaty końcowe zastosowano w urządzeniach PT 600/1200 PT czyt-nik taśmy perforowanej produkowany przez amerykańską firmę Tally Corporation (model 464) oraz również amery-kański perforator firmy Teletype Corporation. Oba te a-paraty stanowią integralną część urządzeń PT 600/1200 PT.

Zarówno czytnik jak i perforator mogą być przystoso-wane na drodze czynności eksploatacyjnych do taśmy 5-ścieżkowej (szerokość 11/16 cala) bądź do taśmy 8-ścież-kowej (szerokość 1 cal). Maksymalna szybkość pracy czyt-nika wynosi 120 znaków na sekundę, zaś perforatora - 110 znaków na sekundę.

Na szczególną uwagę zasługuje czytnik taśmy. Mimo że jest on przeznaczony do pracy ze stosunkowo dużymi szyb-kościami, zastosowano w nim odczyt mechaniczny. Specjal-na konstrukcja detali mechanicznych w głowicy czytnika zapewnia pewną pracę całego aparatu. Szczególnie jed-nak cenną cechą czytnika Tally jest możliwość wsteczne-go posuwu taśmy (rewersji), co stworzyło możliwości znacznych uproszczeń w części elektronicznej urządzeń PT 600/1200 PT, decydujących w znacznym stopniu o ich cenie. Mianowicie każdy korekcyjny system transmisji da-

nych pracujący na zasadzie sprzężenia zwrotnego decyzji i powtarzania błędnych fragmentów informacji musi przewidywać zastosowanie w urządzeniach nadawczych pamięci o odpowiedniej pojemności, w której przechowywane są nadane znaki aż do momentu stwierdzenia poprawnego ich odbioru przez stację docelową. W urządzeniach współpracujących z nierewersyjnym czytnikiem taśmy perforowanej, układy pamięciowe wymagają zastosowania względnie dużych ilości elementów półprzewodnikowych lub magnetycznych, co niejednokrotnie wpływa w sposób zasadniczy na całkowity koszt urządzeń transmisji danych.

W przypadku zaś zastosowania rewersyjnego czytnika taśmy perforowanej, co ma miejsce w urządzeniach PT 600/1200 PT, rolę pamięci spełnia sama taśma perforowana. W przypadku konieczności powtórzenia pewnego, raz już nadanego fragmentu informacji, można wielokrotnie cofać taśmę automatycznie i ponownie sczytywać odpowiednie znaki.

3.1.4.4. Manipulacja i obsługa urządzeń PT 600/1200 PT. Jak już wspomniano w poprzednich podrozdziałach, instalacja i obsługa urządzeń PT 600/1200 PT jest stosunkowo prosta. Elektronika urządzeń została rozwiązana w sposób umożliwiający obsłudze obserwację odbywających się procesów za pomocą jednoznacznych wskaźników optycznych.

Czynności manipulacyjne wymagane od obsługi sprowadzają się do właściwego wykorzystania trzech przełączników, a mianowicie:

- przełącznika "Telefon - Transmisja Danych",
- przełącznika szybkości modulacji "600/1200 bodów",
- wielopozycyjnego przełącznika "Wybór kodu".

Ponadto w pulpicie manipulacyjnym umieszczono trzy przyciski:

- "Rozpoczęcie transmisji",
- "Wyłączenie alarmu akustycznego",
- "Zatrzymanie transmisji",

obsługa których nie przedstawia najmniejszych trudności.

Wszystkie stany awaryjne, jakie mogą wystąpić w trakcie wymiany informacji, a więc przerwa w kanale docelowym lub pierwotnym, błąd na taśmie (w przypadku stosowania jednego z kodów nadmiarowych umożliwiających kontrolę parzystości taśmy), koniec lub zerwanie się taśmy w czytniku lub perforatorze, powodują zadziałanie odpowiedniego wskaźnika optycznego i alarmu akustycznego.

3.1.4.5. Właściwości użytkowo-eksploatacyjne. Analizując własności urządzeń PT 600/1200 PT z punktu widzenia użytkownika, warto omówić dokładniej istotne cechy tych urządzeń, wzmiankowane w poprzednich podrozdziałach.

Na szczególną uwagę zasługuje niewątpliwie stosunkowo niska cena urządzeń tego systemu w stosunku do cen innych, podobnych urządzeń. Jeden komplet urządzeń do

transmisji jednokierunkowej kosztuje około 15.000 dolarów, podczas gdy ceny analogicznych urządzeń francuskich są średnio od 2 do 3 razy wyższe. Przyczyną niskiej ceny jest przede wszystkim brak w urządzeniach PT600/1200 PT kosztownych pamięci. W urządzeniu nadawczym rolę pamięci spełnia rewersyjny czytnik taśmy perforowanej, co było omówione w rozdz. 3.1.4.3. Wyeliminowanie zaś pamięci w urządzeniu odbiorczym możliwe było dzięki zastosowaniu metody protekcji opartej na zasadzie kontroli znakowej.

Przy takiej bowiem kontroli błędów urządzenia protekcji na stacji odbiorczej sprawdzają strukturę każdego znaku, po czym bądź kierują go do perforatora, bądź anulują, żądając jednocześnie od stacji nadawczej powtórzenia informacji. Nie ma więc potrzeby przechowywania w pamięci dużej liczby bitów, jak to ma miejsce w protekcyjnych urządzeniach transmisji danych pracujących na zasadzie "czystej taśmy" i stosujących blokową kontrolę błędów.

Inną dość istotną zaletą urządzeń PT 600/1200 PT jest ich stosunkowo duża elastyczność, szczególnie pod względem zastosowanego kodu. Jak już bowiem wspomniano w poprzednich podrozdziałach, w systemie PT 600/1200 PT można przekazywać informacje zapisane w praktycznie dowolnym kodzie, począwszy od kodu 5-elementowego, a skończywszy na 8-elementowym kodzie nadmiarowym z jednym elementem parzystości. Dzięki tej właściwości urządzenia PT 600/1200 PT mogą znaleźć zastosowanie u bardzo róż-

norodnych użytkowników i służyć do przekazywania dowolnych informacji między maszynami matematycznymi różnych typów.

Trzeba przy tym przyznać, że konstrukcja urządzeń PT 600/1200 PT i niektóre dodatkowe udogodnienia świadczą o dużym rozeznaniu przez producenta potrzeb użytkowników. Potwierdza to choćby zasada transmisji informacji zapisanych w kodzie 8-elementowym. Zapis informacji po stronie nadawczej może odpowiadać, bądź kodowi spełniającemu regułę parzystości, bądź nieparzystości. W każdym z tych przypadków, w trakcie sczytywania informacji z taśmy zapis na taśmie jest kontrolowany. Ponieważ jednak ósmy bit nie jest wysyłany w linię, przekazana informacja może być zapisana na stacji odbiorczej w zależności od lokalnych potrzeb użytkownika bądź w kodzie 7-elementowym (oszczędnym), bądź w którymkolwiek ze wspomnianych kodów 8-elementowych. Taka sama dowolność zapisu informacji po stronie odbiorczej istnieje w przypadku nadawania danych zapisywanych po stronie nadawczej w oszczędnym kodzie 7-elementowym. Ponadto w urządzeniu nadawczym istnieje możliwość lokalnego sprawdzenia parzystości taśmy bez potrzeby zajmowania linii telefonicznej.

Przy wielu zaletach, urządzenia PT 600/1200 PT posiadają także pewne wady. Można do nich zaliczyć fakt, że przekazanie danych wymaga obecności operatorów na obydwu stacjach. Brak odpowiedniej automatyki może komplikować niekiedy organizację ośrodków obliczeniowych lub innych systemów informacyjnych i w pewnym stopniu

ograniczać zakres zastosowania urządzeń systemu PT 600/1200 PT. Należy jednak pamiętać, że zautomatyzowanie procesów pomocniczych wymaga dodatkowego, dość znacznego rozbudowania układów elektronicznych, co wpływa w istotny sposób na cenę urządzeń transmisji danych.

Inną, bardziej może istotną wadą urządzeń PT 600/1200 PT jest ich hałaśliwość. Pod tym względem konstrukcja urządzeń¹¹ nie została dostatecznie przemyślana, toteż zainstalowanie urządzeń PT 600/1200 PT w małym pomieszczeniu lub zgrupowanie urządzeń na jednej sali utrudnia wykonywanie jakiejkolwiek innej pracy przez człowieka znajdującego się w bliskim sąsiedztwie. Według jednak informacji pochodzących bezpośrednio z firmy Plessey Company, konstrukcja urządzeń ma być zmieniona, przy czym główny nacisk ma być położony na wytłumienie zakłóceń akustycznych wytwarzanych przez perforator i czytnik taśmy. Nowe urządzenia PT 600/1200 PT będą wykonane w postaci wolno stojących szafek.

Na zakończenie opisu urządzeń systemu PT 600/1200 PT uzasadnione jest stwierdzenie, że urządzenia te można zaliczyć do jednych z najbardziej interesujących i atrakcyjnych urządzeń transmisji danych, produkowanych aktualnie w Europie. Wydaje się, że urządzenia te są również godne uwagi użytkowników transmisji danych w Polsce.

