

1967

Nr 1 (22)

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

WARSZAWA — MIEDZESZYN

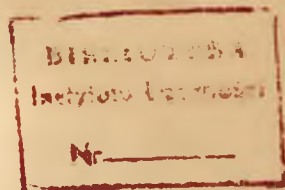
PROBLEMY

ŁĄCZNOŚCI



MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI



ROK 7

WARSZAWA 1967

NR 1(22)

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 listopadzie 1967 r.

PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

SPIS TREŚCI

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

WSPÓLCZESNE SYSTEMY I URZĄDZENIA
TRANSMISJI DANYCH

(C z ę ś ć I)

1. WPROWADZENIE

Ostatnie lata rozwoju telekomunikacji to zarazem okres szybkiego rozwoju elektronicznej techniki obliczeniowej, a więc okres wdrażania do eksploatacji maszyn matematycznych i innych elektronicznych lub elektromechanicznych urządzeń służących do automatycznego przetwarzania informacji, okres organizowania zautomatyzowanych systemów informacyjnych, czyli systemów, w których człowiek - jako nadawca i odbiorca informacji - spełnia rolę tylko pomocniczą w stosunku do właściwych nadawców i odbiorców, jakimi są urządzenia automatyczne. Nic też dziwnego, że punkt ciężkości rozwoju telekomunikacji w tym okresie, to jej najmłodsza dziedzina - transmisja danych.

Wprowadzenie w zagadnienia organizacyjne i techniczne transmisji danych, jako dziedziny telekomunikacji związanej z przesyłaniem dyskretnej informacji służących do automatycznego przetwarzania, było przedmiotem artykułu pt. "Transmisja danych", opublikowanego w zeszycie Nr 3(8) Problemów Łączności z 1963 r.

Niniejszy artykuł stanowi przegląd aktualnego stanu techniki światowej w zakresie systemów i urządzeń transmisji danych. Omawiając aktualnie produkowane za granicą lub opracowywane obecnie urządzenia i systemy transmisji danych, autor starał się dać wyraz z jednej strony bardzo różnorodnemu asortymentowi eksploatowanych i produkowanych na świecie urządzeń, a z drugiej strony różnorodności koncepcji systemowych i rozwiązań technicznych. Dobór omówionych w niniejszym artykule urządzeń nie jest przypadkowy. Starano się bowiem:

a. Omówić urządzenia opracowane przez najbardziej renomowane europejskie firmy telekomunikacyjne, a więc urządzenia firm posiadających wyrobioną pozycję na rynku światowym w zakresie telekomunikacji, co w pełnym sensie określa automatycznie klasę opisanych urządzeń transmisji danych.

b. Ograniczyć opisy urządzeń i systemów do firm zachodnioeuropejskich (z pominięciem firm amerykańskich), co może być wykorzystane w praktyce w przypadku konieczności zakupu urządzeń przez różnych użytkowników krajowych.

c. Wybrać te urządzenia, które ze względu czy to na zasadę pracy, czy na podstawowe parametry, mogłyby być zastosowane w warunkach krajowych.

d. Opisać zasadę działania urządzeń transmisji danych reprezentatywnych pod względem koncepcji i zasady działania, co może być wykorzystane przez technicznych i na-

ukowych pracowników krajowych placówek przemysłowych i naukowo-badawczych przy opracowywaniu własnych koncepcji i projektów.

Mimo powyższych uwag nie należy jednak sądzić, że artykuł ten wyczerpuje zagadnienie w sposób kompletny. Ograniczone możliwości, wynikające z charakteru i objętości tej publikacji, jak również trudności w uzyskaniu rzeczowych informacji źródłowych każą się liczyć z faktem, że szereg urzędzeń i systemów zasługujących na uwagę zostało w artykule pominiętych. Trzeba jednak pamiętać, że ze względu na zakres stosowania urzędzeń transmisji danych, szereg koncepcji otoczonych jest tajemnicą bądź państwową (np. zastosowania militarne, kosmiczne), bądź zawodową (względy konkurencyjne). Należy też uwzględnić fakt, że dynamiczny rozwój transmisji danych (co trzeba uznać za normalne zważywszy, że transmisja danych jest bardzo młodą dziedziną telekomunikacji) sprzyja powstawaniu coraz to nowych koncepcji, rodzeniu się nowych systemów i wprowadzaniu do produkcji nowych urzędzeń. Może to wydawać się paradoksem, ale w obecnym stanie rozwoju transmisji danych, normalny cykl wydawniczy artykułu jest za długi w stosunku do tempa, w jakim rodzą się nowe projekty systemów i urzędzeń transmisji danych w dziesiątkach potężnych ośrodków naukowo-badawczych i przemysłowych na całym świecie. Możliwe jest zatem, że w chwili oddania niniejszego artykułu do rąk czytelników, będą znane urządzenia transmisji danych, które zasługiwałyby na omówienie w tej pracy, lecz które nie były ujawnione w momencie oddawania artykułu do druku.

Mimo powyższych zastrzeżeń wydaje się, że artykuł dający przegląd współczesnych rozwiązań i koncepcji systemów i urządzeń transmisji danych może być wykorzystany z pożytkiem nie tylko jako materiał informacyjny, lecz także jako materiał pomocniczy dla specjalistów telekomunikacyjnej techniki cyfrowej oraz dla pracowników technicznych, specjalizujących się w transmisji danych. Zważywszy zaś brak publikacji książkowych z tego zakresu w języku polskim, może on służyć również dla celów dydaktycznych.

Kolejność opisanych w niniejszym artykule urządzeń transmisji danych nie wynika ani z ich klasy, ani ze stopnia przydatności w eksploatacji. Mając do wyboru szereg możliwości, zgrupowano urządzenia według ich pochodzenia, uwzględniając w pierwszej kolejności kraj, w drugiej - producenta. Podobnie i obszerność opisów poszczególnych urządzeń nie świadczy o stopniu ich skomplikowania. Materiałami źródłowymi wykorzystanymi przez autora są bowiem bądź dokumenty uzyskane bezpośrednio od producentów, projektantów czy eksploatorów urządzeń (opisy reklamowe, opisy techniczne, dokumentacja techniczna), bądź rezultaty bezpośrednich kontaktów z przedstawicielami firm zagranicznych. Różnorodność materiałów źródłowych, tak pod względem ich obszerności jak i dokładności, jest bezpośrednią przyczyną zróżnicowania informacji zawartych w tym artykule. Dla uniknięcia zaś nieścisłości, autor starał się wystrzegać uzupełniania tych materiałów własnymi domysłami czy komentarzami, chyba, że zostało to w artykule wyraźnie zaznaczone.

W celu uniknięcia powtarzających się sformułowań i opisów przegląd urządzeń i systemów transmisji danych poprzedzono rozdziałem omawiającym zasady ich klasyfikacji i podziału w zależności od podstawowych parametrów i przeznaczenia. Rozdział ten powinien ułatwić czytelnikom korzystanie z głównej części artykułu. Należy jednak zastrzec, że brak jest jak dotąd ujednoliconej w skali krajowej terminologii z zakresu transmisji danych, jak również i brak dokumentów normatywnych z tego zakresu zarówno w skali krajowej, jak i międzynarodowej. Z powyższych względów zasady klasyfikacji podane przez autora mogą budzić zastrzeżenia wśród niektórych czytelników, mimo że autor starał się przedstawić materiał w sposób najbardziej obiektywny, odpowiadający metodom rozumowania większości specjalistów krajowych i zagranicznych, oraz stosować terminologię pozbawioną neologizmów.

Wprowadzając czytelnika w problemy techniczne warto na koniec zwrócić uwagę na znaczenie transmisji danych jako nowej dziedziny telekomunikacji i na najbliższe perspektywy jej rozwoju. Za przykład niech posłużą opinie kształtujące się w krajach o silnie rozwiniętej telekomunikacji. W Japonii uznano transmisję danych za jedną z trzech głównych (obok telegrafii i telefonii) dziedzin telekomunikacji, biorąc pod uwagę planowaną rozbudowę sieci, zakres usług i ilość przekazywanych informacji. Przewiduje się zarazem, że w ciągu najbliższych 5 lat ilość łączy transmisji danych przewyższy ilość łączy telegraficznych i telefonicznych. W Stanach Zjednoczonych A.P. przewiduje się, że "ruch transmisji danych" zrówna się z ruchem telefonicznym około 1970 r.

2. ZASADY KLASYFIKACJI SYSTEMÓW I URZĄDZEŃ TRANSMISJI DANYCH

2.1. Kryteria klasyfikacji

Szeroki zakres stosowania transmisji danych w wielu różnych dziedzinach gospodarki sprawił, że w eksploatacji znajduje się obecnie bardzo dużo urządzeń transmisji danych zróżnicowanych pod względem konstrukcji i podstawowych parametrów. Względy konkurencyjne, występujące szczególnie jaskrawo wśród producentów zachodnio-europejskich i amerykańskich, powodują, że zróżnicowanie to postępuje w dalszym ciągu. Jednocześnie zaś transmisja danych, jako stosunkowo młoda dziedzina telekomunikacji, nie doczekała się jeszcze aktów normalizacyjnych obowiązujących czy to w skali międzynarodowej, czy też w skali któregośkolwiek z krajów, nawet o stosunkowo bogatych tradycjach w zakresie telefonii czy telegrafii. W ostatnich kilku latach obserwuje się wprawdzie próby normalizacji urządzeń transmisji danych w skali międzynarodowej zarówno przez CCITT (Międzynarodowy Komitet Doradczy Telegrafii i Telefonii), jak i przez ISO (Międzynarodowy Komitet Normalizacyjny). Jednakże są to dopiero próby i projekty normalizacji, których przekształcenie w stałe akty prawne wymagać będzie prawdopodobnie jeszcze kilku lat.

Niezależnie od powyższego można jednak podzielić istniejące systemy i urządzenia transmisji danych na kilka grup, kierując się czy to względami technicznymi, czy

eksploatacyjnymi. Podział taki można przeprowadzić według kilku niezależnych od siebie kryteriów, z których najistotniejsze i powszechnie uznane to:

- a) szybkość modulacji,
- b) użytkowe aspekty protekcji (zabezpieczenia przed błędami),
- c) techniczne zasady protekcji,
- d) aspekty użytkowo-eksploatacyjne,
- e) podstawowe parametry sygnału (rodzaj modulacji, wartościowość kodu, zasada transmisji).

Kryteria powyższe zostały pokrótce omówione w dalszej części niniejszego rozdziału.

2.2. Szybkość modulacji

Stosując jako kryterium podziału szybkość modulacji, rozróżnia się trzy grupy urządzeń transmisji danych, a mianowicie:

I. Urządzenia na małe szybkości modulacji (nazywane niekiedy wolnymi lub powolnymi urządzeniami transmisji danych), stosujące szybkość modulacji w zakresie od 50 do 200 bodów.

II. Urządzenia na średnie szybkości modulacji (nazywane niekiedy średnio-szybkimi urządzeniami transmisji danych), stosujące szybkość modulacji w zakresie od 200 do około 3000 bodów.

III. Urządzenia na duże szybkości modulacji (nazywane niekiedy szybkimi urządzeniami transmisji danych), sto-

sujące szybkość modulacji większą od około 3000 bodów, przy czym osiągnane aktualnie szybkości dochodzą do kilku czy kilkudziesięciu milionów bodów.

Podział ten w zasadzie wiąże się z rodzajem drogi przesyłowej wykorzystywanej dla transmisji danych. Mianowicie pierwsza grupa urządzeń przeznaczona jest do pracy na klasycznych wąskich kanałach telegraficznych lub na kilka razy szerszych telegraficznych kanałach specjalnych. Klasyczne kanały telegraficzne rozstawione są co 120 Hz i umożliwiają transmisję sygnałów ziarnistych¹⁾ z szybkością 50 bodów. Specjalne kanały telegraficzne, o parametrach znormalizowanych w skali międzynarodowej (CCITT), mogą być rozstawione co 240 lub 480 Hz, umożliwiając transmisję sygnałów ziarnistych z szybkością modulacji odpowiednio 100 lub 200 bodów. Spotykane są także w praktyce kanały telegraficzne o rozstawieniu co 180 Hz, przystosowane do transmisji sygnałów modulowanych z szybkością 75 bodów. Niezależnie jednak od wyżej wspomnianych różnic, wszystkie te kanały są kanałami telegraficznymi, posiadają jednakową strukturę, przystosowane są do transmisji sygnałów ziarnistych, a realizowa-

1) Sygnał ziarnisty lub inaczej sygnał dyskretny jest nośnikiem wiadomości dyskretnych lub inaczej wiadomości zakodowanych. Sygnał taki cechuje się ściśle ograniczoną, zazwyczaj niewielką ilością stanów znamiennej. Na przykład w sygnale binarnym występują tylko dwa stany znamienne U_1 i U_2 , I_1 i I_2 , F_1 i F_2 itp. Stany pośrednie między stanami znamiennej są stanami nieustalonymi.

ne są na zasadzie częstotliwościowego podziału typowego kanału telefonicznego.

Druga grupa urządzeń przystosowana jest do pracy na normalnych kanałach telefonicznych o szerokości pasma do 3100 Hz. Ze względów technicznych i ekonomicznych, kanałów tego rodzaju nie wykorzystuje się do transmisji sygnałów ziarnistych modulowanych z szybkością niższą od 200 bodów. Ponieważ jednocześnie najszersze spośród znormalizowanych kanałów telegraficznych umożliwiają transmisję sygnałów ziarnistych również z szybkością 200 bodów, stąd granica podziału między urządzeniami transmisji danych pierwszej i drugiej grupy została jednoznacznie określona. Podobna granica, wyrażona liczbowo w bodach, między drugą i trzecią grupą urządzeń transmisji danych w zasadzie nie istnieje, a to z następujących względów.

Do niedawna jeszcze obowiązywał pogląd, że szybkość modulacji 600 bodów jest graniczną wartością dla komutowanych łączy telefonicznych, a 1200 bodów dla łączy trwałych. Rozwój transmisji danych w ostatnich latach doprowadził jednak do zmiany poglądów w tym zakresie. W zależności bowiem od rodzaju modulacji (FM lub PhM), od systemu transmisji (obie wstęgi boczne lub jedna wstęga pełna a druga ograniczona), od wartościowości kodu (binarny, trójwartościowy itp), od stopnia skorygowania podstawowych charakterystyk kanału transmisyjnego, granice wspomniane wyżej zostały przesunięte. W niektórych krajach stosuje się z powodzeniem szybkość modulacji 1200, a nawet 1800, 2000 lub 2400 bodów na telefonicznych łą-

czach komutowanych, a przy zastosowaniu wybranych, odpowiednio skorygowanych łączy telefonicznych przesyła się dane w oparciu o szybkość modulacji 3000, 3600, 4800 bodów i więcej.

Przyjmując więc granice podziału między poszczególnymi kategoriami urządzeń transmisji danych jako 200 bodów i 3000 bodów trzeba pamiętać, że podział taki może okazać się krótkotrwały, a ponadto trzeba się liczyć z faktem, że nie we wszystkich krajach jest on taki sam. Znacznie bardziej jednoznaczna wydaje się w takim stanie rzeczy klasyfikacja urządzeń transmisji danych (pod względem szybkości przekazywania danych) oparta nie na szybkości modulacji, a na rodzaju drogi transmisyjnej.

W takim też aspekcie za kryterium zaklasyfikowania urządzeń do jednej z trzech wspomnianych grup można by uznać rodzaj użytego kanału transmisyjnego, przy czym może to być:

- a) kanał telegraficzny,
- b) kanał telefoniczny,
- c) szeroki kanał specjalny.

Przy okazji omawiania problemów związanych z szybkością modulacji warto wyjaśnić różnicę między szybkością modulacji wyrażoną w bodach i szybkością wytwarzania (lub przekazywania) informacji¹⁾ wyrażoną w bitach na sekundę. Otóż w przypadku szeregowej transmisji sygnału bi-

¹⁾ Dla określenia tego pojęcia stosuje się termin "przepływ binarny", lub "przepływność binarna".

narne, każdy element sygnału można nazwać bitem informacji. Długość elementu sygnału, narzucona przez rytm pracy urządzenia czy układu modulującego, związana jest jednoznacznie z szybkością modulacji, która - wyrażona w bodach - określa ilość tych elementów wytwarzanych lub przekazywanych w czasie jednej sekundy. Przepływność binarna wyrażona w bitach na sekundę jest liczbowo równa szybkości modulacji tylko wtedy, gdy bit jest elementem sygnału, a więc tylko w przypadku binarnej transmisji szeregowej. Ogólnie zaś przepływność binarna określona jest zależnością:

$$V_b = \sum_{i=1}^m \frac{1}{T_i} \log_2 n_i \quad [\text{bit/sek}]$$

przy czym:

- m - liczba równoległych dróg przesyłowych,
- T_i - przedział jednostkowy (długość elementu sygnału) dla i -tej drogi przesyłowej, wyrażony w sekundach,
- n_i - liczba stanów znamienych występujących w sygnale przekazywanym po i -tej drodze transmisyjnej (lub inaczej: wartość kodu zastosowanego w i -tej drodze transmisyjnej).

Ponieważ odwrotność długości elementu sygnału ($\frac{1}{T}$) odpowiada liczbowo szybkości modulacji (V), przepływność

binarną (V_b) można wyrazić i taką zależnością:

$$V_b = \sum_{i=1}^m \gamma_i \log_2 n_i$$

Tak więc w przypadku binarnej ($n = 2$) transmisji szeregowej ($m = 1$):

$$V_b \text{ [bit/sek]} = \gamma \text{ [bod]}$$

Przy transmisji szeregowej, lecz z zastosowaniem kodu o wartości (n) większej niż 2, zależność między przepływnością binarną a szybkością modulacji jest następująca:

$$\frac{V_b \text{ [bit/sek]}}{\gamma \text{ [bod]}} = \log_2 n$$

W przypadku zaś transmisji równoległej o m drogach transmisyjnych i przy zastosowaniu w każdej drodze tej samej szybkości modulacji i kodu binarnego (co jest w praktyce zachowane prawie zawsze), przepływność binarna jest m razy większa od szybkości modulacji:

$$V_b \text{ [bit/sek]} = m \cdot \gamma \text{ [bod]}.$$

2.3. Użytkowe aspekty protekcji

Jak już wspomniano we wprowadzeniu do niniejszego artykułu, transmisja danych to dziedzina telekomunikacji

obejmująca przekazywanie informacji dyskretnych, w tym informacji numerycznych przeznaczonych do przetwarzania automatycznego. Względy powyższe, jak również gospodarcze lub militarne znaczenie przekazywanych informacji wymaga zachowania jak największej wierności transmisji. Wierność ta, określana przez podanie stopy błędów, waha się w zależności od rodzaju zastosowanych urządzeń i od jakości łącza w granicach od $1 \cdot 10^{-6}$ do $1 \cdot 10^{-9}$.

Urządzenia protekcji, czyli urządzenia zapewniające uzyskanie w praktyce wspomnianych wyżej wskaźników, muszą być przystosowane pod względem eksploatacyjnej zasady pracy do wymagań stawianych przez użytkownika. W zależności od tych aspektów, systemy i urządzenia transmisji danych dzielą się na dwie zasadnicze grupy:

I. Urządzenia wykrywające błędy, czyli tak zwane urządzenia detekcyjne.

II. Urządzenia wykrywające i automatycznie korygujące błędy, czyli tak zwane urządzenia korekcyjne.

Pierwsza grupa urządzeń zapewnia wprawdzie wykrywanie błędów w taki sposób, aby stopa błędów niewykrytych nie przekroczyła wartości odpowiadającej założonej wierności transmisji, lecz nie realizuje automatycznego poprawienia błędów wykrytych. W efekcie pracy urządzeń tego rodzaju, informacja otrzymana przez użytkownika może być poddana dalszej automatycznej obróbce, jednakże tylko w przypadku uprzedniej interwencji człowieka, bądź po zakończeniu się procesu transmisji, bądź też w czasie trwania tego procesu. Rodzaj, moment i częstość interwencji

obsługi zależy od odmiany urządzenia, wchodzącego w skład łącza transmisji danych.

Do typowych odmian urządzeń tej kategorii zalicza się między innymi takie, w których transmisja danych przebiega nieprzerwanie od początku do końca, mimo wykrycia jednego lub wielu błędów. W urządzeniach tego rodzaju każdy wykryty błąd jest odnotowywany w pewien umowny sposób na stacji nadawczej lub odbiorczej. W zależności od technicznej zasady pracy urządzeń protekcji (patrz rozdz. 2.4) mogą być w sposób trwały zapisywane numery błędnych znaków lub bloków informacji zawierających przynajmniej jeden błędny znak; mogą też być stosowane specjalne oznaczenia błędnych znaków lub bloków, zapisywane na nośniku informacji (np. specjalny nadruk w przypadku odbioru informacji przez aparat drukujący lub specjalny symbol graficzny naniesiony na taśmę perforowaną); można też stosować anulację błędnego fragmentu informacji zapisanej np. na taśmie perforowanej przez wybicie w taśmie wszystkich możliwych otworów. Jeśli wykrywanie błędów następuje na stacji odbiorczej, obsługa jej musi skontrolować zapis odebranej informacji przed dalszym jej wykorzystaniem i w przypadku stwierdzenia błędów żądać od stacji nadawczej powtórzenia całej informacji lub jej błędnych fragmentów. Jeśli zaś wykrycie błędów następuje na stacji nadawczej, po skończonej transmisji trzeba poinformować stację odbiorczą o bezbłędności transmisji lub przekazać dodatkowo błędne znaki i bloki, wskazując zarazem ich miejsce w ciągu informacji. W każdym jednak przypadku informacja przyjęta przez stację odbior-

czą nie może być wykorzystana w dalszym etapie procesu informacyjnego bez dodatkowych, często pracochłonnych, czynności kontrolnych obsługi.

Inna odmiana detekcyjnych urządzeń transmisji danych wymaga stałego nadzoru personelu w trakcie procesu transmisyjnego i interwencji obsługi w przypadku stwierdzenia błędu. Do tej odmiany należą urządzenia, które po wykryciu błędów automatycznie wstrzymują proces transmisji. Transmisja w takich przypadkach może być wznowiona wyłącznie na skutek interwencji obsługi, która w tym celu musi nieustannie nadzorować pracujące urządzenia.

Systemy detekcyjne są w większości przypadków na tyle niewygodne w eksploatacji, że większość użytkowników unika ich stosowania. Wymagają one bowiem zawsze interwencji człowieka, a co gorsze nie wykluczają powstania niewykrywalnych błędów, wprowadzonych w wyniku tej interwencji (np. przy montażu taśmy perforowanej na stacji odbiorczej lub przy cofaniu czytnika taśmy na stacji nadawczej). Ponadto konieczność interwencji człowieka powoduje znaczny spadek efektywnej szybkości przekazywania informacji. Dlatego też transmisja danych w większości krajów europejskich oparta jest na urządzeniach korekcyjnych.

Z użytkowego punktu widzenia zasada pracy urządzeń korekcyjnych polega na tym, że użytkownik nie musi wnikać w to, czy w trakcie transmisji został wykryty błąd, czy też transmisja przebiega idealnie, gdyż w przypadku wykrycia błędu współpracujące urządzenia transmisji danych poprawiają go w sposób automatyczny. W zasadzie więc ro-

ła człowieka ogranicza się co najwyżej do nawiązania połączenia i do rozpoczęcia transmisji. W niektórych zaś systemach transmisji danych i te czynności realizowane są automatycznie.

W przypadku posługiwania się korekcyjnymi urządzeniami transmisji danych człowiek musi interweniować w trakcie procesu transmisyjnego tylko w przypadkach awaryjnego wstrzymania transmisji. Do przypadków tych należy przede wszystkim przerwanie połączenia między współpracującymi stacjami transmisji danych. W niektórych systemach stanem awaryjnym może być również zła jakość łącza, uniemożliwiająca transmisję z praktycznie efektywną szybkością (zbyt duża ilość wykrywanych błędów), lub wykrycie takiego błędu, którego urządzenia nie potrafią skorygować automatycznie. Stan awaryjny oznacza zawsze, że w aktualnych warunkach transmisja danych nie może się odbywać, a w takich przypadkach interwencja człowieka jest uzasadniona i niezbędna.

Urządzenia korekcyjne transmisji danych dzielą się z użytkowego punktu widzenia na dwie podgrupy. Pierwsza z nich zapewnia odbiór informacji będącej idealną (z uwzględnieniem dopuszczalnej stopy błędów niewykrytych) kopią informacji nadanej, to znaczy odbiór informacji bez żadnych elementów dodatkowych, jak np. anulowanych błędnych znaków, symboli bezbłędności lub błędności, czy też innych śladów procesu protekcji. Urządzenia takie nazywane są niekiedy urządzeniami typu "czysta taśma" (jeśli odbierana informacja zapisywana jest na taśmie perforowanej lub ogólniej - urządzeniami czystownikowymi. Proces

detekcji i korekcji błędów odbywa się w takich systemach przed ostatecznym zarejestrowaniem informacji, natomiast do trwałego zapisu dopuszcza się tylko te fragmenty informacji (znaki lub bloki), które urządzenie protekcji uznało za bezbłędne. Czysztownikowe urządzenia transmisji danych są bardzo wygodne z użytkowego punktu widzenia, ponieważ odebrana informacja może być bezpośrednio wprowadzona do praktycznie dowolnego urządzenia przetwarzającego dane.

Druga podgrupa urządzeń korekcyjnych to urządzenia, które można by określić mianem urządzeń anulacyjnych. Istota ich polega na tym, że ostatecznie zapisana informacja zawiera oprócz pełnej informacji bezbłędnej również błędne (odpowiednio oznaczone lub umownie anulowane) fragmenty informacji. W zależności od rodzaju zapisu (druk, taśma perforowana, pamięć magnetyczna) oraz od rodzaju i zasady pracy urządzenia przetwarzającego dane, informacja musi ulec niekiedy wstępnej obróbce (np. wycięcie z taśmy perforowanej błędnych fragmentów i ponowny montaż taśmy z informacją bezbłędną). W wielu jednak systemach informacyjnych, gdy zastosowany alfabet i kod jest jednolity dla urządzeń transmisji danych i przetwarzania danych, informacja zapisana w ostatecznej postaci może być wprowadzona np. do maszyny matematycznej mimo, że zawiera również błędne, lecz zarazem odpowiednio anulowane znaki lub bloki informacji.

2.4. Techniczne zasady protekcji

W celu zapewnienia odpowiednio dużej wierności przekazywanych informacji urządzenia transmisji danych muszą nieustannie kontrolować odbywający się proces transmisji sygnałów. W wyniku tej kontroli zostają wykrywane błędy (proces ten nazywany jest detekcją błędów) i ewentualnie automatycznie poprawiane (w urządzeniach korekcyjnych proces ten nazywany jest korekcją błędów). Ze spól wszystkich procesów realizowanych w urządzeniach transmisji danych w celu zapewnienia jak największej wierności transmisji nazywany jest protekcją. W urządzeniach i systemach korekcyjnych protekcja składa się z dwóch odrębnych faz, z których pierwsza odpowiada detekcji, a druga korekcji błędów.

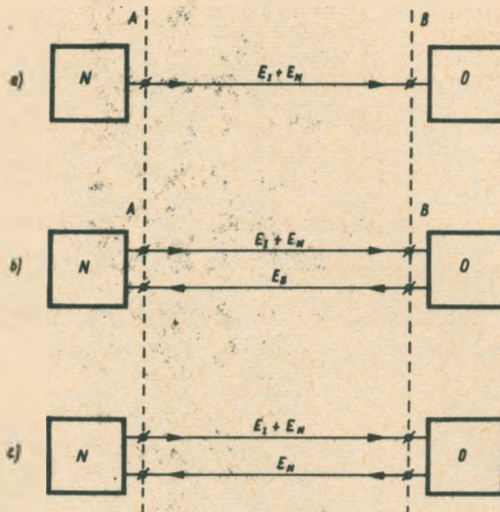
W zależności od zasady pracy urządzeń protekcyjnych, systemy i urządzenia transmisji danych dzieli się na trzy podstawowe grupy. Są to:

I. Systemy lub urządzenia transmisji danych stosujące kod nadmiarowy (zwane niekiedy systemami lub urządzeniami o zabezpieczeniu kodowym).

II. Systemy lub urządzenia transmisji danych stosujące sprzężenie zwrotne decyzji (zwane niekiedy systemami lub urządzeniami decyzyjnymi).

III. Systemy lub urządzenia transmisji danych stosujące sprzężenie zwrotne informacji.

Podstawowe różnice między tymi systemami, zilustrowane schematycznie na rys. 1, są następujące.



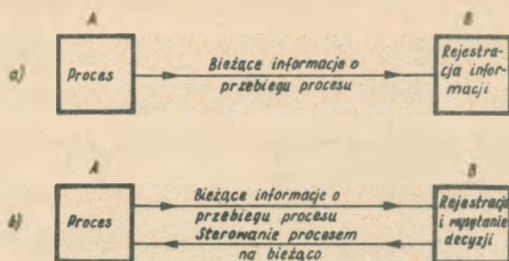
Rys. 1. Zasada transmisji sygnałów w systemach transmisji danych: a/ systemy pracujące kodem nadmiarowym /bez kanału powrotnego/, b/ systemy stosujące sprzężenie zwrotne decyzji, c/ systemy stosujące sprzężenie zwrotne informacji

W systemach pierwszej grupy do przekazywania informacji w zasadniczym kierunku transmisji (A - B) stosuje się kod nadmiarowy: detekcyjny (w systemach detekcyjnych) lub korekcyjny (w systemach korekcyjnych). Jest to z zasady kod dłuższy (często znacznie dłuższy) od kodu, jaki można by stosować w celu przekazywania tych samych informacji w systemach nie gwarantujących wysokiej wierności transmisji. Wydłużenie kodu (na przykład z 7 informacyjnych elementów sygnału w znaku do 12 elementów) następuje według ściśle określonych reguł. Stacja odbiorcza analizuje według tych samych reguł odbierane ciągi sygnałów znakowych, złożonych z informacyjnych elemen-

tów sygnału (E_I) oraz z elementów nadmiarowych (E_N), i w przypadku stwierdzenia niezgodności struktury sygnału znakowego w stosunku do obowiązującej reguły zaznacza błąd zgodnie z zasadą pracy systemu lub też (jeśli jest to system korekcyjny i stosowany kod jest kodem korekcyjnym) koryguje automatycznie wykryty błąd.

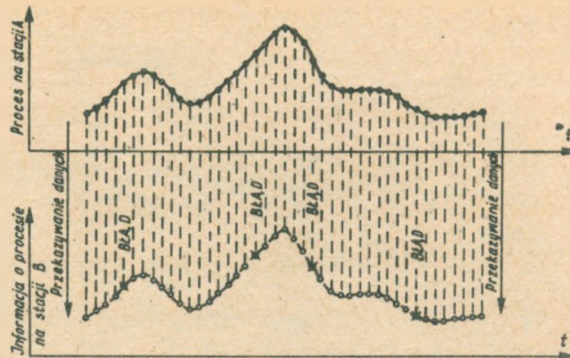
Do zalet systemów tego rodzaju trzeba zaliczyć fakt, że transmisja odbywa się w jednostajnym rytmie niezależnie od tego, czy przesyłane sygnały są obarczane błędami, czy też transmisja jest bezbłędna. Cecha ta jest wykorzystywana przede wszystkim w tak zwanych nadążnych systemach informacyjnych (transmisja danych w oparciu o takie systemy nazywana jest niekiedy "transmisją w czasie realnym"), to znaczy w takich systemach, gdzie dane przesyłane są współcześnie z odbywającym się procesem fizycznym, kontrolowanym lub sterowanym przez urządzenia końcowe przetwarzania danych (np. centralne zdalne sterowanie procesami technologicznymi, sterowanie rozdziałem i przepływem energii elektrycznej, gazu lub ropy naftowej w sieci rurociągów, meteorologia, sterowanie obiektami ruchomymi, zastosowania militarne). Zalety tego typu systemów transmisji danych są szczególnie wyraźne, jeśli założeniem systemu jest tylko detekcja błędów i jeśli informacje uznane za błędne mogą być pominięte w procesie przetwarzania danych.

Jeśli wyobrazimy sobie na przykład (rys. 2) dwie współpracujące ze sobą stacje połączone łączem transmisji danych, z tym, że na stacji A odbywa się proces kontrolowany lub sterowany na bieżąco przez stację B, to zasto-



Rys. 2. Poglądowy schemat nadążnego systemu transmisji danych: a/ przypadek bieżącej rejestracji przebiegu procesu, b/ przypadek bieżącego sterowania procesem

sowany w takim układzie system transmisji danych będzie systemem nadążnym. Jeśli ponadto kontrolowany proces (np. zmiany temperatury w piecu hutniczym, lot statku kosmicznego, zmiany poziomu cieczy w zbiorniku, zmiany ciśnienia gazu na kontrolowanym odcinku magistrali gazowej) jest funkcją ciągłą, to w celu prawidłowej rejestracji przebiegu tego procesu (rys 2a) lub w celu właściwego sterowania tym procesem (rys. 2b) wystarczy jedynie wykrywanie błędów bez potrzeby automatycznego ich korygowania. Wyobraźmy sobie, że linia ciągła pokazana na rys. 3 odpowiada procesowi przebiegającemu na stacji A. Jeśli parametr kontrolowany w tym procesie (np. temperatura, współrzędne, ciśnienie) zostanie dostatecznie gęsto skwantowany i jeśli informacje ziarniste (po skwantowaniu) będą przekazywane do stacji B odpowiednio często, to zarówno prawidłowej rejestracji tego procesu w przypadku łącza jednokierunkowego, jak i prawidłowemu sterowaniu tym procesem w przypadku łącza dwukierunkowego nie przeszkadza fakt, że niektóre dane o nim będą obciążone wykrywalnym błędem, chociaż błąd ten nie zostanie skory-



- - informacje o procesie nadawane przez stację A
- - informacje o procesie odbierane przez stację B
- ***** - informacje odtworzone przez stację B na zasadzie interpolacji w następstwie odrzucenia informacji uznanych za błędne

Rys. 3. Graficzna interpretacja kontroli procesu za pomocą nadążnego detekcyjnego systemu transmisji danych

gowany. Każda bowiem informacja uznana za błędną może zostać odrzucona przez stację odbiorczą B i odtworzona (o ile to jest konieczne) w procesie lokalnym na zasadzie interpolacji lub też pominięta całkowicie. W efekcie informacja, jaką otrzyma stacja B (linia przerywana na rys. 3) o procesie trwającym na stacji A, będzie wprowadzić informację niekompletną (dane uznane za błędne zostały odrzucone), lecz w zupełności wystarczającą zarówno w przypadku rejestrowania tego procesu, jak i w przypadku podejmowania decyzji co do jego dalszego przebiegu.

Inną zaletą systemu pierwszej grupy jest brak konieczności istnienia jakiegokolwiek innego połączenia, poza zasadniczym kanałem transmisyjnym (jednokierunkowym - przy kontrolowaniu procesu, dwukierunkowym - przy sterowaniu procesem) między stacją nadawczą i odbiorczą.

Do zasadniczych wad systemu tego rodzaju, szczególnie jaskrawych w przypadku systemów korekcyjnych, trzeba zaliczyć stosunkowo duży nadmiar, który jest przyczyną znacznego obniżenia efektywnej szybkości transmisji w stosunku do szybkości, jaka wynika ze zdolności przepustowej kanału transmisyjnego. Co gorsze, obniżenie szybkości transmisji jest stałe i niezależne od jakości drogi transmisyjnej, w związku z czym nawet przy bardzo dobrych kanałach efektywna szybkość transmisji jest stosunkowo niska. Niezależnie od tego zdolność protekcyjna¹⁾ systemów tego rodzaju jest - przy praktycznie stosowanym nadmiarze - niewielka, co nie zadowala większości użytkowników transmisji danych.

Systemy drugiej grupy, to znaczy pracujące na zasadzie sprzężenia zwrotnego decyzji, wymagają, oprócz zasadniczej drogi transmisyjnej w kierunku A - B, dodatkowego połączenia między stacją odbiorczą i nadawczą, za pośrednictwem którego przesyłane są sterujące elementy sygnału E_s (decyzje) od odbiornika do nadajnika (w kierunku B-A). Połączenie to nazywane jest kanałem powrotnym. W systemach tego rodzaju informacja dzielona jest na umowne fragmenty, czyli na tak zwane bloki. Do każdego zbioru elementów informacyjnych sygnału odpowiadającego jednemu blokowi (w szczególnych przypadkach blokiem może być pojedynczy znak) dodawane są nadmiarowe

¹⁾ Zdolność protekcyjna jest to stosunek stopy błędów pierwotnych do stopy błędów wynikowych.

elementy sygnału w takiej ilości i o takiej strukturze, aby zawsze był spełniony zbiór ściśle określonych reguł (np. wielokrotna parzystość w ramach każdego bloku). Urządzenie protekcji na stacji odbiorczej sprawdza te reguły po odbiorze każdego bloku i w zależności od wyników takiej kontroli wysyła po kanale powrotnym (z zasady znacznie węższym od kanału zasadniczego) do stacji nadawczej decyzję w postaci elementów sterujących E_S :

- bądź negatywną (E_{S1}), która oznacza wykrycie błędu i żądanie powtórzenia błędnego bloku,
- bądź pozytywną (E_{S2}), która oznacza brak błędu i żądanie dalszego nadawania.

Systemy transmisji danych pracujące na zasadzie sprzężenia zwrotnego decyzji są powszechnie stosowane na łączach telefonicznych, gdzie kanał zasadniczy i powrotny tworzy się przez podział częstotliwościowy jednego kanału telefonicznego. Ze względu na wiele zalet, do których zalicza się elastyczność pracy, możliwość dopasowania się do aktualnych warunków transmisji, stosunkowo dużą zdolność protekcyjną, systemy tego typu dominują wśród systemów na średniczności modulacji, wykorzystujących trwałe i komutowane łącza telefoniczne. W olbrzymiej większości przypadków są to systemy korekcyjne.

Trzecia grupa systemów transmisji danych - to systemy oparte na sprzężeniu zwrotnym informacji. W systemach tych kanał powrotny (B-A) jest z zasady tego samego typu co kanał zasadniczy (A-B). Fakt ten spowodował, że systemy tego rodzaju są powszechnie stosowane na łączach

telegraficznych, gdyż struktura typowego łącza telegraficznego zapewnia jednoczesną dwukierunkową transmisję sygnałów modulowanych z tą samą szybkością. Zasada pracy systemów stosujących sprzężenie zwrotne informacji polega na tym, że po kanale powrotnym przesyłana jest jako nadmiar (E_N) ta sama informacja, która została przesłana od nadajnika do odbiornika po kanale zasadniczym (E_I). W niektórych odmianach systemów tego rodzaju, po kanale powrotnym przesyłany jest tylko ekstrakt informacji¹⁾ (np. rezultat wielokrotnej i kombinowanej sumy modulo 2). Informacja przesyłana po kanale powrotnym (lub jej ekstrakt) jest porównywana na stacji nadawczej z informacją, którą wysłał nadajnik (lub z ekstraktem tej informacji). W przypadku stwierdzenia błędu stacja nadawcza wysyła odpowiednie sygnały sterujące (E_S), które w zależności od założeń systemu powodują na stacji odbiorczej zaznaczenie błędów lub anulowanie błędnych fragmentów informacji. W systemach korekcyjnych, fragmenty informacji uznane przez stację nadawczą za błędne są, po uprzednim anulowaniu ich, automatycznie powtarzane. W niektórych systemach detekcyjnych błędy są zaznaczone tylko na stacji nadawczej, w związku z czym sygnały sterujące (E_S) nie są w ogóle stosowane.

Ze względu na specyfikę struktury połączenia między stacją nadawczą i odbiorczą, systemy transmisji danych ze sprzężeniem zwrotnym informacji są stosowane wyłąc-

¹⁾ Systemy tego rodzaju noszą nazwę systemów z częściowym sprzężeniem zwrotnym informacji.

nie na trwałych i komutowanych łączach telegraficznych, a w szczególnych przypadkach także w kanałach specjalnych. Główną zaletą tych systemów jest praktycznie osiągalna bardzo wysoka zdolność produkcyjna, w zasadzie niezależna od jakości łącza. Zasada sprzężenia zwrotnego informacji może być i jest stosowana w różnorodnych odmianach systemów zarówno detekcyjnych, jak i korekcyjnych. Wadą systemów tego typu jest natomiast wpływ jakości kanału powrotnego na efektywną szybkość transmisji.

Wspomniane wyżej systemy posiadają wiele różnorodnych odmian i wariantów, których dokładniejsza analiza wybiegałaby niestety poza ramy niniejszej pracy. Wiele jednak typowych przykładów zostało przeanalizowanych w dalszych rozdziałach niniejszego artykułu z okazji omawiania zasady pracy systemów i urządzeń transmisji danych produkowanych i eksploatowanych w Europie, ze szczególnym podkreśleniem specyfiki procesów protekcji.

2.5. Aspekty użytkowo-eksploatacyjne

Potrzeby użytkowników w zakresie przekazywania dyskretnej informacji między ośrodkami przetwarzania danych mogą być zaspakajane przez każdy z dwóch następujących rodzajów urządzeń transmisji danych:

- a) przez UNIWERSALNE URZĄDZENIA TRANSMISJI DANYCH
- b) przez WYSPECJALIZOWANE URZĄDZENIA TRANSMISJI DANYCH.

Terminy: "uniwersalny" i "wyspecjalizowany", odnoszą

się nie tylko do urządzeń, ale również i do systemów transmisji danych. Stosując te terminy w praktyce trzeba jednakże pamiętać, że wyspecjalizowane systemy transmisji danych mogą być tworzone w oparciu nie tylko o wyspecjalizowane urządzenia transmisji danych, lecz także o urządzenia uniwersalne.

Uniwersalne urządzenia i systemy transmisji danych mogą z racji swej struktury i podstawowych założeń zaspokoić olbrzymią większość potrzeb wielu różnorodnych użytkowników. Mianowicie ich podstawową cechą jest sposób wprowadzania i wyprowadzania informacji, przystosowany do wymagań stawianych przez większość urządzeń przetwarzających dane, oraz postać informacji na styku między urządzeniami transmisji i przetwarzania danych, uniwersalna z punktu widzenia tych ostatnich. Najpowszechniej stosowanym nośnikiem informacji jest taśma perforowana. Dlatego też najczęściej spotykane w praktyce uniwersalne urządzenia transmisji danych to urządzenia pracujące dwustronnie (nadawanie i odbiór) na zasadzie taśmy perforowanej. Większość urządzeń przetwarzania danych przystosowana jest do tego rodzaju nośnika informacji zarówno od strony wejścia, jak i wyjścia. Niektóre zaś specyficzne wymagania stawiane przez te urządzenia, szczególnie w zakresie kodu, są w większości przypadków zaspokajane przez uniwersalne urządzenia transmisji danych, które są często przystosowane do kilku najbardziej typowych rodzajów kodu. Stosowanie trwałego nośnika informacji (jakim jest taśma perforowana) na styku urządzeń transmisji i przetwarzania danych, zamiast

bezpośredniego elektrycznego połączenia, stwarza możliwości współpracy tych urządzeń między sobą nawet w przypadku zasadniczych różnic w ich parametrach. Taśma perforowana zapisana z pewną szybkością w wyniku procesu transmisji danych może być bowiem wprowadzona do maszyny matematycznej z inną szybkością. Nic też nie stoi na przeszkodzie, aby transmisja danych odbywała się na zasadzie arytmicznej, zaś wprowadzenie tych danych do urządzenia przetwarzającego odbywało się synchronicznie.

W przeciwieństwie do uniwersalnych urządzeń i systemów transmisji danych, systemy i urządzenia wyspecjalizowane przystosowane są do ściśle określonych zadań. Znane są w praktyce systemy przeznaczone do realizacji operacji bankowych i handlowych, do sterowania rozplywem energii elektrycznej, gazu, wody, ropy naftowej. Innym przykładem mogą być systemy transmisji danych stosowane w międzynarodowych biurach podróży do rezerwacji miejsc i zdalnej sprzedaży biletów, do kontroli ruchu pasażerskiego i programowania ruchu środków komunikacyjnych. W większości przypadków systemy tego rodzaju obejmują nie tylko zagadnienia transmisji danych, lecz sprzęgają w ściśle określony sposób telekomunikacyjne urządzenia teletransmisyjne, urządzenia łączeniowe, urządzenia przetwarzające dane oraz pomocniczy sprzęt manipulacyjny, a często i specjalne przetworniki analogowo-cyfrowe. Ze względu na unikalny charakter systemów wyspecjalizowanych również i wyspecjalizowane urządzenia transmisji danych nie są produkowane masowo. Wynikający stąd stosunkowo wysoki koszt urządzeń tego rodzaju jest

w wielu przypadkach przyczyną, dla której użytkownicy transmisji danych sięgają po urządzenia uniwersalne nawet przy tworzeniu systemów wyspecjalizowanych. Niezbędne są wprawdzie w takich przypadkach pewne prace adaptacyjne, a nawet pewne dodatkowe urządzenia, lecz mimo to stosowanie urządzeń uniwersalnych transmisji danych jest wielokrotnie bardziej opłacalne.

Wykorzystywanie uniwersalnych urządzeń transmisji danych nawet w systemach wyspecjalizowanych ma jeszcze tę jedną zaletę, że prowadzi do daleko idącej typizacji i ujednolicenia urządzeń, będących w gestii danego przedsiębiorstwa, resortu czy eksploatowanych w danym kraju. Upraszcza to w niewątpliwy sposób metody eksploatacji i konserwacji, co w wielu przypadkach jest bardzo istotnym czynnikiem przy ogólnej kalkulacji ekonomicznej systemu informacyjnego.

2.6. Podstawowe parametry sygnału

Na zakończenie powyższych uwag dotyczących zasad klasyfikacji, warto kilka słów poświęcić bardziej technicznym cechom urządzeń transmisji danych, które nie są może głównymi kryteriami klasyfikacji, lecz dla użytkowników nawet o stosunkowo niewielkim wyrobieniu technicznym są bardzo cennym materiałem informacyjnym.

W systemach transmisji danych pracujących ze średnimi i dużymi szybkościami modulacji istotną cechą jest rodzaj modulacji stosowany w modemach. Spośród trzech powszechnie znanych rodzajów modulacji, w urządzeniach

transmisji danych nie stosuje się w zasadzie modulacji amplitudy. Zastosowanie modulacji częstotliwości (FM) oznacza prawie automatycznie stosunkowo niski koszt urządzeń modulacyjnych, natomiast z modulacją fazy kojarzy się nieco wyższy koszt tych urządzeń, lecz zarazem nieco większa odporność systemu na zakłócenia a często i nieco większa szybkość transmisji. Na obecnym etapie rozwoju transmisji danych modulacja częstotliwości jest zalecana międzynarodowo w przypadku wykorzystania telefonicznej sieci komutacyjnej powszechnego użytku. Natomiast modulacja fazy jest stosowana na telefonicznych łączach trwałych oraz na specjalnych, szerokich kanałach transmisyjnych.

Innym dość istotnym parametrem jest wartościowość kodu. Parametr ten nie dotyczy postaci informacji wprowadzanych do nadawczych urządzeń transmisji danych i wyprowadzanych z urządzeń odbiorczych, w których to punktach informacja zapisana jest w większości przypadków w oparciu o kod binarny, lecz określa postać sygnału w torze transmisyjnym. Kod o wartościowości większej niż 2 stosowany jest w praktyce prawie wyłącznie w urządzeniach o modulacji fazy. Zwiększenie wartościowości kodu prowadzi prawie zawsze do zwiększenia przepływności binarnej w stosunku do tej, jaką można uzyskać w kanale o określonej szerokości pasma przy zastosowaniu kodu binarnego. W przypadku stosowania kodów wielowartościowych trzeba się jednakże liczyć ze stosunkowo dużym kosztem urządzeń, spowodowanym koniecznością dwu-

krotnej (na nadawaniu i na odbiorze) transformacji kodu.

Wreszcie trzecim dość istotnym parametrem jest sposób transmisji sygnałów. Rozróżnia się z tego punktu widzenia dwa zasadnicze rodzaje systemów:

- a) systemy stosujące transmisję szeregową,
- b) systemy stosujące transmisję równoległą.

W pierwszym przypadku elementy sygnału są przesyłane kolejno po sobie (szeregowo w czasie) za pośrednictwem jednego kanału transmisyjnego. Ten sposób transmisji realizowany jest w większości urządzeń transmisji danych, realizujących między współpracującymi punktami dwukierunkową wymianę informacji. Natomiast w przypadku zbiorczych sieci transmisji danych, to znaczy takich sieci, po których informacje nadawane są przez wiele stacji, a odbierane przez jedną stację centralną, stosuje się często zasadę transmisji równoległej. W takim też przypadku droga transmisyjna łącząca między sobą dwa korespondujące punkty składa się z kilku kanałów transmisyjnych, po których przesyłane są jednocześnie (równolegle w czasie) wszystkie elementy sygnału tworzące kombinację jednego znaku. Taka struktura sieci zbiorczej wynika z faktu, że nadawcze urządzenia pracujące na zasadzie transmisji równoległej są znacznie prostsze i tańsze od urządzeń odbiorczych, podczas gdy w przypadku transmisji szeregowej koszt urządzeń nadawczych jest współmierny z kosztem urządzeń odbiorczych.

W dalszej części niniejszego artykułu, w trakcie o-

mawiania poszczególnych urządzeń i systemów transmisji danych, wspomniane wyżej kryteria klasyfikacji i istotne z technicznego i eksploatacyjnego punktu widzenia parametry, będą omawiane dokładniej, na tle konkretnej zasady pracy, koncepcji lub konstrukcji urządzeń.

3. URZĄDZENIA I SYSTEMY TRANSMISJI DANYCH OPRACOWANE WE FRANCJI

3.1. System REFLEX firmy SAGEM

3.1.1. Charakterystyka ogólna systemu

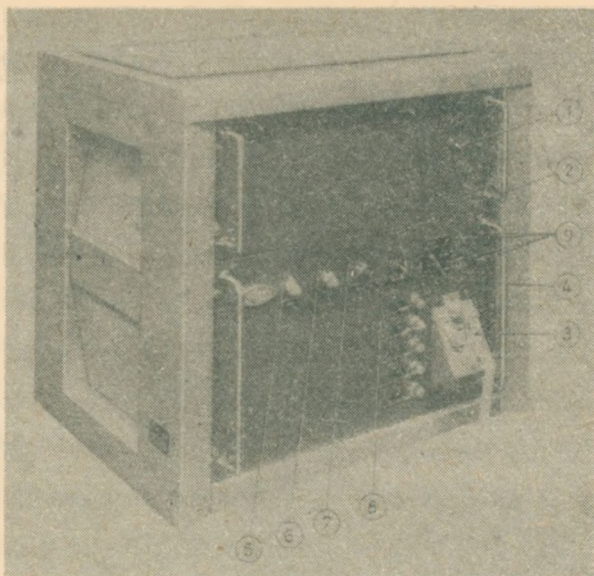
Francuska firma SAGEM (Société d'Applications Générales d'Electricité et de Mécanique) specjalizuje się od szeregu lat w produkcji urządzeń telegraficznych. Stąd też produkowane przez tę firmę urządzenia transmisji danych systemu REFLEX są kolejnym krokiem w ramach tej specjalizacji.

REFLEX - jest systemem transmisji danych przystosowanym do pracy na łączach telegraficznych z tym, że mogą to być zarówno łącza trwałe, jak i łącza tworzące powszechną, abonencką sieć komutacyjną (sieć teleksową). Transmisja danych w oparciu o ten system może odbywać się z szybkością 50 lub 75 bodów, przy czym przystosowanie urządzeń do jednej z powyższych dwóch szybkości jest prostą czynnością eksploatacyjną.

Urządzenia systemu REFLEX to urządzenia korekcyjne, stosujące w celach protekcji zasadę sprzężenia zwrotnego informacji. Z użytkowo-eksploatacyjnego punktu widze-

nia REFLEX jest systemem uniwersalnym, to znaczy może być stosowany wszędzie tam, gdzie szybkość przekazywania informacji, wynikająca z szybkości modulacji 50 lub 75 bodów, jest wystarczająca i gdzie może być zastosowany podstawowy dla systemu nośnik informacji - taśma perforowana. W związku z obowiązującymi parametrami łączący tworzących sieć teleksową, w systemie REFLEX stosuje się 5-elementowy kod arytmiczny. Do przekazywania danych nie musi być jednak stosowany zalecany międzynarodowo telegraficzny alfabet Nr 2, to znaczy przyporządkowanie znakom poszczególnych kombinacji kodowych może być dowolne. Co więcej, jedna z odmian systemu REFLEX umożliwia stosowanie kodów dłuższych (np. 6, 7 i 8-elementowych) z tym, że, dzięki dodatkowym urządzeniom transformującym kod zarówno po stronie nadawczej jak i odbiorczej, sygnał w torze transmisyjnym posiada zawsze postać odpowiadającą strukturze 5-elementowego kodu arytmicznego.

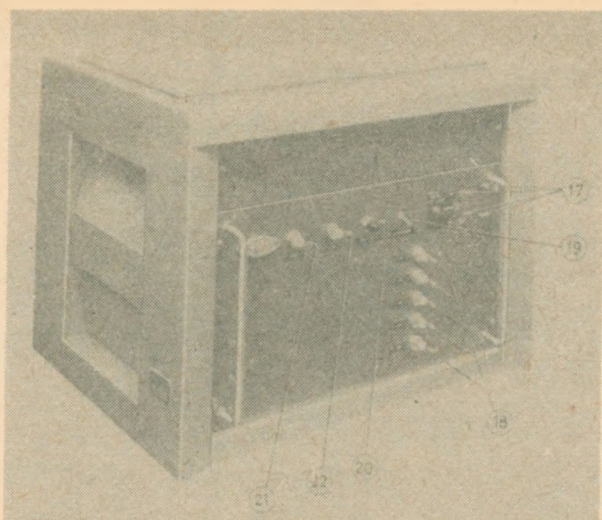
Komplet urządzeń systemu REFLEX składa się z urządzenia nadawczego (rys. 4) i z urządzenia odbiorczego (rys. 5). Obydwa te urządzenia są wykonywane w dwóch odmianach. Podstawowy zestaw przystosowany do 5-ścieżkowej taśmy perforowanej to urządzenia nadawcze typu TDR/5 i urządzenie odbiorcze typu RDR/5. Do pracy kodami dłuższymi, to znaczy od 6-elementowego do 8-elementowego, przystosowane są odpowiednio urządzenia TDR/8-5 i RDR/5-8. Urządzenie nadawcze zawiera czytnik taśmy perforowanej oraz układy realizujące proces wykrywania i korekcji błędów po stronie nadawczej.



Rys. 4. Urządzenie nadawcze TDR/5 systemu REFLEX /widok od przodu/

- | | |
|---|---|
| ① - wyłącznik zasilania | ⑥ - optyczny wskaźnik kontrolny "koniec" |
| ② - wyłącznik urządzenia nadawczego | ⑦ - wskaźnik optyczny "alarm" |
| ③ - czytnik taśmy | ⑧ - wskaźniki optyczne zajętości komórek pamięci |
| ④ - wyłącznik służący do przystosowania urządzenia nadawczego do pracy na łączu trwałym | ⑨ - układy oporników regulowanych służących do ustalania wartości prądu w linii |
| ⑤ - optyczny wskaźnik kontrolny stanu urządzenia "praca" | |

Urządzenie TDR/8-5 zawiera ponadto układy transformujące stosowany przez użytkownika kod na sygnał odpowiadający 5-elementowemu kodowi arytmicznemu. Urządzenie odbiorcze zawiera układy, umożliwiające realizację procesu protekcji w przypadku występowania błędów w przesyłanym sygnale, w szczególności pamięć o odpowiedniej pojemności. Do wyjścia urządzenia odbiorczego powinno być dołączone urządzenie zapisujące informacje na trwa-

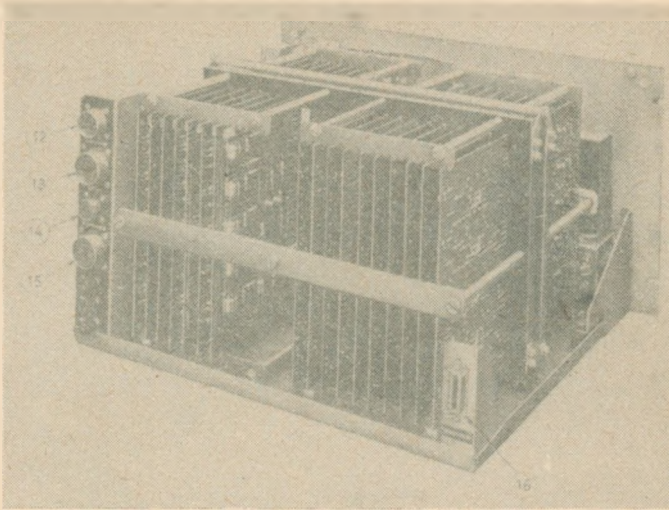


Rys. 5. Urządzenie odbiorcze RDR/5 systemu REFLEX /widok od przodu/

- | | |
|--|---------------------------------|
| ①7 - układy oporników regulowanych służących do ustalania wartości prądu w linii | ②0 - wyłącznik zasilania |
| ①8 - wskaźniki optyczne zajętości komórek pamięci | ②1 - wskaźnik optyczny "praca" |
| ①9 - wyłącznik urządzenia odbiorczego | ②2 - wskaźnik optyczny "koniec" |

ły nośnik (np. dalekopis lub reperforator). Sygnał wychodzący z urządzenia odbiorczego RDR/5 może mieć bądź postać normalnego sygnału arytmicznego (to znaczy kolejno w czasie: start, pięć elementów kodowych¹⁾, stop), może też być przekazywany równoległe. W takim też przypadku lokalne połączenie między urządzeniem odbiorczym transmisji danych i reperforatorem składa się z pięciu przewodów. W przypadku urządzenia RDR/5-8 sygnał wyj-

1) Pojęcie "element kodowy" jest synonimem pojęcia "element informacyjny".



Rys. 6. Konstrukcja urządzenia nadawczego TDR/5 systemu REFLEX

- | | |
|--|---|
| ⑫ - gniazdo zasilania | ⑮ - gniazdo dalekopisu |
| ⑬ - gniazdo do liniowego zespołu przełączającego | ⑯ - gniazdo układu transformującego kod 8/5 |
| ⑭ - gniazdo silnika dalekopisu | |

ściowy podawany jest tylko równolegle za pośrednictwem 6, 7 lub 8 przewodów.

Urządzenia systemu REFLEX są w pełni tranzystoryzowane, konstrukcyjnie zaś oparte są na obwodach drukowanych (rys. 6).

3.1.2. Zasada pracy systemu REFLEX

System REFLEX jest przeznaczony do pracy przede wszystkim w sieci teleksowej. W związku z tym stacje końcowe wyposażone są również w normalny zestaw telegraficznej aparatury abonenckiej i zestawianie połączenia między stacjami odbywa się na drodze typowej komutacji te-

legraficznej. Po uzyskaniu połączenia między współpracującymi stacjami można dowolnie długo przekazywać wiadomości telegraficzne bez udziału urządzeń transmisji danych, zabezpieczających transmisję przed błędami.

Przekazywanie danych wymaga uprzedniego zrealizowania wstępnych procesów, które przełączają obie stacje ze struktury telegraficznej na strukturę transmisji danych, a ponadto umożliwiają zebranie informacji o czasie przejścia sygnałów od stacji nadawczej do odbiorczej i z powrotem. Znajomość opóźności wprowadzanej przez aktualnie wykorzystywane łącze jest niezbędnym warunkiem poprawnego działania układów protekcji systemu REFLEX.

Jak już bowiem wspomniano, system REFLEX pracuje na zasadzie sprzężenia zwrotnego informacji. Wykrywanie błędów w takim systemie polega na porównywaniu informacji nadawanych (zapisywanych jednocześnie w pamięci nadawczej) z informacjami, które wracają do nadajnika po kanale powrotnym. Proces ten wymaga wyposażenia urządzeń nadawczych w pamięć o odpowiedniej pojemności. Korekcja błędów w systemach ze sprzężeniem zwrotnym informacji wymaga wyposażenia w odpowiednią pamięć również i urządzeń odbiorczych. Informacje dochodzące do stacji odbiorczej nie mogą być bowiem wprowadzane natychmiast do reperforatora, gdyż w momencie ich odbioru nie można stwierdzić ich błędności lub bezbłędności. Jest to możliwe dopiero wtedy, gdy informacje te wrócą do nadajnika po kanale powrotnym. Wymaga to jednak pewnego czasu, w którym - na skutek ciągłości transmisji - do odbiornika napływają dalsze informacje. Tak więc, w

czasie między odbiorem i wprowadzeniem do reperforatora, informacje muszą być magazynowane w pamięci urządzenia odbiorczego. Wymagana pojemność pamięci zarówno nadawczej jak i odbiorczej jest w bezpośrednim związku z opóźnieniem wprowadzaną przez kanał docelowy i powrotny. Im czas przejścia sygnału jest większy, tym pojemność pamięci musi być większa. Z drugiej zaś strony, pojemność pamięci wpływa w zasadniczy sposób na ogólny koszt urządzeń. Względy te w zasadniczy sposób wpłynęły na zasadę pracy i strukturę urządzeń systemu REFLEX. Konstrukcja tych urządzeń umożliwia zrealizowanie pamięci o dowolnej pojemności w zależności od wymagań użytkownika. Jeśli więc użytkownik zamierza pracować na stosunkowo krótkim łączu trwałym, to - na podstawie pomiarów opóźnienia wprowadzanej przez to łącze - urządzenia wyposaża się w pamięć o bardzo małej pojemności. Przy dłuższym łączu trwałym - pojemność pamięci jest odpowiednio większa. Przy pracy na sieci komutowanej, pojemność pamięci urządzeń musi być przystosowana do najdłuższego możliwego połączenia.

Takie zasady konstrukcji zapewniają stosunkowo niewielki koszt urządzeń dla tych użytkowników systemu REFLEKS, którzy przekazują informacje w obrębie jednego miasta (np. miejskie oddziały banku z centralą) lub regionu.

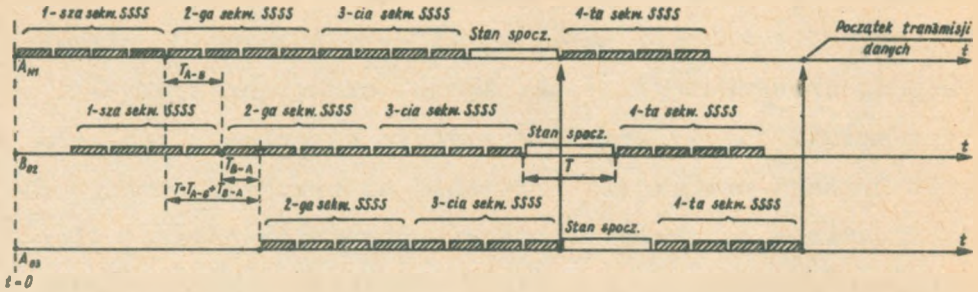
Niezależnie od względów ekonomicznych i konstrukcyjnych związanych z samymi urządzeniami, sama zasada projektacji stosowana w systemie REFLEX i tendencja uzyskania maksymalnej możliwej szybkości informacji wymaga zna-

zjomości opóźności wprowadzanej przez dane łącze. Przy założonej szybkości modulacji i przy aktualnej stopie błędów wprowadzanych przez łącze, efektywna szybkość transmisji zależy przede wszystkim od sposobu realizacji procesu protekcji. Przyjęcie na przykład zasady powtarzania - po wykryciu błędu - zawsze określonej liczby znaków prowadzi na ogół do nieuzasadnionego zmarnowania czasu, w wyniku czego efektywna szybkość transmisji radykalnie maleje.

W systemie REFLEX przyjęto zasadę powtarzania tylko takiej ilości znaków, jaka jest rzeczywiście niezbędna. Wymaga to jednak znajomości opóźności wprowadzanej przez dane łącze. Pomiar tego parametru i przystosowanie się do niego urządzeń protekcji systemu REFLEX następuje automatycznie w czasie procesu przyłączania się stacji końcowych ze struktury telegraficznej na strukturę transmisji danych.

Przełączenie to odbywa się zgodnie z zaleceniami CCITT w wyniku nadania sekwencji SSSS. Wzajemna wymiana tych sekwencji między współpracującymi stacjami została wykorzystana do pomiaru opóźności. Procesy te zobrazowane na rys. 7 przebiegają w sposób następujący.

Po przygotowaniu taśmy perforowanej z danymi i po założeniu jej na czytnik, operator stacji wywołującej rozpoczyna ręcznie (przycisk) procesy przełączające, które dalej przebiegają już w pełni automatycznie. Stacja wywołująca A wysyła kolejno po sobie trzy sekwencje SSSS (przebieg A_{N1}) zakończone trwałym stanem spoczynkowym.



Rys. 7. Zasada pomiaru opóźnieci między końcowymi stacjami transmisji danych systemu REFLEX i zasada przełączania stacji na stan transmisji danych

Λ_{n1} - sygnały nadawane przez stację A; B_{02} - sygnały odbierane przez stację B; Λ_{03} - sygnały odbierane przez stację A za pośrednictwem kanału powrotnego/

Sekwencje te dochodzą do stacji wywołanej B po czasie T_{A-B} , odpowiadającym opóźnieniu wprowadzanemu przez kanał docelowy (przebieg B_{02}). Po odebraniu pierwszej sekwencji SSSS stacja wywołana przygotowuje się wstępnie do przełączenia na strukturę transmisji danych, a w szczególności tworzy połączenie między kanałem docelowym i powrotnym (poprzez regenerator), w efekcie czego dwie ostatnie sekwencje SSSS spośród trzech nadanych przez stację A wracają do stacji wywołującej po kanale powrotnym (przebieg Λ_{03}), wprowadzającym opóźnienie T_{B-A} . Powrót dwóch sekwencji SSSS daje stacji wywołującej możliwość określenia całkowitego opóźnienia wprowadzanego łącznie przez kanał docelowy i powrotny. Opóźnienie to równe

$$T = T_{A-B} + T_{B-A}$$

odpowiada na przykład czasowi, jaki upłynął między po-

czątkiem elementu rozruchowego drugiej sekwencji SSSS nadanej przez stację wywołującą a początkiem elementu rozruchowego pierwszej sekwencji powracającej do tej stacji po kanale powrotnym.

Żeby umożliwić oszacowanie opóźnienia T również stacji odbiorczej, stacja wywołująca wysyła jeszcze jedną sekwencję SSSS z chwilą zakończenia odbioru z kanału powrotnego ostatniej z poprzednio nadanych sekwencji. Sekwencja ta dochodząc do stacji B kończy stan spoczynkowy, który panował na jej wejściu po zakończeniu się pierwszych trzech sekwencji. Jak wynika z rys. 7, długość tego stanu spoczynkowego, dająca się zmierzyć automatycznie przez elektroniczne układy stacji B, odpowiada opóźnieniu T. Procesy powyższe zakończone ostatnią z opisanych już sekwencją SSSS powodują całkowite przełączenie obydwu stacji na strukturę transmisji danych, a ponadto umożliwiają obydwu stacjom automatyczny pomiar opóźnienia wprowadzanego przez łączącą je drogę transmisyjną.

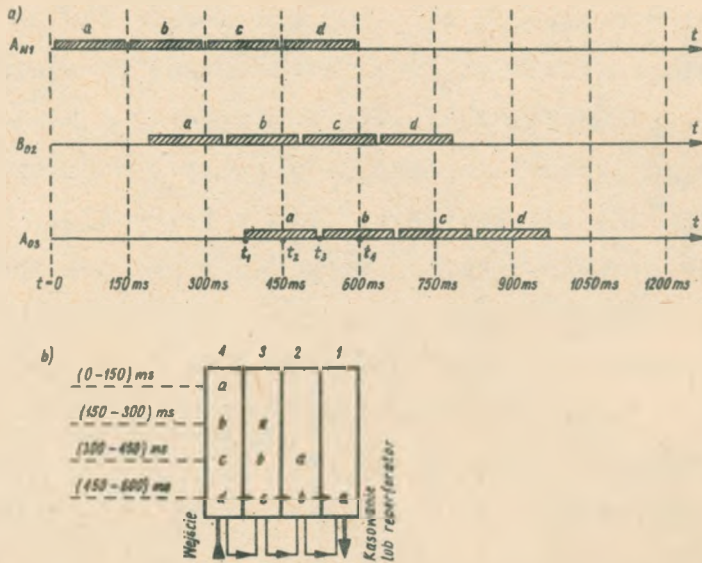
Opisane wyżej procesy są rzecz jasna narażone na przekłamania, jak każdy sygnał przesyłany przez kanał telegraficzny. Dlatego też prawidłowość przebiegu tych procesów jest kontrolowana automatycznie przez stację wywołującą i jakikolwiek błąd (np. dodatkowy start w okresie spoczynku między sekwencjami lub zmiana którejkolwiek kombinacji) powoduje alarm na stacji A i operator musi rozpocząć te procesy powtórnie.

Należy też zwrócić uwagę na fakt, że opisany wyżej pomiar opóźności jest tylko szacunkowy, gdyż jego wynik

zależny jest od zniekształceń, jakimi w sposób przypadkowy może być obciążony każdy z sygnałów przesyłanych zarówno po kanale docelowym, jak i powrotnym. W systemie REFLEX wykrywanie i korekcja błędów przebiega zaś prawidłowo wtedy, gdy obydwie współpracujące stacje przystosowane są do opóźnienia równego lub większego niż opóźnienie faktyczne wprowadzane przez dane łącze. W związku z powyższym układy, mierzące na obydwu stacjach opóźnienie (określane ilością znaków) wprowadzane przez łącze, włączają do pracy komórki pamięci, których liczba jest o jedność większa od wynikającej z pomiaru opóźności. Innymi słowy, jeśli opóźnienie oszacowano na przykład na 380 ms, co przy szybkości modulacji 50 bodów i przy 7-elementowym cyklu odpowiada niepełnym trzem znakom, to pojemność pamięci na czas transmisji danych po danym łączu ustala się na 4 znaki.

Z chwilą gdy wymiana przełączających sekwencji SSSS została zakończona, na stacji wywołującej zostaje uruchomiony czytnik taśmy perforowanej i rozpoczyna się przekazywanie danych. Zgodnie z wyżej przeprowadzonymi rozważaniami, procesy detekcji i korekcji błędów można rozpatrywać w założeniu, że pojemność pamięci nadawczej i odbiorczej odpowiada czterem znakom, a łączny czas przejścia sygnału od nadajnika do odbiornika po kanale docelowym i od odbiornika do nadajnika po kanale powrotnym wynosi około 380 ms.

Obie pamięci, to znaczy nadawcza i odbiorcza, są pamięciami dynamicznymi, zwanymi także rejestrami przesuwnymi. Uproszczona ich struktura pokazana jest na rys.8.



Rys. 8. Diagram czasowy transmisji w systemie REFLEX /a/ oraz uproszczona struktura pamięci /b/

Do pamięci nadawczej wpisywane są kolejno te znaki, które stacja nadawcza A wysyła w tym samym czasie w linię. Wpisywanie znaków następuje do komórki pamięci Nr 4, z tym że w momencie wpisywania ulegają przepisaniu do komórek sąsiednich znaki zapisane uprzednio. Mianowicie wpisanie znaku "d" do komórki Nr 4 pamięci nadawczej powoduje przepisanie znaku "c" z komórki Nr 4 do komórki Nr 3, znaku "b" z komórki Nr 3 do komórki Nr 2 i wreszcie znaku "a" z komórki Nr 2 do komórki Nr 1. Uznając początek wpisywania pierwotnego znaku "a" do pamięci nadawczej za umowny początek skali czasu: $t = 0$, można stwierdzić, że znak "d" wpisywany jest do pamięci w czasie od $t_2 = 450$ ms do $t_4 = 600$ ms. Ponieważ zaś opóźnie-

nie linii wynosi 380 ms, to znak "a" nadejdzie do stacji nadawczej w czasie od $t_1 = 380$ ms do $t_3 = 530$ ms i w tym przedziale czasowym zostanie stwierdzona (w wyniku sukcesywnego porównywania znaków odbieranych z kanału powrotnego ze znakami zapisanymi w pamięci nadawczej) jego bezbłądność lub zostanie w nim wykryty błąd. W tym pierwszym przypadku zapis znaku "a" w pamięci nadawczej będzie już niepotrzebny i kolejny znak "e" wpisany do pamięci nadawczej spowoduje skasowanie znaku "a" w komórce Nr 1 pamięci i przemieszczenie w niej znaków b, c, d, e wg wyżej opisanego schematu. Stwierdzenie błędu w znaku "a" spowoduje inne procesy, które będą opisane dalej, w każdym zaś razie piąty kolejny znak "e" nie będzie ani wysłany na linię, ani też wpisany do pamięci nadawczej.

W stacji odbiorczej procesy wpisywania do pamięci przebiegają analogicznie. Różnica polega na tym, że wpisywanie kolejnego znaku do komórki Nr 4 całkowicie zapelnionej pamięci powoduje nie skasowanie znaku zapisanego w komórce Nr 1, lecz wyprowadzenie go do reperforatora. Ponieważ bowiem wiadomo, że czas przejścia przez łącze w dwóch kierunkach wynosi 380 ms, to fakt wysłania przez stację nadawczą n-tego znaku (przy jednoczesnym braku informacji o wykrytym błędzie) świadczy o tym, że znak (n-4)-ty, który był nadawany w czasie od 600 do 450 ms wcześniej, został już sprawdzony przez stację nadawczą i uznany za bezbłądny.

W przypadku stwierdzenia błędu w znaku "a" odbieranym z kanału powrotnego w stosunku do znaku zapisanego

aktualnie w komórce Nr 1 pamięci nadawczej znak "d" wysyłany aktualnie w linię i wpisywany zarazem do komórki Nr 4 zostaje nacechowany umownym kryterium błędu. Kryterium tym jest wydłużenie impulsu zatrzymującego o 20 ms. Jednocześnie zaś zostaje automatycznie zatrzymany czytelnik na stacji nadawczej, a w linię zostają wysłane znaki z pamięci nadawczej w kolejności komórek 1-2-3-4, a więc znaki a,b,c,d. Zapis ich w pamięci nadawczej nie jest kasowany aż do kolejnego sprawdzenia ich bezbłędności. W czasie gdy pierwszy ze znaków wysłanych z pamięci nadawczej "a" wraca po kanale powrotnym i jest porównywany z zapisem w pamięci, kończy się wysyłanie ostatniego znaku "d" z pamięci nadawczej. Jeśli wynik porównania jest pozytywny, natychmiast po nadaniu znaku "d" z komórki Nr 4 pamięci nadawczej zostaje wznowione nadawanie danych z czytelnika. W przypadku negatywnego wyniku porównania opisany wyżej cykl powtarza się automatycznie jeszcze raz.

Powyższe procesy powodują następującą sytuację na stacji odbiorczej. Z chwilą gdy odbierany jest znak "d", w pamięci odbiorczej zapisane są znaki "a", "b" i "c" odpowiednio w komórkach o numerach 1,2 i 3. Znak "d" zawiera kryterium błędności w postaci impulsu zatrzymującego wydłużonego o 20 ms. Kryterium to powoduje, że wstrzymane zostaje przekazywanie znaków z pamięci do reperforatora, a cztery kolejne znaki wpisywane są do pamięci odbiorczej w odwrotnej kolejności komórek, to znaczy 1-2-3-4, z jednoczesnym kasowaniem aktualnego zapisu w pamięci. Ponieważ są to powtórzone znaki "a", "b", "c"

i "d", to łatwo stwierdzić, że trafią one odpowiednio w miejsca poprzednio zapisanych w pamięci odbiorczej tych samych znaków. Jeśli ostatni z powtórzonych znaków "d" nie zawiera ponownego kryterium błędności, to następny znak dochodzący do stacji odbiorczej powoduje wznowienie normalnego procesu zapisu w pamięci i jej współpracy z reperforatorem.

Jak łatwo sprawdzić, opisana wyżej technika wykrywania i korekcji błędów nie jest idealna i bez dodatkowych zabezpieczeń byłaby zdecydowanie niewystarczająca w stosunku do przeciętnych wymagań na stopę błędów w łączyach transmisji danych (od $1 \cdot 10^{-6}$ do $1 \cdot 10^{-7}$) na tle przeciętnych parametrów łączy telegraficznych. Dlatego też w systemie REFLEX przewidziano dodatkową kontrolę. Mianowicie stacja nadająca sprawdza czy kryterium błędu wróciło po kanale powrotnym w postaci mogącej być uznana za poprawną, oraz czy wszystkie elementy rozruchowe wracają w takim rozstawieniu czasowym, w jakim zostały nadane. Kontrola ta w zasadzie eliminuje w wystarczający sposób niebezpieczeństwo nie wykrycia błędu, lub niewłaściwego skorygowania błędów wykrytych, lecz negatywny wynik takiej kontroli prowadzi do przerywania transmisji i zadziałania sygnalizacji alarmowej. W takim też przypadku wymagana jest interwencja operatora i wznowienie przez niego od początku całego procesu transmisji. Można się spodziewać, że przypadki tego typu są na przeciętnym łączy telegraficznym na tyle częstym zjawiskiem, że uznanie detekcji i korekcji błędów w systemie REFLEX za proces automatyczny byłoby nieuzasadnione.

Próbując ocenić wartość użytkową systemu REFLEX na podstawie powyższego opisu opartego na firmowych danych technicznych i na firmowej dokumentacji trzeba stwierdzić, że względnie prosta i pozornie atrakcyjna zasada korekcji błędów jest niedostatecznie przemyślana. Póli-automatyczna w praktyce korekcja błędów obniża w zasadniczy sposób wartość systemu REFLEX i czyni go nieprzydatnym dla tych wszystkich użytkowników, którzy ze względu czy to na ilość przesyłanych danych, czy też z uwagi na kwalifikacje obsługi oczekują od systemów transmisji danych automatycznej realizacji procesów związanych z zapewnieniem wysokiej wierności transmisji. Trzeba jednak podkreślić, że wiele szczegółów technicznych urządzeń REFLEX zasługuje na zainteresowanie i może być podstawą do tworzenia pochodnych koncepcji, pozbawionych wskazanych wyżej wad.

3.1.3. Dodatkowe zalety systemu REFLEX

Jak wspomniano na wstępie, system REFLEX jest przystosowany do pracy przede wszystkim na telegraficznej sieci komutowanej. Wiadomo zaś, że elementy sieci komutowanej, a w szczególności automatyczne centrale telegraficzne wprowadzają w wielu przypadkach dodatkowe ograniczenia warunków, w jakich odbywa się transmisja sygnałów. Jedno z najczęściej spotykanych ograniczeń dotyczy długości stanu A (stan rozruchowy). Mianowicie centrale automatyczne powodują rozłączenie, jeśli długość stanu A przekroczy wartość krytyczną. Wartość ta jest

różna dla różnych typów central i zawiera się w granicach od 150 do 300 ms. Często równie niebezpieczny jest ciąg kolejnych znaków, w których występuje duża ilość elementów kodowych o stanie A. Z tych też głównie względów w międzynarodowym alfabecie telegraficznym Nr 2 nie wykorzystuje się kombinacji:

AAAAA¹⁾

W transmisji danych, gdzie informacja numeryczna może zawierać dowolne ciągi znaków, gdzie przy zachowaniu struktury kodu może być stosowany dowolny alfabet, gdzie można się spodziewać szyfracji informacji, gdzie wreszcie postać sygnału zawiera często nie tylko elementy kodowe, ale również i elementy nadmiarowe, można się spodziewać również sygnałów o takiej postaci, która stwarza niebezpieczeństwo zakłóceń transmisji.

System REFLEX, nie wprowadzając żadnych ograniczeń alfabetycznych, realizuje pewne dodatkowe procesy, usuwające wspomniane wyżej niebezpieczeństwo. Mianowicie urządzenie nadawcze uniemożliwia wysłanie w linię kolejno po sobie następujących znaków o strukturze:

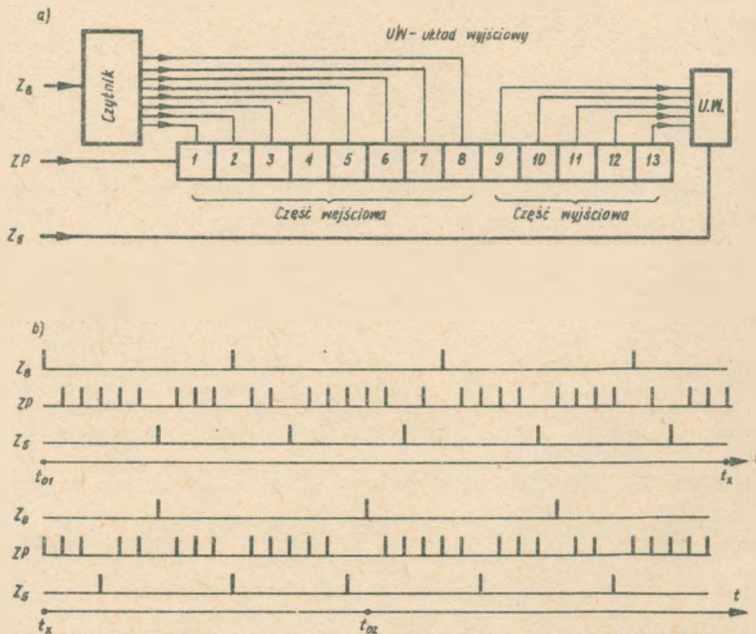
AAAAA

w ilości większej od dwóch. Zasada powyższa realizowana jest przez specjalny układ w części nadawczej, kontrolujący postać sygnału. Stwierdziwszy, że sczytywana aktualnie z taśmy perforowanej kombinacja jest trzecią z

¹⁾ Jest to kombinacja Nr 32 alfabetu Nr 2.

kolei kombinacją Nr 32, układ ten zmienia jej postać i zamiast sygnału AAAAAA (Nr 32) wysyła w linię sygnał ZZZZZ (Nr 29) zapisując jednak w pamięci nadawczej właściwą postać. Fakt ten prowadzi oczywiście do stwierdzenia błędu, w wyniku czego następuje proces korekcji. W efekcie system REFLEX może przekazać dowolnie długi ciąg kombinacji Nr 32, usuwając zarazem niebezpieczeństwo spowodowania rozłączenia przez centrale automatyczne.

Inna interesująca właściwość systemu REFLEX - to możliwość przekazania danych zapisanych w kodzie 8-elemen-



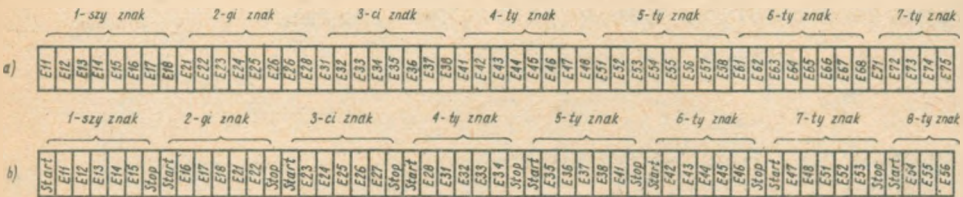
Rys. 9. Nadawczy konwerter kodu w urządzeniu TDR/8-5 systemu REFLEX: a/ struktura pamięci transformującej kod, b/ przebiegi impulsów zegarowych

Z_8 - impulsy zegarowe wpisujące do pamięci, Z_P - impulsy zegarowe przesuwu, Z_5 - impulsy zegarowe wyzwalające pamięć

towym, przy zachowaniu zarazem w czasie transmisji postaci sygnału odpowiadającej arytmicznemu kodowi 5-elementowemu. Do tego rodzaju transmisji muszą być stosowane urządzenia TDR/8-5 (nadawanie) i RDR/5-8 (odbiór). Transmisja kodu 8-elementowego na 5-elementowy w urządzeniu nadawczym i 5-elementowego na 8-elementowy w urządzeniu odbiorczym wymaga specjalnych układów pamięciowych. Schematyczną strukturę tych układów i zasadę ich pracy pokazano na rys. 9.

Pojemność pamięci nadawczej transformującej kod odpowiada 13 elementom sygnału. Pamięć ta składa się z dwóch części, z których pierwsza obejmująca 8 komórek (pamięci elementarnych) - to część wejściowa pamięci, a druga obejmująca 5 komórek - to część wyjściowa. Wpisywanie informacji z czytnika do pamięci odbywa się na zasadzie równoległej, to znaczy, że wszystkie elementy kodowe znaku 8-elementowego są wpisywane jednocześnie do ośmiu komórek tworzących część wejściową pamięci. Proces ten odbywa się w wyniku impulsów zegarowych cyklu Z_8 . Przepisywanie elementów sygnału z części wejściowej pamięci do części wyjściowej odbywa się w wyniku impulsów zegarowych cyklu Z_P . Każdy kolejny impuls tego cyklu powoduje przesunięcie elementów sygnału do komórek sąsiednich w kierunku od komórki K_1 do komórki K_{13} . Z chwilą, gdy część wyjściowa pamięci zostaje wypełniona pięcioma elementami sygnału, impuls zegarowy cyklu Z_5 powoduje równoległe wyprowadzenie wszystkich elementów sygnału do dalszych układów, zwalniając tym samym miejsce w tej części pamięci dla następnych pięciu elementów sygnału.

Jak łatwo stwierdzić, pełny cykl przebiegów zegarowych obejmuje łącznie 52 impulsy (5 impulsów Z_3 , 40 impulsów ZP i 8 impulsów Z_5) i trwa od t_{01} do t_{02} (patrz rys. 9). W efekcie zależność między postacią informacji zapisanej na taśmie 8-sieczkowej i postacią sygnału w linii jest taka, jak na rys. 10.



Rys. 10. Graficzna zasada transformacji kodu w urządzeniu TDR/8-5 systemu REFLEX: a/ informacja sczytywana z taśmy perforowanej, b/ postać informacji w linii

Proces odbywający się na stacji odbiorczej jest analogiczny, tylko że odbywa się on w odwrotnej kolejności do opisanego wyżej. Również i struktura pamięci transformującej jest podobna, tylko, że jej część wejściowa obejmuje 5 komórek, a część wyjściowa 8. Cykle impulsów zegarowych Z_5 , ZP i Z_8 występują oczywiście również w odwrotnej kolejności.

Według danych firmy SAGEM, system REFLEX może być przystosowany na podobnej zasadzie również do kodów 6 i 7-clementowych.

3.2. System THG 1020 firmy Compagnie Française Thomson - Houston (CFTH)

System transmisji danych THG 1020 należy do systemów uniwersalnych. Przekazywanie danych w tym systemie odby-

wa się za pośrednictwem taśmy perforowanej zarówno po stronie nadawczej, jak i po stronie odbiorczej łącza. Z punktu widzenia właściwości protekcyjnych jest to system korekcyjny, czysto wynikowy. Wykrywanie błędów możliwe jest dzięki zastosowaniu w procesie transmisji kodu detekcyjnego oraz dzięki układom tak zwanej kontroli analogowej (kontrola poziomu transmisji i zniekształceń telegraficznych)¹⁾. Korekcja błędów odbywa się na zasadzie powtarzania fragmentów informacji uznanych za błędne.

System THG 1020 przystosowany jest do jednoczesnej dwukierunkowej transmisji informacji za pośrednictwem jednego typowego łącza telefonicznego trwałego lub wchodzącego w skład sieci komutacyjnej. W urządzeniach zastosowano szybkość modulacji 200 bodów. Stosunkowo mała szybkość modulacji stwarza możliwości transmisji sygnałów w pasmie częstotliwości znacznie węższym od pasma przeznaczonego dla transmisji telefonicznej. Dlatego też istnieje możliwość podziału pasma kanału telefonicznego na dwie części i jednoczesnego wykorzystania ich do transmisji danych w dwóch przeciwnych kierunkach. Powyższą zasadę pracy systemu THG 1020 pokazano w sposób schematyczny na rys. 11.

Parametry sygnału w torze transmisyjnym odpowiadają normom międzynarodowym, ściślej zaleceniom CCITT: V.2 i

¹⁾ Zasada kontroli analogowej opisana jest dokładniej w rozdz. 3.3.



Rys. 11. Zasada transmisji w systemie THG 1020

CT - czytnik taśmy perforowanej, RP - reperforator, UP - nadawczo-odbiorcze urządzenie protekcji, M - modem nadawczo-odbiorczy, TF - aparat telefoniczny

V.21. W modemach zastosowana jest modulacja częstotliwości, a częstotliwości sygnałów wysyłanych przez modem w tor transmisyjny są następujące:

$$\text{Kanał 1: } \begin{cases} f_1 = 980 \text{ Hz (symbol binarny 1)} \\ f_0 = 1080 \text{ Hz} \\ f_2 = 1180 \text{ Hz (symbol binarny 0)} \end{cases}$$

$$\text{Kanał 2: } \begin{cases} f_1 = 1650 \text{ Hz (symbol binarny 1)} \\ f_0 = 1750 \text{ Hz} \\ f_2 = 1850 \text{ Hz (symbol binarny 0)} \end{cases}$$

Zgodnie z normami międzynarodowymi kanał 1 służy do przekazywania danych od stacji wywołującej (A) do stacji wywołanej (B), zaś kanał 2 do transmisji danych w kierunku przeciwnym.

Kanały te mogą być wykorzystywane do transmisji sygnałów według jednego z poniższych wariantów, w zależności od zasady pracy urządzeń protekcji i od aktualnego stanu każdej ze współpracujących ze sobą stacji.

Wariant 1. - System protekcji nie wymaga kanału powrotnego; informacje przekazuje tylko stacja wywołująca (A): do transmisji wykorzystany jest wyłącznie kanał 1.

Wariant 2. - System protekcji nie wymaga kanału powrotnego; informacje przekazywane są jednocześnie od stacji wywołującej (A) do stacji wywołanej (B) i odwrotnie:
kanał 1 wykorzystany jest do transmisji w kierunku $A \rightarrow B$,
kanał 2 wykorzystany jest do transmisji w kierunku $B \rightarrow A$.

Wariant 3. - System protekcji pracuje na zasadzie sprzężenia zwrotnego decyzji; informacje przekazuje tylko stacja wywołująca (A):
kanał 1 wykorzystany jest jako kanał docelowy dla informacji przesyłanych w kierunku $A \rightarrow B$,
kanał 2 wykorzystany jest jako kanał powrotny do zwrotnego przesyłania decyzji (E_s) w kierunku $B \rightarrow A$.

Wariant 4. - System protekcji jak w wariancie 3; informacje przekazywane są jednocześnie od stacji wywołującej (A) do stacji wywołanej (B) i odwrotnie:
kanał 1 wykorzystany jest na przemian jako kanał docelowy dla informacji (E_I) przesyłanych w kierunku $A \rightarrow B$ i jako kanał po-

wrotny do zwrotnego przesyłania decyzji (E_s) również w kierunku $A \rightarrow B$,
kanal 2 wykorzystany jest na przemian jako kanał docelowy dla informacji (E_I) przesyłanych w kierunku $B \rightarrow A$ i jako kanał powrotny do zwrotnego przesyłania decyzji (E_s) również w kierunku $B \rightarrow A$.

W celu umożliwienia realizacji powyższych procesów, poszczególne zespoły, wchodzące w skład modemu, nie są z sobą połączone w sposób trwały, lecz umożliwiają elastyczne tworzenie różnych struktur układowych, w zależności od kryteriów sterujących wytwarzanych przez urządzenia protekcji.

System THG 1020 i inne podobne systemy transmisji danych odznaczają się kilkoma podstawowymi cechami, dzięki którym kwalifikują się one do stosowania szczególnie na telefonicznych łączach komutowanych.

1. Kanał telefoniczny o szerokości pasma 3100 Hz umożliwia szeregową transmisję sygnałów binarnych modulowanych z szybkością 1200, a nawet 2400 bodów, przy założeniu, że przesyła się obie wstęgi boczne modulacji. System THG 1020 umożliwia transmisję sygnałów modulowanych z szybkością 2×200 bodów = 400 bodów, a więc nie wykorzystuje pełnych możliwości transmisyjnych kanału telefonicznego. Jak wynika z wcześniej podanych częstotliwości sygnałów, każdy z dwóch kanałów transmisyjnych posiada szerokość pasma około 500 Hz. Stosunek szerokości kanału do szybkości modulacji (współczynnik ten w syste-

mie THG 1020 jest względnie duży i wynosi $\frac{600}{200} = 3$) decyduje o odporności transmisji sygnałów dyskretnych na zakłócenia. Im stosunek ten jest większy, tym warunki transmisji są lepsze (zbrocza impulsów są bardziej strome, łatwiejsze jest rozeznanie stanów znamienych) lub inaczej - wskaźniki jakościowe transmisji są zadowolające nawet przy stosunkowo złym łączu. Względy powyższe uzasadniają tendencje stosowania systemów transmisji danych tego rodzaju na komutowanej telefonicznej sieci powszechnego użytku, gdzie jak wiadomo połączenie między stacjami końcowymi zostaje zestawione z poszczególnych łączy w sposób przypadkowy, a tym samym jakość tego połączenia może być nie najlepsza.

2. Jakość transmisji sygnałów ziarnistych zależy w dużym stopniu od charakterystyki fazowej kanału transmisyjnego w wykorzystywanym pasmie częstotliwości. Nieliniowość tej charakterystyki powoduje zniekształcenia fazowe sygnału. Charakterystyka fazowa kanału transmisyjnego, którego pasmo wyznaczone jest najczęściej przez filtry wchodzące w skład urządzeń telefonicznych, jest nieliniowa, szczególnie na krańcach pasma, a więc w okolicy 300 - 500 Hz i 2000 - 3400 Hz. Usytuowanie zatem kanałów transmisyjnych systemu THG 1020 w przedziałach 800 - 1400 Hz i 1450 - 2050 Hz zapewnia optymalne warunki transmisji z punktu widzenia zależności fazowych. Trzeba też pamiętać, że i charakterystyka tłumieniowa kanału telefonicznego w części pasma wykorzystywanej przez system THG 1020 jest również praktycznie liniowa,

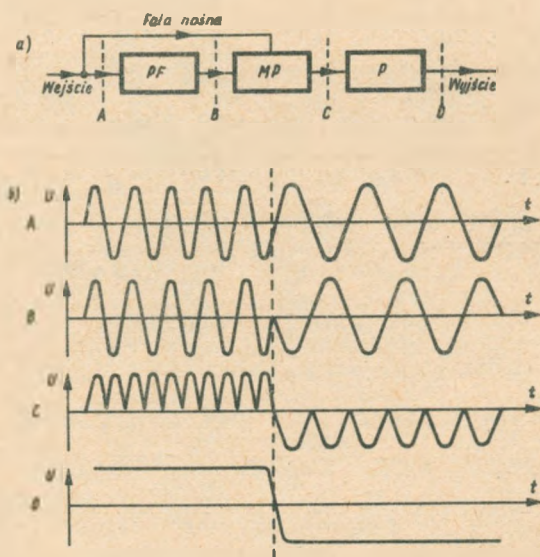
w przeciwieństwie do krańców pasma kanału telefonicznego.

Wykorzystując do transmisji danych środek pasma kanału telefonicznego można się więc spodziewać, że - nawet przy połączeniu zestawionym w wyniku komutacji - jakość każdego kanału transmisyjnego (kanału 1 w kierunku A → B i kanału 2 w kierunku B → A) będzie wystarczająco dobra i praktycznie jednakowa dla każdego połączenia.

3. Ułatwione warunki transmisji omówione wyżej oraz stosunkowo niewielka szybkość modulacji powodują, że urządzenia transmisji danych systemów 200-bodowych (modemy, urządzenia protekcji i aparaty końcowe stosujące taśmę perforowaną) są stosunkowo proste, w konsekwencji czego koszt kompletnego zestawu urządzeń jest stosunkowo niski. Względy te stwarzają dodatkowe możliwości nasowego stosowania tego rodzaju urządzeń, a w szczególności instalowania ich na sieci komutowanej.

System HG 1020 reprezentuje pewną grupę systemów transmisji danych zwanych często 200-bodowymi systemami duplexowymi. Wszystkie tego rodzaju systemy transmisji danych stwarzają użytkownikom specyficzne możliwości w zakresie wymiany informacji. Tylko te bowiem systemy umożliwiają jednoczesną transmisję danych w dwóch przeciwnych kierunkach przy zastosowaniu jednego tylko łącza telefonicznego. Z tego względu nadają się one szczególnie do systemów telesterowania, których ogólną zasadę pokazano na rys. 2b. Jeśli bowiem na stacji A odbywa się pewien proces, a na stacji B znajduje się centrum

obliczeniowe, które programuje i steruje ten proces, to po kanale 1 można przesyłać ze stacji A do stacji B informacje o przebiegu kontrolowanego procesu, tak zwane informacje pierwotne. Centrum obliczeniowe na stacji B analizuje te informacje zgodnie z założonym programem i na podstawie tej analizy wytwarza decyzje (informacje wtórne), które są natychmiast przekazywane po kanale 2 do stacji A i na bieżąco sterują trwającym tam procesem.



Rys. 12. Dyskryminator w modemie systemu THG 1020: a/ uproszczony schemat blokowy, b/ przebiegi elektryczne w poszczególnych punktach układu

Aktualnie posiadane informacje techniczne o systemie THG 1020 są stosunkowo szczupłe i niekompletne. Mimo to warto zwrócić uwagę na dość oryginalny układ dyskryminatora stosowany w modemach tego systemu. Otóż podstawowy układ dyskryminacyjno-detekcyjny, pokazany na rys. 12a, składa się z przesawnika fazy (PF), modulatora pierścic-

niowego (MP) i z prostownika (P). Zgodnie z fizyczną zasadą modulatora pierścieniowego, w przypadku doprowadzenia do niego fali modulującej i modulowanej o tej samej częstotliwości (F) z zachowaniem zgodności faz obu tych przebiegów, na wyjściu modulatora uzyskuje się przebieg elektryczny identyczny pod względem kształtu z przebiegiem będącym rezultatem dwupołówkowego prostowania sygnału sinusoidalnego o częstotliwości F. Jeśli zaś między sygnałem modulującym i modulowanym istnieje przesunięcie fazowe o wartości π , sygnał wyjściowy jest analogiczny, z tym że kierunek impulsów jest przeciwny. Zjawisko to, upraszczające proces detekcji, zostało wykorzystane w modemach systemu THG 1020. Mianowicie przesuwnik fazy (PF) nie wprowadza przesunięcia fazowego dla sygnału o częstotliwości f_1 (jedna częstotliwość znamionowa sygnału o modulowanej częstotliwości), natomiast dla częstotliwości f_2 (druga częstotliwość znamionowa) wprowadza przesunięcie fazowe równe π . W efekcie, przebiegi elektryczne w modemach systemu THG 1020 odpowiadają rys. 12b), z którego łatwo wywnioskować, że proces detekcji jest bardzo prosty.

Urządzenia detekcji systemu THG 1020 zapewniają wykrywanie błędów i ich automatyczną korekcję na zasadzie powtórzenia. Wykrywanie błędów odbywa się:

- w wyniku kontroli parzystości dzięki jednemu nadmiarowemu elementowi sygnału dodawanemu do każdego znaku,

- w wyniku kontroli analogowej.

W przypadku wykorzystania obydwu kanałów do jednoczesnego przekazywania danych w obu kierunkach transmisja odbywa się nieprzerwanie tak długo, dopóki jedna ze stacji nie stwierdzi błędu w odbieranej informacji. Z chwilą stwierdzenia błędu zostaje przerwana transmisja zarówno w kierunku $A \rightarrow B$, jak i $B \rightarrow A$ i następuje proces powtórzenia błędnych znaków. Przy powierzchownej ocenie tego procesu można by sądzić, że wstrzymanie transmisji zawsze w obu kierunkach prowadzi do niepotrzebnej zwłoki w transmisji informacji w tym kanale, w którym nie wykryto błędu. Doświadczenie pokazuje jednak, że czynniki powodujące błędy zakłócają prawie równomiernie całe pasmo kanału telefonicznego. Ponieważ zaś oba kanały transmisyjne systemu THG 1020 utworzone są z jednego kanału telefonicznego, istnieje duże prawdopodobieństwo, że większość zakłóceń powoduje wykrycie błędów jednocześnie w obu kanałach. Jednoczesne przerwanie transmisji tak w kanale 1 jak i w kanale 2 jest zatem uzasadnione w olbrzymiej większości przypadków.

3.3. Systemy THG 1060 i THG 1120 firmy Compagnie Française Thomson - Houston (CFTH)

3.3.1. Charakterystyka ogólna

Systemy THG 1060 i THG 1120 są to w zasadzie systemy bliźniacze, to znaczy pracujące według tej samej zasady, a różniące się jedynie szybkością modulacji. Pierwszy z nich pracuje z szybkością modulacji 600 bodów, drugi z szybkością 1200 bodów.

Oba te systemy przystosowane są do pracy na normalnych łączach telefonicznych, w tym i na telefonicznej sieci komutowanej powszechnego użytku. Komplet urządzeń umożliwia naprzemienną transmisję dwukierunkową na łączu telefonicznym jednotorowej linii abonenckiej. Do zrealizowania jednoczesnej transmisji danych w dwóch kierunkach wymagane są dwa łącza telefoniczne oraz dwa komplety urządzeń, z których każdy musi się składać z:

a) urządzenia nadawczego transmisji danych (THG 1061 lub THG 1121),

b) urządzenia odbiorczego transmisji danych (THG 1062 lub THG 1122),

c) czytnika taśmy perforowanej (zalecany Facit PE 1000),

d) reperforatora taśmy papierowej (zalecany Facit PE 1500).

Zestaw urządzeń przystosowany do transmisji naprzemiennej składa się z:

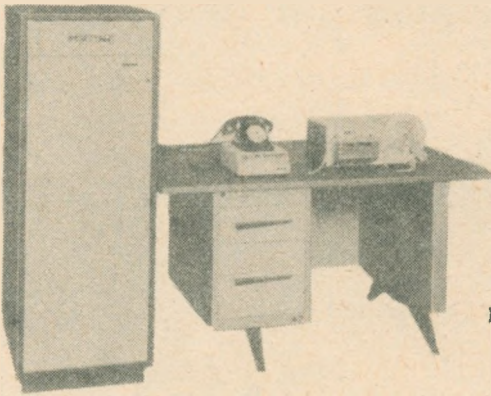
a) nadawczo-odbiorczego urządzenia transmisji danych (THG 1060 lub THG 1120),

b) czytnika taśmy perforowanej,

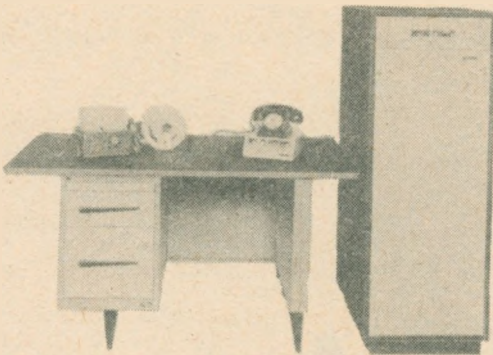
c) reperforatora taśmy papierowej.

Urządzenia systemów THG 1060 i THG 1120 są to urządzenia korekcyjne pracujące na zasadzie sprzężenia zwrotnego decyzji. Korekcja błędów realizowana jest na zasadzie powtarzania błędnych znaków.

Jako nośnik informacji może być zastosowana taśma perforowana, karty perforowane lub taśma magnetyczna; w szczególności jednak przewiduje się stosowanie na obydwu końcach łącza urządzeń związanych z taśmą perforowaną. W takim też przypadku może być stosowany kod 5, 6 lub 7-elementowy, a także kod 8-elementowy, zawierający jeden element nadmiarowy (kontrola parzystości).



Rys. 13. Zestaw urządzeń nadawczych systemu THG 1120



Rys. 14. Zestaw urządzeń odbiorczych systemu THG 1120

konstrukcyjnie urządzenia THG 1060 i THG 1120 wykonane są w postaci wolno stojących szafek, zawierających urządzenia protekcji, układy sterujące, modemy i zasi-

lacze. Urządzeniami niezwiązanymi konstrukcyjnie z urządzeniami transmisji danych są:

- czytnik taśmy perforowanej (na stacji nadawczej),
- reperforator taśmy papierowej (na stacji odbiorczej),
- zespół przełączająco-manipulacyjny.

Zestaw urządzeń pokazany jest na rys. 13 i 14.

3.3.2. Zasada pracy urządzeń

Nawiązanie połączenia między zainteresowanymi stacjami odbywa się na zasadzie komutacji telefonicznej. Po uzyskaniu połączenia operatorzy uzgadniają zasadę transmisji (np. kierunek, rodzaj kodu) i ręcznie dokonują przełączeń stacji końcowych ze struktury telefonicznej na strukturę transmisji danych. Po przełączeniu obydwu stacji transmisja danych rozpoczyna się automatycznie i kończy z chwilą wysłania przez stację nadawczą znaku oznaczającego koniec transmisji.

System protekcji jest kombinowany, to znaczy opiera się nie tylko na kontroli ziarnistej, lecz także i na kontroli analogowej. Negatywny wynik kontroli (analogowej lub ziarnistej) powoduje automatycznie nieprzyjęcie przez odbiornik informacji uznanych za błędne i powtórzenie ich przez nadajnik. W efekcie zapis informacji na nośniku po stronie odbiorczej zawiera tylko informacje uznane za bezbłędne. Przesyłanie decyzji od odbiornika do nadajnika odbywa się za pośrednictwem kanału powrotnego.

Kontrola analogowa zastosowana w urządzeniach systemu THG 1060 lub THG 1120 polega na ciągłym sprawdzaniu:

- a) poziomu transmisji,
- b) położenia momentów charakterystycznych w odbieranym sygnale, czyli innymi słowy - stopnia zniekształcenia telegraficznego.

Kontrola analogowa ma na celu wykrycie tych błędów, które ze względu na bardzo ograniczone zdolności detekcyjne zastosowanego kodu nie są wykrywane w wyniku kontroli ziarnistej. Układy kontrolujące poziom transmisji reagują na każde obniżenie się poziomu sygnału poniżej dopuszczalnej wartości oraz na jego wzrost powyżej górnej wartości granicznej. Każde stwierdzenie któregośkolwiek z tych przypadków powoduje takie same skutki, jak wyniki negatywnej kontroli kodowej (ziarnistej).

Drugim parametrem objętym przez kontrolę analogową jest zniekształcenie telegraficzne. Zasada tej kontroli jest następująca. Ponieważ urządzenia THG 1060 i THG 1120 pracują synchronicznie, impulsy zegarowe urządzeń odbiorczych wytwarzają skalę czasu w stosunku, do której można określać prawidłowość położenia w czasie momentów charakterystycznych występujących w odbieranym sygnale. Odchylenie rzeczywistego położenia każdego momentu charakterystycznego w stosunku do jego położenia znamionowego jest miarą indywidualnego zniekształcenia momentu charakterystycznego¹⁾. Układy kontrolne sprawdzają znie-

¹⁾ Pojęcie to jest powszechnie stosowane w telegrafii i w transmisji danych.

kształcenie każdego momentu charakterystycznego i reagują na każde przekroczenie wartości uznanej za graniczną.

Według opinii specjalistów firmy CFTH kontrola analogowa zapewnia bardzo niską stopę błędów w połączeniu z kontrolą kodową nawet o bardzo ograniczonych właściwościach, nie powodując przy tym znacznego obniżenia efektywnej szybkości transmisji. Według danych firmowych, znakowa stopa błędów wynikowych dla systemu THG 1060 lub THG 1120 wynosi około $1 \cdot 10^{-9}$. Jeśli wartość ta jest prawdziwa, to zastosowanie kontroli analogowej jest rzeczywiście w pełni uzasadnione.

Oparcie bowiem detekcji błędów wyłącznie na kodzie nadmiarowym prowadzi w praktyce do znacznego wydłużenia kodu w stosunku do kodu, jaki jest użyty do zapisu informacji. I tak, wiele systemów stosujących dla celów transmisji informacji kod 7-elementowy dodaje do każdego znaku 5 elementów nadmiarowych, w efekcie czego kod użyty w procesie transmisyjnym jest kodem 12-elementowym. Zwiększenie długości kodu z 7 do 12 elementów powoduje stale i znaczne (około 40%) obniżenie efektywnej szybkości transmisji w stosunku do szybkości wynikającej z szerokości kanału transmisyjnego i przyjętej szybkości modulacji. Obniżenie szybkości jest przy tym nieuniknione nawet w przypadku wykorzystywania idealnego, nie wprowadzającego żadnych błędów kanału transmisyjnego. Niezależnie zaś od tego każde wykrycie błędu i proces korekcji będący jego następstwem jest przyczyną dalszego obniżenia szybkości transmisji.

W systemie THG 1060 czy THG 1120 podstawowy kod, w

którym zapisane są informacje - to kod 7-elementowy. Układy protekcji wydłużają ten kod do 9 elementów, dodając dwa elementy nadmiarowe w celu kontroli parzystości. Ósmy element (pierwszy element nadmiarowy) spełnia regułę parzystości w odniesieniu do wszystkich ośmiu elementów sygnału, zaś dziewiąty element (drugi element nadmiarowy) - w odniesieniu do nieparzystych elementów sygnału w znaku (1,3,5,7,9). Dodanie dwóch elementów nadmiarowych do siedmiu elementów kodowych obniża w sposób stały efektywną szybkość transmisji stosunkowo nieznacznie, bo tylko o około 22%. Zdolność detekcyjna takiego kodu jest jednak stosunkowo niewielka. Wiele błędów jest bowiem nie wykrywalnych. Należą do nich takie zestawienia błędnych elementów, jak na przykład:

E_1, E_3	E_2, E_4, E_6, E_8
E_1, E_5	E_3, E_5, E_7, E_9
E_2, E_6	E_1, E_2, E_3, E_4
E_4, E_8	$E_1, E_3, E_4, E_5, E_6, E_8$

i wiele innych o parzystej ilości błędów.

Bez zastosowania kontroli analogowej, zdolności detekcyjne kodu użytego w systemach THG 1060 i THG 1120 byłyby niewystarczające z punktu widzenia wymaganej stopy błędów wynikowych. Połączenie zaś kontroli ziarnistej (kod detekcyjny) z kontrolą analogową umożliwia wykrycie błędów wielokrotnych. Są one bowiem z zasady powodowane bądź krótkimi przerwami transmisji (dolna granica poziomu sygnału), bądź zakłóceniami impulsowymi (górną grani-

ca poziomemu sygnału), bądź niewłaściwymi parametrami kanału, do których należy charakterystyka tłumieniowa, charakterystyka fazowa i przesunięcia częstotliwości wprowadzane przez telefoniczne systemy nośne (parametry te mają bezpośredni wpływ na stopień zniekształcenia telegraficznego). Wszystkie zaś powyższe czynniki, powodujące powstawanie błędów wielokrotnych, są wykrywane dzięki kontroli analogowej.

3.4. System S 612 firmy Télécommunications Radioclectriques et Téléphoniques (TRT)

3.4.1. Charakterystyka ogólna

System S 612 jest systemem uniwersalnym, przystosowanym w zasadzie do współpracy z czytnikiem taśmy perforowanej i z reperforatorem. Urządzenia tego systemu mogą być jednak przyłączone i do innych urządzeń peryferyjnych¹⁾, a także bezpośrednio do urządzeń przetwarzających dane, w tym i do maszyny matematycznej. System S 612 umożliwia transmisję informacji zapisanych w kodzie 5, 6 lub 7-elementowym, z tym że podstawową jednostką informacyjną jest 7 elementów sygnału. Maksymalna szybkość transmisji informacji wynika z zastosowanej szybkości modulacji 600 lub 1200 bodów i wynosi odpowiednio 50 lub 100 znaków na sekundę. Wykrywanie błędów

¹⁾Przez "urządzenia peryferyjne" należy rozumieć aparaty przetwórcze transmisji danych.

odbywa się na zasadzie kontroli znakowej. Każdy bowiem sygnał znakowy przekazywany między nadawczym i odbiorczym urządzeniem S 612 zawiera poza siedmioma kodowymi elementami sygnału, także 5 elementów nadmiarowych. Korekcja błędów odbywa się automatycznie na zasadzie powtarzania błędnych znaków, będącego następstwem decyzji przesyłanej od odbiornika do nadajnika za pośrednictwem kanału powrotnego. Wykryte błędy są kasowane przez odbiorcze urządzenie protekcji i nie zostają przesłane do urządzeń przetwarzania danych, znajdujących się na stacji odbiorczej. System S 612 jest więc systemem czysto wynikowym.

System S 612 przystosowany jest do pracy zarówno na trwałych łączach telefonicznych, jak i na telefonicznej sieci komutowanej. Urządzenia tworzące ten system są produkowane bądź jako urządzenia nadawcze (ES 612), bądź jako odbiorcze (RS 612), bądź jako nadawczo-odbiorcze (S 612). Te ostatnie zainstalowane na dwóch współpracujących stacjach umożliwiają transmisję danych na przemian w dwóch kierunkach. Parametry transmisyjne urządzeń S 612, to znaczy parametry sygnału nadawanego i odbieranego z łącza telefonicznego - narzucone przez modem - są w pełni zgodne z międzynarodowymi zaleceniami CCITT. Oznacza to między innymi, że w modemie zastosowana jest modulacja częstotliwości, zaś znamienne częstotliwości sygnału wynoszą:

przy szybkości
modulacji
1200 bodów:

$$\begin{cases} f_1 = 1300 \text{ Hz (symbol binarny 1)} \\ f_0 = 1700 \text{ Hz} \\ f_2 = 2100 \text{ Hz (symbol binarny 0)} \end{cases}$$

przy szybkości
modulacji
600 bodów:

$$\left\{ \begin{array}{l} f_1 = 1300 \text{ Hz (symbol binarny 1)} \\ f_0 = 1500 \text{ Hz} \\ f_2 = 1700 \text{ Hz (symbol binarny 0)} \end{array} \right.$$

kanal powrotny
(75 bodów)

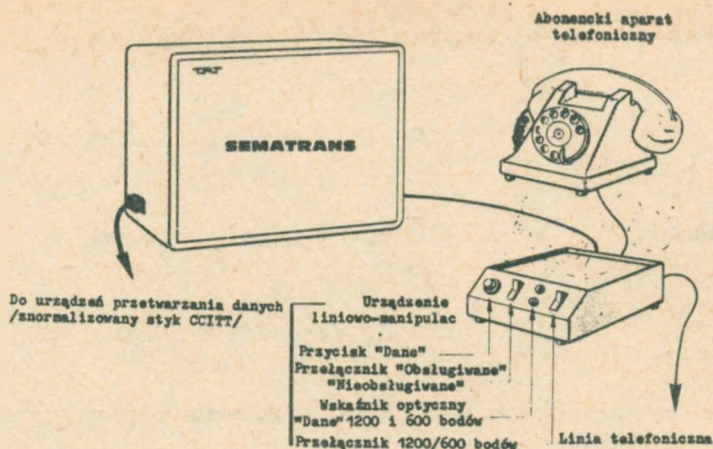
$$\left\{ \begin{array}{l} f_1 = 390 \text{ Hz (symbol binarny 1)} \\ f_0 = 420 \text{ Hz} \\ f_2 = 450 \text{ Hz (symbol binarny 0)} \end{array} \right.$$

Komplet urządzeń systemu S 612 składa się z:

- a) urządzeń protekcji wraz z układami wejściowo-wyjściowymi, współpracującymi bezpośrednio z urządzeniami peryferyjnymi lub urządzeniami przetwarzania danych,
- b) modemu,
- c) urządzenia liniowo-manipulacyjnego.

Ponieważ modem spełnia międzynarodowe zalecenia CCITT również od strony stacyjnej (protekcja lub urządzenia przetwarzania danych), może on współpracować także z urządzeniami protekcji innych firm. Zestaw urządzeń, składający się z modemu i urządzenia liniowo-manipulacyjnego jest zatem wydzieloną częścią systemu S 612 i produkowany jest przez firmę TRT pod nazwą "SEMATRANS". Zasadę połączeń urządzeń "SEMATRANS" z linią i aparatem telefonicznym pokazano na rys. 15.

Jednym z dość istotnych udogodnień, jakie stwarza użytkownikowi system S 612 jest możliwość nawiązania współpracy i wzajemnego przekazywania danych nawet w przypadku braku obsługi na stacji wywołanej. Mianowicie za pomocą jednego z przełączników umieszczonych w urzą-



Rys. 15. Zasada połączenia modemu SEMATRANS z aparatem telefonicznym i z linią telefoniczną

dzeniu liniowo-manipulacyjnym można przystosować urządzenia transmisji danych do pracy w układzie "stacji obsługiwanej" bądź w układzie "stacji nieobsługiwanej". W tym drugim przypadku cały proces nawiązania połączenia, przełączenia stacji ze stanu telefonicznego na transmisję danych oraz wymiany danych, może przebiegać bez udziału obsługi na stacji wywołanej.

Inną dość istotną dla użytkownika cechą omawianego systemu jest automatyczna zmiana kierunku transmisji w zależności od potrzeb jednej lub drugiej stacji, o ile obie stacje są wyposażone w urządzenia nadawczo-odbiorcze. Proces ten odbywa się na zasadzie wzajemnego zapytywania się stacji o "chęć nadawania". Jeżeli po wymianie sygnałów tego typu każda ze stacji wyśle odpowiedź negatywną, następuje automatycznie:

- a) przełączenie stacji na stan telefoniczny lub
- b) rozłączenie połączenia,

w zależności od zaprogramowania stacji przed rozpoczęciem przekazywania danych.

3.4.2. Zasady protekcji

Jak wspomniano w rozdz. 3.4.1., system S 612 pracuje na zasadzie sprzężenia zwrotnego decyzji. Proces protekcji składa się więc z dwóch odrębnych procesów, to znaczy z procesu wykrywania błędów i z procesu korygowania wykrytych błędów przez powtórzenie.

Wykrywanie błędów oparte jest na kontroli znakowej.

Każdy sygnał znakowy zawiera:

a) 3 nadmiarowe elementy sygnału spełniające rolę tak zwanego adresu lub inaczej - służące do umownej numeracji znaków (ABC),

b) 7 informacyjnych elementów sygnału (a,b,c,d,e,f,g),

c) 2 nadmiarowe elementy sygnału spełniające dwie reguły parzystości (P_1 , P_2).

Ponieważ w systemie S 612 stosuje się zasadę transmisji szeregowej, każdy sygnał znakowy posiada postać:

$$ABCabcde\text{fg}P_1P_2$$

Istnieje 6 różnych sekwencji adresowych, które zmieniają się cyklicznie według następującej kolejności:

$$100, 000, 001, 011, 111, 110$$

Pierwszy znak informacyjny nadany z chwilą rozpoczęcia transmisji zawiera adres zawsze w postaci 100. Ele-

menty nadmiarowe P_1 i P_2 spełniają następujące reguły:

a) suma modulo 2 wszystkich elementów informacyjnych łącznie z elementami P_1 i P_2 równa jest 0 (zero);

b) suma modulo 2 elementów parzystych w sygnale znakowym (a więc elementów: b,d,f) łącznie z elementem P_1 równa jest 1 (jeden).

Sygnaly odbierane przez stację odbiorczą są zapisywane w 15-bitowej pamięci odbiorczej. W komórkach od 1 do 3 tej pamięci zapisuje się elementy adresowe danego znaku, w komórkach 4-12 zapisywane są elementy kodowe wraz z elementami nadmiarowymi P_1 i P_2 , zaś w komórkach 13-15 rejestruje się elementy adresowe następnego znaku. Kontrola bezbłędności odebranego znaku polega na sprawdzeniu zgodności jego adresu w stosunku do adresu znaku poprzedniego (według ustalonego cyklu adresowego) oraz na podwójnym sprawdzeniu parzystości z uwzględnieniem elementów P_1 i P_2 . Jeśli wyniki tych kontroli są pozytywne, odebrany znak zostaje wysłany z pamięci do urządzeń końcowych. Jeśli którakolwiek z tych kontroli dała wynik negatywny - urządzenie odbiorcze wysyła po kanale powrotnym decyzję negatywną, w wyniku której urządzenie nadawcze powtarza 6 ostatnich znaków. Jednocześnie zaś urządzenie odbiorcze przerywa odbiór na czas równy 5 znakom i utrwała w pamięci adres ostatniego poprawnie odebranego znaku. Szósty ze znaków powtórzonych przez nadajnik dochodzi do odbiornika w chwili, gdy jest on ponownie przygotowany do odbioru. Jest to właśnie znak, który odbiornik uznał poprzednio za błędny. Jeśli jego

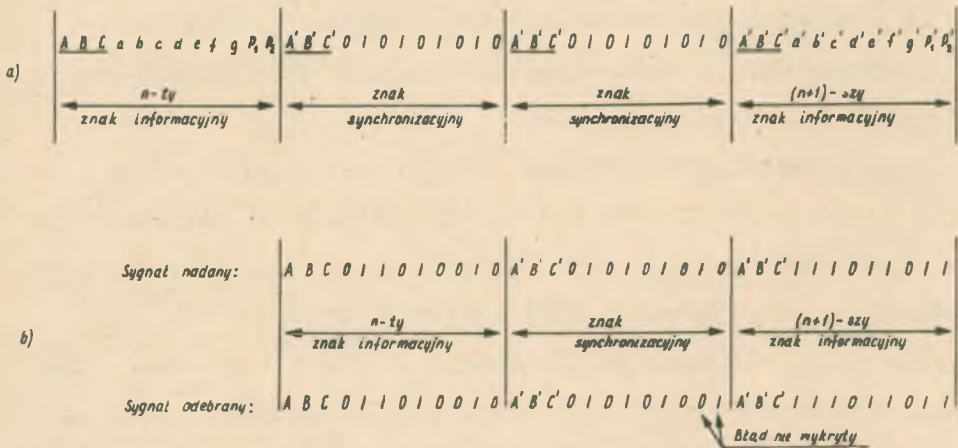
adres jest prawidłowy w stosunku do adresu ostatniego znaku uznanego za bezbłądny, wznowiona transmisja jest kontynuowana normalnie. Niezgodność adresu powoduje ponowne wysłanie decyzji negatywnej.

Wyjątkiem od wyżej opisanej zasady jest specjalny sygnał stosowany do zsynchronizowania urządzeń lub do podtrzymania istniejącego synchronizmu. Sygnał ten składa się:

- a) z adresu ABC oraz
- b) z następującego ciągu elementów:

0 1 0 1 0 1 0 1 0.

Ponadto adres znaku przesyłanego po sygnale synchronizacyjnym jest taki sam, jak adres znaku synchronizującego. Jeśli przesyłany jest zatem ciąg kilku znaków synchronizacyjnych, to adres pierwszego znaku po tym ciągu będzie taki sam, jak adres pierwszego znaku synchroniza-



Rys. 16. Postać sygnałów przekazywanych w systemie S 612: a/ zasada adresowania znaków z uwzględnieniem znaków synchronizacyjnych, b/ skutki wystąpienia błędów w znaku synchronizacyjnym

cyjnego, zgodnie z przykładem pokazanym na rys. 16a.

Taka reguła nie powoduje naruszania zasady cykliczności adresów w znakach informacyjnych, nawet w takim przypadku, gdy dowolne ciągi znaków synchronizacyjnych są wtrącane między znaki informacyjne. Oczywiście opisana uprzednio zasada kontroli bezbłędności znaków uwzględnia ten przypadek i nie powoduje wysłania przez odbiornik decyzji negatywnej w przypadku stwierdzenia, że analizowany znak jest znakiem synchronizacyjnym.

Jako decyzje przesyłane po kanale powrotnym od odbiornika do nadajnika wykorzystywane są następujące ciągi sygnałów:

a) 11101110111011101110 decyzja pozytywna (nie stwierdzono błędu),

b) 00010001000100010001 decyzja negatywna (żądanie powtórzenia).

W przypadku nawet pojedynczego błędu w sygnale odpowiadającym decyzji pozytywnej nadajnik wysyła automatycznie znak synchronizacyjny.

Warto zastanowić się nad oceną właściwości protekcyjnych systemu S 612. Według danych firmowych, znakowa stopa błędów wynikowych jest nie gorsza niż $1 \cdot 10^{-8}$. Na wartość tę należy jednak chyba spojrzeć krytycznie. Otóż właściwe zabezpieczenie kodowe, to znaczy dodanie dwóch elementów nadmiarowych do 7 elementów informacyjnych, wydaje się zbyt słabe, nawet przy dodatkowym zabezpieczeniu adresowym. Pobieżna choćby analiza pozwala bowiem stwierdzić, że nie są wykrywalne następujące przypadki błędów:

a-c, a-e, a-g, a-P₂,

c-e, c-g,

b-d, b-f, b-P₁

d-f, d-P₁ itp.,

a także większość błędów 4-elementowych, 6-elementowych i 8-elementowych.

Ponadto dwa elementy błędne w znaku synchronizacyjnym stwarzają duże prawdopodobieństwo przyjęcia takiego znaku jako jednego ze znaków informacyjnych, co ilustruje przykład pokazany na rys. 16b. Na powyższy przypadek odbiornik zareaguje w sposób następujący:

a) pierwszy znak informacyjny nie obciążony błędem zostanie przyjęty prawidłowo,

b) znak synchronizacyjny z dwoma błędnymi elementami (8-y i 9-ty) zostanie przyjęty przez odbiornik jako prawidłowy znak informacyjny, gdyż i kontrola parzystości i kontrola adresu nie wykaże błędu,

c) drugi znak informacyjny zostanie (mimo poprawnej postaci) zakwestionowany z uwagi na niezgodność adresu, lecz mimo to przyjęty uprzednio fałszywy znak synchronizacyjny zostanie zarejestrowany w sposób trwały przez urządzenie peryferyjne lub zostanie wprowadzony do urządzenia przetwarzającego dane.

Mimo stosunkowo słabego zabezpieczenia przed błędami, system stosuje aż 5 elementów nieinformacyjnych (ABCP₁P₂) na każde 7 elementów kodowych, co zmniejsza efektywną szybkość transmisji, nawet przy łączu bezbłędnym, o oko-

ło 40% w stosunku do teoretycznej maksymalnej szybkości wynikającej z szybkości modulacji i długości kodu. Taka metoda protekcji wydaje się nieuzasadniona, tym bardziej, że synchroniczna zasada transmisji stwarza możliwości wykorzystania wszystkich pięciu elementów nadmiarowych do wielokrotnej kontroli parzystości (jak na przykład w systemie francuskim firmy CETT typu TD1200 lub w systemie angielskim firmy Plessey Company typu PT600/1200IT). Z powyższych względów system S 612 wydaje się mało atrakcyjny z punktu widzenia nabywcy lub użytkownika.

3.4.3. Modem

Modem wchodzący w skład systemu S 612 nosi nazwę "SEMATRANS". Jego parametry zarówno od strony kanału transmisyjnego jak i od strony urządzeń protekcji są zgodne z zaleceniami CCITT, co przy współpracy z urządzeniem liniowo-manipulacyjnym stwarza możliwości naprzemiennej dwukierunkowej wymiany danych, nawet w przypadku braku obsługi na stacji wywołanej. Jeśli stacja wywołana została przystosowana do pracy w układzie "stacji nieobsługiwanej", proces przekazywania danych odbywa się w następujący sposób.

Z chwilą, gdy operator na stacji wywołującej A naciśnie przycisk "DANE" (patrz rys. 15), stacja A zostaje przełączona ze struktury telefonicznej na transmisję danych i jednocześnie wysyła w kierunku stacji wywołanej B częstotliwość sygnalizacji. Odbiór tej częstotliwości przez stację B powoduje wysłanie z jej strony podobnego

sygnału. Sygnał ten odebrany przez stację A traktowany jest przez nią jako "zaproszenie do nadawania". Jeśli jednocześnie modem na stacji A otrzymał od lokalnych urządzeń protekcji sygnał "żądanie nadawania", wysyła on w linię falę nośną i po 180 ms zgłasza w kierunku tych urządzeń "gotowość do nadawania". Z tą chwilą rozpoczyna się przekazywanie danych w kierunku od stacji A do stacji B.

Po zakończeniu nadawania informacji przez stację A, urządzenia protekcji tej stacji anulują stan "żądanie nadawania", który to stan był przekazywany do lokalnego modemu "SEMATRANS" przez cały czas transmisji w kierunku A→B. W konsekwencji modem stacji A przerywa wysyłanie fali nośnej w kierunku modemu stacji B i zamiast niej nadaje częstotliwość sygnalizacji. Modem stacji B traktuje się jako "zaproszenie do nadawania" i jeśli jednocześnie odbiera od swoich urządzeń protekcji stan "żądanie nadawania", rozpoczyna proces zmierzający do transmisji w kierunku B→A, podobnie jak to czynił poprzednio modem stacji A.

W ten sposób w wyniku raz nawiązanego połączenia stacje współpracujące mogą przekazywać sobie nawzajem dane, zmieniając automatycznie kierunek transmisji. Wzajemne zapytywanie się stacji i zmiana kierunku transmisji trwa do momentu, gdy żadna ze stacji nie posiada informacji do nadania (urządzenia protekcji na stacji A i na stacji B nie wysyłają w kierunku własnych modemów stanu "żądanie nadawania"). Stan taki trwający ponad 5 sekund powoduje automatyczne rozłączenie połączenia lub przełączenie obu stacji na stan telefoniczny.

3.5. System MARATHON III firmy Compagnie Européenne de Télétransmission (CETT)

System MARATHON III jest wyspecjalizowanym systemem transmisji danych, służącym do dwukierunkowego przekazywania danych między stacją centralną i pozostałymi stacjami za pośrednictwem wydzielonej sieci telekomunikacyjnej. Mówiąc ściśle, system MARATHON III jest zespołem środków technicznych, tworzących taką zamkniętą, wyspecjalizowaną sieć telekomunikacyjną, zaś jego związek z transmisją danych polega głównie na zasadzie transmisji informacji, które podobnie jak w typowych uniwersalnych systemach transmisji danych uwzględnia zabezpieczenie informacji przed błędami.

MARATHON III umożliwia przyłączenie do stacji centralnej aż 256 stacji peryferyjnych. W praktyce tak rozbudowane sieci są jednak rzadko spotykane. Typowym wariantem sieci informacyjnej jest sieć o 64 stacjach peryferyjnych. Struktura sieci (patrz rys. 17) może być:

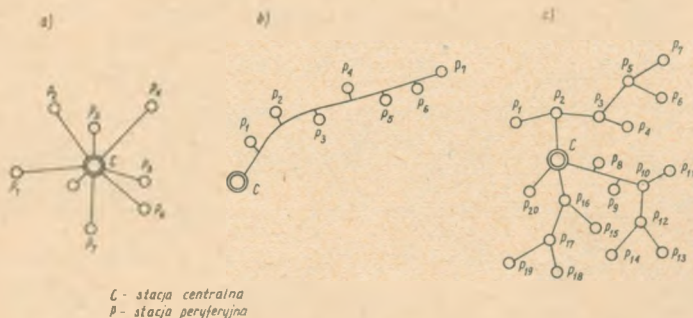
- a) gwiazdzista jednostopniowa,
- b) gwiazdzista wielostopniowa,
- c) liniowa.

W systemie MARATHON III przewiduje się przesyłanie trzech rodzajów informacji:

- a) informacji telemetrycznych (w kierunku od stacji peryferyjnych do centrali),
- b) informacji dotyczących stanów określonych urzą-

dzeń lub ich zespołów (w kierunku od stacji peryferyjnych do centrali),

c) rozkazów (w kierunku od centrali do stacji peryferyjnych).



Rys. 17. Struktury sieci informacyjnych w systemie MARATHON III:
a/ struktura gwiazdista jednostopniowa, b/ struktura liniowa, c/ struktura gwiazdista wielostopniowa

W przypadku sieci złożonej, np. z 64 stacji peryferyjnych, każda ze stacji może przyjąć lub nadać:

- 32 informacje telemetryczne (tzw. pomiary) - TM,
- 224 informacje dotyczące stanu stacji (tzw. sygnały) - TS,
- 128 rozkazów - TC.

Informacja każdego rodzaju zapisana jest w kodzie binarnym.

Transmisja informacji może odbywać się za pośrednictwem kanałów telefonicznych lub telegraficznych utworzonych przez telekomunikacyjne systemy kablowe lub radiowe. System MARATHON III umożliwia przekazywanie danych przy zastosowaniu szybkości modulacji 50, 75, 100, 200,

600, 1200 i 2400 bodów. Wybór szybkości modulacji, a zatem i wybór odpowiednich dróg transmisyjnych (jednolitych w całej sieci informacyjnej lub różnych na poszczególnych jej odcinkach), zależy od konkretnych potrzeb użytkownika i wymaga gruntownych studiów w zakresie procesów, których realizacji ma służyć system MARATHON III.

Pierwotna postać danych na stacji nadającej i końcowa postać (lub przeznaczenie) danych na stacji odbiorczej może być w systemie MARATHON III praktycznie dowolna. Informacja pierwotna przeznaczona do nadania może być na przykład konkretną wartością wielkości analogowej (stosuje się w takim przypadku przetworniki analogowo-cyfrowe), informacją o stanie styku lub układu styków, informacją o pozycji regulatora ciągłego lub skokowego itp. W stacji centralnej informacje odbierane mogą być kierowane wprost do maszyny cyfrowej lub analogowej (poprzez przetwornik cyfrowo-analogowy), mogą być zapisywane na taśmie perforowanej lub magnetycznej, mogą być drukowane lub rejestrowane przez wszelkiego rodzaju wskaźniki optyczne i akustyczne na pulpicie obsługiwanym przez człowieka. Rozkazy nadawane przez stację centralną mogą pochodzić wprost od urządzeń automatycznych (np. od maszyny matematycznej), mogą też być one wytwarzane przez człowieka obsługującego pulpit sterowniczy. Wybór jednej lub jednocześnie wielu z tych możliwości wynika z organizacji stacji centralnej, jej roli i przeznaczenia w całym systemie informacyjnym i od procesów kontrolowanych przez ten system.

Zasadę współpracy stacji peryferyjnych ze stacją centralną można by określić pojęciem obiegu cyklicznego. Mianowicie, zgodnie z programem obowiązującym w danym systemie, stacje peryferyjne są wywoływane kolejno przez stację centralną i przekazują informacje wynikające z tego programu. Cykliczność tego procesu może być jednak naruszona przez stację centralną w zależności od konkretnie zaistniałej sytuacji. Mianowicie, stwierdzenie stanu awaryjnego na jednej ze stacji lub jakiegokolwiek inne względy umożliwiają stacji centralnej wywołanie dowolnej stacji (lub kilku stacji jednocześnie) poza normalną kolejnością i uzyskanie od niej (automatycznie lub za pośrednictwem operatora stacji centralnej) dowolnej liczby informacji wynikających z ogólnego programu, czy też przekazanie jej niezbędnych rozkazów.

Każda przekazywana informacja składa się z następujących części:

1. Początek informacji - DM (Début message), służący do synchronizacji,

2. Adres - ET (En-tête) zawierający:

ET₁ - adres stacji

ET₂ - rodzaj informacji TM, TS lub TC

ET₃ - wskazanie mierzonego parametru, rodzaju kontrolowanego zestyku, regulatora, zaworu lub obiektu, do którego adresowana jest informacja itp.

3. Treść informacji - TX (Texte).

Cykl transmisyjny, między stacją centralną (SC) i stacją peryferyjną (SP), związany z techniką zabezpieczenia informacji przed błędami, jest następujący:

a) dla informacji telemetrycznych - TM:

SC → SP: DM + ET (zapytanie)

SP → SC: DM + ET + TX (odpowiedź)

b) dla informacji dotyczących stanów - TS:

SC → SP: DM + ET (zapytanie)

SP → SC: DM + ET + TX (odpowiedź)

c) dla rozkazów - TC:

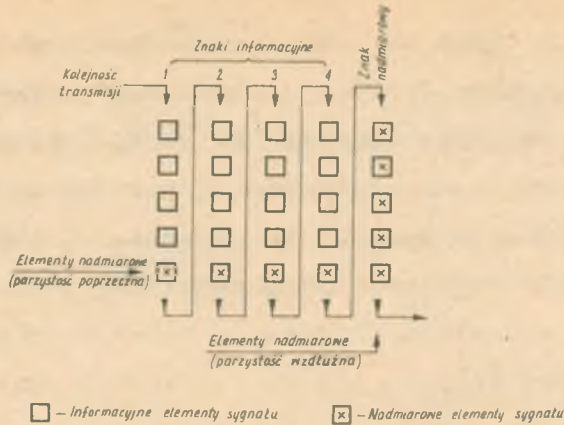
SC → SP: DM + ET + TX (informacja o nakazie wykonania czynności)

SP → SC: DM + ET + TX (potwierdzenie odbioru informacji o nakazie wykonania czynności)

SC → SP: DM + ET (nakaz wykonania czynności TX nadanej przed chwilą)

SP → SC: DM + ET (potwierdzenie wykonania czynności TX).

W wyżej opisanym cyklu adresy DM są różne w zależności od kierunku transmisji, natomiast dalsze części informacji, a więc ET i TX są jednakowe. Tak więc w odniesieniu do adresów ET i treści informacji TX system MARATHON III stosuje sprzężenie zwrotne informacji. Takie cykl transmisyjny zwiększa pewność działania całego systemu informacyjnego. Jak łatwo zauważyć, szczególnym zabezpieczeniem objęte są rozkazy TC, których błęd-



Rys. 18. Zasada kodowego zabezpieczenia informacji TX w systemie MARATHON III

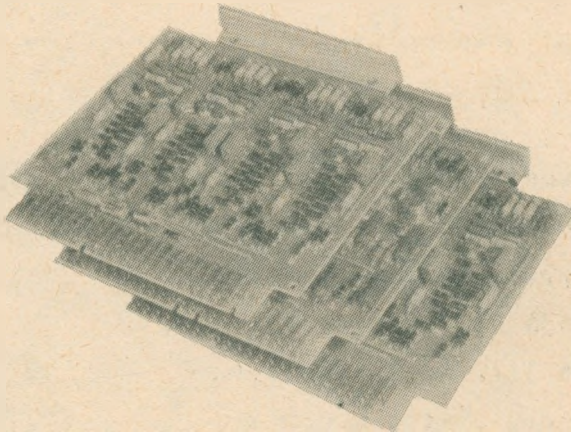
na interpretacja przez stacje peryferyjne mogłaby spowodować poważne skutki w wielu systemach informacyjnych.

Zwrotne przekazywanie informacji nie jest jedyną metodą protekcji stosowaną w systemie MARATHON III. W celu zmniejszenia prawdopodobieństwa błędów stosuje się także zabezpieczenie kodowe. W części adresowej zabezpieczenie kodowe jest zbliżone do zabezpieczenia blokowego. Sama zaś treść informacji TX jest zabezpieczona jeszcze bardziej. Mianowicie każdy znak zawiera jeden element parzystości (tzw. parzystość poprzeczna), a ponadto treść informacji TX jest zakończona jednym znakiem nadmiarowym, spełniającym regułę parzystości wzdłużnej (rys. 18).



Rys. 19. Zewnętrzna konstrukcja urządzeń systemu MARATHON III

Urządzenia systemu MARATHON III są wykonane w postaci szafek, których zewnętrzna konstrukcja jest zawsze jednakowa (rys. 19). Wnętrza szafek są dostosowane do potrzeb i zadań konkretnej stacji przyłączonej do systemu informacyjnego. Urządzenia systemu MARATHON III są w pełni stranzystoryzowane, zaś poszczególne układy elektryczne są zestawione z typowych modułów wykonanych w postaci ujednoliconych płytek z obwodami drukowanymi (rys. 20).



Rys. 20. Konstrukcja układów podstawowych stosowanych w urządzeniach systemu MARATHON III

System MARATHON III został zastosowany między innymi do automatycznej kontroli afrykańskiego rurociągu naftowego, przechodzącego przez Libię, Algierię i Tunezję.

3.6. System TD 1200 firmy Compagnie Européenne de Télétransmission (CETT)

System transmisji danych typu TD 1200 jest systemem uniwersalnym przystosowanym do nadawania informacji z

taśmy perforowanej i odbioru ich również na taśmę perforowaną. Szybkość modulacji stosowana w urządzeniach wynosi 600 lub 1200 bodów. Transmisja danych może odbywać się za pośrednictwem łącza telefonicznego trwałego, bądź zestawionego w wyniku komutacji. System TD 1200 zapewnia automatyczną korekcję błędów.

Modemy spełniające aktualne wymagania CCITT posiadają parametry analogiczne do tych, jakie podano w rozdziale 3.4. Są one przystosowane do dwukierunkowej transmisji naprzemiennej. Zmiana kierunku transmisji dokonywana jest automatycznie i nie wymaga obecności obsługi na stacji wywołanej. Po nawiązaniu połączenia, jako pierwsza nadaje z zasady stacja wywołująca A. Zakończenie nadawania przez stację A lub brak na tej stacji danych przygotowanych do nadania oznacza automatycznie zmianę kierunku transmisji.

Przekazywanie danych między stacjami odbywa się zgodnie z zasadami szeregowej transmisji synchronicznej. Jednostką transmisyjną jest znak 11-elementowy złożony z:

- a) 5, 6 lub 7 elementów kodowych,
- b) 4 elementów nadmiarowych.

Maksymalna szybkość transmisji przy braku powtórzeń wynosi 55 znaków/sek przy szybkości modulacji 600 bodów i 110 znaków/sek przy szybkości modulacji 1200 bodów.

System protekcji zastosowany w urządzeniach TD 1200 oparty jest na zasadzie kontroli znakowej i sprzężenia zwrotnego decyzji. Cztery elementy nadmiarowe dodawane

do siedmiu elementów kodowych spełniają umowne reguły parzystości. Zdaniem firmy CETT system protekcji zastosowany w urządzeniach TD 1200 zapewnia wykrywanie:

- wszystkich błędów pojedynczych,
- wszystkich błędów podwójnych,
- 92% błędów potrójnych,
- 92% błędów poczwórnych
- 93 do 94% błędów wyższego rzędu ¹⁾.

Takie zdolności detekcyjne zastosowanego kodu zapewniają stopę błędów wynikowych nie większą od $1 \cdot 10^{-7}$, nawet przy pracy urządzeń na telefonicznej sieci komutowanej przeciętnej jakości.

Automatyczna korekcja wykrytych błędów polega na powtarzaniu błędnych znaków. W przypadku wykrycia błędów w odbieranym sygnale urządzenie odbiorcze nie przekazuje błędnego znaku do reperforatora, lecz wysyła za pośrednictwem kanału powrotnego tzw. decyzję negatywną, oznaczającą żądanie powtórzenia. Jednocześnie zaś przestaje ono odbierać informacje z łącza i utrzymuje ten stan przez czas odpowiadający transmisji 15-znaków. Urządzenie nadawcze, po odebraniu z kanału powrotnego żądania powtórzenia, wstrzymuje pracę czytnika taśmy perforowanej, wysyła 8 specjalnych znaków synchronizacyjnych i natychmiast po nich powtarza 8 ostatnio wy-

¹⁾ Przez błąd podwójny, potrójny ... rozumie się w tym przypadku znak, w którym występują odpowiednio dwa, trzy ... elementy błędne.

słanych znaków. Powtórzone znaki nadawane są z pamięci. Pojemność pamięci odpowiada, w standardowym wykonaniu urządzeń, ośmiu znakom. Na żądanie użytkownika, przewidywanego przekazywanie danych po tak długim łączu, dla którego pamięć 8-znakowa jest niewystarczająca, urządzenia TD 1200 mogą być wyposażone w pamięci większej pojemności.



Rys. 21. Zasada powtarzania błędnych informacji w systemie TD 1200

T_1 - czas przejścia sygnału /informacji/ przez kanał docelowy,

T_2 - czas przejścia sygnału /decyzji/ przez kanał powrotny

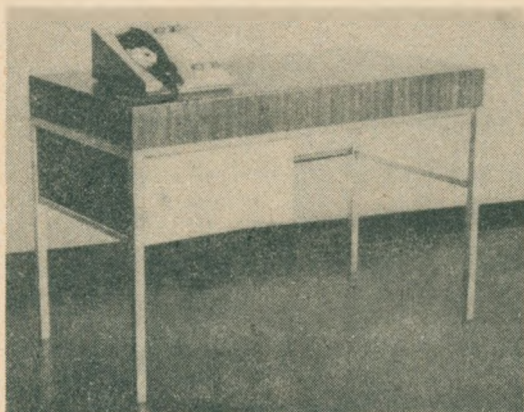
Na rysunku 21 pokazano diagram czasowy procesu powtórzenia, z którego wynika, że urządzenia odbiorcze będą ponownie przygotowane do odbioru informacji z chwilą, gdy dojdzie do nich powtórzony znak uznany poprzednio za błędny. W ten sposób informacje przekazywane przez urządzenia odbiorcze do reperforatora będą składały się wyłącznie ze znaków uznanych przez system TD 1200 za bezbłędne.

Proces transmisji danych może być przerwany w trybie alarmowym, jeśli zaistniał jeden z poniższych trzech przypadków:

1) spadek poziomu sygnału poniżej dopuszczalnej wartości,

2) stwierdzenie błędu na taśmie po stronie nadawczej (o ile informacja została zapisana na taśmie w kodzie nadmiarowym),

3) wstrzymanie przepływu informacji, przekraczające czas uznany za krytyczny (np. 10 sek.).



Rys. 22. Urządzenie transmisji danych systemu TD 1200 - wygląd zewnętrzny

W każdym z tych przypadków następuje automatycznie przełączenie obydwu stacji na stan telefoniczny - lub jeśli mikrofony były odłożone - przerwanie połączenia.

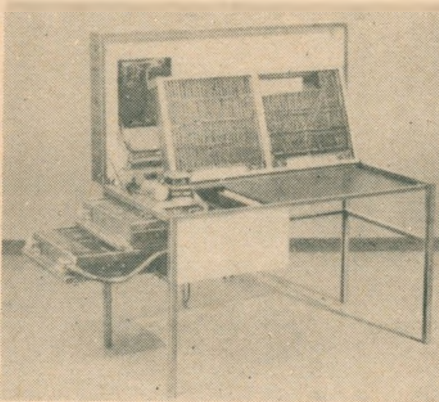
Urządzenia TD 1200 wykonane są w postaci stolików (rys. 22) o wymiarach:

wysokość : 72 cm
 długość : 110 cm
 szerokość : 56 cm.

W konstrukcję stolika wmontowane zostały wszystkie urządzenia tworzące kompletne wyposażenie nadawczo-od-

biorczej stacji transmisji danych, za wyjątkiem czytnika taśmy perforowanej i reperforatora. Stolik taki zawiera zatem:

- kompletny aparat telefoniczny z tarczą numerową i mikrotelefonem,
- urządzenie liniowo-manipulacyjne,
- nadawczo-odbiorczy modem,
- nadawczo-odbiorcze urządzenie protekcji.



Rys. 23. Konstrukcja urządzeń transmisji danych systemu TD 1200

Urządzenia TD 1200 są w pełni stranzystoryzowane, oparte na technice modułowej i obwodach drukowanych. Konstrukcja urządzeń zapewnia łatwy dostęp do wszystkich zespołów i podzespołów (rys. 23), co jest szczególnie istotne przy czynnościach pomiarowych, konserwacyjnych i przy naprawie uszkodzeń.

