

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
WARSZAWA-MIEDZESZYN

BIBLIOTEKA
Instytutu Łączności

PROBLEMY

ŁĄCZNOŚCI

80

1972

MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI



PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

ROK 12

WARSZAWA 1972

NR 80

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

Branżowy Ośrodek
Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Redakcja Problemów Łączności

Redaktor Naczelny - mgr inż. Jerzy Rutkowski

Redaktorzy działów:

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

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH RĘKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO

Egz. Nr

Redaktor: J. Borkowska Montaż tekstu: B. Drabik

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności
Format 25. Nakład 810. Wpłynęło do
Dzielnicy Wydawniczej 7.02.1972 r.
Druk ukończono w maju 1972 r.

PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

Opracowanie tłumaczenia

PRZEGLĄD ŚWIATOWEGO STANU TECHNIKI KOMUTOWANIA TELEFONICZNYCH PRZEBIEGÓW IMPULSOWO-KODOWYCH

SPIS TREŚCI

	Str.
1. Wstęp	1
2. Zasady systemu PCM	6
2.1. Technika teletransmisyjna	6
2.2. Technika telekomutacyjna i sieci zintegrowane	11
3. Specyficzne problemy techniki komutacyjnej PCM	14
3.1. Układ komutacyjny	14
3.2. Sterowanie w centralach o komutacji w rozdziale czasowym	27
3.3. Synchronizacja w sieciach PCM	37
4. Przykłady rozwiązań urządzeń komutujących sygnały PCM	44
4.1. Pierwsze systemy o rozdziale czasowym z modulacją PAM	44

	Str.
4.2. System urządzeń komutujących sygnały PCM Francuskiej Administracji Łączności	47
4.3. System komutacyjny o obwodach równoległych w sieci dróg rozmównych, opracowany przez francuskie firmy należące do ITT	51
4.4. Układ komutacyjny według Duerdotha zastosowany w Wielkiej Brytanii	55
4.5. Układ komutacyjny z pamięciami ramkowymi na wejściu opracowany w Szwajcarii	58
5. Wprowadzanie techniki modulacji impulsowo-kodowej do sieci telekomunikacyjnych	65
5.1. Wstęp	65
5.2. Pojedyncze relacje teletransmisyjne systemu PCM /rys. 18a/	66
5.3. Węzeł komutujący sygnały PCM /rys.18b/	67
5.4. Stopnie grupowe komutujące sygnały PCM /rys.18c/	68
5.5. Centrale końcowe komutujące sygnały PCM /rys.18d/	69
5.6. Zastosowanie koncentratorów PCM /rys.18e/	69
5.7. Zastosowanie modulacji impulsowo-kodowej od początku łącza abonenckiego	70
5.8. Czynniki wpływające na wprowadzanie systemów PCM	71

	Str.
5.9. Fazy wprowadzania systemów PCM do sieci	
NRF	72
6. Prognozy	73
7. Podsumowanie	75
Wykaz literatury	77

PRZEGLĄD ŚWIATOWEGO STANU TECHNIKI KOMUTOWANIA TELEFONICZNYCH PRZEBIEGÓW IMPULSOWO - KODOWYCH

Opracował J. Trehciński na podstawie artykułu
Slabon R.: Überblick über den Stand der Vermitt-
lungstechnik für PCM-Signale. Der Fernmelde-
Ingenieur 1970 nr 10, s. 1-38.

1. WSTĘP

W rozwoju telefonicznej techniki komutacyjnej w ostatnim dziesięcioleciu, a nawet w okresie ostatnich dwóch dziesięcioleci coraz poważniejszą rolę zaczęła odgrywać elektronika. Telekomutacja była dotychczas dziedziną opanowaną przez elektromagnetyczne wybieraki i przekaźniki. Obecnie coraz szerzej zaczyna się budować komutacyjne układy funkcjonalne przy użyciu elementów elektronicznych. Można już dziś stwierdzić, że prace rozwojowe nad szeregiem elektronicznych systemów komutacji telefonicznej zostały zakończone. Szereg omawianych systemów znajduje się obecnie w eksploatacji próbnej, a niemało też jest i takich, które zbadano już w normalnej eksploatacji. W przypadku zaś amerykańskiego systemu nr 1-SS - i sze-

regu innych, jak można stwierdzić - zostały zebrane wystarczające dane o zachowaniu się ich w eksploatacji.

Przy omawianiu elektronicznych systemów telekomutacyjnych rozróżnia się dziś tzw. systemy pełnoelektroniczne i systemy quasidelektroniczne /inaczej mówiąc systemy o sterowaniu elektronicznym/. W systemach quasidelektronicznych elektronika jest stosowana przede wszystkim do realizacji przebiegów sterowania zestawianiem połączeń, to znaczy jest wykorzystywana w zespołach części scentralizowanej systemu. Jednocześnie występuje w tych systemach element komutujący, rozwiązany z wykorzystywaniem ruchu mechanicznego. Takie elementy komutujące mogą być zrealizowane za pomocą hermetycznie zamkniętych zestyków, które spośród elementów elektromechanicznych cechują się szczególnie wysoką dobrocią i niezawodnością.

Zastosowanie elektroniki, a szczególnie obwodów scalonych, powinno dać poważne korzyści zarówno organizacjom eksploatacyjnym, jak i produkcji przemysłowej. Najważniejszymi czynnikami byłyby tutaj:

- a/ możliwość daleko idącej automatyzacji produkcji podzespołów,
- b/ całkowite pozbycie się ręcznej techniki utrzymania i dzięki temu lepsza obsługa eksploatacyjna, a przy tym możliwy scentralizowany nadzór eksploatacyjny,

- c/ zwiększona łączna niezawodność,
- d/ zmniejszenie powierzchni zajmowanej przez centralę w stosunku do dotychczasowego zapotrzebowania.

Doświadczenia z prac rozwojowych nad systemami wykazują, że docelowy system pełnoelektroniczny, w przeciwieństwie do postulatów wysuwanych przed szeregiem lat, nie może być korzystnie zrealizowany przy zasadzie przestrzennego rozdziału dróg rozmównych. Nie widać też możliwości rozwiązania w najbliższym czasie elektronicznych układów komutacyjnych według tej zasady. Wynika to głównie z niekorzystnych w stosunku do elementu elektromechanicznego parametrów elektronicznego elementu komutującego /tabl. 1/. Szczególnie uderza w przypadku elektronicznych elementów komutujących niekorzystny opornościowy wskaźnik łączenia i relatywnie duża wartość oporności dynamicznej w stanie przewodzenia, co prowadzi do poważnych trudności w utrzymaniu właściwych wartości tłumienności przesłuchu i tłumienności przejścia.

Wymienione wyżej przyczyny oraz stosunkowo wysoki koszt elektronicznego elementu komutującego wpływają głównie na niemożliwość rozwiązania przede wszystkim układów sieci dróg rozmównych w rozkładzie przestrzennym /tzn. przy naturalnych łączach wewnątrzcentralowych pracujących w technice analogowej/ dla central o dużych po-

Porównanie parametrów elementów komutujących

	Elektronicznych	Elektromechanicznych
Opornościowy wskaźnik łączenia	$10^5 \dots 10^7$	$>10^{10}$
Moc prądu sterującego	mała	duża
Opór dynamiczny w stanie przewodzenia	$1 \dots 10$ omów	$\approx 0,1$ oma
Zależność od zmian temperatury	duża	mała
Czas zmiany stanu elementu komutującego	ns... μ s	$1 \dots 10$ msec
Żywotność	nieograniczona	$10^8 \dots 10^9$ działań
Potrzebne miejsce	małe	duże

jemnościach. Z tych względów opracowywane i wykonywane lub oddawane do eksploatacji centrale telefoniczne o sterowaniu elektronicznym w większości przypadków

pracują przy zastosowaniu elektromechanicznego elementu komutującego z zestykami hermetycznymi. Ponieważ jednak tego typu element komutujący wymaga stosunkowo dużo miejsca, nie można przy omawianych rozwiązaniach uzyskać takiego zmniejszenia objętości, jakiego można się spodziewać dla systemów elektronicznych.

Inaczej przedstawia się sytuacja, gdy dla przenoszenia informacji zastosowana jest modulacja impulsowo-kodowa /PCM/. Informacja ma w tym przypadku postać cyfrową i zakodowaną. Dzięki temu jest ona bardzo mało wrażliwa na niewłaściwą tłumienność przesłuchu. Impulsy nie są wzmacniane w sposób analogowy, lecz tylko regenerowane. Kształt i amplituda impulsu nie są ważne, dopóki impuls może być rozpoznany przez układ regeneracyjny. Postać, w której przekazywana jest informacja, jest również niewrażliwa na tłumienność przejścia. Tłumienności przejścia elementów komutujących nie dodają się, jak również nie odgrywają roli wahania tłumienności, jeżeli między dwoma układami komutacyjnymi działa rejestr regeneracyjny. Jeżeli poda się informację w postaci sygnału zmodulowanego w systemie PCM na układ komutacyjny centrali, można uzyskać właściwy przebieg połączenia przy zastosowaniu aktualnie posiadanych elementów komutujących. Przy zastosowaniu zasad techniki PCM, również przy wykorzystaniu aktualnych dziś rozwiązań - jak to wynika z doświadczeń zdobytych w

próbniej eksploatacji szeregu współczesnych central - mogą być realizowane pełnoelektroniczne urządzenia komutacyjne dla dużych strumieni ruchu telefonicznego. Na praktyczne wykorzystanie systemu PCM w technice telekomunikacyjnej wpływają nie tylko aktualne możliwości techniczne tej dziedziny, ale również pewna podnieta ze strony techniki teletransmisyjnej wcześniej już rozwijanej w systemie PCM. Tym zagadnieniem poświęcamy dalej nieco uwagi.

2. ZASADY SYSTEMU PCM

2.1. Technika teletransmisyjna

W technice teletransmisyjnej podstawową sprawą, ze względu na uzyskanie odpowiedniej ekonomiczności rozwiązań, jest wielokrotne wykorzystanie linii.

Uwielokrotnienie może zostać zrealizowane /tabl. 2/ bądź za pomocą rozdziału częstotliwościowego /FDM/, bądź też za pomocą rozdziału czasowego /TDM/.

Systemy o rozdziale częstotliwościowym /systemy telefonii nośnej/ są powszechnie stosowane w eksploatacji Poczty Niemieckiej Republiki Federalnej. Systemy o rozdziale czasowym pojawiły się jedynie jako trakty eksperymentalne [5, 56, 57, 60]. System PCM, który znajdzie szerokie zastosowanie w NRF, jest obecnie w fazie prac rozwojowych.

Schemat sposobów uwielokrotnienia

Sposób uwielokrotnienia	Wzmocnienie	Transmisja	Komutacja
Rozdział częstotliwościowy	liniowe	systemy telefonii nośnej	nie stosowane /kosztowna technika filtrów/
	regeneracyjne	nie realizowane	nie rozwiązane
Rozdział czasowy	liniowe	systemy PAM, PDM i PPM	system PAM /np. centr. abon./
	regeneracyjne	systemy PCM i modulacji delta	system PCM

PCM - modulacja impulsowo-kodowa, PAM - modulacja amplitudy impulsu, PDM - modulacja czasu trwania impulsu, PPM - modulacja fazy impulsu

W wielu innych krajach natomiast, jak np. USA, Japonia i Wielka Brytania, zastosowano już w eksploatacji poważną liczbę traktów PCM. Liczba obecnie czynnych na świecie kanałów PCM jest szacowana na 0,5 do 1 miliona.

Biorąc pod uwagę, że istnieje wiele publikacji na temat teletransmisyjnych systemów PCM [56 do 62], szczególnie

szeroko omawiających parametry systemu PCM na bliskie odległości, w niniejszej publikacji zostaną przytoczone jedynie te zasadnicze dane o modulacji impulsowo-kodowej, które konieczne są dla właściwej całości obrazu. Z informacji w postaci przebiegu analogowego /np. przebieg chwilowy prądu rozmowy w łączu telefonicznym/ są pobierane w określonych odstępach czasu próbki. Amplituda pobieranej próbki zostaje przedstawiona w układzie binarnym za pomocą słowa kodowego.

W tym momencie postać, amplituda i częstotliwość przenoszonego sygnału tracą wpływ na znaczenie informacji, a stają się jedynie jej nośnikami. Znaczenie zaś informacji ukrywa się w określonej logicznej kombinacji elementów binarnych. Zasady PCM opierają się więc z jednej strony na kwantyzacji czasowej /próbki w odpowiednich odstępach czasu/, a z drugiej strony na kwantyzacji amplitudowej /ograniczenie poziomów amplitudy/. Z nich wywodzą się dwie charakterystyczne cechy techniki PCM:

- sygnały cyfrowe nie muszą być liniowo wzmacniane, a mogą być regenerowane za pomocą wzmacniaczy regeneracyjnych /zasada stosowana w telegrafii/; taki przebieg regeneracji może być powtarzany bardzo często;
- sygnały cyfrowe mogą być rozłożone w ramce czasowej, co jest istotą rozkładu czasowego i może on być z powodzeniem zrealizowany w technice elektronicznej.

W tablicy 3 zebrane zostały, zalecane przez międzynarodowy komitet doradczy dla telefonii i telegrafii - CCITT oraz konferencję europejskich administracji poczty i telekomunikacji - CEPT, parametry podstawowego systemu PCM [16].

T a b l i c a 3

Parametry podstawowego systemu PCM

Parametry czasowe:	
Częstotliwość próbkowania	8 kHz
Długość czasowa ramki	125 μ s
Liczba bitów na słowo /jeden kanał/	8
Liczba poziomów kwantyzacji	$2^8 = 256$
Uwielokrotnienie:	
Kanałów na ramkę	32
z nich kanały rozmówne	30
Synchronizowanie ramki	w kanale 32
Sygnały komutacyjne	w kanale 16
Przelotność binarna	2,048 Mbit/s

Na rysunku 1^{x/} przedstawiono zasadę budowy ramki PCM obejmującej 32 kanały. Z częstotliwości próbkowania wyni-

^{x/} Wszystkie rysunki są zamieszczone na końcu artykułu.

ka czas trwania /długość/ramki - 125 μ s, a z kolei:
 czas trwania pojedynczego kanału /długość słowa/:

$$\frac{125}{32} \approx 3,9 \mu s$$

długość bitu /8 bitów na słowo/: $\frac{125}{32 \cdot 8} \mu s = 488 \text{ ns}$

przelotność binarna może być obliczona z częstotliwości próbkowania: $8 \cdot 10^3$ Hz, liczby bitów na jedno słowo: 8, oraz liczby kanałów w ramce: 32, co daje:

$$8 \cdot 10^3 \cdot 8 \cdot 32 = 2,048 \text{ Mbit/s.}$$

Zakończenia kanałowe systemu teletransmisyjnego PCM można by podzielić na trzy układy funkcjonalne /rys. 2/. W przetworniku sygnałów /KZU/ następuje przekształcanie sygnałów telefonicznych małej częstotliwości /NF/ na sygnały dostosowane do transmitowania techniką cyfrową. Odwrotny przebieg występuje dla przeciwnego kierunku transmisji. Koder-dekoder, tzw. kodek, spełnia zadanie przekształcania przebiegów prądów rozmównych z analogowego na cyfrowy i odwrotnie. Multipleksor /MUX/ realizuje rozłożenie wszystkich przebiegów między trzydziestu kanałami w jednej ramce oraz wprowadza przebieg sygnalizacji komutacyjnej i przebieg synchronizujący odpowiednio w 16 oraz 32 kanale. Zadaniem podstawowym zakończenia liniowego /LE/ jest przekształcenie sygnałów binarnych na sygnały kodowane dostosowane do transmitowania przez odcinek łą-

cza PCM. Łączy to zawiera odpowiednie regeneratory, które zasilane są zdalnie poprzez przewody tego łącza.

2.2. Technika telekomutacyjna i sieci zintegrowane

Jeżeli łącza systemu teletransmisyjnego PCM zostaną dołączone do centrali telefonicznej o sieci dróg rozmównych w rozkładzie przestrzennym, wtedy w celu umożliwienia prawidłowej transmisji przebiegów informacji poprzez centralę trzeba najpierw powrócić do przebiegu prądu małej częstotliwości. Jeżeli połączenie zestawione jest z innym łączem systemu teletransmisyjnego PCM, to po przejściu sygnału małej częstotliwości przez drogę rozmówną w centrali musi nastąpić przekształcenie informacji na przebieg PCM. W tym przypadku występuje więc, ze względu na komutację, dwukrotne przetwarzanie przebiegów prądowych, co powoduje poważne podniesienie kosztów /na rys. 3a: NF/PCM - zespoły funkcjonalne LE + kodek + MUX + KZU - o ile nie zostanie zastosowany dla sygnalizacji jeden centralny kanał transmisji danych/. Poza tym, na skutek wielokrotnego przekształcania przebiegów, następuje pogorszenie jakości transmisji. Przede wszystkim dodają się zniekształcenia kwantowania i nielinearność urządzeń kodujących.

Następnym krokiem jest transmitowanie poprzez drogi rozmówne w centrali przebiegów PCM w momentach czaso-

wych, w których one występują w systemie teletransmisyjnym. W przypadku rozwiązania tego typu /rys. 3b/ odpadają kodery i dekodery. Wyżej wymienione pogorszenia jakości transmisji nie występują tutaj, gdyż oba łącza od i do centrali wchodzi w skład jednego odcinka modulacyjnego. To oznacza jakiś istotny zysk, choć w układzie muszą pozostać w dalszym ciągu multipleksor i demultipleksor. Między nimi występują drogi rozmówne w rozdziale przestrzennym. Tylko przez czas trwania jednego kanału w ciągu całego czasu trwania ramki pojawia się przebieg elektryczny na zestawionym poprzez układ komutacyjny łączu wewnątrzcentralowym. Każdy więc element komutujący jest źle wykorzystany, na przykład w przypadku systemu o 32-kanałach tylko w około 3%. Możliwości rozdziału czasowego są zatem w urządzeniu komutacyjnym nie wykorzystywane.

Na uproszczonym rysunku /rys. 3b/ nie przedstawiono faktu, że co najmniej po jednej stronie, tzn. bądź na wejściu, bądź wyjściu opisywanego łańcucha w centrali jest, ze względu na możliwość wprowadzenia informacji impulsowo-kodowej we właściwe miejsce ramki w wyjściowym systemie PCM, konieczny układ pamięciowy. Jeżeli po obu stronach zastosuje się układy pamięciowe, to przelotność binarna przy transmisji sygnałów przez układy komutujące w sieci dróg rozmównych może być zmniejszona do aktualnej przelotności binarnej dla jednego kanału, tzn. 64 kbit/s.

Możliwości i zalety techniki cyfrowej mogą być jednak wykorzystane dopiero wtedy, gdy zostanie zastosowane urządzenie komutujące /rys. 3c/ przystosowane do komutowania przebiegów PCM. W określonym momencie na okres trwania jednej szczeliny czasowej przechodzą jednocześnie w stan przewodzenia elementy komutujące - bramki czasowe kanałów - łącza przyściowego oraz łącza wyjściowego. W ten sposób kanał przyściowy jest poprzez telestradę połączony z odpowiednim kanałem wyjściowym. W okresie przewodzenia bramek czasowych obu kanałów informacje PCM transmitowane są poprzez łącza wewnątrzcentrałowe.

W przypadku tego ostatniego rozwiązania odpadają więc również multipleksor i demultipleksor. Zwróćmy uwagę, że analogiczny rozdział - rozdział czasowy PCM - zastosowany jest zarówno w technice teletransmisyjnej, jak i w technice komutacyjnej. Przebiegi teletransmisyjne i telekomunikacyjne są przy tym ze sobą zintegrowane i nie można ich rozpatrywać całkowicie niezależnie. Opisywaną strukturę określamy jako sieć zintegrowaną, przy czym aktualnie występująca tu integracja nazywana jest integracją technik. Poza tym może mieć miejsce dalej idąca integracja wszystkich usług telekomunikacyjnych /telefonii, telegrafii, transmisji danych, radiofonii, telewizji itp./ z cyfrowym przekazywaniem informacji poprzez jednolitą sieć transmisyjną i komutacyjną, nazwana integracją usług.

Integracja technik przynosi oczywiste korzyści dzięki temu, że w każdym połączeniu, biegnącym również poprzez szereg central telefonicznych, wystąpi zawsze tylko jeden odcinek modulacyjny. Występują przy tym w pełni takie zalety modulacji impulsowo-kodowej, jak niewrażliwość na szumy, brak akumulacji szumów w łączach, niewrażliwość na przesłuch, tłumienność przejścia, nielinearność itp. W centralach telefonicznych mogą być wyzyskane korzystne cechy scentralizowanego sterowania, przy czym nie bez znaczenia jest szybkość przełączania elementów komutujących. Tu, przeciwnie niż w systemach z rozdziałem przestrzennym, nie trzeba stawiać zbyt trudnych wymagań właściwym elementom układów komutujących. Układy te mogą być stosunkowo proste i tanio rozwiązane, a pełne pola komutacyjne powinny zajmować znacznie mniej miejsca niż przy rozdziale przestrzennym.

3. SPECYFICZNE PROBLEMY TECHNIKI KOMUTACYJNEJ PCM

3.1. Układ komutacyjny

3.1.1. Wykres przestrzenno-czasowy dla opisu układu komutacyjnego

Zadaniem urządzenia komutacyjnego jest zestawianie połączeń pomiędzy poszczególnymi parami łączy rozmównych.

W przypadku komutowania łączy PCM zadanie polega nie tylko na zestawieniu dla każdego połączenia poprzez centralę jednej drogi w rozdziale przestrzennym, lecz również na wyborze właściwego kanału czasowego względnie na przejściu z jednego kanału czasowego na inny. Łącze przyściowe bowiem należy, ogólnie biorąc, do jakiegoś traktu systemu teletransmisyjnego PCM, a łącze wyjściowe - do innego traktu. W pierwszym trakcie łącze wykorzystuje jeden z kanałów czasowych, a w drugim trakcie może być wybrany wolny w danej chwili kanał czasowy.

Omawiane dwa kanały czasowe mogą mieć ten sam numer i występować w tych samych szczelinach czasowych - bądź też mieć różne numery.

W czasie przebiegu komutowania powinno nastąpić przeniesienie zakodowanej informacji z jednego łącza na drugie, co może spowodować się do chwilowego stworzenia drogi teletransmisyjnej między dwoma traktami PCM w kanałowej szczelinie czasowej jednego i drugiego łącza. Nieco inna sytuacja powstaje wówczas, gdy oba omawiane łącza występują w różnych kanałowych szczelinach czasowych. W tym przypadku informacja zakodowana zostaje, ogólnie biorąc, z pierwszego łącza przeniesiona do pamięci chwilowej, a następnie przesunięta za pomocą wspomnianej pamięci w czasie i wprowadzona do drugiego traktu w kanałowej szczelinie czasowej drugiego łącza.

Autor niniejszego artykułu za pomocą wykresu, nazwanego wykresem przestrzenno-czasowym /rys. 4/, pokazuje szereg praktycznie możliwych przypadków przebiegu komutowania. Dla uproszczenia i zwiększenia przejrzystości wykresu pokazano tylko przeniesienie informacji po jednym z dwóch torów /łącza PCM są z natury rzeczy dwutorowe i komutacja jest także dwutorowa/, przy czym przyjęto tu przykładowo, że łącze drugie wykorzystuje kanał czasowy o numerze pierwszym /tzn. występuje w rozkładzie czasowym na początku ramki w systemie PCM/. Wykres uwzględnia więc przesunięcie czasowe, które musi wystąpić przy przenoszeniu informacji z łącza pierwszego o dowolnym numerze kanałowej szczeliny czasowej na łącze drugie, które wykorzystuje, jak już wspomniano, kanał czasowy numer jeden. Omawiane przesunięcie czasowe może być wykonywane w zakończeniu kanałowym pierwszego traktu PCM, w wyposażeniu łącza wewnątrzcentralowego lub telestrady użytej do zestawienia połączenia poprzez centralę oraz w wyposażeniu centralowym drugiego traktu PCM, ogólnie biorąc, za pomocą odpowiednich układów pamięci, rejestrów przesuwanych itp. Przenoszenie informacji przy tym z układu pamięci do innego układu pamięci i z układu pamięci do wyposażenia liniowego traktu odbywa się przy transmisji tych informacji poprzez wysterowane w odpowiednich kanałowych szczelinach czasowych elementarne układy komutujące.

3.1.2. Struktury układów komutacyjnych

Jako pierwszy przypadek rozpatruje się układ /rys.4a/, w którym przesunięcie czasowe występuje najpierw w zakończeniu centralowym traktu pierwszego w ten sposób, że informacja występująca w odpowiednim kanale czasowym traktu PCM zostaje wpisana do układu pamięci chwilowej wszystkich informacji odbieranych w czasie całej ramki. Z tej pamięci po odpowiednim łączu /pierwszy odcinek przesunięcia czasowego/ informacja zostaje przepisana do układu pamięci chwilowej w łączu pośrednim wewnątrzcentralnym - następuje chwilowe połączenie komórki pamięci ramkowej poprzez elementarny układ komutujący z wyposażeniem łącza pośredniego. W dalszym ciągu po przetrzymaniu informacji przez właściwy drugi odcinek czasowy w komórce pamięci łącza pośredniego następuje chwilowe połączenie tego łącza poprzez układ komutujący z pamięcią ramkową punktu wyjściowego. W tej ostatniej pamięci informacja zostaje zatrzymana aż do kanałowej szczeliny czasowej numer 1, i wtedy "przesłana" w trakt. W omawianym przykładzie informacja z łącza pierwszego na łącze drugie transmitowana jest poprzez centralę z zastosowaniem trzech posobnie pracujących pamięci, przy czym łatwo można pokazać, że pamięć w wyposażeniu łącza pośredniego jest niepotrzebna, gdy sumaryczny czas przesunięcia pamięci ram-

kowych w trakcie przyjsciowym i w trakcie wyjsciowym rowny jest dlugosci ramki.

Drugi z kolei układ komutacyjny /rys. 4b/ zrealizowany jest z zastosowaniem pamięci tylko w zakończeniach centralowych przyjsciowych i wyjsciowych traktów PCM. Informacja wpisana zostaje najpierw do pamięci ramkowej traktu przyjsciowego, i tu przetrzymana przez właściwy czas /pierwszy odcinek przesunięcia czasowego/. Ten trakt przyjsciowy zostaje w odpowiednim momencie czasowym skomutowany - poprzez łącze pośrednie w centrali, nie wnoszące opóźnienia w transmisji informacji - z określonym traktem wyjsciowym. Do pamięci ramkowych traktu wyjsciowego przepisuje się przy tym informacje z pamięci ramkowej omawianego traktu przyjsciowego. W pamięci traktu wyjsciowego informacja zostaje zatrzymana aż do kanałowej szczeliny czasowej nr 1 /drugi odcinek przesunięcia czasowego/.

Przyjrzyjmy się tu nieco bliżej schematowi ogólnemu sieci dróg transmitowania informacji w centrali /rys. 5/. Zwróćmy uwagę, że po stronie przyjsciowej występuje $n \times m$ traktów PCM. Każdy z n traktów dołącza się do jednej z m matryc komutujących o n wejściach i n wyjściach. Z kolei wyjsciowe trakty PCM, których liczba wynosi $n \times n$, dołączane są po n do każdej spośród n matryc o m wejściach i n wyjściach. Przy tym każda matryca po stronie przyjscio-

wej powiązana jest jednym łączem pośrednim wewnątrzcentralowym z każdą matrycą po stronie wyjściowej. Tory tych samych łączy dwutorowych są przy tym doprowadzone do różnych stron opisywanej centrali. Tor, po którym transmitowane są informacje od współpracującej centrali /tor przychodzący/ wchodzi na stronę przyjściową opisywanej centrali, a tor, po którym transmitowane są informacje do współpracującej centrali /tor wyjściowy/ wchodzi na stronę wyjściową opisywanej centrali. Połączenie tranzytowe na przykład między centralą A i centralą B realizowane jest tu przez zestawienie połączenia toru przychodzącego od A z torem wychodzącym do B i równoległe toru przychodzącego od B z torem wychodzącym do A.

Jako trzeci układ komutujący rozpatrywane jest rozwiązanie /rys. 4c/ z zastosowaniem pamięci ramkowej tylko w zakończeniach centralowych przyjściowych traktów PCM, bądź też tylko traktów wyjściowych. W pierwszym przypadku informacja zostaje wpisana do pamięci po stronie przyjściowej i tu przetrzymywana jest do czasu wystąpienia kanałowej szczeliny czasowej nr 1. W tym momencie informacja jest przetransmitowana poprzez łącze pośrednie w centrali bezpośrednio do zakończenia właściwego traktu wyjściowego.

W drugim przypadku informacja w kanałowej szczelinie czasowej łącza pierwszego jest transmitowana poprzez łą-

cze pośrednie w centrali do pamięci ramkowej zakończenia właściwego traktu wyjściowego. W tej pamięci informacja zostałaby przetrzymana aż do kanałowej szczeliny czasowej nr 1 i wtedy przekazana w trakt wyjściowy. Rozpatrzmy jeszcze nieco dokładniej schemat ogólny sieci dróg transmitowania informacji w centrali /rys. 6/. Podkreślimy przy tym, że w urządzeniu komutującym informacje PCM musi być możliwy co najmniej wybór przestrzenny kierunku /traktu wyjściowego PCM/ i co najmniej wybór kanałowej szczeliny czasowej - przesunięcie czasowe dla "trafienia w czasie" na żądany kanał. Przy odpowiedniej aranżacji może pamięć ramkowa zakończenia centralowego traktu przyjściowego być wykorzystywana do synchronizacji i wyrównania przesunięcia czasowego w trakcie teletransmisyjnym PCM. Opisywane rozwiązanie może być celowe w małych centralach o niewielkim ruchu telefonicznym. W centrali zastosowana jest przykładowo na każdy trakt przyjściowy indywidualna pamięć ramkowa. Wszystkie 32 kanały tego traktu /włączając w to kanał synchronizacyjny i kanał sygnalizacyjny/ mają przewidziane pamięci kanałowe /po 8 bitów na każdy kanał/ w pamięci ramkowej. W przypadku połączenia omawiane pamięci kanałowe są na czas przenoszenia informacji skomutowane poprzez bramki czasowe z telestradami i dalej poprzez drugie bramki czasowe z zakończeniami komutacyjnymi wyjściowych traktów PCM. Omawiane bramki

czasowe są tu tak jak i pamięci najczęściej powiązane z poszczególnymi kanałami i na skutek tego źle wykorzystane.

Inna sytuacja powstaje wtedy, gdy informacja zostanie najpierw przeniesiona bezpośrednio w tej kanałowej szczelinie czasowej, w której występuje w przyściowym torze PCM, do wyposażenia telestrady /rys. 4d/. W wyposażeniu telestrady może być zastosowany układ pamięci, który przetrzymywałby przez określony czas informację. W kanałowej szczelinie czasowej nr 1 informacja powinna być przeniesiona z pamięci do wyposażenia toru wyjściowego PCM. Zasadniczą cechą opisywanego rozwiązania jest to, że układy pamięci są wbudowywane w telestrady /mające znaczenie takie jak zespoły sznurowe przy przestrzennym rozdziale dróg rozmównych/. Telestrady te mogą być wielokrotnie wykorzystane dzięki zastosowaniu rozdziału czasowego przy transmitowaniu informacji.

Rozpatrzmy teraz nieco dokładniej układ komutacyjny podany przez E. Walkera i W. T. Duerdotha [33 oraz 9, 22, 32] - przy założeniu synchronicznej pracy przyściowych łączy PCM /rys. 7/. W dużych centralach i przy dużej liczbie kanałów stosunkowo duża liczba połączeń może być realizowana przy bezpośrednim transmitowaniu informacji w tej samej szczelinie czasowej - bez przesunięcia czasowego - z przyściowego traktu PCM do wyjściowego traktu PCM. Zasadniczą część połączeń jest komutowana z zastosowaniem szere-

gu różnych pamięci przesuwnych, ale o pewnych stałych przesunięciach czasowych. Niewielka liczba rejestrów przesuwnych o zmiennym przesunięciu czasowym jest brana do pracy, powiedzmy przy przelewie ruchu, a więc wtedy, gdy już pozajmowane są wszystkie pamięci o stałym przesunięciu czasowym, potrzebnym aktualnie w połączeniu telefonicznym. Biorąc pod uwagę, że w ogólnym przypadku przesunięcie czasowe potrzebne jest w torze w przód oraz torze wstecz łącza dwutorowego, oraz jak łatwo udowodnić za pomocą wykresu przestrzenno-czasowego /rys. 8/, to przesunięcie czasowe dla kierunku transmisji w przód i wstecz łącznie równe jest długości czasowej ramki, ten sam rejestr przesuwny może być wykorzystywany dla tych obu kierunków transmisji. Podkreślmy tu, że informacja z przychodzącego toru traktu teletransmisyjnego zostaje przeniesiona w kanałowej szczelinie czasowej pierwszego łącza do wyposażenia łącza pośredniego dzięki skomutowaniu zakończenia centralowego tego łącza przez bramkę czasową z aktualnym łączem pośrednim. W pamięci omawiana informacja zostaje przetrzymana do momentu kanałowej szczeliny czasowej łącza drugiego. Jednocześnie informacja pierwsza zostaje przeniesiona do zakończenia centralowego wyjściowego toru łącza drugiego i z toru przyściowego łącza drugiego informacja zostaje wpisana do zwolnionej pamięci w łączu pośrednim wykorzystywanym dla omawianej rozmowy.

Teraz przetrzymanie informacji w pamięci ma miejsce do momentu kanałowej szczeliny czasowej łącza pierwszego, kiedy to informacja druga zostaje jednocześnie przeniesiona do zakończenia centralowego wyjściowego toru łącza pierwszego i z toru przyjściowego łącza pierwszego zostaje przeniesiona nowa informacja do pamięci w wyposażeniu łącza pośredniego. Sterowanie bramkami czasowymi może być realizowane korzystnie przez jeden wspólny zespół sterujący.

Podaliśmy powyżej kilka podstawowych typów struktury układów komutacyjnych, a z nich można utworzyć z kolei bardzo dużą liczbę odmian. Przy wyborze optymalnej struktury w określonym przypadku ważne są wymagania stawiane systemowi. Tu przede wszystkim odgrywa rolę fakt, czy sieć teletransmisyjna PCM /patrz p. 3.3/ jest czy też nie jest synchronizowana. Jeżeli na przykład zastosowana jest sieć synchronizowana, to w zakończeniach centralowych traktów PCM ani po stronie przyjściowej, ani też po stronie wyjściowej nie są konieczne pamięci komutowanych informacji. Przy tym wahania fazy /fluktuacje/ mogą zostać skorygowane za pomocą wzmacniacza regenerującego, zlokalizowanego w zakończeniu centralowym traktu. W omawianych warunkach najbardziej ekonomicznie uzasadnione jest - szczególnie w centralach o większej pojemności - zastosowanie pamięci przesuwnych w pośrednich łączach w środ-

ku łańcucha drogi rozmównej w centrali, ponieważ takie umieszczenie pamięci wiąże się z jej najlepszym wykorzystaniem. Tak więc zaleca się tu stosowanie struktury, przy której występuje najpierw chwilowa komutacja toru przyściowego z łączem pośrednim w rozdziale przestrzennym, dalej przesunięcie czasowe w pamięci w środku centrali, i wreszcie chwilowa komutacja łącza pośredniego z torem wyjściowym w rozdziale przestrzennym. W centralach o dużej pojemności omawiane układy komutacji po stronie przyściowej oraz wyjściowej rozrastają się do układów dwusekcyjnych.

W przeciwnym przypadku, tzn. przy sieci teletransmisyjnej niesynchronizowanej, konieczna jest co najmniej po jednej stronie /przyściowej lub wyjściowej układu komutacyjnego w centrali/ pamięć ramkowa w celu doprowadzenia do synchronizmu. Mamy tu na myśli strukturę układu, w której najpierw w zakończeniu centralowym przyściowego traktu PCM następuje przesunięcie czasowe i dalej chwilowa komutacja poprzez łącze pośrednie z zakończeniem centralowym wyjściowego traktu. W ogólnym przypadku w tym ostatnim wyposażeniu znajduje się również pamięć ramkowa, a w przypadku najprostszym transmisja informacji odbywa się bez przesunięcia czasowego w zakończeniu traktu wyjściowego, jak podano wyżej, w kanałowej szczelinie czasowej łącza wyjściowego.

Oprócz tego, grają również istotną rolę jeszcze inne czynniki. Stosując pamięć w wyposażeniu łącza pośredniego w centrali, umieszczoną w środku łańcucha drogi rozmównej, powoduje się nieekonomiczność rozbudowy centrali małymi skokami pojemności, ponieważ trzeba każdorazowo stosować minimalną liczbę pamięci przy podstawowych skokach rozbudowy. W większej natomiast mierze stosuje się rozbudowę modułami /rozbudowa i rozwijanie systemu przez dodawanie w zasadzie jednakowych małych zespołów/ przy bezpośrednim przyporządkowaniu układów pamięci do zakończeń łączy, w tej ich części, która objęta jest rozdziałem przestrzennym. Jednak wyboru układu nie można dokonać bez ustalenia omawianych warunków brzegowych i bez znajomości zakładanych parametrów sieci. Obszerne obliczenia relatywnych kosztów i prawdopodobieństwa strat dla różnych układów komutacyjnych, przy różnych założeniach są podane w literaturze japońskiej z ostatnich lat [7, 28].

7.1.3. Szeregowo i równoległe transmitowanie informacji poprzez centralę telefoniczną

W dotychczas przeprowadzanych rozważaniach założono, że bity składające się na poszczególne słowo były transmitowane poprzez centrale szeregowo, jeden po drugim. O-

prócz tego sposobu jest również możliwy i inny, przy którym transmisja impulsów kodu poprzez centralę odbywałaby się równoległe /rys. 9/. Na pierwszy rzut oka wydawać się może, że koszt takiego rozwiązania jest bardzo duży, ponieważ po stronie przyściowej układu komutacyjnego występuje przekształtnik z szeregowego rozkładu impulsów na równoległy, a po stronie wyjściowej - z równoległego na rozkład szeregowy. Omawiany przekształtnik po stronie przyściowej jest jednocześnie pamięcią ramkową i w jej komórki wpisywane są cyklicznie w czasie każdej ramki po 8 bitów składających się na informację transmitowaną w poszczególnym kanale, gdzie mogą być przetrzymywane co najwyżej przez okres czasu jednej ramki. Te przekształtniki mogą być wykorzystywane też do uzyskiwania synchronizmu.

Zasada opisywanego tu równoległego transmitowania daje tę dodatkową korzyść /porównaj rys. 6 i rys. 9/, że każde łącze pośrednie może służyć do transmisji znacznie większej liczby informacji. Tym samym obciążenie ruchowe omawianych łączy pośrednich i elementarnych układów komutacyjnych może zostać korzystnie zwiększone.

Można udowodnić, że przede wszystkim w centralach o dużej pojemności, gdzie liczba komutacyjnych bramek czasowych jest bardzo duża i gdzie zostaje przyjęta zasada asynchronicznej pracy łączy międzycentralowych /co normal-

nie pociąga za sobą zastosowanie pamięci ramkowych/ system o równoległej transmisji informacji poprzez centralę okazuje się bardziej ekonomiczny [28].

3.2. Sterowanie w centralach o komutacji w rozdziale czasowym

3.2.1. Wstęp

Biorąc pod uwagę dużą szybkość pracy i bardzo obszerne zadania, z rozwiązań sterowania mogą być brane pod uwagę tylko systemy ze sterowaniem programowanym. W zasadzie wymagania stawiane urządzeniom sterującym w centralach o komutacji w rozdziale czasowym odpowiadają wymaganiom stawianym centralom o komutacji w rozdziale przestrzennym. Znajduje się przy tym analogiczne rozwiązania układowe tak w jednym, jak i w drugim systemie. Różnica leży w tym, że zespół sterujący w centralach o komutacji w rozdziale czasowym jest nastawiony na sterowanie połączeniami telefonicznymi, realizowanymi w poszczególnych kanałach czasowych. Sterowanie przy tym musi być dopasowane do systemu pracy zastosowanego układu komutującego.

W rozwiązaniach sterowania central telefonicznych można uznać jako korzystne wydzielanie z układu sterującej maszyny cyfrowej układów wykonawczych sterowania [17]. Ich

zadaniem byłoby też wstępne przetwarzanie danych. To byłoby szczególnie ważne dla central komutujących informacje PCM, w których uzyskuje się nawet już w centralach o małej pojemności duże obciążenie ruchowe sterującego komputera. Z kolei opisywane czynności zmuszają do powiększenia częstotliwości generatorów taktowych i przy tym odpowiednio bardziej kosztownej technologii.

Przebiegi, które są mało skomplikowane ze względu na małą liczbę informacji, a jednocześnie cechują się dużą częstością występowania, mogą być przy omawianej strukturze realizowane za pomocą wydzielanych układów wykonawczych sterowania. Jako przykład podajmy tu nadzór łącza ze względu na zmianę jego stanu, który realizowany jest przez układ przepatrujący. Z niego informacja do komputera zostaje podana dopiero wtedy, gdy nastąpi zmiana stanu łącza. Właściwe układy wykonawcze sterowania wykorzystuje się oprócz tego do zadań związanych z pomiarem czasu. Tego rodzaju zadania występują często i przez stosunkowo długi czas. Niosą one w zasadzie bardzo małą zawartość informacyjną. W przeciwieństwie - zadania o dużym zapotrzebowaniu informacji są obsługiwane /przetwarzane/ przez komputer centralowy. Tam są do dyspozycji zapisane programy. Za pomocą ich mogą być koordynowane prace urządzeń wykonawczych sterowania.

Z przytoczonych tu rozważań wynika, że strukturalnie omawiana centrala dzieli się na trzy następujące typy urządzeń:

- scentralizowane sterowanie /komputer/ ,
- urządzenia wykonawcze sterowania /urządzenia pośredniczące/ ,
- układ komutacyjny /sieć dróg rozmównych/ .

3.2.2. Przykładowe rozwiązanie sterowania

Na tle uproszczonego schematu blokowego, pokazującego [29] strukturę dużej centrali tranzytowej PCM /ruch załatwiany do 5000 Erl/ , można teraz omówić zasadę pracy sterowania /rys. 10/. Układ komutujący omawianej centrali oparty jest na zastosowaniu dwustopniowej komutacji przestrzennej między traktami teletransmisyjnymi PCM i łączami pośrednimi, należącymi do sieci dróg rozmównych w centrali. Transmitowanie informacji poprzez centralę odbywa się przy równoległym przekazywaniu bitów składających się na poszczególne słowa /rozd. 3.1.3 i dalej 4.3.1/ , a przy tym równocześnie w obu torach /kierunkach połączenia/ łączy.

Sterowanie centralne obejmuje dwa komputery /RE/. Z każdym komputerem związany jest zespół próbny /PE/ , któ-

regu zadaniem jest nadzorowanie strumieni bitów. W centralnym sterowaniu występuje jedno urządzenie nadzorcze /UE/. Komputery pracują tu według zasady rozdziału czasowego obciążenia. Przy tym sposobie pracy oba komputery realizują na zmianę funkcje sterowania. Mogą one pracować jednocześnie, spełniając różne zadania. Ponieważ wymieniają one między sobą informacje o wynikach pracy, drugi może kontynuować bez zakłóceń funkcje sterowania, jeżeli pierwszy wyłączy się z pracy. Zależnie tylko od rozkładu obciążenia może ruch w omawianym przypadku nie być obsłużony w pełni, a jedynie będzie on załatwiany na poziomie obsługi awaryjnej.

.Częściowo samodzielny zespołami sterowania, o programie wpisanym w postaci sztywnego okablowania, są zespoły wybierania dróg połączeniowych /WSE/ związane na stałe z zespołami buforowymi przepatrywania /AP/, zespoły sygnalizacji i sterowania /SME/ oraz zespoły przekształcające format informacji /FU/.

Oba zespoły wybierania dróg połączeniowych WSE dokonują wyboru właściwych dróg połączeniowych. Pracują one niezależnie, podobnie jak dwa zespoły scentralizowanego sterowania. Każdy zespół wybierania dróg połączeniowych ma dostęp do wszystkich zespołów połączeniowych VS, w blokach pamięciowych których jest odzwierciedlony stan zajętości sieci dróg połączeniowych. Obok tego również zespół

wybierania dróg połączeniowych przepatruje kryteria sygnałowe z przychodzących i wychodzących łączy. Zapewniono mu dostęp do bloków pamięciowych zespołów połączeniowych. Określone informacje przeznaczone dla scentralizowanego zespołu sterującego są przejściowo wpisywane do pamięci w zespołach buforowych przepatrywania AP. Pamięci te uniemożliwiają wystąpienie natychmiastowej przerwy w programie na skutek dokonania się zmiany stanu zajętości zespołów połączeniowych.

Zespół sygnalizacji i sterowania SME jest z jednej strony powiązany z układem komutującym RVF i z drugiej strony poprzez zespół przekształcający format informacji FU z scentralizowanymi zespołami sterującymi. Zespół ten może spełniać funkcje układu rejestrującego /np. odbiór informacji wybierczych i ich przekazywanie dalej do scentralizowanego zespołu sterującego, kontrola czasu połączenia/, układu nadawczego /np. nadawanie informacji wybierczych/ oraz cechownika /np. przekazywanie informacji do bloków pamięciowych w zespołach połączeniowych mających na celu zestawianie i rozłączenie połączeń/. W przypadku spełniania funkcji cechownika wymiana informacji z zespołami połączeniowymi przebiega poprzez układ komutujący o rozkładzie przestrzennym. Oprócz tego zespół sygnalizacji i sterowania spełnia funkcje związane z nadzorem oraz automatycznym badaniem układu komutującego.

Zespoły przekształcające format informacji FU, jako zespoły pośredniczące pomiędzy zespołami wykonawczymi sterowania i komputerami, dopasowują takt komputerów do taktu urządzenia komutacyjnego, a szczególnie wtedy, gdy oba te takty nie były w synchronizmie. Oprócz tego zespoły FU zabezpieczają konieczne przekształcanie kodu.

Wymienione wyżej zespoły wykonawcze sterowania występują w większej liczbie. Można je osiągnąć z wyjątkiem zespołów przekształcających format informacji przez każdy komputer.

Na omawianym schemacie strukturalnym /rys. 10/ centrali są przedstawione jeszcze dalsze zespoły, jak zespoły liniowe grupowe GE zawierające układy dopasowujące między zakończeniem cyfrowego systemu teletransmisyjnego PCM i zakończeniami liniowymi w centrali komutującej sygnały PCM. Do każdego zespołu liniowego GE doprowadza się osiem traktów PCM /osiem systemów PCM/. Opisywane zespoły liniowe mają między innymi za zadanie zamianę kodu cyfrowego, występującego w traktach PCM, na stosowany kod binarny w centrali, co wiąże się z przekształcaniem szeregowego rozkładu bitów poszczególnych słów na rozkład równoległy na przyjsciu do układu komutacyjnego i z przekształcaniem z rozkładu równoległego na szeregowy - na wyjściu. Zespół GE zabezpiecza też synchronizację ramek, nadzorując istnienie synchronizmu na podstawie nadchodzących słów syn-

chronizacyjnych w poszczególnych ramkach. Rolą zespołu GE jest też ponowne doprowadzenie do synchronizmu w razie jego zerwania.

W centrali występuje bezpośrednio włączenie zespołów GE w pole wielokrotne układu komutującego. W układzie komutującym o rozkładzie przestrzennym RVF zostaje dla danego połączenia przydzielona droga połączeniowa, a dzięki wykorzystaniu odpowiedniego zespołu pamięci przesuwnej Z wystąpi właściwe w danym połączeniu przesunięcie czasowe. Zespoły połączeniowe VS wpisują do pamięci o swobodnym dostępie adresy elementarnych układów komutujących, wykorzystywanych w przebiegu połączenia poprzez układ komutujący RVF, wybierają właściwy czas opóźnienia w pamięci Z i odbierają sygnały komutacyjne.

Podstawowe przebiegi sterowania w połączeniu rozmownym mogą być wyjaśnione /w oparciu o rys. 10/ jak następuje:

a. Wywołanie występujące w jednym z łączy przyściowych zostaje rozpoznane jako zmiana stanu. Informację o wywołaniu transmituje się z zespołu liniowego GE poprzez przewód sygnałowy SIG i zespół połączeniowy VS do zespołu wybierania dróg połączeniowych WSE, który pracuje w tym przypadku jako przepatrywacz. Omawiana zmiana stanu zostaje zapisana w pamięci zespołu buforowego przepa-

trywania AP. Wywołanie uzyskuje priorytet i zostaje załatwione w pierwszej kolejności.

b. Zespół sterowania centralnego przejmuje informacje zapisywane w pamięci zespołu buforowego poprzez zespół przekształcający format informacji FU i wpisuje rejestrowany stan sygnałowy do pamięci sygnałów komutacyjnych.

c. Za pomocą zespołu wybierania dróg połączeniowych WSE zostaje wybrana droga połączeniowa poprzez układ komutacyjny i następnie zestawione połączenie pomiędzy przychodzącym łączem i zespołem sygnalizacji i sterowania SME. W tym przypadku zespół sygnalizacji i sterowania SME spełnia funkcje rejestru i odbiera informacje wybiercze oraz zapewnia konieczny nadzór czasowy. Po odbiorze każdej cyfry wybranego numeru alarmowane jest scentralizowane urządzenie sterujące. Nadawanie informacji wybierczych może być wykonywane z użyciem zespołu SME jako nadajnika, przy czym przełączenie następuje na rozkaz scentralizowanego urządzenia sterującego.

d. Po przekazaniu do urządzeń sterujących informacji wybierczych następuje wybieranie łącza wyjściowego. Zespół wybierania dróg połączeniowych WSE ma dla spełnienia tych zadań zapewniony dostęp do wszystkich zespołów połączeniowych, w blokach pamięciowych których odzwierciedlone są stany zajętości układu komutacyjnego o przestrzen-

nym rozdziale dróg rozmównych oraz stany zajętości pamięci przesuwnych. Wybrana droga połączeniowa zostaje wzięta do pracy i fakt ten zostaje wpisany do pamięci.

e. Połączenie między przychodzącym łączem i zespołem sygnalizacyjnym jest obecnie niepotrzebne i w związku z tym jeden z zespołów SME, pracujący jako cechownik, powoduje rozłączenie. Elementarne układy komutujące podlegające zwolnieniu są znane komputerowi z przebiegu wybierania drogi połączeniowej. Po zwolnieniu zostaje wymazana informacja wybiercza z układu pamięciowego, ponieważ informacja ta nie będzie więcej potrzebna.

f. Sygnały skończenia rozmowy zostają rozpoznane jako zmiana stanu i odpowiednia informacja, podobnie jak przy wywołaniu, przetransmitowana zostaje do zespołu wybierania dróg połączeniowych. Zawiadomiony o tym komputer powoduje wymazanie z pamięci informacji o danym połączeniu i tym samym inicjuje jego rozłączenie.

3.2.3. Wykorzystywanie scentralizowanego sterowania central o rozdziale przestrzennym również do sterowania central komutujących informacje kodowo-impulsowe

Jak poprzednio już zwrócono uwagę, nie występuje jakaś zasadnicza różnica między sterowaniem central z układem

komutującym o rozdziale przestrzennym i rozdziale czasowym. Ponieważ jednak scentralizowane sterowanie centrali o komutacji w rozdziale przestrzennym nie rozróżnia rozdziału czasowego, musi być zastosowany właściwy układ dopasowujący między zespołem sterowania i zespołem pamięci stanów układów komutujących przy sieci dróg rozmównych PCM.

Zastosowanie jednoczesne w tej samej centrali układów komutujących o rozdziale przestrzennym i rozdziale czasowym /jak to przedstawiono przykładowo na rys. 11/ nie daje wprawdzie idealnych warunków, jednak może być korzystne, gdy weźmie się pod uwagę względnie długi okres przejściowy od istniejących systemów o rozdziale przestrzennym do nowych systemów o rozdziale czasowym. Takie założenie przyjęto też w Administracji Łączności Niemiec Federalnych i w ramach nowego systemu central elektronicznych oznaczonych symbolem EWS1, które przewidziane są do zastosowania w tej sieci telefonicznej, jest założone takie opracowanie układu komutującego sygnały PCM dla tranzytowania tego rodzaju ruchu. Taki układ komutacyjny ma być sterowany przez scentralizowany układ sterujący systemu EWS1.

3.3. Synchronizacja w sieciach PCM

3.3.1. Pojęcie "synchronizacja"

W rozdziale 3.1. omówiono zasadę zestawiania połączeń między kanałami czasowymi w centrali o układach komutujących przystosowanych do przenoszenia informacji PCM. Opisujący przebieg realizowany był przy wykorzystaniu pamięci przesuwnej po to, aby można było przenieść informację zakodowaną z jednego kanału czasowego w przyjściowym trakcie PCM na inny kanał czasowy w wyjściowym trakcie PCM. Omawiane rozwiązania uzależnione są w dużej mierze od zastosowanego systemu synchronizacji. Pod pojęciem "synchronizacja" w telekomutacji rozumie się z jednej strony wzajemne dopasowanie przychodzących i wychodzących strumieni bitów oraz częstotliwości taktowej w urządzeniu telekomutacyjnym do strumieni bitów. Z drugiej strony pojęcie "synchronizacja" musi objąć również dopasowanie wzajemne wszystkich generatorów taktowych współpracujących w sieci urządzeń telekomutacyjnych PCM. Podczas, gdy pierwsze problemy ograniczają się do sieci jednej centrali i tam mogą być stosunkowo prosto rozwiązane, drugie dotyczą synchronizacji całej sieci wielocentralowej i muszą być odpowiednio rozwiązane wraz z rozbudową tej sieci.

3.3.2. Sieć niesynchronizowana

W zasadzie dana sieć mogłaby pracować w pełni w systemie niesynchronizowanym /rys. 12a/. Każda centrala ma własny generator taktowy, którego częstotliwość, niezależnie od innych generatorów taktowych, określa częstotliwość wychodzącego strumienia bitów /odpowiednio częstotliwości f_B , f_C , f_D na rys. 12a/. Dopasowanie do częstotliwości taktowej jakiejś innej centrali, na przykład oznaczonej A, następuje dzięki zastosowaniu pamięci ramkowych w zakończeniach centralowych łączy przychodzących /patrz rozdz. 3.1 i rys. 4 oraz 5/.

Oprócz stosunkowo dużych kosztów ponoszonych na pamięcie i sterowanie, przeciw omawianemu rozwiązaniu przemawia fakt, że sygnał jest w regularnych odstępach zakłócany. Pojemność pamięci ramkowej jest ograniczona i jeżeli częstotliwość w trakcie przyjsciowym jest większa niż częstotliwość taktowa centrali, powstaje nadmiar bitów informacji. Jeżeli natomiast częstotliwość w trakcie przyjsciowym jest mniejsza niż częstotliwość taktowa w centrali, powstaje brak bitów informacji. Przy stosowanej dokładności częstotliwości generatorów taktowych opisywane zjawiska nie dają zauważalnych zakłóceń przy przekazywaniu mowy. Natomiast przy transmisji danych występuje istotne zmniejszenie wierności transmisji i trudności w resynchronizacji.

Wprawdzie można przez krótkie okresy przekazywać informacje transmisji danych w tym systemie bez protekcji, ale trzeba się liczyć z większymi stratami treści informacji.

W swej zasadzie bardzo podobny jest system quasisynchronizowany /rys. 12b/. Tu jednak w określonym kanale czasowym mogą zostać wpisane do pamięci dodatkowe bity i wtedy nie występuje strata informacji. Z powodu jednak zmieniającej się długości ramki stosowanie korygowanego traktu wyjściowego wymaga nieco bardziej kosztownych rozwiązań.

Wymienione wady obu powyższych rozwiązań jak również stosunkowo wysoki ich koszt skłaniają do dalszych bardziej szczegółowych rozważań zagadnień synchronizacji, której zresztą poświęca się dużo uwagi [38]do[55].

3.3.3. Sieć synchronizowana

3.3.3.1. Podstawowe funkcje, które musi spełniać synchronizacja są następujące:

a. Fluktuacja /Jitter - wahania fazy/ występująca w trakcie teletransmisyjnym musi być skompensowana. Realizacja tego zjawiska może nastąpić na przykład dzięki zastosowaniu w regeneratorskiej na przykład do urządzenia komutującego generatora sterowanego kwarcem, który byłby pobudzany przez nadchodzący strumień bitów. Taki generator nie

jest w stanie nadażyć za krótkotrwałymi wahaniami i wobec tego niweluje wahania.

b. We wszystkich przyściowych traktach teletransmisyjnych ramki powinny być jednakowe /jednakowy czas trwania ramek, rys. 7 i 8/. Można to uzyskiwać dzięki zastosowaniu linii opóźniających, uzupełniających czas propagacji poprzez łącza międzycentralowe do pełnej wielokrotności czasowej długości ramki, tzn. do wielokrotności 125 μ s. Przy systemie asynchronicznym opisywana czynność jest realizowana przez pamięć ramkową.

c. W sieci synchronizowanej musiałyby przede wszystkim być jednakowe częstotliwości wszystkich generatorów taktowych. Osiągnięcie takiego stanu jest możliwe przy zastosowaniu szeregu różnych rozwiązań.

3.3.3.2. Isosynchronizm. W zasadzie najprostszym sposobem utrzymania synchronizmu w sieci jest zastosowanie w tej sieci jednego głównego generatora taktowego /zegara matki/. Przez ten generator synchronizowane są generatory taktowe w poszczególnych urządzeniach komutacyjnych. W rozwiązaniu tym uderza prostota zasady /rys. 13a/, można jednak dopatrzeć się niebezpieczeństwa dla większej sieci. Błąd bowiem w pracy tego centralnego generatora taktowego może spowodować przerwę w pracy całej sieci. Uszko-

dzenia linii używanych do transmitowania impulsów taktowych mogą powodować przerwy w pracy dużych fragmentów sieci. Wahania fazy, szczególnie w przypadku długich linii, mogą również powodować poważne kłopoty. Biorąc pod uwagę również szczególnie duży zakres działania zakłóceń przy błędach "zasilania" taktowego, opisywane rozwiązanie stosuje się, jak dotychczas, tylko w niewielkich sieciach miejscowych i w peryferyjnych odgałęzieniach sieci.

3.3.3.3. Synchronizacja wzajemna. Omawiane problemy prowadzą do zastosowania systemów o wzajemnej synchronizacji generatorów taktowych [42, 43, 44, 47, 50, 51] i [52]. Opisywane systemy znamienne są tym, że wszystkie generatory jednej sieci są równorzędne. Jednolitą z synchronizowaną częstotliwość w sieci uzyskuje się w ten sposób, że bądź bezpośrednio, bądź też pośrednio z poszczególnych generowanych w sieci częstotliwości tworzy się wspólną wartość średnią. Do tej wspólnej średniej wartości dąży w sposób permanentny ta jednolita częstotliwość sieciowa. Według zasady określania omawianej wspólnej średniej częstotliwości taktowej rozróżnia się systemy z pojedynczym uśrednianiem "single - ended" i z podwójnym uśrednianiem "double - ended".

System z pojedynczym uśrednianiem opiera się na zasadzie tworzenia częstotliwości taktowej dla wychodzących

strumieni bitów danego węzła komutacyjnego jako średniej z częstotliwości taktowych strumieni bitów przychodzących do danego węzła komutacyjnego /rys. 13b/. Problemem występującym przy tym systemie jest, w przypadku wahań czasów propagacji na łączach międzycentralowych, efekt taki, jak gdyby miało miejsce wahanie częstotliwości taktowej generatora bitów. Oznacza to więc, że w ogólnym przypadku częstotliwość taktowa, z którą pracuje się, jest uzależniona od wahań czasów propagacji w łączach międzycentralowych [53]. Za pomocą specjalnych zabiegów, takich jak na przykład rozwiązanie z cyfrowym uśrednianiem fazy [43], można znacznie zredukować wpływ wahań czasów propagacji. Przy tym powstaje taki system, który cechuje się zarówno bardzo dużą stabilnością, jak i dużą niewrażliwością na zakłócenia pracy generatorów. Można to udowodnić zarówno w ramach rozważań teoretycznych, jak również za pomocą badań modeli. Wystarczające upewnienie się co do prawidłowości działania systemu może być uzyskane jednak dopiero w wyniku badań eksploatacyjnych, trwających przez odpowiednio długi czas i zrealizowanych przy uwzględnieniu wszystkich przebiegów, które mogą powstać w traktach teletransmisyjnych. Zwróćmy uwagę, że koszty systemu z pojedynczym uśrednianiem są stosunkowo małe w porównaniu do kosztów systemu z podwójnym uśrednianiem.

System z podwójnym uśrednianiem cechuje się tym [54],

że wyżej wymienione napięcia regulujące, wytworzone w jednym węźle komutacyjnym, przekazuje się również poprzez oddzielne łącza do innych węzłów komutacyjnych. W każdym z nich przekazane wielkości porównywane są z uśrednioną wielkością wytworzoną w danym węźle. Korekta pracy generatora taktowego węzła ma miejsce wtedy, jeżeli porównywane wielkości różnią się od siebie. W ten sposób wpływ czasu propagacji traktów teletransmisyjnych jest wyeliminowany.

To ostatnie rozwiązanie cechuje się jednak znacznie większymi kosztami sterowania generatorów taktowych niż inne poprzednio opisywane.

3.3.4. Sieci o różnych systemach synchronizacji

W okresie wprowadzania sieci systemu PCM, albo części takich sieci, można na podstawie dzisiejszego rozeznania oczekiwać, że nie wszystkie węzły komutujące sygnały PCM będą pracowały przy zastosowaniu synchronizacji wzajemnej. W wielu przypadkach pewne mniejsze okręgi w swoich ramach mogą pracować korzystnie przy zastosowaniu izosynchronizmu, podczas gdy główne centrale w tych okręgach miałyby synchronizowane generatory taktowe według zasad synchronizacji wzajemnej. Można tu brać pod uwagę pewne fragmenty sieci, w których urządzenia komutujące byłyby nie synchronizowane.

3.3.5. Zestawienie systemów synchronizacji

Cechy charakterystyczne opisywanych tu systemów synchronizacji zostały zestawione w tabl. 4, ujętej na podstawie propozycji składanych w ramach CCITT [55].

4. PRZYKŁADY ROZWIĄZAŃ URZĄDZEŃ KOMUTUJĄCYCH SYGNAŁY PCM

4.1. Pierwsze systemy o rozdziale czasowym z modulacją PAM

W początkowych pracach badawczych nad systemami komutacyjnymi o rozdziale czasowym stosowano modulację amplitudy impulsu - PAM. Zbudowano szereg central tego typu, a przede wszystkim central abonenckich. W Niemczech Federalnych na przykład został oddany do pracy w 1962 r. użytkowy model laboratoryjny elektronicznego urządzenia komutacyjnego EVA I o pojemności 1000 numerów abonenckich. Taka sama centrala została pokazana w 1965 r. na wystawie w Monachium i była tam eksploatowana. Następnie zbudowany został jeszcze jeden model laboratoryjny o pojemności 10000 numerów abonenckich - EVA II, jak również centrala abonencka o rozdziale czasowym kanałów rozmównych i programowanym sterowaniu, o pojemności 900 numerów abonenckich - Prozeina [12].

Metody synchronizacji w sieciach o rozdziale czasowym kanałów rozmównych

Systemy	Synchronizowane	Niesynchronizowane
Grupa systemowa	synchronizacja wzajemna	synchronizacja niezależna
Oznaczenie systemu	określenie fazy za pomocą zdalnego sterowania	wyrównanie długości ramki / ślepe bity /
Cecha charakt.	bez strat informacji	generatory taktowe niezależne
Częstotl. taktowe	synchronizowane	nie synchronizowane
Częstotl. ramkowa	synchronizowana	nie synchronizowana
Systemy badane przez:	USA Japonia Anglia	Francja Niemcy Anglia Szwajcaria
Pozycje literatury	[38]	[40]
	[42, 43]	[41]
	[45, 46]	[39]

W USA już od 1963 roku jest dostarczany na rynek system Nr 101 ESS 34 . W tym czasie rozwiązano na tej bazie całą rodzinę central abonenckich [19,25]. Zakres pojemności sięga tu od 240 abonentów i 40 łączy do centrali sieci użytku publicznego aż do 4000 abonentów i 664 łączy do centrali sieci użytku publicznego. W największej centrali został zastosowany koncentrator 4:1 o rozdziale przestrzennym i o dwusekcyjnym układzie w celu lepszego wykorzystania urządzeń, zbudowany w oparciu o tzw. ferreedy /zestyki hermetyczne z podtrzymaniem uzyskiwanym dzięki ferrytowi o prostokątnej pętli histerezy/. Szczególnie ciekawe w opisywanym systemie jest rozwiązanie zasady zdalnego sterowania urządzeń komutacyjnych z możliwością sterowania z jednego centrum sterującego do 32 central abonenckich. W poszczególnych więc centralach pozostaje tylko sieć dróg rozmównych.

W tym czasie w większości krajów nastawiono się na opracowanie central telefonicznych z modulacją PAM. Zagadnienia teletransmisyjne są tu trudniejsze do rozwiązania niż w przypadku modulacji PCM. Sterowanie natomiast przy obu systemach modulacji kosztuje w zasadzie jednakowo.

Ponieważ opracowane centrale telefoniczne były niemal wyłącznie centralami abonenckimi lub centralami miejscowymi, a więc centralami, do których były dołączane aparatu-

ty telefoniczne dotychczasowej konstrukcji, zachodziła potrzeba zapewnienia stałoprądowego zasilania mikrofonu, przenoszenia sygnałów liniowych prądem stałym oraz dzwo- nienia prądem przemiennym o częstotliwości 25 Hz.

Opracowania, które obecnie prowadzi się w dziedzinie central elektronicznych dotyczą głównie central komutu- jących sygnały PCM. Przede wszystkim chodzi tu o tande- mowe węzły komutacyjne. O różnych koncepcjach rozwiązań tych węzłów i o różnych możliwych odmianach budowy ukła- dów komutacyjnych i sterujących w tych węzłach wspomnia- no już wyżej. W tablicy 5 podano też przykłady rozwiąza- nia i tych węzłów komutacyjnych.

4.2. System urządzeń komutujących sygnały PCM Francuskiej Administracji Łączności

4.2.1. Wstęp

Eksperymenty francuskie nad modelowymi rozwiązaniami urządzeń komutacyjnych dla zintegrowanych sieci telekomu- nikacyjnych o transmisji i komutacji sygnałów PCM prowa- dzone są pod kryptonimem "Platon" w okręgu Lannion [23].

4.2.2. Budowa strukturalna modeli

Opisywany system ma wejść do eksploatacji obok systemów o rozdziale przestrzennym sieci dróg rozmównych. Zastoso-

Systemy o rozdziale czasowym

Obiekt	W eksploatacji	Cechy charakterystyczne
<p><u>NRF</u> EVA I i II Prozeina</p>	<p>badanie laboratoryjne 1962-1965 model laborat. 1964</p>	<p>[12] abonencka - PAM, 1000-10000 ab. abonencka PAM, 900 ab.</p>
<p><u>Francja</u> Platon /PTT/ Duża CA /o równoległych drogach transmisji/</p>	<p>częściowo od 1969 laboratoryjnej</p>	<p>[23] sieć zintegrowana, 3 CA, 2500 ab, 2 podcentrale, system niesynchronizowany, centrale sterujące do 25000 ab/ster. [20, 27, 29, 35] równoległe drogi transmisyjne, ruch łączy 5000 Erl; struktura: albo dwusekcyjnie przestrzenie i przesunięcie czasowe i dwusekcyjnie przestrzenie lub też przesunięcie czasowe, komutacja przestrzenna, drugie przesunięcie czasowe, komutacja przestrzenna i trzecie przesunięcie czasowe /wtedy niesynchronizowane/</p>
<p><u>W. Brytania</u> Centrala Empress Londyn /BPO/</p>	<p>od 1968</p>	<p>[9, 27, 32] jedna CA tandemowa łączy cztery CA o przestrzennym rozdziale i o łącznym ruchu 40 Erl; struktura - komutacja przestrzenna, przesunięcie czasowe i komutacja przestrzenna, sieć synchronizowana, rejestry przesuwne głównie o stałym, a w niewielkiej liczbie nastawnym przesunięciu czasowym, CA tandemowa ma ruch 5000 Erl.</p>
<p><u>Japonia</u> DEX-T1</p>	<p>model laborat. od 1967</p>	<p>[30, 36, 37] CA tandemowa ze zdalnie sterowanymi koncentratorami o rozdziale przestrzennym, struktura - komutacja przestrzenna, przesunięcie czasowe i komutacja przestrzenna.</p>
<p><u>Szwajcaria</u> System z pamięciami wejściowymi</p>	<p>model laborat.</p>	<p>[31] pamięci ramkowe w zakończeniach centralowych traktów przyjeściowych, równoległe drogi transmisji w centrali, jednostka 225 łączy dwutorowych, przewidziane zdalne sterowanie, scentralizowane sterowanie wieloma CA</p>
<p><u>USA</u> Nr 101 ESS</p>	<p>od 1963</p>	<p>[19, 25, 34] PAM, CA główna steruje do 32 central abonenckich; wielkość 240 ab i 40 łączy do 4000 ab i 664 łączy koncentracji 4 i 2 przestrzennej.</p>

wanie tego systemu jest przewidywane głównie na terenach o niewielkiej gęstości zaludnienia. We wspomnianej sieci modelowej są przewidziane trzy centra komutacyjne: dwa w Lannion o pojemności 800 i 1000 numerów abonenckich oraz trzecie w Perros - Guirec o pojemności 1000 numerów abonenckich. Dwie linie teletransmisyjne PCM mają łączyć Perros-Guirec oraz Lannion. W Plemeur - Bodou są przewidywane dwie podcentrale. Mają one być dołączone do sieci poprzez linię radiową o modulacji PCM. W stanie końcowym w sieci PCM ma być około 2500 abonentów, 200 łączy dalekosiężnych i 300 miejscowych łączy międzycentralowych. Budowa sieci, która rozpoczęła się w 1969 r., ma być zakończona po roku 1970. Centra komutacyjne sterowane są przez scentralizowane urządzenie przetwarzania danych, które powinno zapewnić realizację usług eksploatacyjnych i utrzymanie urządzeń za pomocą nowoczesnych środków. Jest to centrum sterujące o sterowaniu programowanym.

4.2.3. Synchronizacja

Zastosowano pracę w sieci z niesynchronizowanymi generatorami taktowymi, tzn. z niezależną pracą poszczególnych urządzeń komutujących. Częstotliwość pilotowa ma być przekazywana jako źródło odniesienia do poszczególnych generatorów taktowych; tak aby ograniczyć występowanie o-

kresowych trzasków w transmisji, które mają miejsce w systemie z niesynchronizowanymi generatorami.

4.2.4. Centra komutacyjne

Centra komutacyjne charakteryzują się w omawianym systemie:

- pamięciami ramkowymi w poszczególnych zakończeniach linii teletransmisyjnych,
- dwoma centralnymi cechownikami do zestawiania połączeń /program w okablowaniu/,
- dwoma scentralizowanymi rejestrami do odbioru informacji wybierczych i sygnałów elektrycznych /program częściowo wpisywany do pamięci/,
- urządzeniem przetwarzania danych do powiązania centrum komutującego z centrum sterującym.

Centra komutujące dzielą się na: małe - do 930 kanałów czasowych i duże - do 7400 kanałów czasowych.

Do dużego centrum komutacyjnego można dołączyć maksymalnie 118 traktów systemu teletransmisyjnego PCM, tzn. około 3800 łączy międzycentralowych. Umożliwia to obsłużenie 20 - 25 tys. abonentów.

4.2.5. System teletransmisyjny PCM

System teletransmisyjny PCM obejmuje 32 kanały czasowe po 7 bitów w kanale. Częstotliwość próbkowania 8 kHz.

4.3. System komutacyjny o obwodach równoległych w sieci dróg rozmównych, opracowany przez fransuskie firmy należące do ITT

Koncepcja sterowania równoległej komutacji, która została rozwinięta we Francji [20, 27, 29 i 35], była już omawiana /rys. 10, rozdz. 3.2.2/, a teraz będą dokładniej omówione zasady zestawiania połączeń /rys. 14/.

Po osiem traktów systemu teletransmisyjnego PCM włączonych jest do jednej grupy, która obejmuje $8 \times 30 = 240$ kanałów. Przychodzące strumienie bitów mogą być wpisywane do zespołu dla wyrównywania czasu propagacji LA aż do długości jednego słowa, tzn. do ośmiu bitów. Realizują to dwie ośmiobitowe pamięci złożone z przerzutników. W zespole LA następuje też przekształcenie z rozkładu szeregowego na rozkład równoległy, tak że informacje do zespołów pamięci grupowej GSp-e transmitowane są w rozkładzie równoległym. Zespół GSp-e z kolei ma $8 \times 30 = 240$ wierszy po osiem bitów. Sterowanie zespołem GSp-e nadzoruje, aby poszczególne nadchodzące słowa były wpisywane zgodnie z numerami traktów i numerami kanałów. Odczytywanie 240 wier-

szy realizowane jest cyklicznie w czasie trwania ramki, tzn. w czasie 125 μ s. Poszczególne słowa transmitowane są równolegle na ośmiożyłową telestradę SML. Każdy zespół połączeniowy VS można dołączyć do wszystkich telestrad SML. Układy pamięciowe komutowania KSp dla kierunku przychodzącego /-k/ i wychodzącego /-g/ służą doysterowania odpowiednich układów komutujących, zaś pamięć cechownikowa MSp - doysterowania pamięci rozmów SSp. Pamięci mają 120 wierszy i są, z wyjątkiem pamięci SSp, sterowane cyklicznie. Ich częstotliwość taktowa jest taka sama jak dla telestrad SML. Dodatkowo zwróćmy uwagę, że w opisywanym układzie /rys. 14/ komutowane są łączy dwutorowe, a przenoszenie ciągów bitów przez telestrady SML jest jednokierunkowe /na rysunku od lewej do prawej/.

Skorzystajmy jeszcze z wykresu przestrzenno-czasowego /rys. 15/ dla dokładniejszego omówienia przebiegów połączeniowych, występujących w tym systemie. Przykładowe połączenie ma miejsce pomiędzy kanałem czasowym "x" wiązki 1 i kanałem czasowym "y" wiązki 2. Transmisja informacji danego połączenia odbywa się zarówno w szczelinie czasowej x, jak i w szczelinie czasowej y. Kanał czasowy x występuje w omawianym przypadku jako inicjujący połączenie /przychodzący - k/, a kanał y jako żądany /wychodzący - g/. W wierszu x pamięci komutowania łączy przy-

chodzących KSp-k zapisane zostają "adresy" układów komutujących, które zamykają w szczelinie czasowej x drogę transmisji informacji z pamięci GSp-e poprzez telestradę SML-e do pamięci grupowej GSp-s. W tej sytuacji w szczelinie czasowej x z pamięci SSp zostaje najpierw wypisane słowo, które znalazło się tam w wyniku operacji w poprzedniej ramce, a odpowiednia informacja przetransmitowana poprzez nadawcze wejście telestrady SML-s do zespołu nadawczej pamięci grupowej GSp-s wiązki 1 /kierunek transmisji wstecz/. Z kolei w szczelinie czasowej x informacja przychodząca w danej ramce /wiązka 1, kierunek transmisji w przód/ z zespołu odbiorczej pamięci grupowej GSp-e zostaje przetransmitowana poprzez wejście odbiorcze telestrady SML-e i wpisana na oswobodzonym miejscu w postaci nowego słowa do pamięci SSp.

W wierszu y pamięci komutowania łączy wychodzących KSp-g zapisane zostają "adresy" układów komutujących, które zamykają w szczelinie czasowej y drogę transmisji informacji między zespołami pamięci GSp i SSp. Jednocześnie w pamięci cechownikowej MSp w wierszu y zapisany jest adres x w zespole SSp. W tej sytuacji w szczelinie czasowej y z pamięci SSp zostaje najpierw wypisane słowo odebrane w szczelinie czasowej x z wiązki 1 /kierunek transmisji w przód/, -a odpowiednia informacja zostaje przeniesiona do zespołu nadawczej pamięci grupowej /wiązka 2,

kierunek transmisji w przód/ Z kolei w tej samej szczelinie czasowej y przychodząca informacja /wiązka 2, kierunek transmisji wstecz/ zostaje wpisana do pamięci SSp na oswobodzone miejsce w postaci nowego słowa.

Jak widać, informacje przekazywane w kierunkach transmisji w przód i wstecz są na przemian wpisywane do SSp i odczytywane z SSp. Czas przetrzymywania informacji w pamięci wynika z różnic czasów między dwoma szczelinami czasowymi. Ponieważ pamięć dla zespołów VS ma 120 wierszy, można z jej pomocą obsługiwać 120 połączeń dwutorowych. To wynika zresztą również z ogólnej maksymalnej liczby kanałów czasowych dla jednej grupy łączy. W pobliżu pełnego obciążenia ruchowego występują na skutek braku swobodnych kanałów czasowych przypadki blokady wewnętrznej. Wyeliminowanie takich przypadków może jeszcze nastąpić bądź dzięki odpowiedniemu rozwiązaniu sterowania, w którym byłaby przewidziana możliwość zamiany kanałów czasowych dla istniejących połączeń - teoretycznie liczba szczelin czasowych jest w pełni wystarczająca dla pełnej liczby możliwych połączeń. Innym sposobem uniknięcia blokady wewnętrznej jest przewidzenie liczby kanałów czasowych dla zestawianych połączeń większej niż liczba przychodzących kanałów czasowych.

W opisywanym systemie może być wykorzystana duża szybkość /częstotliwość ciągu bitów/ pracy elektronicznych u-

układów komutujących. Dzięki temu liczba układów komutujących jest mniejsza.

Opisywane rozwiązanie zrealizowane jest w aspekcie wyraźnego oddzielenia funkcji pamięci przyściowych i wyjściowych oraz pamięci do procesów komutacyjnych. Stąd też wynika struktura urządzenia komutacyjnego: pamięć przesuwna na wejściu - układ komutacji przestrzennej - pamięć przesuwna w zespole połączeniowym - układ komutacji przestrzennej i pamięć przesuwna na wyjściu.

Inne rozwiązanie struktury komutacyjnej urządzenia może być związane z dwusekcyjną komutacją na wejściu i na wyjściu układu oraz pamięci opóźniającej w zespole połączeniowym. W tym ostatnim przypadku w zespołach pamięci grupowych byłyby tylko pamięci buforowe dla utrzymywania synchronizmu ramkowego przy pracy z synchronizowanymi generatorami. Dla przypadku sieci niesynchronizowanej zespoły pamięci grupowych muszą obejmować pełne pamięci ramkowe. Każda z opisywanych struktur przewidziana jest do komutacji informacji przy dużej liczbie - 4 x 30-kanatów, bez demultipleksora.

4.4. Układ komutacyjny według Duerdotha zastosowany w Wielkiej Brytanii

W Wielkiej Brytanii opracowano system o szeregowym układzie, którego celem było jak najdalej idące zmniejszenie

kosztów sterowania i pamięci [9,27,32]. Wybrano w tym celu układy o komutacji przestrzennej między zespołami linio-
wymi i zespołami połączeniowymi symetrycznie po obu stro-
nach zespołu połączeniowego, w którym zawarta jest pa-
mięć przesuwna. Zaletą tego rozwiązania jest wielokrotne
wykorzystanie pamięci przesuwnej, co zostało już wyżej o-
pisane /rozd. 3.1.2 i rys. 4d oraz rys. 7 i 8/.

W sieci Londynu w 1968 r. w jednej z central tego ukła-
du wielocentralowego ulokowano doświadczalne urządzenie
komutujące sygnały PCM. Urządzenie to łączy ze sobą trzy
inne centrale istniejącego systemu oraz centralę, w której
budynku jest ono ulokowane. W sieci teletransmisyjnej zna-
lazły się w tym celu trzy wiązki łączy PCM, po 48 kanałów
każda. Opisywane urządzenie doświadczalne, jako tandemu-
jące ruch międzycentralowy, nie ma własnych abonentów.
Całkowity ruch telefoniczny komutowany przez nie wynosi
do 40 Erl. Gdy zestawiane jest połączenie w pierwszej ko-
lejności, próbuje się dokonać tego w tej samej kanałowej
szczelinie czasowej, tzn. bez żadnego opóźnienia przebie-
gu informacji przez układ komutujący od przyjscioowego do
wyjscioowego zakończenia łączy międzycentralowych. W tym
przypadku dobiera się takie zespoły połączeniowe, w któ-
rych w ogóle nie występują układy pamięci przesuwnych. Je-
żeli w wiązce łączy wyjściowych nie jest możliwe znalezie-
nie swobodnego tego samego kanału czasowego, którym przy-

szło połączenie, wtedy preferuje się z kolei przesunięcie czasowe stałe, tzn. o ściśle określoną liczbę kanałowych szczelin czasowych. W systemie występuje zwykle kilka ustalonych możliwych wielkości tych przesunięć czasowych. Daje to możliwość swobodnego wyszukania kanału czasowego późniejszego o określony standardowy skok od kanału czasowego wiązki przyjsciowej. Wreszcie jeżeli i to nie jest możliwe, pozostaje skorzystanie z niewielkiej liczby pamięci przesuwnych, których przesunięcie czasowe może być nastawione dowolnie. To już daje możliwość przetransmitowania informacji z łącza przyjsciowego na każde wolne łącze wyjściowe o dowolnej innej kanałowej szczelinie czasowej niż kanałowa szczelina czasowa łącza przyjsciowego. Liczy się na to, że około 40% połączeń może mieć miejsce przy tych samych kanałach czasowych łącza przyjsciowego i łącza wyjściowego.

Opisywane urządzenie eksperymentalne zbudowane zostało przy użyciu ponad 10 tysięcy układów scalonych /DTL, TTL/, które jak dotychczas wykazują wysoką niezawodność /błędów mniej niż 10^{-5} /godz/.

Urządzenie eksperymentalne jest przewidziane jako poprzedzające dla dalszych, ale również i większych urządzeń tego typu. Rozwiązanie dużych obiektów tandemujących ruch o 2500 do 5000 Erl. oprzeć się ma częściowo na rozwiązaniach zbadanych w niniejszym eksperymencie. Ze względu

na większą pojemność dotychczasowe jednosekcyjne układy komutujące w rozdziale przestrzennym muszą być zastąpione przez układy dwusekcyjne. Tak więc ogólna struktura komutacji, która w niniejszym obiekcie była dwusekcyjna, rozrasta się w większym obiekcie do czterosekcyjnej. W jednym i w drugim przypadku ewentualne przesunięcie czasowe uzyskiwane jest za pomocą pamięci przesuwnej, umieszczonej symetrycznie między sekcjami układu komutującego. W wykonaniu przewidującym dołączenie 196 traktów systemu PCM o 24 kanałach każdy, urządzenie tandemujące komutuje 4704 łączy. Jednak przy opisywanej strukturze, w wielkich centralach tak rośnie liczba układów komutujących, że przy komutowaniu powyżej 2500 Erl nie daje się uzyskać zakładanej zwykle dotychczas pełnej dostępności do łączy wyjściowych.

4.5. Układ komutacyjny z pamięciami ramkowymi na wejściu opracowany w Szwajcarii

4.5.1. Wstęp

Podane zostaną informacje o interesujących rozwiązaniach zrealizowanych w Szwajcarii, a różniących się w szeregu szczegółach od dotychczas opisywanych [31].

4.5.2. Rozdział czasowy

Zastosowany system teletransmisyjny PCM nieco odbiega od opisywanych wyżej i wobec tego zostanie on po krótko scharakteryzowany. Kodowanie realizuje się nie przy użyciu kodu dwójkowego, a przy użyciu trójkowego kodu dwubiegunowego, który może być przekształcony w kod binarny. Dzięki zastosowaniu trójkowego kodu dwubiegunowego osiąga się to, że w tej sygnalizacji średnia wartość prądu stałego jest równa zero. Wynikają stąd pewne istotne korzyści teletransmisyjne, jak brak konieczności przenoszenia składowej stałej i łatwe odczytanie taktu po stronie odbiorczej, gdzie występuje dosyć zmian ze stanu zero do stanu 1, i odwrotnie. Poszczególne słowa w tym systemie składają się z dziesięciu bitów. Wobec tego przy częstotliwości próbkowania 8 kHz i 32 kanałach w ramce częstotliwość ciągu bitów wynosi w łączu 2,56 Mbit/s.

4.5.3. Układ komutujący sygnały PCM

Rozpatrzmy urządzenie, które złożone jest z sieci dróg rozmównych i zespołu sterującego. Po stronie przyjsiowej i po stronie wyjściowej dołączonych jest po 15 traktów teletransmisyjnych systemu PCM, które zakończone są telestradami. W każdej ramce występują 32 kanały czasowe, z których kanały 1 do 30 to kanały rozmówne, a kanały 31 i 32 to

kanały sygnalizacyjne. Kanały rozmówne dzielą się na kanały o numerach nieparzystych i parzystych. Kanały o numerach nieparzystych wykorzystuje się do tworzenia kanałów dla kierunku transmisji w przód. Kanały o numerach parzystych natomiast wykorzystuje się do tworzenia kanałów dla kierunku transmisji wstecz. Z kolei przydział kanałów sygnalizacyjnych jest taki, że kanał 31 służy do przenoszenia sygnałów komutacyjnych dla wszystkich kanałów o numerach nieparzystych, to znaczy dla kanałów kierunku transmisji w przód. Kanał 32 natomiast obsługuje kanały o numerach parzystych, a więc kanały kierunku transmisji wstecz. W opisywanym tu systemie kanały kierunku transmisji w przód i wstecz tego samego łącza dwutorowego wykorzystują zawsze kanały czasowe o różnych numerach. Trzy podstawowe zadania urządzenia komutującego sygnały PCM: synchronizacja, wybór traktu wyjściowego i komutacji w rozdziale przestrzennym oraz komutacja czasowa, tzn. przesunięcie czasowe dla trafienia na właściwy kanał czasowy łącza wyjściowego realizowane są za pomocą pamięci poszczególnych słów o przypadkowym dostępie w powiązaniu z wewnętrzną telestradą. W układzie tego urządzenia komutacyjnego /rys. 16/ mamy 15 przychodzących i 15 wychodzących telestrad zakończonych w opisywanym urządzeniu w zespołach pamięci. Tych pamięci jest tu dwie: pamięć rozmówna i pamięć układów komutujących. Trzydzieści dwa kanały jednej tele-

strady przychodzącej dzieli się najpierw na kanały nieparzyste i kanały parzyste, a informacje transmitowane przez jedno i drugie wpisuje się do osobnych pamięci. W sieci dróg rozmównych występują na wejściu przekształtniki z rozkładu szeregowego bitów na równoległy, pamięć ramkowa dla słów 10-bitowych szesnastu kanałów telestrady wewnętrznej /rys. 17/ i na wyjściu przekształtniki z rozkładu równoległego bitów na szeregowy. Struktura układu ma w założeniu po stronie przyjsciowej przesunięcie czasowe do numeru wyjściowego kanału czasowego i następnie przestrzenną komutację do właściwej telestrady wyjściowej /patrz też rys. 6/. W czasie trwania ramki na wejście pamięci zostają podane kolejno informacje 16 kanałów czasowych. Po szczególne słowa w rozkładzie równoległym bitów zostają wpisane do pamięci ramkowej. Informacje podane po kanałach sygnalizacyjnych wpisywane są do pamięci tak samo, jak informacje podawane po kanałach rozmównych. Dzięki odczytywaniu na zasadach swobodnego wybierania informacji z pamięci kanałów 31 względnie 32 wszystkich pamięci ramkowych zostaje przez stworzenie właściwego uwielokrotnienia uzyskana telestrada szesnasta - sygnalizacyjna. Ona jest taka sama jak pozostałe 15 telestrad. Poprzez telestradę sygnalizacyjną transmitowane są informacje do scentralizowanych zespołów sterujących. Kryteria sygnałowe nie są więc tu przekazywane bezpośrednio od telestrady do te-

telestrady, lecz z zasady transmitowane poprzez zespół sterujący. Informacje te zostają w zespole sterującym przetworzone. Telestrada wyjściowa zostaje osiągnięta poprzez lokalną telestradę i przekształtnik z rozkładu równoległego bitów na szeregowy. Informacja zostaje przy tym odczytana na zasadach dowolnego wybierania z wierszy szesnastu pamięci ramkowych i przetransmitowana najpierw do wyżej wymienionego przekształtnika. Z pamięci sygnałów oznaczonej numerem zero zostaje przy tym dla kanału 31 względnie 32 wzięte odpowiednie słowo. Wymieniona tu pamięć sygnałów otrzymuje to słowo zaadresowane do telestrady wyjściowej od scentralizowanego zespołu sterującego poprzez tzw. telestradę sterowniczą. Adresy z każdorazowo odczytywanych wierszy w pamięciach są ustalane przez scentralizowany zespół sterujący i transmitowane oraz wpisywane do pamięci układów komutujących. Pamięć układów komutujących steruje dzięki temu każdorazowo prawidłowo wiersz z pamięci rozmównej i pamięci sygnałowej. Informacje z pamięci rozmównej mogą być odczytywane tylko według wierszy i tak też mogą być do niej wpisywane. W czasie trwania ramki należy odczytać informacje z $16 \times 16 = 256$ wierszy w pamięciach rozmównych. Wewnętrzna częstotliwość przetwarzania danych jest równa częstotliwości bitowej na telestradzie, tzn. $32 \times 10 = 320$. Wobec tego liczba szcze-
lin komutacji połączeń jest większa niż liczba kanałów cza-

sowych, Dodatkowe szczeliny w okresie przepatrywania umożliwiają realizację dodatkowych procesów komutacyjnych.

4.5.4. Kanały synchronizacyjne i sygnalizacyjne

W każdej trzydziestej drugiej ramce, tzn. co każde 4 ms, w kanałach 31 i 32 poprzez każdą telestradę jest transmitowane słowo synchronizacyjne. Jego postać nie może zostać zaimitowana przez rozmówne słowo kodowane.

Słowa sygnalizacyjne składają się z czterech elementów niosących informacje i jednego elementu parzystości. Dla transmisji w trakcie teletransmisyjnym każde pięcioelementowe słowo składa się z pięciu bitów podwójnych o kombinacjach bitów 01 lub 10. To prowadzi do niewystępowania składowej stałej na łączu, w wyniku tak utworzonego słowa 10-bitowego. Otrzymuje się przy tym samokontrolność transmitowania informacji /kombinacje 11,00 są dopuszczalne/, pozwala na prostszą korekcję błędów po stronie odbiorczej, przy czym taka korekcja może objąć błędy pojedyncze i błędy podwójne oraz potrójne. Z podobną samokontrolą transmitowane są informacje adresowe poszczególnych wierszy z pamięci rozmównej do pamięci punktów komutacyjnych. Do samych pamięci są przy tym, dla zaoszczędzenia w nich miejsca, wpisywane tylko informacje podstawowe.

4.5.5. Zdalne sterowanie

W opisywanych rozwiązaniach informacje i rozkazy pomiędzy urządzeniami sieci dróg rozmównych oraz sterowaniem transmitowane są poprzez telestradę sterującą. Struktura tej telestrady jest analogiczna do łącza rozmównego telefonii wielokrotnej o rozdziale czasowym. Ta ostatnia cecha wyraźnie ułatwia zdalne sterowanie centrów komutacyjnych lub wydzielonych układów komutacyjnych. Jednocześnie, ze względu na transmitowanie informacji w każdym przypadku od pamięci do pamięci, czas propagacji nie stanowi jakiegoś problemu. Odległość między urządzeniami sieci dróg rozmównych i scentralizowanym urządzeniem sterującym nie ma znaczenia.

4.5.6. Zastosowanie systemu

Biorąc pod uwagę wszystkie wyżej wymienione cechy charakterystyczne systemu, a w szczególności prostą możliwość stosowania zdalnego sterowania, rozszerza się zakres wykorzystywania systemu. Można też budować na większym obszarze rozległą sieć o wielu małych centralach częściowych, sterowanych z jednej centrali głównej. Dzięki temu można doprowadzić do uzasadnionego ekonomicznie wykorzystania dużego komputera. Rozległa też sieć o wie-

lu centralach może umożliwić uzyskanie oszczędności na sieci przewodowej przy zbliżeniu central do skupisk abonenckich.

W powyższym opisie mówi się o dwutorowym systemie komutującym 225 łączy przyjsciovych z 225 łączy wyjściowymi. Większe pojemności można uzyskać poprzez kojarzenie większej liczby takich podstawowych bloków. Przy tym każdy blok jest w pełni niezależny od innych. Długość drogi połączeniowej między poszczególnymi blokami nie jest ograniczona. W przypadku stosowania wielosekcyjnych układów w układzie komutacyjnym o rozdziale przestrzennym poszczególne wiązki łączy wyjściowych mogą być osiągnęte przez dowolnie różną liczbę sekcji. To pozwala na uzyskanie optymalnego ekonomicznie rozwiązania, na przykład wyprowadzenie głównej części komutowanego ruchu przez jak najmniejszą liczbę sekcji. Można też zapewnić optymalne zastosowanie kierowania połączeń drogami alternatywnymi.

5. WPROWADZANIE TECHNIKI MODULACJI IMPULSOWO-KODOWEJ DO SIECI TELEKOMUNIKACYJNYCH

5.1. Wstęp

Każda nowa technika stoi przed problemem że nie może ona być rozpatrywana osobno. Najczęściej stawia się żąda-

nie dopasowywania się do istniejących warunków. Problemy wynikające często z konieczności tego dopasowywania są trudniejsze niż problemy techniczne rozwiązywane przy opracowywaniu samego nowego systemu.

Technika PCM jest wprowadzana do sieci, w której egzystują urządzenia komutacyjne o rozdziale przestrzennym sieci dróg rozmównych. Przy tym co najmniej na początku są konieczne dopasowania przy użyciu przekształtników sygnałów rozmównych na sygnały impulsowo-kodowe /i odwrotnie/. Wprowadzanie techniki PCM można wyobrazić sobie w poniżej opisany sposób /rys. 18/.

5.2. Pojedyncze relacje teletransmisyjne systemu PCM /rys. 18a/

Istniejące centrale telefoniczne o przestrzennym rozdziale sieci dróg rozmównych zostają połączone wiązkami łączy międzycentralowych, w których występują trakty systemu teletransmisyjnego PCM. Występuje przy tym stosunkowo duży koszt zakończeń łączy w centralach. Opłacalność takiego rozwiązania sieci łączy międzycentralowych występuje przy większej odległości między centralami. Przy współczesnych rozwiązaniach urządzeń teletransmisyjnych odległość ta wynosi od 8 do 15 km.

Obraz byłby korzystniejszy, gdyby centralę telefoniczne-

miały scentralizowane sterowanie, a wymiana sygnałów między nimi odbywała się poprzez osobny wspólny kanał transmisji danych. Odpadłyby wtedy zakończenia komutacyjne łączy, które obecnie wymagają około 60% miejsca i partycypują w około 40% w koszcie urządzeń komutacyjnych.

5.3. Węzeł komutujący sygnały PCM /rys. 18b/

Masowe wprowadzanie traktów teletransmisyjnych PCM doprowadzi do tego, że szereg central tandemowych o rozdziale przestrzennym sieci dróg rozmównych będzie komutował informacje transmitowane poprzez zakończone w tych centralach trakty systemu PCM. W tej sytuacji jest w pełni uzasadnione wprowadzenie do takich central urządzeń komutujących sygnały PCM. Zakończenia teletransmisyjne traktów systemu PCM w węźle komutacyjnym w tej sytuacji bardzo się upraszczają /LE na rys. 2/. Połączenie poprzez węzeł komutacyjny stanowi jeden odcinek cyfrowy. Bardzo korzystne mogłoby być skoordynowanie w planie jednoczesnego zwiększenia liczby łączy w sieci przewodowej i rozszerzenie liczby dróg rozmównych w centrali. Liczba łączy w sieci może wzrosnąć dzięki uwielokrotnieniu uzyskanemu przez wprowadzanie teletransmisyjnego systemu PCM. W centrali mogą być natomiast wprowadzone urządzenia komutujące sygnały PCM i przy tym odpowiednio rozszerzona jej

przepustowość ruchowa. Do sterowania urządzeniami sieci dróg rozmównych PCM mógłby być użyty komputer, sterujący już poprzednio urządzeniami komutacyjnymi sieci dróg rozmównych w rozkładzie przestrzennym. Wskazane byłoby, przewidując taką rozbudowę centrali, pomyśleć o możliwie ekonomicznym rozwiązaniu w poprzedniej fazie.

5.4. Stopnie grupowe komutujące sygnały PCM. /rys. 18c/

Opisywane działanie dotyczy central końcowych o przestrzennym rozdziale sieci dróg rozmównych, a dołączonych łączami telefonii wielokrotnej PCM do węzła komutującego sygnały PCM. Do tych central dołączone są naturalne łącza abonenckie. Pozostawiając stopnie liniowe w dotychczasowym rozwiązaniu i w rozdziale przestrzennym, utrzymujemy realizowaną poprzez te stopnie koncentrację ruchu. Łącza międzymiastowe wprowadzane zostają teraz do zakończeń teletransmisyjnych PCM i jako łącza transmitujące sygnały PCM wchodzi na układ komutujący sygnały PCM, spełniający funkcje stopnia grupowego omawianej centrali końcowej. Opisywana struktura centrali opiera się na zastosowaniu najpierw koncentracji w rozdziale przestrzennym, dalej komutacji sygnałów PCM i w końcu ponownie przejścia do drugiego abonenta poprzez stopień komutacyjny o rozdziale przestrzennym.

5.5. Centrale końcowe komutujące sygnały PCM /rys. 18d/

W opisywanym przypadku centrale końcowe mają doprowadzone jedynie łącza transmitujące sygnały PCM. Łącza abonenckie przed wprowadzeniem na centralę wchodzą najpierw do urządzeń teletransmisyjnych PCM, gdzie prądy rozmówne transmitowane przez te łącza przetwarzane są na sygnały PCM.

W tej sytuacji koncentracja ruchu z tych łączy na łącza wewnątrzcentralowe realizuje się już w układach komutujących sygnały PCM. Takie rozwiązanie może być mniej ekonomiczne niż z koncentracją ruchu z łączy abonenckich na łącza międzycentralowe, realizowana w stopniach komutujących o rozdziale przestrzennym, tak jak to opisywano poprzednio.

5.6. Zastosowanie koncentratorów PCM /rys. 18e/

W opisywanym tu przypadku naturalne łącza abonenckie dołączone są do koncentratora. Koncentracja ruchu może być uzyskiwana w układzie komutującym o rozdziale przestrzennym i wtedy urządzenia teletransmisyjne PCM umieszczone są za tym pierwszym stopniem. W koncentratorze o większej pojemności mógłby być zastosowany jeszcze drugi stopień komutujący już sygnały PCM.

W innej strukturze koncentratora może występować przejście na rozdział czasowy już na początku połączenia. Sygnały o modulacji amplitudy impulsu /PAM/ są komutowane w rozdziale czasowym i dopiero za tym układem następuje zakodowanie sygnałów.

Koncentrator połączony jest z nadrzędną centralą końcową międzycentralowymi łączami transmitującymi sygnały PCM. Z tego powodu nie ma potrzeby stosowania tak dużej koncentracji, jak to ma miejsce w zwykłych rozwiązaniach koncentracji z łączami naturalnymi. Koncentrator systemu PCM o pojemności 120 numerów abonenckich może być zrealizowany przy koncentracji 1:4 /przy łączach naturalnych zwykle od 1:6 do 1:9/. Wtedy połączony jest on z centralą dwoma parami przewodów, na których pracuje jeden system 32-kanalowy PCM. Duży koncentrator o pojemności 600 NN połączony byłby za pomocą pięciu traktów PCM, a więc 10-parowego kabla.

Zwróćmy uwagę, że w koncepcji koncentratorów PCM nie zostało jeszcze w pełni zadowalająco rozwiązane zagadnienie zasilania mikrofonu i dzwonienia do abonenta.

5.7. Zastosowanie modulacji impulsowo-kodowej od początku łącza abonenckiego

Omówmy tu pokrótce możliwość pełnej integracji systemów transmisyjnego i komutacyjnego. Rozwiązanie z przejściem

już przy aparacie abonenckim na transmisję sygnałów PCM w dzisiejszym stanie techniki jest możliwe. Przewiduje się jednak, że chyba jeszcze w niezbyt odległej przyszłości rozwiązanie takie będzie zbyt kosztowne. Wobec tego wykorzystanie jego będzie raczej miało miejsce w szczególnych przypadkach. Pierwsze nadzieje wiążą się z systemem, w którym aż do pierwszego stopnia komutacyjnego koncentrującego ruch byłaby stosowana modulacja PAM na łączach abonenckich.

5.8. Czynniki wpływające na wprowadzanie systemów PCM

Szybkość wprowadzania techniki PCM do istniejących sieci telekomunikacyjnych zależy od wielu czynników. Zasadniczą sprawą jest niejednokrotnie wielkość zapotrzebowania na nowe łącza, a innym razem - struktura sieci przewodowej. Wielkość wiązki łączy i długość łączy w wiązce mają też istotny wpływ na opłacalność wprowadzania systemu PCM. Ekonomika tego przedsięwzięcia zależy także od tego, czy systemy teletransmisyjne są wprowadzane oddzielnie czy też łącznie z systemami telekomutacyjnymi. W tym ostatnim przypadku system PCM jest opłacalny już przy kilkukilometrowych długościach traktów. Takie odległości między centralami występują właśnie we współczesnych sieciach miejscowych.

W dalszym ciągu ważny jest również zakres wprowadzania nowych systemów do sieci i możliwość wykorzystywania dróg alternatywnych, a także zmniejszenie kosztów zakończeń liniowych łączy dzięki wprowadzaniu sygnalizacji poprzez wspólne łącza transmisji danych.

5.9. Fazy wprowadzania systemów PCM do sieci NRF

Dotychczas nie wprowadzono systemów PCM do sieci telekomunikacyjnej użytku publicznego w Niemczech Federalnych. Najwcześniej w roku 1974 system teletransmisyjny PCM będzie gotów do wprowadzenia w szerokim zakresie. Dotychczas uzyskuje się wyniki pozytywne z próbnej eksploatacji wybranych relacji. Nie są natomiast dotychczas wypróbowane jakieś rozwiązania systemu komutacyjnego PCM.

Z szeregu publikacji [5, 8] wynika, że na skutek aktualnej wielkości wiązek łączy i długości tych łączy w sieci telekomunikacyjnej użytku publicznego, wprowadzenie samego tylko systemu teletransmisyjnego PCM miałyby jedynie ograniczone możliwości. W wychodzącym ruchu miejscowym i międzymiastowym, ogólnie biorąc, znalazłaby się pewna liczba wiązek łączy ze względu na długość łączy i wielkość tych wiązek.

Nie bez znaczenia jest też wpływ, jaki będzie miało wpro

wadzenie od roku 1975 nowego systemu central elektronicznych EWS1. Wraz z wprowadzeniem tego systemu może nastąpić odejście od nieelastycznej techniki bezpośredniego sterowania zestawianiem połączeń. Trzeba bowiem pamiętać, że w systemie EWS1 założono możliwość korzystania z dróg alternatywnych, a przy tym urządzenia systemu będą mogły ustalać właściwe opłaty taryfowe. Te cechy systemu wpłynąć mogą na optymalizację struktury sieci. Ruch międzymiastowy nie musiałby przy tym być kierowany jedynie poprzez centrale węzłowe. W zamian za to można by w wielu przypadkach stosować wiązki skrośne do sąsiednich sieci miejscowych. Zastosowanie jednak łączy naturalnych w takiej w ązce skrośnej może spowodować trudności, gdy obowiązujący plan rozkładu tłumienności przew duje co najwyżej 2,2 Np między punktami włączenia zasilania rozmawiających abonentów. System teletransmisyjny PCM, który wnosi niewielkie tłumienności 2 ± 1 dB mógłby w takich przypadkach rozwiązywać problem. Jednocześnie, jak wspomniano wyżej, system EWS1 ma mieć tak rozwiązane sterowanie, że będzie mogło obsługiwać również układy komutujące sygnały PCM. Tak więc stworzyłoby się możliwości ekonomicznego wprowadzenia techniki komutacyjnej PCM.

6. PROGNOZY

Obecnie nie można jeszcze postawić prognozy odnośnie wprowadzenia techniki PCM w szerokim zakresie do sieci

telekomunikacyjnych. Po opracowaniu podstawowych systemów PCM i systemów o wyższej krotkości, jak np. w Japonii systemy 120- i 240-kanalowe oraz przygotowywany system 700-kanalowy, można zaobserwować wzmożoną aktywność w technice komutacyjnej PCM. W wielu przypadkach /Francja, Wielka Brytania, Japonia, Szwajcaria/ staje się oczywisty cel dojścia w pierwszej kolejności do integracji techniki teletransmisyjnej i telekomutacyjnej przy zastosowaniu modulacji impulsowo-kodowej. Nie schodzi też z oczu dalszy cel, jakim jest zjednoczenie w jedynej sieci użytku publicznego wszystkich usług korzystających z techniki cyfrowej do przenoszenia informacji. Mocno podkreślana jest duża rola szybkiej transmisji danych i wideotelefonii. Systemy teletransmisyjne PCM umożliwiają w kanale rozmównym przenoszenie sygnałów transmisji danych o średniej szybkości 48 kbit/s, a przy kodzie ośmiobitowym - teoretycznie 64 kbit/s. W tej sytuacji opisywana technika może być bardzo interesująca. Znane są też w USA próby wykorzystania systemów PCM do przekazywania kanałów wideotelefonicznych z przelotnością cyfrową 500 kbit/s. Wobec oczekiwanego dużego rozwoju w dziedzinie transmisji danych, z tej strony można oczekiwać istotnych wpływów na technikę PCM. Zastosowanie jednak na szeroką skalę omawianej tu integracji usług jest jeszcze dość odległe.

7. PODSUMOWANIE

Elektronika uzyskała szeroki dostęp do techniki telekomunikacyjnej. Ona umożliwia również realizację systemów komutacyjnych pełnoelektronicznych o rozdziale czasowym z zastosowaniem modulacji impulsowo-kodowej. Technika teletransmisyjna PCM jest już tak rozwinięta, że może być ekonomicznie stosowana w ograniczonym zakresie. Integracja technik teletransmisyjnej i telekomutacyjnej z zastosowaniem jednakowej zasady uwielokrotnienia daje dodatkowe korzyści ekonomiczne i techniczne.

Istnieje szereg możliwości rozwiązania struktury układu komutującego sygnały PCM, które mogą być opisane za pomocą wykresu przestrzenno-czasowego. Słowa kodowe poszczególnych kanałów czasowych mogą być transmitowane poprzez układ komutujący z rozkładem szeregowym bitów lub z rozkładem równoległym. Wybór określonej struktury i zasad komutowania zależą od pojemności węzła komutacyjnego, od stosunku kosztów układów pamięciowych i układów komutujących, od zastosowania w sieci pracy synchronicznej lub niesynchronicznej oraz od rodzaju sterowania.

Do dziś nie ma jeszcze w eksploatacji żadnego użytkowego systemu telekomutacyjnego PCM. Zbadano jednak w dużym zakresie możliwości ich realizacji zarówno teoretycznie, jak i praktycznie. We Francji i w Wielkiej Brytanii cen-

trale komutujące sygnały PCM oraz całe modele sieci znajdują się w eksploatacji próbnej. Pokazują one, że zalety elektroniki /bardzo małe miejsce, mała liczba uszkodzeń/ - ujawniają się w pełni. To potwierdzałoby prawidłowość drogi ku zintegrowanej sieci telekomunikacyjnej. Rozwiązanie badane w Szwajcarii jest co najmniej teoretycznie bardzo ciekawe, ponieważ prowadzi ono do nowoczesnej struktury sieci.

Większość propozycji nowych systemów charakteryzuje się dążeniem do znalezienia korzystnego ekonomicznie rozwiązania, przede wszystkim już dla początkowych faz wprowadzania systemu, który to okres przyjmowany jest jako długotrwały. System rozwijany w Anglii pokazuje drogę do optymalizacji pojemności pamięci. Jednocześnie system rozwijany we Francji wskazuje jak można optymalizować urządzenia komutujące.

Wprowadzanie techniki PCM będzie miało miejsce stopniowo. Początkowo będzie miało miejsce wprowadzanie w poszczególnych relacjach systemu teletransmisyjnego PCM. Następnie przewiduje się stosowanie węzłów tranzytowych komutujących sygnały PCM. Przewiduje się również przekształcenie istniejących central na urządzenia komutujące sygnały PCM. Ostatecznym zaś celem jest rozwój w pełni zintegrowanej sieci telekomunikacyjnej.

Technika PCM ma również duże znaczenie dla transmisji

danych. Umożliwia ona transmitowanie i komutowanie strumieni bitów transmisji danych o średniej szybkości /48 kbit/s/.

Pierwsze zastosowania węzłów komutujących sygnały PCM w sieci użytku publicznego Niemiec Federalnych są planowane równocześnie z wprowadzaniem systemu o programowanej pamięci, oznaczonego symbolem EWS1.

Nie można jeszcze przewidzieć następnej fazy integracji wszystkich usług w jedynej sieci telekomunikacyjnej.

WYKAZ LITERATURY

Prace ogólne

1. Deloraine E.M., Reeves A.H.: 25 Jahre Pulscodemodulation. Elektr. Nachrichtenwes. 1965 t. 40 nr 4, s.434-447.
2. Poschenrieder W.: Stand der Zeitmultiplex-Vermittlungstechnik. Siemens-Inf. Fernsprech-Vermittlungstechnik, 1966 t. 2 nr 2, s. 61-68 i 1966 t. 2 nr 4, s. 194-199.
3. Haslinger H.: Der internationale Entwicklungsstand der elektronischen Vermittlungstechnik. Elektrotechnik u. Maschinenbau E. M., 1966 t. 83 nr 5, s. 311-340.
4. Haslinger H.: Der internationale Entwicklungsstand der elektronischen Vermittlungstechnik /ujęcie rozszerzone/,

- Tech. Mitt., Standard Telephon Wien. TM-SST. 1967 t. 14 nr 23, s. 3-36.
5. Arens W., Kersten R., Poschenrieder W.: Die Puls-codemodulation und ihre Anwendung im Fernmeldewesen. Jahrb. elekt. Fernmeldewes. 1968 t. 19 s. 184-242.
 6. Aro E.: Effects of sampling contact design on TDM system transmission performance. IEEE Trans. Com. 1968 t. 16 nr 1, s. 19-25.
 7. Goto K., Kurahashi K.: Types of PCM switch frames and their features. Elect. Commun. Lab. 1968 t. 16 nr 5/6, s. 431-443.
 8. Poschenrieder W.: Digitale Nachrichtensysteme: Technisches Stand und Einsatzmöglichkeiten. NTZ 1968 t. 21 nr 11, s. 665-671.
 9. Duerdoth W.T.: The possibility of an integrated P.C.M. switching and transmission network. Colloque International de Commutation Electronique, Paris 1966, s. 464-479.
 10. Cattermole K.W.: The impact of pulse code modulation on the telecommunication network. Radio electron Eng., styczeń 1969, s. 33-45.
 11. Schlichte M.: Prinzipien und Probleme der PCM-Ver-

mittlungstechnik - Ein Überblick über den Stand der Technik. Siemens-Inf. Fernsprech-Vermittlungstechnik 1969 t.5 nr 1, s.48-59.

12. Fischer K., Rings F.: Entwicklungen auf dem Gebiet elektronischer Vermittlungstechnik. Siemens-Inf. Fernsprech-Vermittlungstechnik 1969 t.5 nr 2/3, s. 120-131.
13. Bachmann E.: Eigenschaften eines integrierten PCM-Fernmeldenetzes. Techn. Mitt. PTT 1969 t.47 nr 10, s. 416-426.
14. Reeves A.H.: Patent francuski nr 852 183, 3.10.1938
15. Reeves A.H.: US-patent nr 2 272 070, 3.2.1942.
16. Proposals for Fundamental Characteristics of Primary Multiplexes CCITT-Contr. nr 58 WP SpD, maj 1970.
17. Kunze H.: Anwendung der Elektronik in der Vermittlungstechnik, Fernmelde Prax. 1970 t.47 nr 13, s.555-562

Opisy systemów

18. Nakamura T., Sigioka R., Kuroda A., Kawai Y., Sugawara M.: Time division multiplex electronic exchange under storedprogramm control, Fujitsu Scientific i Technical J., 1965 t.1 nr 2, s.73-100.

19. Breen C. : Expanding the nr 101 ESS. Bell Lab. Rec. 1966 t.44 nr 5, s.150-154.
20. Chatelon A. : PCM telephone exchange switches digital data like a computer. Electronics, 1966 t.39 nr 20, s. 119-126.
21. Le Corre J. , Pirotte A. : Vollautomatisches Fernmel-desystem mit Pulscodemodulation für militärische Zwecke. Elektr. Nachrichtenwes. 1967 t.42 nr 3, s. 216-224.
22. Duerdoth W.T. , Hughes C.J. , Bond D.J. : Trunking systems for p.c.m. exchanges. Proc. IEE 1967 t.114 nr 11, s.1623-1629.
23. Libois L.J. , Légaré R. , Pinet A. , Bodin P. : Expé-rimentation d'un système de commutation électronique intégrée dans la zone de Lannion - Project Plato. Com-mutation et Electronique 1968 nr 20, s.7-16.
24. GPO Pin great hopes on trial PCM tandem exchanges. Electronics Weekly nr 390, 21.2.1968, s.3.
25. Prieba H.F. , Seley J.R. , Seley E.L. : 'Nr 101 ESS 4 A Switch Unit. Bell Syst. techn. J. Luty 1969, s. 477-495.
26. Gallagher E.F. : A digital PCM time-division swit-

- ching system. IEEE Trans. COM 1968 t.16 nr 6, s. 759-770.
27. Böhme E.: Vermittlungstechnik für PCM-Signale. Fernmeldetechnik 1969 t.9 nr 5, s.147-152.
 28. Nakamura T., Sugioka R.: Parallel PCM switching network. Fujitsu Scientific & Technical J. 1969 t.5 nr 9, s.1-33.
 29. Dupieux J.G., Mumford J.R., Wells G.W.: Eine PCM-Vermittlungsstelle für Durchgangsverkehr. Elekt. Nachrichtenwes. 1969 t.44 nr 2, s.157-165.
 30. Kawata D., Shiromizu M., Yoshida S.: Development work on the electronic switching system in Japan. IEEE Trans. COM-17 1969 nr 5, s.505-512.
 31. Neu W., Kündig A.: Switching, Synchronizing and Signalling in PCM-Exchanges. Colloque International de Comutation Electronique, Paris 1966, s.513-520.
 32. Harding D.J.: An Approach to a Tandem Exchange for an Integrated P.C.M. Network. Colloque International de Commutation Électronique, Paris 1966, s.480-487.
 33. Walker E., Duerdoth W.T.: Trunking and traffic principles of a p.c.m. telephone exchange. Proc. IEE 1964 t.66 s.1976-1980.

34. Depp W.A. : Nr 101 Electronic Switching System. Colloque International de Commutation Électronique, Paris 1966, s.329-337.
35. Le Corre J. : Organisation d'un Autocommutateur Utilisant la Modulation Codée en Impulsions /M.C.I./ . Colloque International de Commutation Électronique, Paris 1966, s.428-439.
36. Kawata D. : The recent work to develop an electronic switching system. Rev. Elec. Commun. Lab. 1968 t.16 nr 3/4, s.201-220.
37. Hanawa H., Yoshida S., Yamato J. : An exploratory PCM switching system DEX-T1. Rev. Elec. Commun. Lab. 1968 t.16 nr 3/4, s. 253-264.

Synchronizacja w sieciach PCM

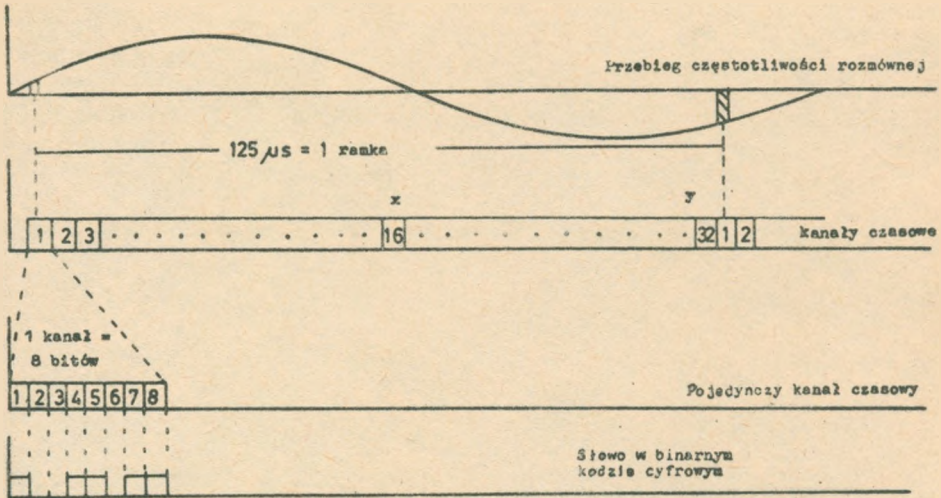
38. CCITT - Dokument przejściowy 1 grupy 33/XV. Marzec 1968. Considérations sur l'organisation générale numérique. /Administracja Francuska/.
39. Mumford H., Smith P.W. : Synchronisation of a p.c.m. network using digital techniques. Proc. IEE, 1966 t.113 s. 1420-1428.
40. Dumousseau C. : An integrated PCM network. IEEE Trans. COM-13 1965, s. 42-49.

41. Neu W., Kündig A.: Project for a digital telephone network. IEEE Trans. COM-16 1968 nr 5, s.633-648.
42. Hartmann H.L.: Simulationsversuch zur Synchronisierung integrierter PCM-Netze. Frequenz, 1968 t.22 nr 1, s.28-29.
43. Hartmann H.L.: Synchronisierung integrierter PCM-Netze durch digital gesteuerte Phasenmittelung. NTZ, 1968 t.21 nr 9, s.533-539.
44. Darré A., Karl O.: Theorie und Simulation eines synchronisierten PCM-Netzes von Oszillatoren mit gegenseitiger Synchronisation. NTZ, 1970 t.23 nr 5, s.257-261.
45. Candy J.C., Karnough M.: Organic synchronization: design of the controls and some simulation results. Bell Syst. tech. J. 1968 t.47 nr 2, s. 227-259.
46. Yamato J., Ono M., Usuda S.: Synchronization of a PCM integrated telephone network. IEEE Trans.COM-6E 1968 nr 1, s.1-11.
47. Yamato J., Ono M., Usuda S.: Equational timing in an integrated PCM telephone network. Elect. Commun. Lab. 1968 t.16 nr 5 i nr 6, s.444-466.
48. Wing P.A.: Wisdom: a method of synchronising distri-

- butes stations to a p.c.m. system. Proc. IEEE. 1969 t.116 nr 8, s.1319-1324.
49. Miller M. R. : Feasibility studies of synchronised-oscillator systems for p.c.m. telephone networks. Proc. IEE 1969 t.116 nr 7, s.1135-1142.
50. Hartman H. L. : Merkmale digitaler, asynchron oder synchron arbeitender Informationsnetze mit hoher Bit-rate. NTZ, 1970 t.23 nr 6, s.302-307.
51. Pierce J. R. : Synchronizing digital networks. Bell Syst. tech. J. 1969 t.48 nr 3, s. 615 ff.
52. Sandberg I. W. : Some properties of a nonlinear model of a system for synchronizing digital transmission networks. Bell Syst. tech. J. 1969 t.48 nr 9, s.2975-2997.
53. Abstracts of the Journal of the Institute of Electrical Engineers of Japan 1966 t.49 nr 4, s. 19-21.
54. Jarvis J. R. : British Patent 1 154 711, 1969.
55. Proposal for the Synchronization of Integrated Digital Networks, CCITT-Contr. 29. WP Sp.D, wrzesień 1969 r.

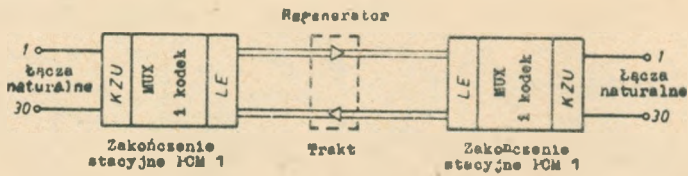
Systemy teletransmisyjne PCM

56. Poschenrieder W., Christiansen H.M.: Pulscodemodulation /Grundsätzliches über PCM-Systeme und ihre Einsatzmöglichkeiten - PCM-Systeme kleiner Kanalzahl im Nahverkehrsnetz/. Sonderheft /Siemens AG/. Wrsze sień 1967.
57. Rupp H., Opitz L.: Ein 24-Kanall-PCM-Kurzstreckensystem. SEL-Nachr. 1968 t.16 nr 1, s.1-7.
58. Gabiel M., Smith E.J.E.: Ein 24-Kanal-PCM-Kurzstreckensystem. Elekt. Nachrichtenwes. 1968 t. 43 nr 2, s. 125-132.
59. Neubert P.: Das Verfahren der Zeitkompression bei der zeitmultiplexen Übertragung von Binärsignalen. Fernmeldetechnik, 1968 t.8 nr 9, s.198-200.
60. Opitz L.: Pulscodemodulation. Funkschau, 1969 t.41 nr 6, s. 153-156.
61. Pohlens H.: Stand und Perspektive der PCM-Übertragungssysteme. Fernmeldetechnik, 1969 t.9 nr 5, s.142-147.
62. Wellhausen H.W.; Hessenmüller H.: Grundparameter eines PCM-Nahverkehrssystems. Der Fernmelde-Ing. 1969 t.23 nr 3/4, s. 22.

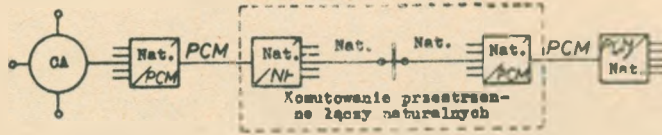


Rys. 1. Struktura ramki PCM i kanału PCM

- . x - kanał sygnalizacyjny
- . y - kanał synchronizacyjny



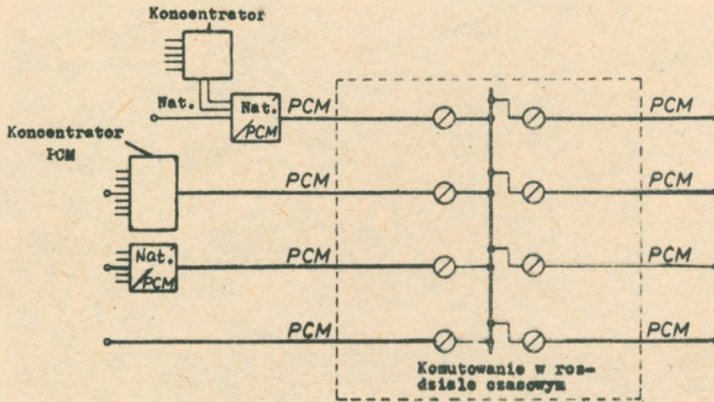
Rys. 2. Trakt systemu teletransmisyjnego PCM



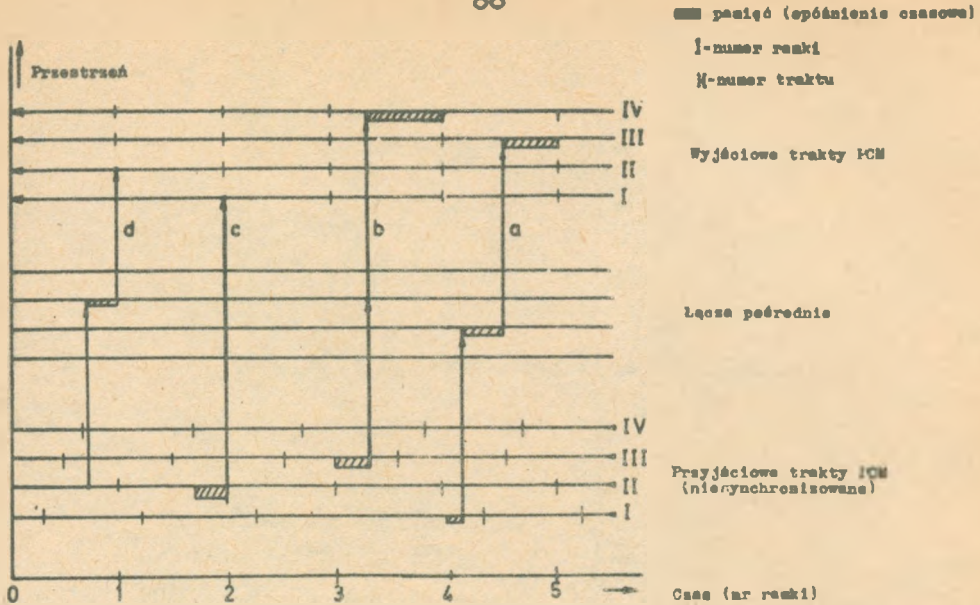
Rys. 3a. Komutacja przestrzenna telefonii naturalnej



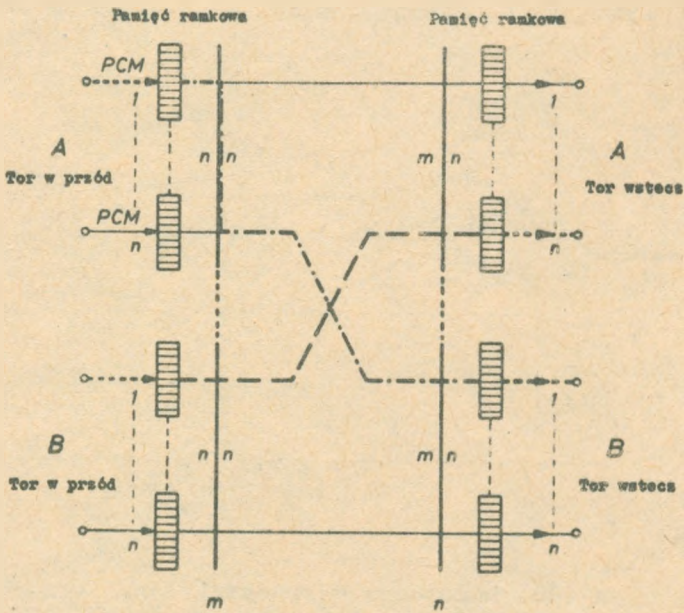
Rys. 3b. Komutacja przestrzenna sygnałów PCM



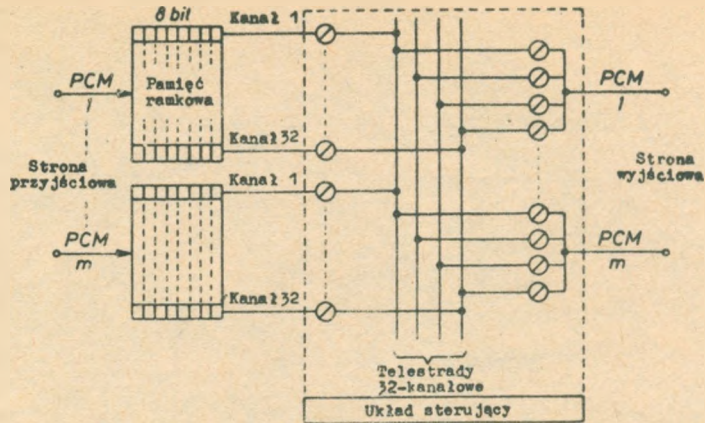
Rys. 3c. Komutacja w rozdziale czasowym



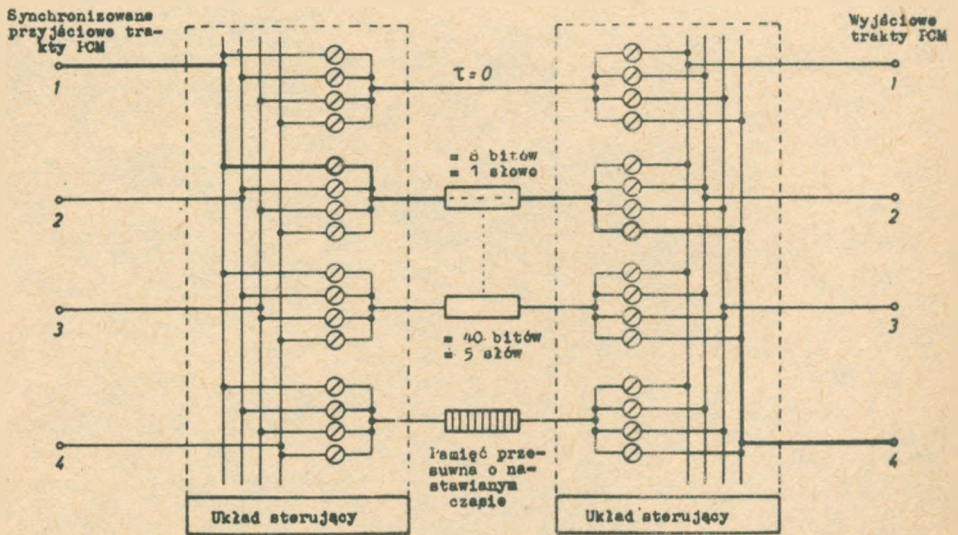
Rys. 4. Wykres przestrzenno-czasowy komutowania sygnałów PCM



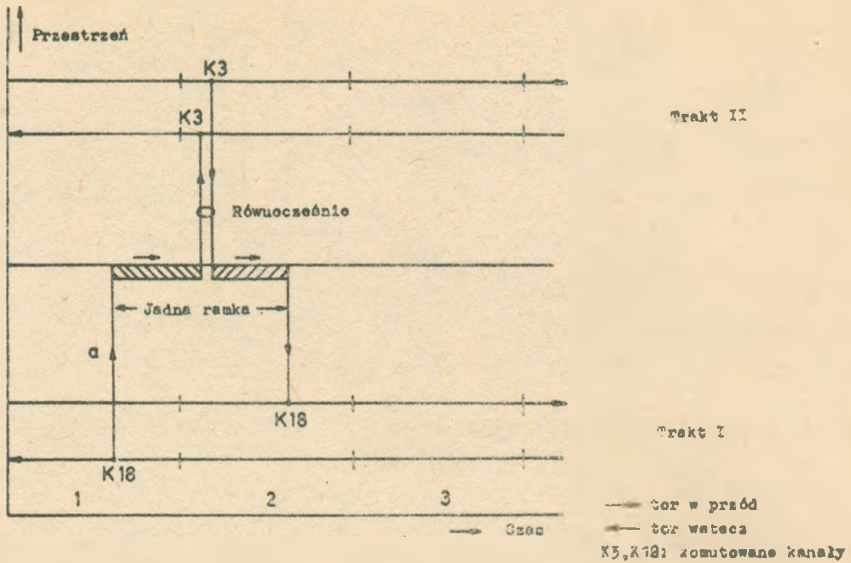
Rys. 5. Komutacja sygnałów PCM o strukturze: opóźnienie czasowe - komutacja przestrzenna - opóźnienie czasowe - sygnałów PCM



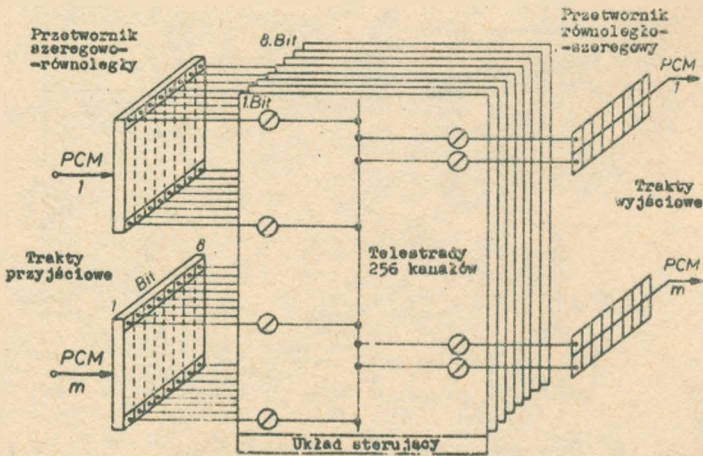
Rys. 6. Komutacja sygnałów PCM o strukturze: opóźnienie czasowe - komutacja przestrzenna



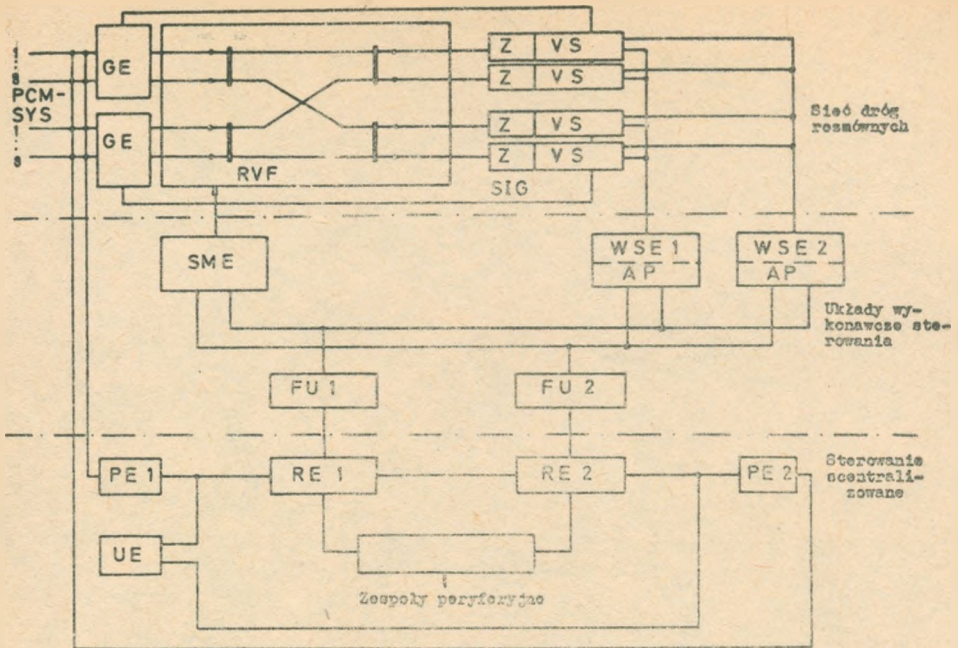
Rys. 7. Układ komutujący według Walkersa i Duerdotha
 Pokazane połączenie: trakt przyściowy 1 i n kanał z traktem wyjściowym 4 i kanałem n + 1. Komutowanie przestrzenne: trakt 1 - trakt 4. Komutowanie czasowe: kanał n - kanał n+1



Rys. 8. Wykres przestrzenno-czasowy dla struktury: komutacja przestrzenna - przesunięcie czasowe - komutacja przestrzenna

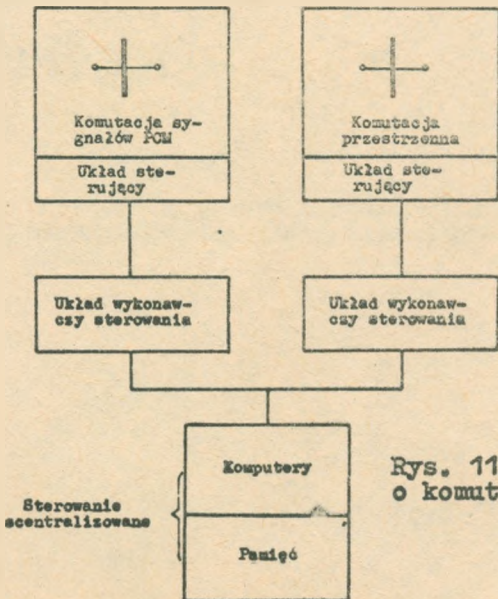


Rys. 9. Układ komutujący z transmitowaniem słów w rozkładzie równoległym

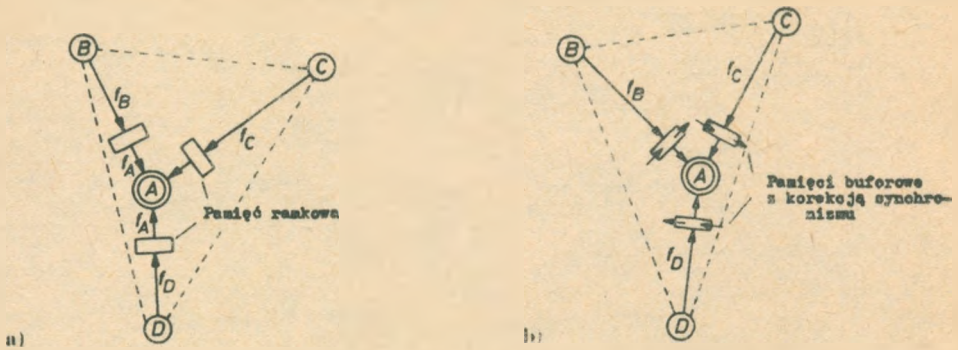


Rys. 10. Układ dużego węzła komutującego sygnały PCM

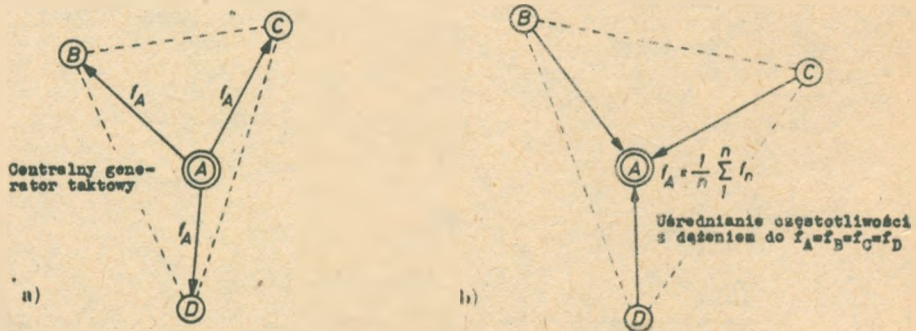
PCM-SYS - trakty PCM, GE - grupowe zakończenie traktów PCM, RVF - układ komutacji przestrzennej, SIG - przewody sygnalizac. Z - pamięci przesuwne, VS - zespół połączeniowy, SME - zespół sygnalizacyjny i sterujący, WSE - zespół wybierania dróg połączeniowych, AP - przepatrywacz, FU - przetwornik danych, PE - pamięć buforowa, RE - komputer, UE - zespół nadawczy



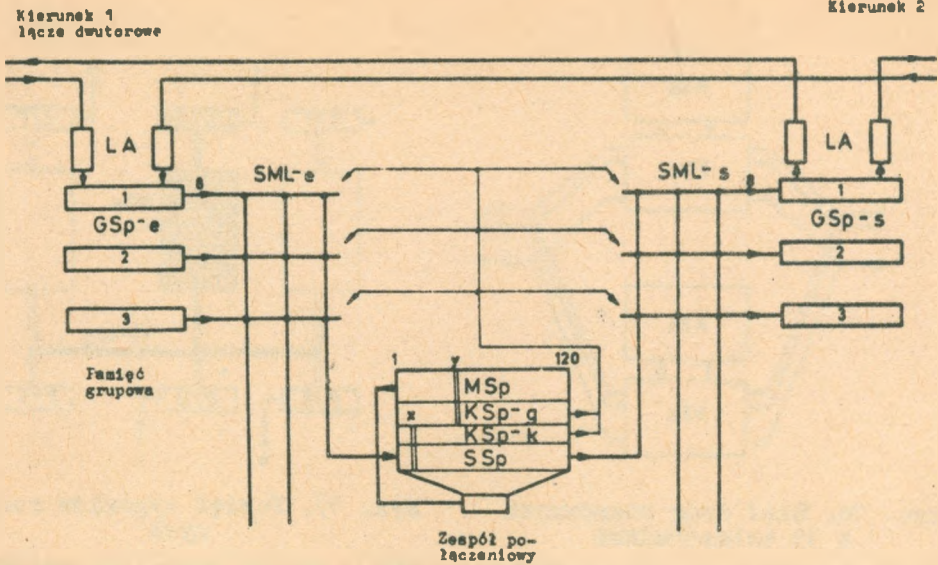
Rys. 11. Kombinowana centrala o komutacji przestrzennej i czasowej



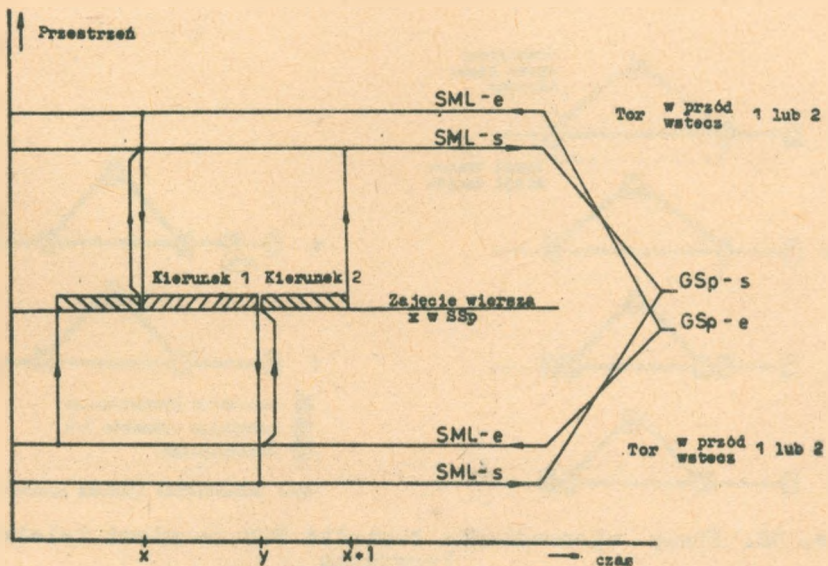
Rys. 12. Rozwiązania synchronizacji sieci: a) sieć niesynchronizowana, b) quasisynchronizm



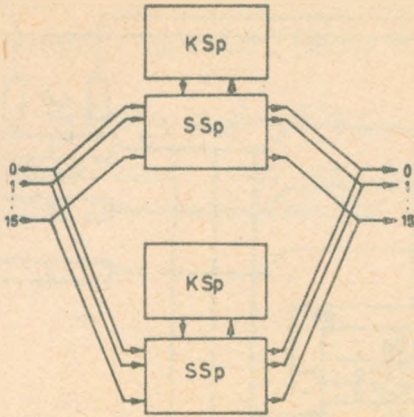
Rys. 13. Rozwiązania synchronizacji sieci: a) izosynchronizm, b) synchronizacja poprzez wzajemne powiązania



Rys. 14. Równoległa transmisja sygnałów poprzez komutacyjną sieć dróg rozmównych

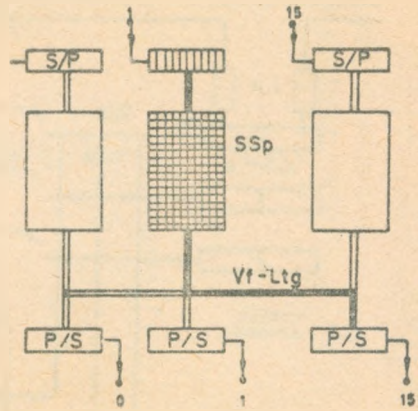


Rys. 15. Wykres czasowo-przestrzenny do komutacji według rys. 14



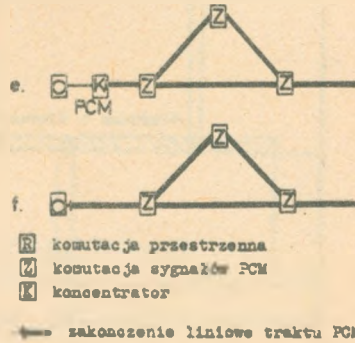
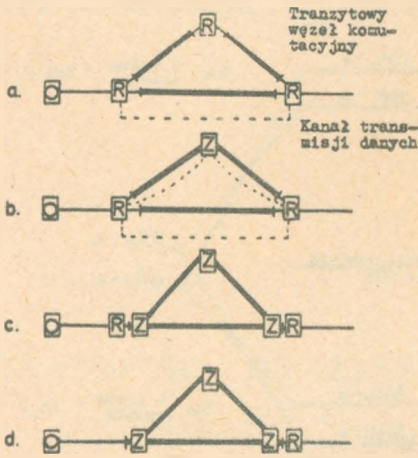
Rys. 16. Sieć dróg rozmównych z 15 telestradami

SSp - pamięć sygnałów rozmównych, KSp - pamięć układów komutujących



Rys. 17. Pamięć sygnałów rozmównych

SSp - pamięć sygnałów rozmównych, Vf-Ltg - telestrada, S/P - przetwornik szeregowo-równoległy, P/S - przetwornik równoległo-szezegowy



R komutacja przestrzenna
 Z komutacja sygnałów PCM
 K koncentrator

← zakończenie liniowe traktu PCM

Rys. 18. Etapy wprowadzania techniki PCM do sieci telekomunikacyjnych

