

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
WARSZAWA-MIEDZESZYN

PROBLEMY

ŁĄCZNOŚCI

109

1974

hw

PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

ROK 14

WARSZAWA 1974

NR 109

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Redakcja Problemów Łączności

Redaktor Naczelny - mgr inż. Jerzy Rutkowski

Redaktorzy działów:

mgr inż. Władysław Cetner, doc. 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

Redaktor: J. Borkowska

• Montaż tekstu: B. Drabik

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 665. Wpłynęło do
Działu Wydawniczego 10.12.1973 r.
Druk ukończono w lutym 1974 r.

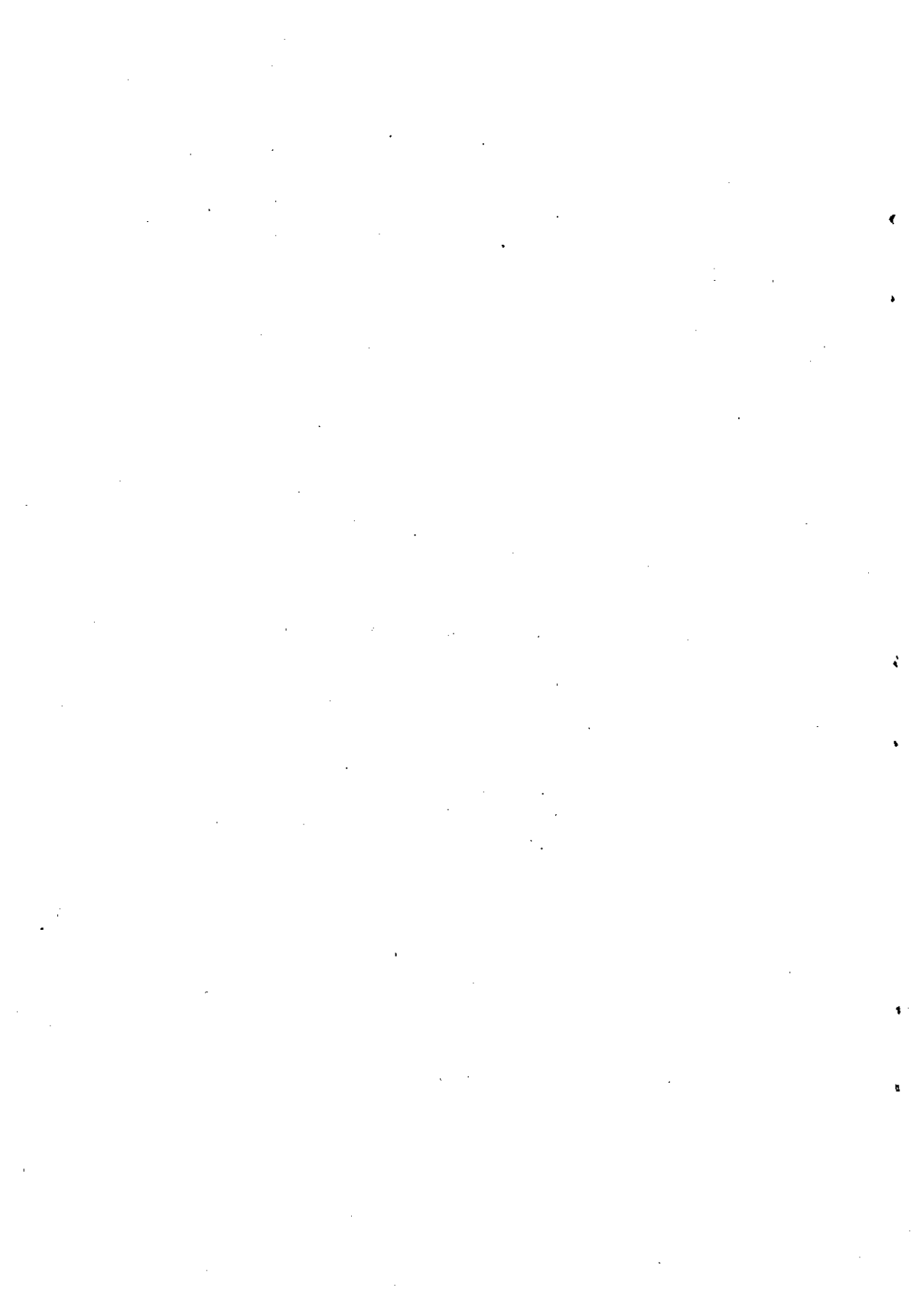
PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

Jerzy Trechciński

UKŁADY KOMUTUJĄCE PRZESTRZENNO-CZASOWE

SPIS TREŚCI

	Str.
1. Wstęp	1
2. Zasady komutacji z rozdziałem przestrzennym	6
3. Zasady komutacji z rozdziałem czasowym	8
4. Optymalizacja dwusekcyjnych układów komutujących	18
5. Optymalizacja trzysekcyjnych układów komutacyjnych	24
6. Synchronizacja w urządzeniach komutacji przestrzenno- -czasowej	33
7. Przykładowe rozwiązania układów komutacyjnych przestrzenno-czasowych z pamięciami ramkowymi po stronie przyściowej	47
8. Przykładowe rozwiązania układów komutacyjnych z pamięciami ramkowymi po stronie przyściowej i wyjściowej	58
Wykaz literatury	61



UKŁADY KOMUTUJĄCE PRZESTRZENNO-CZASOWE

1. WSTĘP

Komutacja telefoniczna z rozdziałem przestrzennym - to zestawianie izolowanych od siebie fizycznych dróg do transmisji tzw. prądów rozmównych pomiędzy zakończeniami łączy telefonicznych doprowadzonych do danego urządzenia telekomutacyjnego.

W komutacji tego typu od strony każdego z 1 do N łączy przyściowych^{1/} stosowany jest układ komutujący przyściowy - UK_p, poprzez który zestawiane są drogi transmisyjne między łączami oraz tzw. zespołami połączeniowymi /zespołami sznurowymi - ZS/ /rys. 1/^{x/}. Liczba zespołów sznurowych jest równa maksymalnej liczbie rozmów prowadzonych jednocześnie przez urządzenie komutujące. Zespoły sznurowe komutowane są poprzez drugi układ komutujący /wyjściowy - UK_w/ z 1 do N łączami wyjściowymi^{2/}, zatem urządzenie komutujące zestawia normalnie połączenia, w skład których wchodzi: droga połączeniowa poprzez układ komutujący

^{1/} To znaczy łącze, w zakończeniach którego wystąpiło zapotrzebowanie na zestawienie połączenia - czyli łącza wywołującego.

^{2/} To znaczy łączami wyjściowymi - czyli łączami, które zostały zadysponowane do połączeń za pomocą adresów, nadawanych przez odpowiednich abonentów wywołujących.

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

od łącza przyjściowego do zespołu sznurowego, zespół sznurowy oraz droga połączeniowa, poprzez układ komutujący do łącza wyjściowego.

W tej sytuacji omawiany zbiór połączeń "zajmuje" drogi połączeniowe w pierwszym układzie komutującym w liczbie równej liczbie prowadzonych rozmów oraz taką samą liczbę zespołów sznurowych i również taką samą liczbę dróg w drugim układzie komutującym.

Komutacja z rozdziałem czasowym - to zestawianie dróg do transmisji wielu różnych informacji w kolejno po sobie następujących kanałach czasowych, realizowanych na jednej fizycznej drodze transmisyjnej nazywanej telestradą. Taka telestrada jest wielokrotnie wykorzystywana w rozdziale czasowym, przy czym pełny zbiór kanałów czasowych zajmuje odcinek czasu określony jako czas trwania ramki. Informacje transmitowane w poszczególnych kanałach telestrady, wykorzystywanej do komunikacji telefonicznej, są wynikiem, określanych w stałych odstępach czasu, wartości chwilowych prądów rozmównych. Odstęp czasowy między pobieraniem kolejnych próbek z prądów rozmównych ograniczony jest do 125 μ s i taki może być czas trwania ramki. Wymaganie to zostało postawione przed telefonicznym urządzeniem odbiorczym ze względu na konieczność wiernego odtwarzania ciągłego przebiegu prądów w pasmie rozmównym. Im mniejszy może być czas trwania pojedynczego kanału, tym większa będzie liczba kanałów czasowych w jednej ramce /rys. 2/.

Komutowanie z rozdziałem czasowym może być stosowane w układzie komutującym zarówno w przypadku doprowadzenia do tego układu łączy telefonicznych, w których transmitowane są ciągłe

przebiegi prądów rozmównych, jak i w przypadku doprowadzenia traktów telefonii wielokrotnej, w których informacje transmitowane są w kolejnych kanałach rozłożonych w czasie.

W pierwszym przypadku z zakończeniami N łączy telefonicznych muszą zostać związane odpowiednie modemy, które cyklicznie pobierają z tych łączy próbki prądów rozmównych i wprowadzają je na telestradę w układzie komutującym. Do telestrady dołączane są również cyklicznie modemy M łączy, które z transmitowanych poprzez telestradę informacji odtwarzają prądy rozmówne. W tym przypadku /rys. 3/ łącza wchodzące w skład danego połączenia dołączane są poprzez sterowane centralnie układy zestawkowe do telestrady w układzie komutującym w tym samym czasie - w tej samej kanałowej szczelinie czasowej. Zaznaczmy, że to samo łącze, w zależności od swobody kanałów czasowych w momencie wystąpienia w nim zapotrzebowania na połączenia, może służyć do prowadzenia rozmowy telefonicznej w różnych szczelinach czasowych, a aktualna szczelina czasowa jest zwykle określana na początku danego połączenia i wykorzystywana aż do zakończenia tego połączenia.

W drugim przypadku informacje w takiej postaci, w jakiej mogłyby być ewentualnie transmitowane przez telestrady w układzie komutującym, zostają doprowadzone do tego układu poprzez szereg traktów liniowych telefonii wielokrotnej. W każdym takim trakcie liniowym występuje w zasadzie ta sama liczba kanałów czasowych w ramkach o tych samych czasach trwania. Wskutek tego kanały czasowe różnych telestrad mają normalnie te same "pozycje czasowe" - występują w tych samych momentach czasowych. W pewnych więc połączeniach zestawianych przez układ komutujący moż-

na dobrać jednakowe kanałowe szczeliny czasowe w przyjsciowym trakcie liniowym, w telestradzie układu komutującego i w wyjściowym trakcie liniowym.

Najczęściej jednak kanał przyjsciowy - p - ma inny numer /inną pozycję czasową/ niż kanał wyjściowy - w. W czasie trwania danej ramki kanał przyjsciowy występuje bądź wcześniej niż kanał wyjściowy, bądź też później /rys. 4/. Przy tym ostatnim rozkładzie informacje z kanału przyjsciowego można transmitować do kanału wyjściowego w następnej ramce, gdyż kanał wyjściowy jest odległy od kanału przyjsciowego mniej niż o czas trwania ramki i występuje w tej drugiej ramce wcześniej niż kanał przyjsciowy.

Ogólnie biorąc, odstęp czasowy między kanałem przyjsciowym i kanałem wyjściowym, wchodzącym w skład jednego połączenia, jest mniejszy od czasu trwania ramki - wynosi od "0" /t a sama pozycja czasowa obu kanałów/ do czasu trwania ramki pomniejszonego o czas trwania jednego kanału, /wtedy gdy kanał przyjsciowy ma w danej ramce następną pozycję czasową tuż za kanałem wyjściowym/. Oznacza to, że w omawianym przypadku informacja przychodząca po jednym kanale czasowym musi w urządzeniu komutacyjnym "przeczekać" do pozycji czasowej kanału wyjściowego i wtedy może być do niego transmitowana. Takie przeczekanie informacji jest możliwe, gdy zastosowana zostanie odpowiednia pamięć chwilowa, do której można, za pomocą odpowiedniego sterowania, wpisać informację w czasie trwania kanału przyjsciowego, a wypisać w czasie trwania kanału wyjściowego /rys. 5/.

W powyższym rozważaniu został pominięty na razie fakt, że do urządzenia komutującego może być doprowadzonych wiele traktów liniowych telefonii wielokrotnej i, że kanały przyjsciowy oraz wyj-

ściowy mają, ogólnie biorąc, różne położenia w rozdziale czasowym, jak też zwykle należą do różnych traktów liniowych, tzn. mają również różne położenia w rozdziale przestrzennym. W takiej sytuacji układ komutujący powinien umożliwiać transmitowanie informacji z dowolnego kanału jednego traktu liniowego do dowolnego kanału innego traktu telefonii wielokrotnej. Jeżeli przy tym informacje transmitowane przez kanał przyjsciowy byłyby wpisywane do pamięci chwilowych, to mogłyby one z uwzględnieniem zarówno adresu traktu wyjściowego jak i kanału, to znaczy zarówno rozdziału przestrzennego jak i rozdziału czasowego, być transmitowane do właściwych traktów w odpowiednich pozycjach czasowych.

Ogólnie biorąc /rys. 6/, informacje od traktów przyjsciowych transmitowane są do pamięci $P_1 \dots P_r$ przez jeden układ komutujący przestrzenno-czasowy, a z pamięci do traktów wyjściowych - przez inny układ. Użyte tu określenie "układ komutujący przestrzenno-czasowy" ma na celu podkreślenie faktu zestawiania przez układ komutujący zbiorów fizycznych dróg transmisyjnych - różnych w poszczególnych kanałowych szczelinach czasowych. Niżej będą omówione również rozwiązania z zastosowaniem w układzie komutującym większej liczby kanałów czasowych niż w poszczególnych traktach liniowych telefonii wielokrotnej; w takich układach komutujących występuje, praktycznie biorąc, tylko rozdział czasowy.

2. ZASADY KOMUTACJI Z ROZDZIAŁEM PRZESTRZENNYM

Jak wspomniano wyżej, do omawianego układu komutacyjnego doprowadzony jest określony zbiór łączy przyściowych. W układzie komutacyjnym zestawia się potrzebną liczbę dróg transmisyjnych oraz od układu odprowadza się odpowiedni zbiór łączy wyjściowych. Wprowadźmy, dla wykorzystania w ogólnych schematach układów komutacyjnych, symbol kółka dla oznaczenia pojedynczego łącza. W układzie komutacyjnym takie jedno łącze może być komutowane z dowolnym spośród M łączy /rys. 7/. Z kolei N takich łączy może mieć wspólny dostęp do M łączy. Układ komutujący złożony ze zbioru N łączy przyściowych i M łączy wyjściowych, w którym każde z łączy przyściowych może być skomutowane z dowolnym łączem wyjściowym, pozwala na zestawianie połączeń, w których występują dowolne pary po jednym łączu ze zbioru N i jednym łączu ze zbioru M . W takim zbiorze występujących w danej chwili połączeń wszystkie drogi przez układ komutujący są izolowane od siebie. Maksymalna liczba połączeń może być równa liczbie mniejszej spośród N lub M .

Połączenia w układzie komutującym zestawiane są przez sterowane układy przełączające $Z_1 \dots Z_M$, w których droga transmisyjna jest przerywana lub też zamykana. Tego rodzaju dwustanowy elementarny układ przełączający nazywany jest zestykiem. W najprostszym przypadku układ komutujący włączony między N łączy przyściowych i M łączy wyjściowych może się składać z takiego zbioru zestyków, który pozwala na zestawianie połączeń między każdym łączem przyściowym i każdym łączem wyjściowym /rys. 8/. Zaznaczmy, że w przypadku rozdziału przestrzennego odpowiedni

zestyk zostaje wysterowany tak na początku połączenia, że przez niego tworzy się droga transmisyjna - przechodzi w stan "1" - i taki stan utrzymuje się przez cały czas połączenia. Po zakończeniu połączenia następuje przerwa drogi transmisyjnej - zestyk przechodzi w stan "0". Ogólna liczba elementów zestykowych w omawianym układzie komutującym N łączy z M łączami wynosi $N \times M$.

W innym symbolicznym ujęciu omawiany układ komutujący może być przedstawiony jako tzw. matryca /rys. 9/, do której doprowadzonych jest z jednej strony N łączy, a z drugiej M łączy.

Zwróćmy z kolei uwagę na niektóre możliwości rozwiązywania układów komutujących, w których występuje szereg matryc komutacyjnych omawianego typu. Komutowanie N łączy z M łączami może się odbywać przy zastosowaniu połączenia równoległego: po jednej stronie szeregu matryc komutacyjnych doprowadza się N łączy, po drugiej stronie do każdej z matryc doprowadza się po m łączy. Przy liczbie matryc $\frac{M}{m}$ ogólna liczba łączy jest więc M . Istotą rozwiązania jest to, że układ komutujący N łączy z M łączami może być zestawiony przy użyciu matryc o mniejszej liczbie łączy wyjściowych /rys. 10/. Liczba elementów zestykowych wynosi w każdej matrycy $N \times m$, co może się wiązać z pewnym uproszczeniem sterowania układem, choć w całym układzie komutującym N łączy z M łączami łączna liczba zestyków wynosi tak jak poprzednio $M \times N$.

Możliwa jest także budowa układów komutujących z szeregowym łączeniem matryc komutacyjnych. Takim układem może być układ dwustopniowy lub dwusekcyjny /rys. 11/, w którym od strony przyściowej byłyby zastosowane matryce komutujące n łączy z

$\frac{M}{m}$. f łączami, a po stronie wyjściowej matryce komutujące $\frac{N}{n}$. f łączy z m łączami.

Cały układ komutujący może przeprowadzić komutowanie N łączy z M łączami. Istotne jest tutaj zastosowanie matryc o mniejszej pojemności jak również mniejszej liczbie układów zestykowych niż $N \times M$. Zaznaczmy jednak, że zwykle układ dwustopniowy lub dwusekcyjny jest budowany z wystąpieniem w nim tzw. blokady wewnętrznej, podczas, gdy wyżej pokazany układ był przykładem układu bez blokady.

Może być także stosowane w układach komutujących zwiększenie liczby stopni lub liczby sekcji, jak np. w układzie trzysekcyjnym /rys. 12/. W tym układzie po stronie przyjsiowej zastosowano $\frac{N}{n}$ matryc komutacyjnych i po stronie wyjściowej $\frac{M}{m}$ matryc oraz jeszcze "r" matryc pośrednich. Pojemności liniowe matryc po stronie przyjsiowej i po stronie wyjściowej mogą być na ogół w tym przypadku jeszcze mniejsze. Do komutacji N łączy z M łączami może być tu stosowany zarówno układ z blokadą wewnętrzną, jak również układ bez blokady wewnętrznej. Ten ostatni jest więc równorzędny funkcjonalnie układom o bezpośrednim dostępie N łączy do M łączy. W pewnym zakresie pojemności jednak układy trzysekcyjne bez blokady wewnętrznej są bardziej ekonomiczne niż układy o bezpośrednim dostępie.

3. ZASADY KOMUTACJI Z ROZDZIAŁEM CZASOWYM

Jak wspomniano wyżej, przez komutację z rozdziałem czasowym rozumiemy zestawianie dróg do transmitowania informacji w centrali przez jeden wspólny tor transmisyjny zwany telestradą. W

najprostszym przypadku do tego typu układu komutacyjnego doprowadza się N łączy przyjsciowych i od układu komutacyjnego odchodzi M łączy wyjściowych /rys. 13/. W omawianym układzie zastosowano telestradę o " r " kanałach czasowych; to znaczy, że przy użyciu tej telestrady może być zestawionych r połączeń. Każda komutowana para łączy musi być przyłączana do telestrady na okres trwania użytego do rozmowy kanału czasowego. W tej sytuacji wystarczające jest, że z każdym zakończeniem komutacyjnym łączy związanych jest jeden układ zestykowy, sterowany przez wspólne urządzenie sterujące. Ogólna liczba takich zestyków w omawianym układzie komutacyjnym wynosi $N + M$, a więc znacznie mniej niż w układzie komutacyjnym z rozdziałem przestrzennym, gdzie w najprostszym przypadku liczba zestyków wynosi $N \times M$. Zwróćmy dodatkowo uwagę, że gdy np. N jest większe niż M , to maksymalna liczba połączeń może wynosić M . W związku z tym r musi być co najwyżej równe mniejszej liczbie łączy spośród N i M , a wtedy układ komutujący nie ma żadnej blokady wewnętrznej.

Rozpatrzmy przypadek układu komutującego, w którym występuje wiele grup łączy przyjsciowych i wiele grup łączy wyjściowych /rys. 14/. W tym przypadku łączy są podzielone na " g " grup po " n " łączy przyjsciowych i " m " łączy wyjściowych w każdej. Każda taka grupa łączy komutowana jest przez "własną" telestradę o " r " kanałach czasowych. W ramach więc każdej grupy między n i m łączy może być zestawionych r połączeń.

Uzyskanie możliwości komutowania łączy należących do różnych grup może być realizowane przy użyciu we wszystkich telestradach "tych samych" r kanałów czasowych za pomocą dodatkowego komutowania między sobą poszczególnych telestrad. Połączenie więc mię-

dzy dwoma łączami różnych grup przebiega przez dwie telestrady skojarzone na okres danego kanału czasowego za pomocą zestyku międzytelestradowego. Zwróćmy uwagę, że kanał "x", przez który następuje komunikacja między dwoma abonentami różnych telestrad użyty jest do pracy w obu tych telestradach. Wskutek tego wzrost liczby połączeń między łączami różnych grup zmniejsza ogólną liczbę połączeń w omawianym układzie komutującym; może ona wynosić od $R = r \cdot g$, gdyby występowały same połączenia między abonentami tych samych grup; do $\frac{R}{2}$, gdyby wszystkie połączenia były prowadzone między abonentami różnych grup.

Oprócz tego, przy połączeniach między łączami różnych grup, fakt wykorzystywania tej samej pozycji czasowej w dwóch telestradach prowadzi do konieczności szukania odpowiadającego kanału czasowego w telestradzie, do której dołączone jest łącze żądane, a gdy takiego wolnego kanału nie ma, prowadzi do konieczności zmiany "numeru" kanału przyściowego. Wyżej wymienione cechy układu powodują występowanie w nim blokady wewnętrznej. Jeżeli przyjmiemy, że $g.n = N$ i $g.m = M$, to liczba zestyków sterowanych dla dołączania łączy do telestrad wynosi $N+M$ i dochodzi jeszcze niewielki stosunkowo zbiór zestyków dla łączenia między sobą telestrad.

Inne rozwiązanie układu komutującego, w którym występuje g telestrad, może być zrealizowane przy zastosowaniu połączenia równoległego po jednej stronie układu /rys. 15/. Przyjmijmy więc, że do g telestrad przyłączonych jest N łączy przyściowych. Do każdej telestrady o r kanałach czasowych dołączonych jest m łączy wyjściowych, czyli razem łączy wyjściowych jest $g.m = M$. W tym przypadku telestrady nie muszą być łączone między sobą, gdyż każ-

de łącze przyściowe może być dołączone do każdej z nich. Układ komutujący cechuje się więc brakiem blokady wewnętrznej, a liczba zestyków sterowanych wynosi $g \cdot N + M$. Największa liczba jednoczesnych połączeń przy tym może wynosić $g \cdot r = R$.

Przejdźmy z kolei do omówienia układu szeregowego /rys. 16/, w którym w każdym połączeniu drogą transmisyjną przebiega przez telestradę po stronie przyściowej i telestradę po stronie wyjściowej. Przyjmijmy, że N łączy przyściowych podzielonych jest na g_1 grup po n łączy, a M łączy wyjściowych podzielonych jest na g_2 grup po m łączy. Każdy zbiór n lub m łączy dołączony jest do oddzielnej telestrady. Połączenie między dwoma łączami realizowane jest poprzez zestyk sterowany dołączający łącze przyściowe do "własnej" telestrady, poprzez zestyk między aktualną telestradą po stronie przyściowej i telestradą po stronie wyjściowej oraz zestyk między telestradą po stronie wyjściowej i żądanym łączem wyjściowym.

W omawianym układzie szeregowym występuje $N + M$ zestyków dołączających łącza do telestrad oraz niewielki stosunkowo zbiór zestyków dla komutowania telestrad. Podkreślmy, że ten układ komutacyjny może być układem bez blokady wewnętrznej; można to uzyskać przez odpowiedni dobór liczby kanałów czasowych w każdej telestradzie, lub - jeżeli liczba r kanałów czasowych byłaby ustalona ze względu np. na czas przełączania zestyków sterowanych - przez dobór wartości n i m .

Układem o rozdziale przestrzennym równoważnym omawianemu układowi szeregowemu byłby układ trzysekcyjny komutujący N łączy z M łączami /rys. 17/, w którym łącza przyściowe podzielone są na g_1 grup po n łączy, a łącza wyjściowe na g_2 grup po m łą-

czy. W układzie trzysekcyjnym występują dwa zbiory łączy pośrednich: jeden zbiór po stronie przyściowej o $r.g_1$ łączy i drugi po stronie wyjściowej - również o $r.g_2$ łączy. Każde połączenie od łączy przyściowego przebiega przez łączy pośrednie pierwszego zbioru i odpowiadające mu łączy drugiego zbioru.

Przejdźmy z kolei do innych jeszcze przykładów komutacji z rozdziałem czasowym, w których do układu komutującego doprowadzone są łączy w traktach liniowych telefonii wielokrotnej o rozdziale czasowym. Jak wspomniano już wyżej, w tym przypadku musimy zwrócić uwagę na to, że każde łączy ma określoną, wybraną spośród k pozycji - pozycję czasową w swoim trakcie telefonii wielokrotnej. W ogólnym przypadku do układu komutującego doprowadzonych jest i traktów liniowych telefonii wielokrotnej. W każdym takim trakcie występuje tor do transmisji w przód oraz tor do transmisji wstecz. Jeżeli w urządzeniu komutacyjnym zastosowane będzie tylko jednokierunkowe transmitowanie, na przykład od strony przyściowej do strony wyjściowej, to tory przyściowe traktów liniowych byłyby włączone po stronie przyściowej urządzenia komutującego, a tory wyjściowe tych samych traktów - po stronie wyjściowej tego urządzenia. W omawianym więc układzie, układ komutujący mógłby zestawiać połączenia między $i.k$ łączami. W każdym połączeniu biorą udział dwa łączy i wobec tego maksymalną liczbą połączeń w omawianym układzie komutującym może wynosić $\frac{i.k}{2}$. Każde połączenie jest w tym przypadku dwutorowe.

Podkreślono już poprzednio, że między łączami przyściowymi i łączami wyjściowymi występuje odstęp czasowy wynikający z rozkładu czasowego tych łączy w ich traktach liniowych telefonii wielokrotnej. Jeżeli oznaczymy czas występujący między kanałem cza-

sowym łącza przyjsciowego i kanałem czasowym łącza wyjściowego przez t_r /rys. 18/, to czas między kanałem czasowym łącza wyjściowego i łącza przyjsciowego wynosi $T - t_r$ /gdzie T - czas trwania ramki/.

Zwróćmy z kolei uwagę, że przy łączności dwutorowej między łączami przyjsciowymi i wyjściowymi transmitowane mogą być w tym samym czasie T dwie informacje, jedna z nich pojawia się na torze w przód /od A do C/ łącza przyjsciowego i jest transmitowana do toru wstecz /od C do B/ łącza wyjściowego. Druga informacja natomiast pojawia się na torze w przód /od B do C/ łącza wyjściowego i jest transmitowana do toru wstecz /od C do A/ łącza przyjsciowego.

Biorąc powyższe pod uwagę, informacja transmitowana z łącza przyjsciowego do łącza wyjściowego powinna oczekiwać w pamięci chwilowej przez odcinek czasu 0 do t_r , a informacja transmitowana z łącza wyjściowego do przyjsciowego od t_r do T . Jak widać, jedna komórka pamięci chwilowej może w tym samym czasie T mieć wpisaną najpierw informację z łącza przyjsciowego, a następnie jednocześnie wypisaną tę informację i wpisaną informację przychodzącą z łącza wyjściowego. W następnym momencie wypisana może być ta ostatnia informacja i wpisana informacja ponownie z łącza przyjsciowego i tak dalej. Oznacza to, że informacje do takiej pamięci chwilowej, w czasie T równym czasowi trwania ramki byłyby wpisywane i wypisywane dwukrotnie. Omawiana komórka pamięci "zajęta" byłaby więc dla jednego połączenia przez cały czas trwania tego połączenia. Poprzednio zwrócono uwagę, że w części połączeń zestawianych przez układ komutacyjny kanałowe pozycje czasowe łączy przyjsciowych i łączy wyjściowych mogą być te same.

W tych połączeniach informacja może być transmitowana bez opóźnienia czasowego, a równocześnie występuje transmisja informacji po obu torach tego połączenia. Droga transmitowania dla takiego połączenia musi być więc fizycznie dwutorowa. Po jednej jednak takiej drodze można zestawiać w różnych szczelinach czasowych wiele różnych połączeń. Jeżeli chcielibyśmy zapewnić brak blokady wewnętrznej dla omawianego przypadku, to wystarczy zapewnić komutowanie w dowolnych kombinacjach traktów liniowych włączonych po stronie przyściowej układu komutującego z traktami liniowymi włączonymi po stronie wyjściowej układu komutującego. Oznacza to ewentualne zastosowanie układu komutującego złożonego z i^2 zestyków sterowanych i układ taki mógłby zestawiać, jak wynika z danych statystycznych, dla przypadku preferowania tego typu połączeń od 40 do 60% wszystkich połączeń zestawianych przez układ komutujący /rys. 19/. Pozostałe połączenia mogą być zestawiane przy użyciu liczby komórek pamięci mniejszej o 40 do 60%. Między traktami przyściowymi i komórkami pamięci występują w omawianym rozwiązaniu dwa układy komutujące: między traktami przyściowymi i komórkami pamięci oraz między komórkami pamięci i traktami wyjściowymi. Omawiany układ komutujący jest układem przestrzenno-czasowym, przy czym w różnych szczelinach czasowych mogą być zestawiane w dowolnych kombinacjach połączenia między traktami liniowymi i komórkami pamięci /lub odwrotnie/. Takim układem komutującym przestrzenno-czasowym może być układ o bezpośrednim komutowaniu łączy włączonych po jego stronie przyściowej i łączy włączonych po jego stronie wyjściowej; może też być zastosowany układ dwusekcyjny, trzyssekcyjny itd. W układzie o bezpośrednim komutowaniu liczba zestyków wyra-

za się iloczynem: $i \cdot r$. W układach o dwu lub większej liczbie sekcji liczba zestyków sterowanych przy przekroczeniu określonych wartości i oraz r może być mniejsza niż wspomniany iloczyn. W takich przypadkach układ komutujący bez blokady wewnętrznej mógłby być korzystniejszy od układu o bezpośrednim komutowaniu, choć sterowanie takimi układami jest z reguły bardziej skomplikowane.

Modyfikacja omawianego układu komutującego może być zrealizowana przy założeniu przydziału poszczególnych komórek pamięci traktom telefonii wielokrotnej włączonym po stronie przyściowej układu komutującego. W takim przypadku wszystkie informacje nadchodzące z tych traktów wpisywane byłyby do pamięci /zwanym ramkowymi/, związanych z poszczególnymi traktami. Pojęcie "pamięć ramkowa" ma na celu podkreślenie, że liczba komórek pamięci jest równa liczbie kanałów czasowych występujących w jednej ramce. Informacja z omawianych pamięci może być z kolei transmitowana do traktów wyjściowych telefonii wielokrotnej w kanałowych szczelinach czasowych łączy wyjściowych. Dla uzyskania komutacji między pamięciami i łączami wyjściowymi można w tym przypadku zestawiać połączenia między pamięciami i traktami wyjściowymi /rys. 20/.

Jak widać, struktura tego układu komutującego jest o tyle inna od poprzedniego /w którym występowało najpierw komutowanie, następnie magazynowanie w pamięci informacji i znów komutowanie/, że występują tylko dwa przebiegi: najpierw magazynowanie informacji w pamięci, a potem komutowanie. Liczba komórek pamięci ramkowych wchodzących w skład układu komutującego jest równa $i \cdot k$ i jest około dwa razy większa niż maksymalna liczba połączeń. Jeden układ komutujący w tych $i \cdot k$ pamięci z i traktami wyjściowymi

miałby w zasadzie około 2 razy mniej zestyków sterowanych niż układ komutujący w poprzednim przypadku. I w tym przypadku może być zastosowany układ komutujący o bezpośrednim komutowaniu pamięci z traktami wyjściowymi, jak również - w razie ekonomiczniejszego rozwiązania - układ dwusekcyjny lub wielosekcyjny.

Równoważny w zasadzie jest układ, w którym informacje z traktów przyjsciowych są transmitowane do pamięci związanych z traktami wyjściowymi. Układ komutujący występowałby w tym przypadku między traktami przyjsciowymi i pamięciami ramkowymi powiązаныmi z traktami wyjściowymi o liczbie komórek k . Liczba zakończeń komutacyjnych w tym układzie komutacyjnym jest taka sama jak w poprzednim. Jednak występuje w nim najpierw przebieg komutowania, a potem magazynowanie informacji.

Pewne korzyści mogą być również uzyskane w układzie, w którym zastosowane są zarówno pamięci ramkowe powiązane z traktami przyjsciowymi, jak i pamięci ramkowe powiązane z traktami wyjściowymi. Po każdej stronie układu komutującego występują wtedy pamięci o ogólnej liczbie $i \cdot k$ komórek pamięci. Transmisja informacji między tymi zbiorami pamięci realizowana jest przez układ komutacyjny przestrzenno-czasowy /rys. 21/. W omawianym układzie komutacyjnym najpierw następuje przebieg magazynowania informacji po stronie przyjsciowej, następnie komutowanie i z kolei magazynowanie informacji po stronie wyjściowej. Łączny czas magazynowania informacji transmitowanej w jednym połączeniu nie przekracza w zasadzie czasu trwania ramki T .

Układ przestrzenno-czasowy dla komutacji między omawianymi pamięciami miałby w przypadku bezpośredniego komutowania i transmisji informacji między elementarnymi komórkami pamięci $i^2 \times k^2$

zestyków sterowanych. Odpowiednio mniejszą liczbę zestyków przy większej pojemności mógłby mieć, jak wspomnieliśmy wyżej, układ dwu i wielosekcyjny. Zatrzymajmy się na chwilę nad układem komutującym, w którym liczba zakończeń przyjsciowych i zakończeń wyjściowych byłaby po i , to znaczy nad układem, który służyłby właściwie do komutowania traktów. W takim układzie pamięć ramkowa miałaby tylko jedno wyjście w kierunku układu komutacyjnego. Liczba zestyków sterowanych w takim układzie przy bezpośrednim komutowaniu wynosi i^2 . W każdej kanałowej szczelinie czasowej możliwe jest komutowanie dowolnych pamięci ramkowych po stronie przyjsciowej z dowolnymi pamięciami po stronie wyjściowej. Nie jest możliwe w tej samej szczelinie czasowej transmitowanie informacji z dwóch lub więcej komórek pamięci ramkowej po stronie przyjsciowej lub do dwóch lub więcej komórek pamięci ramkowej po stronie wyjściowej. Zastosowanie pamięci po stronie przyjsciowej i po stronie wyjściowej pozwala wprowadzić na swobodny dobór kanałowej szczeliny czasowej, w której informacja byłaby przenoszona między danymi dwoma komórkami pamięci po stronie przyjsciowej i wyjściowej, trzeba się jednak liczyć z wystąpieniem blokady wewnętrznej w omawianym układzie.

Wyjścia z pamięci ramkowych po stronie przyjsciowej mogą być wprowadzone na odpowiednią telestradę, a jednocześnie na wejścia pamięci po stronie wyjściowej informacje mogą być transmitowane z odpowiedniej telestrady. Przyjmijmy w ogólnym przypadku, że każdy zbiór " i " traktów przyjsciowych byłby komutowany z własną telestradą i każdy zbiór " i " traktów wyjściowych byłby komutowany również z własną telestradą oraz że takich zbiorów jest po g sztuk po stronie przyjsciowej i wyjściowej. Taki układ o szerego-

wym łączeniu telestrad /rys. 22/ miałby g takich telestrad o r kanałach czasowych każda po stronie przyściowej oraz g telestrad po r kanałów po stronie wyjściowej. Omawiany układ komutacyjny jest równoważny przestrzennemu układowi trzysekcyjnemu /rys. 23/, podobnemu do wyżej opisywanych.

Dodajmy, że liczba kanałów w każdej telestradzie układu komutacyjnego może być również mniejsza niż liczba kanałów w trakcie liniowym telefonii wielokrotnej. Zmniejszając przy tym liczbę łączy obsługiwanych przez telestradę i zwiększając liczbę grup dochodzimy w przypadku granicznym do układu komutacyjnego w rozdziale przestrzennym, do którego doprowadzone są trakty liniowe telefonii wielokrotnej.

4. OPTYMALIZACJA DWUSEKCYJNYCH UKŁADÓW KOMUTUJĄCYCH

Przeprowadźmy ogólne rozważania na temat zestykowego układu komutującego dwusekcyjnego, do którego doprowadzonych jest z jednej strony N łączy i z drugiej strony M łączy /rys. 24/.

Zgodnie ze strukturą układu dwusekcyjnego łącza ze zbioru N , które nazwijmy przyściowymi, podzielone są na g_1 grup po n łączy każda, a łącza ze zbioru M , które nazwijmy wyjściowymi, podzielone są na g_2 grup po m łączy. W układzie komutującym występuje $\zeta \cdot N$ łączy pośrednich. Do zbioru $g_2 \cdot f$ takich łączy ma dostęp poszczególne zbiór n łączy przyściowych.

Przyjmując, że układ zbudowany jest z elementarnych układów zestykowych, obliczmy ogólną liczbę zestyków w układzie:

$$\zeta = \zeta N \cdot n + \zeta N \cdot m$$

biorąc pod uwagę, że $G \cdot n = g_2 \cdot f = \frac{M}{m} \cdot f$,

stąd

$$m = \frac{M \cdot f}{G \cdot n}$$

możemy z kolei napisać:

$$Z = G N \cdot n + \frac{M \cdot N \cdot f}{n}$$

i dalej

$$Z = G N / n + \frac{M \cdot f}{G n} /$$

Przyjmując, że wartości G i f są stałe, napiszemy dalej:

$$\frac{dZ}{dn} = G \cdot N \left[1 + \frac{M \cdot f}{G} \cdot \frac{1}{n^2} \right]$$

Optymalna liczba łączy przyjsciowych w grupie może być więc obliczona ze wzoru:

$$n_o = \sqrt{\frac{M \cdot f}{G}}$$

Przyjmijmy teraz, że rzeczywista liczba łączy przyjsciowych w grupie, która musi być liczbą całkowitą, wynosi:

$$n_r = \sqrt{\frac{M \cdot f}{G}} + \eta$$

Jeżeli przyjętą tu wartość n_r wprowadzimy do wzoru dla określania liczby zestyków, otrzymamy zależność:

$$Z_r = G \cdot N \left[\sqrt{\frac{M \cdot f}{G}} + \eta + \frac{\frac{M \cdot f}{G}}{\sqrt{\frac{M \cdot f}{G}} + \eta} \right]$$

Wymnażając otrzymujemy:

$$Z_r = N \cdot \sqrt{M.f. \cdot \sigma} + \sigma \cdot N \cdot \eta + N \frac{1}{\frac{1}{\sqrt{M.f. \cdot \sigma}} + \frac{\eta}{M.f}}$$

i dalej

$$Z_r = N \cdot \sqrt{M.f. \cdot \sigma} + \sigma \cdot N \cdot \eta + \frac{N \cdot \sqrt{M.f. \cdot \sigma}}{1 + \eta \cdot \sqrt{\frac{\sigma}{M.f}}}$$

wyrażenie:

$$1 + \eta \cdot \sqrt{\frac{\sigma}{M.f}} = 1 + \frac{\eta}{n_o}$$

wyrażenie natomiast:

$$\frac{1}{1 + \frac{\eta}{n_o}} = 1 - \frac{\eta}{n_o} + \left(\frac{\eta}{n_o}\right)^2 - \left(\frac{\eta}{n_o}\right)^3 + \dots \text{ itd.}$$

Przyjmując, że $\frac{\eta}{n_o}$ jest niewielkie, możemy napisać w przybliżeniu

$$\frac{1}{1 + \frac{\eta}{n_o}} \approx 1 - \frac{\eta}{n_o} + \left(\frac{\eta}{n_o}\right)^2$$

Podstawiając do wzoru na liczbę zestyków otrzymujemy z kolei:

$$Z_r \approx N \sqrt{M.f. \cdot \sigma} + \sigma \cdot N \cdot \eta + N \cdot \sqrt{M.f. \cdot \sigma} - N \frac{\sqrt{M.f. \cdot \sigma} \cdot \eta}{\sqrt{\frac{M.f.}{\sigma}}} + \\ + N \sqrt{M.f. \cdot \sigma} \cdot \left(\frac{\eta}{n_o}\right)^2$$

Po dalszym uproszczeniu otrzymujemy:

$$Z_r \approx N \sqrt{M.f.\sigma} + N \sqrt{M.f.\sigma} + N \sqrt{M.f.\sigma} \cdot \left/ \frac{\eta}{n_0} \right/ ^2$$

i dalej:

$$Z_r \approx N \cdot \sqrt{M.f.\sigma} \cdot \left[2 + \left/ \frac{\eta}{n_0} \right/ ^2 \right]$$

dla niewielkiej wartości η , to znaczy, gdy rzeczywista liczba łączy w grupie łączy przyściowych jest nieznacznie różna od obliczonej wielkości n_0 , liczba zestyków w omawianym dwusekcyjnym układzie komutacyjnym w jego optymalnej strukturze wynosi:

$$N \cdot 2 \cdot \sqrt{M.f.\sigma} = N \cdot 2 \cdot \sigma \cdot n$$

Porównując omawiane układy z układami bezpośredniej komutacji N łączy z M łączami, w których musi być zastosowane $N \cdot M$ zestyków, łatwo możemy wyciągnąć wniosek, że układ dwusekcyjny jest bardziej korzystny wtedy, gdy $M \geq 4.f.\sigma$.

Układ dwusekcyjny jest w zasadzie układem z blokadą wewnętrzną i często wielkość tej blokady nie powinna przekraczać 5%. Przy użyciu przybliżonego wzoru blokada wewnętrzna może być obliczona według zależności:

$$E_L = E_{g_2f} / A_1 / + \beta_k \cdot E_M / A /$$

gdzie:

A_1 - oznacza natężenie ruchu telefonicznego jednego zbioru N łączy,

A - natężenie ruchu M łączy,

E_{g2f}/A_1 i E_M/A - wielkości natłoku obliczonego wg wzoru Erlanga,

β_k - współczynnik, którego wielkość wynosi około 2.

Dla wygody czytelnika podaję następujące dane:

$g_{2.f}$	4	5	6	7	8	10	12	14	16	20
A_o	0,44	0,76	1,15	1,58	2,05	3,09	4,23	5,42	6,72	9,41

$g_{2.f}$	24	32
A_o	12,24	18,20

M	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70
A	3,43	6,58	10,07	13,73	17,51	21,56	25,60	33,90	42,4	51,2

dla nieprzekroczenia dopuszczalnych strat zarówno liczba łączy pośrednich jak i liczba łączy wyjściowych powinny być co najmniej równe lub większe niż wynikające z wielkości ruchu telefonicznego podanego powyżej.

Dodajmy, że układ dwusekcyjny złożony z zestyków może być stosowany do komutowania N łączy z M łączami zarówno w układach komutacji przestrzennej /dla komutowania w trybie "stacynym" tych łączy/, jak w trybie "dynamicznym" za pomocą zestawów sterowanych w rozdziale czasowym.

Rozpatrzmy układ o następujących parametrach liczbowych:

$N = 512$; $M = 64$ i przyjmując dla pierwszego rozwiązania, że $f = 1$ i $\beta = 0,5$

$$n_o = \sqrt{\frac{64 \cdot 1}{0,5}} = 11,3$$

Przyjmujemy że $n_r = n_o + \eta = 10$, to znaczy

$$\eta = 1,3 \text{ oraz } \left| \frac{\eta}{n_o} \right|^2 = \left| \frac{1,3}{11,3} \right|^2 = 0,014$$

Układ komutacyjny dwusekcyjny 500 x 250 x 60 /rys. 25/ może być zbudowany, jak łatwo obliczyć, przy użyciu 500 · 11 zestyków, to znaczy liczba zestyków przypadających średnio na jedno łącze przychodzące wynosi jedenaście. Obliczenia wykonane za pomocą wzoru dają:

$$Z_r = 500 \cdot \sqrt{60 \cdot 0,5} \cdot 2 \cdot 0,14 = 500 \cdot 10,9$$

Przyjmujemy z kolei inne parametry f i σ , a mianowicie: $f = 2$;

$$\sigma = 0,25$$

$$n_o = \sqrt{\frac{64 \cdot 2}{0,25}} = 22,6$$

i przyjmujemy, że $n_r = 24$, to $\left| \frac{\eta}{n_o} \right|^2 = 0,004$.

Układ dwusekcyjny 500 x 120 x 60 /rys. 26/ może być zbudowany przy użyciu 5400 zestyków, to znaczy przeciętnie 10,5 zestyków na łącze przyściowe.

Uzupełniając te dwa przykłady danymi ruchowymi, możemy stwierdzić co następuje: w układzie pierwszym $A_o \text{ max} = 0,76 \text{ erl}$, to znaczy 0,076 erl na jedno łącze przyściowe oraz $\Lambda = 42,4$, to znaczy 0,85 erl na łącze przyściowe. Z omawianych dwóch wielkości

bardziej ograniczająca jest pierwsza i wobec tego przyjmujemy orientacyjnie, że w układzie komutacyjnym $500 \times 250 \times 60$ nie powinno być przekroczone natężenie ruchu telefonicznego $0,76$ erl przeciętnie na jednego abonenta, to znaczy łącznie ruch komutowany przez układ nie powinien przekraczać 38 erl.

Dla drugiego przypadku $A_0 = 1,15$ erl, to znaczy $0,46$ erl na jedno łącze abonenta.

Układ drugi, w którym mamy większą kompresję między łączami przyściowymi i łączami pośrednimi / $G = 0,25$ / o strukturze $500 \times 120 \times 60$, nie powinien być stosowany przy komutowaniu ruchu o natężeniu większym niż 23 erl.

5. OPTIMALIZACJA TRZYSEKCYJNYCH UKŁADÓW KOMUTACYJNYCH

Typowy układ trzysekcyjny służy do komutowania N łączy przyściowych z M łączami wyjściowymi / rys. 27 / . Łącza przyściowe podzielone są na g_1 grup po n łączy każda, a łącza wyjściowe na g_2 grup po m łączy każda. Każdy zbiór n łączy przyściowych może być komutowany z odpowiednim zbiorem r pierwszych łączy pośrednich, a każdy zbiór m łączy wyjściowych - z odpowiednim zbiorem r drugich łączy pośrednich. Pierwsze łącza pośrednie o liczbie $g_1 \cdot r$ są komutowane z drugimi łączami pośrednimi o liczbie $g_2 \cdot r$ w ten sposób, że każde pierwsze łącze pośrednie ma dostęp do g_2 drugich łączy pośrednich. Łącza pierwszego zbioru "o tym samym" numerze we wszystkich g_1 grupach mają dostęp do takich samych g_2 drugich łączy pośrednich. W ten sposób zbiór g_1 od 1 do r pierwszych łączy pośrednich jest komutowany z innym zbiorem $1 \dots r$ po g_2 drugich łączy pośrednich.

Rozpatrzmy teraz możliwość komutowania łącza p w grupie g_p z łączem w w grupie g_w / rys. 28/. Łącza przyściowe grupy g_p komutowane są z r łączami pierwszymi pośrednimi grupy g_p - a łącza wyjściowe grupy g_w są komutowane z r drugimi łączami pośrednimi grupy g_w . W grupach g_p i g_w łączy pośrednich "skojarzone" są z punktu widzenia komutacji łącze 1 z łączem 1, 2 z 2... $r-1$ z $r-1$ oraz r z r . W ten sposób między łączami przyściowymi grupy g_p i łączami wyjściowymi grupy g_w mamy r niezależnych dróg pośrednich przebiegających poprzez pierwsze i drugie łącza pośrednie.

Jeżeli układ komutacyjny cechuje się brakiem blokady wewnętrznej, to w krytycznym przypadku obciążenia ostatnie łącza przyściowe powinno być komutowane z ostatnim swobodnym łączem wyjściowym.

Przyjmujemy, że w tym przypadku ostatnim łączem w grupie g_p jest właśnie przyjęte przez nas łącze p , a ostatnim wolnym łączem w grupie g_w jest łącze w . Skojarzenie komutacyjne łączy przyściowych grupy g_p z łączami pośrednimi pierwszymi grupy g_p powoduje to, że $n-1$ połączeń zestawionych dla łączy tej grupy zajmuje $n-1$ łączy pośrednich pierwszych w grupie g_p . Podobnie $m-1$ połączeń zestawionych dla grup g_w łączy wyjściowych powoduje zajęcie $m-1$ łączy pośrednich drugich w grupie g_w . W najbardziej niekorzystnym rozkładzie połączeń $n-1$ i $m-1$, żadne połączenie nie jest zestawione między wspomnianymi grupami g_p i g_w . W grupie łączy pośrednich pierwszych g_p zajęte są łącza o innych numerach niż łącza w grupie drugich łączy pośrednich g_w . W ten sposób w grupie g_p jest praktycznie niedostępnych dla omawianego połączenia na łączu p : $n-1+m-1 = n+m-2$ łączy. Do zestawienia więc ostat-

niego połączenia oferowanego z grup g_p poprzez omawiane łącze p musi być do dyspozycji jeszcze jedno łącze.

Z rozważań tych więc wynika, że w celu zapewnienia braku blokady wewnętrznej w omawianym układzie trzysekcyjnym konieczne jest zastosowanie w poszczególnych grupach łączy pośrednich po:

$$r \geq n + m - 1 \text{ łączy}$$

Dla obliczenia i optymalizacji liczby zestyków w układzie trzysekcyjnym przyjmujemy, że

$$r = \varphi \cdot n \quad \text{oraz} \quad m = \mu \cdot n.$$

W tej sytuacji możemy napisać następujące wyrażenie:

$$Z = N \cdot \varphi \cdot n + N \cdot \varphi \frac{M}{\mu \cdot n} + M \cdot \varphi \cdot n$$

i dalej:

$$Z = \varphi / N + M / \cdot n + \varphi \frac{N \cdot M}{\mu} \cdot \frac{1}{n}$$

Z powyższego wynika zakładając, że φ i μ są wielkościami stałymi, że

$$\frac{dZ}{dn} = \varphi / N + M / + \varphi \frac{N \cdot M}{\mu} \cdot \frac{-1}{n^2}$$

i stąd:

$$n_o = \frac{1}{\sqrt{\mu}} \cdot \sqrt{\frac{N \cdot M}{N + M}}$$

Założmy podobnie jak poprzednio, że rzeczywista wielkość n_r najbliższa do optymalnej n_o może wynosić:

$$n_r = n_o + \eta$$

i w tej sytuacji:

$$Z_r = \varrho / N+M / \cdot / n_o + \eta / + \varrho \frac{N \cdot M}{\mu \cdot / n_o + \eta /}$$

i dalej:

$$Z_r = \varrho / N+M / \cdot \frac{1}{\sqrt{\mu}} \sqrt{\frac{N \cdot M}{N+M}} + \varrho / N+M / \cdot \eta + \varrho \frac{N \cdot M}{\sqrt{\mu \cdot \sqrt{\frac{NM}{N+M}} + \mu \cdot \eta}}$$

Ostatnie wyrażenie przekształcimy teraz w następującą postać:

$$\frac{\varrho \sqrt{N \cdot M / N+M /}}{\sqrt{\mu} / 1 + \sqrt{\mu} \cdot \sqrt{\frac{N+M}{N \cdot M}} \cdot \eta /}$$

co z kolei możemy napisać w postaci:

$$\frac{\varrho \cdot \sqrt{N \cdot M / N+M /}}{\sqrt{\mu} \cdot / 1 + \frac{\eta}{n_o} /}$$

to wyrażenie możemy napisać w postaci szeregu:

$$\frac{\varrho}{\sqrt{\mu}} \cdot \sqrt{N \cdot M / N+M /} \cdot \left[1 - \frac{\eta}{n_o} + / \frac{\eta}{n_o} /^2 - / \frac{\eta}{n_o} /^3 \dots \dots \right]$$

i biorąc pod uwagę, że wielkość $\frac{\eta}{n_o}$ jest niewielka, możemy w przybliżeniu napisać:

$$\frac{\varrho}{\sqrt{\mu}} \cdot \sqrt{N \cdot M \cdot / N+M /} \left[1 - \frac{\eta}{n_o} + / \frac{\eta}{n_o} /^2 \right]$$

W tej sytuacji wzór dla określenia liczby zestyków układu komutacyjnego, po wprowadzeniu odpowiednich redukcji można wyrazić w postaci:

$$Z_r \approx \frac{\varrho}{\sqrt{\mu}} \cdot \left[2 + \left/ \frac{n}{n_0} \right/ ^2 \right] \cdot \sqrt{N \cdot M / (N+M)}$$

Rozpatrzmy z kolei jak zmienia się wartość współczynnika $\frac{\varrho}{\sqrt{\mu}}$ w zależności od wartości μ , przy czym przypomnijmy, że $n+m = n / (1 + \mu)$ i wobec tego, gdy m jest mniejsze niż n , to $1 + \mu < 2$; dla $m = n$ $1 + \mu = 2$; dla $m > n$ $1 + \mu > 2$.

Oznaczmy z kolei $\varrho = c \cdot / (1 + \mu) /$ i w konsekwencji otrzymamy następujące dane liczbowe:

μ	0,25	0,5	0,75	1	1,5	2	4
$\frac{\varrho}{\sqrt{\mu} \cdot c}$	2,50	2,12	2,04	2,00	2,04	2,12	2,50

Najmniejszą wartość liczbową mnożnika $\frac{\varrho}{\sqrt{\mu}} = 2$ otrzymamy dla $\mu = 1$, to znaczy dla przypadku gdy $n = m$, co należałoby skwitować wnioskiem, że optymalny układ trzysekcyjny powinien być budowany przy podziale łączy przyściowych i wyjściowych na jednakowe zbiory po n łączy, a więc omawiany układ trzysekcyjny powinien składać się z $N = g_1 \cdot n$ łączy oraz $M = g_2 \cdot n$ łączy /rys. 29/.

W omawianym układzie liczba zestyków wynosi:

$$Z_r \approx 2 \cdot \left[2 + \left/ \frac{n}{n_0} \right/ ^2 \right] \cdot \sqrt{N \cdot M / (N+M)}$$

i dla przypadku, gdy n_r nie różni się praktycznie od n_0

$$Z_r \approx 4 \cdot \sqrt{N \cdot M / (N + M)} \quad \text{przy} \quad n_r \approx \sqrt{\frac{N \cdot M}{N + M}}$$

Łatwo stwierdzić, że wspomniany układ trzysekcyjny bez blokady wewnętrznej może być zbudowany przy zastosowaniu mniejszej liczby zestyków niż układ o bezpośredniej komutacji N łączy z M łączy, w którym występuje $N \cdot M$ zestyków. Ma to miejsce w przypadku, gdy

$$\frac{N \cdot M}{N + M} \geq 16$$

Dodajmy, że w omawianym układzie trzysekcyjnym liczba zestyków przypadająca średnio na jedno łącze przyściowe wynosi:

$$4 \sqrt{M / (1 + \frac{M}{N})} \quad \text{i dla przypadku } N \gg M \text{ jest równa}$$

$$4 \sqrt{M}$$

Dla układu o jednakowej liczbie łączy przyściowych i wyjściowych, to znaczy $N = M$.

$$Z_r \approx 4 N \sqrt{2N} \approx 5,6 N \sqrt{N}, \quad \text{przy} \quad n_o = \sqrt{\frac{N}{2}}$$

Dla $N = 512$ $M = 64$ obliczamy:

$$n_o = \sqrt{\frac{512 \cdot 64}{512 + 64}} = 7,46 \quad n_r = 8 = n_o + 0,54$$

$$\left(\frac{n_r}{n_o}\right)^2 = 0,03$$

$$Z_r \approx 4 \cdot \sqrt{512 \cdot 64 / (512 + 64)} \approx 512 \cdot 34$$

Układ komutacyjny $512 \times 1024 \times 128 \times 64$ /rys. 30/ może być zbudowany przy użyciu 512×64 zestyków. Wspomnijmy dodatkowo o układach komutacyjnych złożonych z większej liczby sekcji, które są też odpowiednio bardziej korzystne od układów o bezpośrednim komutowaniu, jak również od układu trzysekcyjnego dla przypadku większej liczby komutowanych łączy.

Przeprowadzając analogiczne rozumowania jak w przypadku układu trzysekcyjnego dla układu pięciosekcyjnego możemy otrzymać następujące rezultaty: układ pięciosekcyjny /rys. 31/ jest korzystniejszy od układu trzysekcyjnego i układu o bezpośredniej komutacji N z M łączami dla $\frac{N \cdot M}{N+M} > 200$, a układ siedmiosekcyjny jest korzystniejszy od pozostałych układów, gdy $\frac{N \cdot M}{N+M} > 4.000$.

Jeszcze raz podkreślmy, że omawiany układ bez blokady wewnętrznej może być stosowany zarówno dla komutacji w rozdziale przestrzennym, jak i przy zastosowaniu zestyków sterowanych w rozdziale czasowym dla budowy układów komutacyjnych przestrzenno-czasowych.

Rozpatrzmy z kolei trzysekcyjny układ komutacyjny z kompresją $/N > M/$, który cechuje się tym, że w pierwszej i drugiej sekcji komutacyjnej następuje podział na g grup. W każdej takiej grupie występuje g_1 matryc komutacyjnych, do których przyłączonych jest po n łączy do każdej. W drugiej sekcji komutacji w każdej grupie występują matryce komutacyjne w liczbie $\varphi \cdot n$. W trzeciej więc sekcji komutacji występują matryce komutacyjne w liczbie g_2 sztuk, do których doprowadzone są po n łączy do każdej. Każda ostatnia matryca powiązana jest $\gamma \cdot n \cdot g$ łączami z matrycami środkowymi /rys. 32/.

Biorąc pod uwagę podane parametry, możemy napisać następującą zależność:

$$Z = n \cdot \varphi \cdot n \cdot g_1 \cdot g + g_1 \cdot \gamma \cdot n \cdot g_2 \cdot g + \gamma \cdot n \cdot g \cdot n \cdot g_2$$

Z kolei uwzględniając, że $n \cdot g_1 \cdot g = N$ i $n \cdot g_2 = M$ możemy napisać:

$$Z = \varphi \cdot n N + N \cdot \frac{M}{n} + \gamma \cdot n \cdot g \cdot M$$

co daje następnie

$$Z = \varphi \cdot N + \gamma \cdot g \cdot M / n + \gamma \frac{N \cdot M}{n}$$

Na podstawie podanego wzoru można określić optymalną wielkość n według następującej zależności:

$$n_o = \sqrt{\frac{N \cdot M}{\frac{\varphi}{\gamma} N + g M}}$$

Dla określenia optymalnej liczby zestyków podstawiamy

$$n_r = n_o + \eta$$

i otrzymujemy:

$$\varphi N + \gamma \cdot g \cdot M / n_o + \varphi N + \gamma \cdot g \cdot M / \eta + \frac{\gamma N \cdot M}{n_o + \eta}$$

Ostatni wyraz powyższego wzoru przekształcamy do następującej postaci:

$$\frac{\gamma N \cdot M}{n_o} \cdot \frac{1}{1 + \frac{\eta}{n_o}}$$

a końcowe wyrażenie przekształcamy w szereg potęgowy:

$$1 - \frac{\eta}{n_0} + \left| \frac{\eta}{n_0} \right|^2 - \left| \frac{\eta}{n_0} \right|^3 \dots$$

Wobec tego, biorąc pod uwagę, że wartość η jest niewielka w stosunku do n_0 można zastosować wyrażenie przybliżone

$$1 - \frac{\eta}{n_0} + \left| \frac{\eta}{n_0} \right|^2$$

Rzeczywista liczba zestyków, po dokonaniu odpowiednich przekształceń, wyrazi się ostatecznie wzorem:

$$Z_r \approx \left[2 \sqrt{\varrho} \cdot \tau + \left| \frac{\eta}{n_0} \right|^2 \right] \cdot N \cdot \sqrt{M / 1 + \frac{Gg}{\varrho} \cdot \frac{M}{N}}$$

Dodajmy tu, że powyższe wyrażenie ma taką postać, że w granicznym przypadku przechodzi w podstawowy wzór dla układu trzysekcyjnego bez blokady wewnętrznej, to znaczy dla przypadku $g = 1$, $\tau = 2$ oraz $\varrho = 2$.

Dla zilustrowania omawianego rozwiązania przykładem niech będzie układ o następujących parametrach: $N = 512$, $M = 64$, $g = 4$, $\varrho = \frac{2}{3}$ oraz $\tau = 0,5$. Liczbę łączy doprowadzonych do układu w każdym elementarnym zbiorze w warunkach optymalnych obliczamy:

$$n_0 = \sqrt{\frac{512 \cdot 64}{\frac{2}{3 \cdot 0,5} \cdot 512 + 4 \cdot 64}} = 5,9$$

$$Z_r = 2 \sqrt{\frac{2}{3 \cdot 0,5}} \cdot 512 \cdot \sqrt{64 / 1 + \frac{0,5 \cdot 4}{\frac{2}{3}} \cdot \frac{64}{512}} = 512 \cdot 9,2$$

Zbudowany według podanego przykładu układ komutacyjny $504 \times 336 \times 80 \times 60$ /rys. 33/ ma według przybliżonych obliczeń możliwość załatwiania przy stratach około 5% natężenia ruchu telefonicznego o wartości około 0,07 erl/ab, przy czym faktycznie składa się on z $512 \times 8,2$ zestyków.

6. SYNCHRONIZACJA W URZĄDZENIACH KOMUTACJI PRZESTRZENNO-CZASOWEJ

Najbardziej interesujące jest zastosowanie komutacji z rozdziałem czasowym wtedy, gdy urządzenia komutacyjne powiązane są między sobą łączami wielokrotnego systemu teletransmisyjnego o kanałach w rozdziale czasowym. Taki system teletransmisyjny o modulacji impulsowo-kodowej /oznaczanej skrótem PCM/ może mieć przytoczone niżej parametry: długość czasowa ramki równa się $125 \mu\text{s}$, liczba bitów na jedno kanałowe słowo kodowe równa 8, liczba poziomów kwantyzacji równa 256 i liczba kanałów czasowych w jednej ramce równa 32; z tych kanałów używanych do połączeń telefonicznych - 30; synchronizowanie ramki w kanale oznaczonym numerem "0", sygnalizacja komutacyjna w kanale oznaczonym numerem 16. Przelotność binarna systemu 2,048 Mbit/s.

Strumień bitów w takim systemie teletransmisyjnym przy zwykłych kablowych łączach telefonicznych miejscowych w normalnej temperaturze ma czas przelotu $5 \mu\text{s}/\text{km}$ z wahaniami $\pm 0,05\%/1^\circ\text{C}$. Przy przeciętnym więc łączu o długości 25 km czas przelotu wynosi $125 \mu\text{s}$ i waha się przy zmianach temperatury o 20° o $1,25 \mu\text{s}$ co odpowiada 2,5 bitom. W urządzeniach teletransmisyjnych i komutacyjnych w systemie o rozdziale czasowym stosuje się niejed-

nokrotnie generatory częstotliwości taktowych o dużej dokładności. Przy wahaniach częstotliwości wynoszących 10^{-8} co każdy 10^8 bit będzie sfalszowany i w efekcie sfalszowaniu podlegać będzie jedno słowo transmitowane na jedną minutę.

Zarówno wahania częstotliwości generatorów taktowych jak i fluktuacja czasów przebiegu powodują niedopasowanie strumieni bitów przychodzących z różnych urządzeń komutacyjnych w danej sieci do częstotliwości generatora w tym urządzeniu i w różnych momentach czasowych występować mogą początki ramek. Dla uzyskania prawidłowych przebiegów w układach komutacyjnych realizowanych przy wykorzystaniu pamięci poprzez które transmitowane są informacje z kanałów przyściowych do odpowiednich kanałów wyjściowych w różnych traktach liniowych systemu wielokrotnego, konieczne jest zastosowanie w urządzeniach komutacyjnych odpowiednich zabiegów synchronizacyjnych.

Synchronizacja w układach komutacyjnych powinna zabezpieczyć wzajemne dopasowanie wychodzących i przychodzących strumieni bitów oraz zgodność częstotliwości taktowej w urządzeniu komutacyjnym i częstotliwości tych strumieni bitów. Właściwe zabiegi synchronizacyjne powinny objąć również dopasowanie wzajemne generatorów taktowych współpracujących urządzeń komutacyjnych. Podstawowymi krańcowymi rozwiązaniami w układach złożonych z wielu centrów komutacyjnych są sieci nie synchronizowane i synchronizowane.

Siecią niesynchronizowaną nazywana jest taka sieć, w której każde urządzenie komutacyjne zawiera własny generator taktowy i częstotliwość tego generatora jest ustalana oddzielnie dla każdego takiego urządzenia komutacyjnego. W tej sytuacji poszczególne

generatory mogą pracować z nieco różniącymi się częstotliwościami. Do poszczególnego urządzenia komutacyjnego w danej sieci doprowadzane są strumienie bitów o różnych nieco przelotnościach binarnych w zależności od tego, przez jakie centra komutacyjne łączy te biegną. Umożliwienie komutowania w danej centrali może nastąpić przez zastosowanie pamięci ramkowych w zakończeniach komutacyjnych wszystkich łączy przyściowych i dzięki zastosowaniu tych pamięci może być przeprowadzony zabieg nazywany resynchronizacją. Dodajmy, że przy zastosowaniu rozwiązania z pamięciami ramkowymi na wejściu urządzenia komutacyjnego może wystąpić w regularnych odstępach pewne zakłócenie; mianowicie gdy częstotliwość w przyściowym trakcie liniowym jest większa niż częstotliwość taktowa generatora w urządzeniu komutacyjnym, powstaje nadmiar bitów informacji, a gdy częstotliwość w trakcie przyściowym jest mniejsza niż częstotliwość taktowa generatora w urządzeniu komutacyjnym, powstaje brak bitów. Wspomniane urządzenie resynchronizacji, o którym będzie szczegółowiej mowa poniżej, może w daleko idącym zakresie zabezpieczyć przed stratami informacji.

Rozpatrzmy z kolei zasady rozwiązań stosowanych w tzw. sieciach synchronizowanych. W tym przypadku w każdym centrum komutacyjnym danej sieci teletransmisyjnej występują generatory taktowe, które dzięki synchronizacji powinny mieć jednakowe, bądź możliwie zbliżone do siebie częstotliwości pracy. Jednocześnie we wszystkich przyściowych traktach liniowych ramki powinny mieć jednakowy czas trwania, jak również w jednakowym czasie powinny występować ich początki. Konieczne wyrównywanie może być uzyskiwane dzięki zastosowaniu odpowiednich linii opóźniających,

uzupełniających czas propagacji przez łącza międzycentralowe do pełnej wielokrotności czasu trwania ramki, to znaczy do wielokrotności $125 \mu\text{s}$. Występująca w traktach liniowych fluktuacja /wahania fazy, nazwane po angielsku Jitter/ musi być w systemie synchronizacyjnym kompensowana. Kompensacja ta może być używana np. przez zastosowanie w regeneratorze na przyjsciu urządzenia komutacyjnego takiego generatora sterowanego kwarcem, który byłby pobudzany przez nadchodzące strumienie bitów. Taki generator nie byłby w stanie nadążyć za krótkotrwałymi wahaniami i wobec tego występujące w traktach liniowych wahania mogłyby być praktycznie zniwelowane.

Synchroniczna praca generatorów poszczególnych centrów komutacyjnych - to znaczy praca ich z jednakową częstotliwością i z jednakową fazą - może być uzyskana w najprostszym przypadku przez zastosowanie jednego centralnego generatora taktowego - zegara matki. Generator ten synchronizuje generatory taktowe w poszczególnych urządzeniach komutacyjnych. Omawiany system synchronizacji cechuje się wielką prostotą zasady działania, lecz może zawodzić w większych układach wielocentralowych. Powstanie bowiem błędów w pracy generatora matki może powodować przerwę w pracy całego układu, poza tym uszkodzenia w łączach używanych do transmitowania impulsów taktowych mogą powodować dalsze przerwy w pracy większych fragmentów układu. Również wahania fazy, szczególnie w przypadku długich łączy, mogą powodować poważne kłopoty. Dlatego utrzymanie synchronizacji pracy generatorów taktowych realizowane było dotychczas tylko w stosunkowo niewielkich układach wielocentralowych miejscowych i w peryferyjnych odgałęzieniach większych układów.

Bardziej godną uwagi jest tak zwana synchronizacja wzajemna. Systemy synchronizacji wzajemnej znamienne są tym, że wszystkie generatory taktowe w poszczególnych centrach komutacyjnych danego układu wielocentralowego traktowane są równorzędnie. Jednolitą częstotliwość używaną do synchronizowania generatorów taktowych poszczególnych centrów komutacyjnych tworzy się jako wspólną wartość średnią i za pomocą tej średniej wartości koryguje się częstotliwości generatorów. Według zasady określenia omawianej wspólnej częstotliwości taktowej rozróżnia się system z pojedynczym "uśrednianiem" i z "podwójnym uśrednianiem". System z pojedynczym uśrednianiem opiera się na zasadzie tworzenia częstotliwości dla strumieni bitów wychodzących z danego centrum komutacyjnego, jako średniej z częstotliwości taktowych strumieni bitów przychodzących do danego centrum. System z podwójnym uśrednianiem cechuje się tym, że częstotliwości korygujące, wytworzone w poszczególnych centrach komutacyjnych, przekazuje się poprzez oddzielne łącza do innych centrów komutacyjnych. W każdym z nich realizowane jest porównanie ze średnią wielkością częstotliwości uzyskanej z traktów przychodzących do danego centrum: Korygowanie częstotliwości generatora taktowego danego centrum ma miejsce wtedy, jeżeli porównywane częstotliwości różnią się od siebie.

Rozpatrzmy teraz bardziej szczegółowo rozwiązanie wspomnianej wyżej resynchronizacji, która realizowana jest w celu uzyskania prawidłowych przebiegów w centrum komutacyjnym pracującym w niesynchronizowanym układzie wielocentralowym.

W tym przypadku resynchronizacja dokonywana jest oddzielnie dla każdego traktu liniowego, a więc wyposażenie, o którym będzie

tu mowa, jest wyposażeniem indywidualnym w zakończeniu komutacyjnym traktu liniowego przyściowego w danym centrum komutacyjnym. Dla jasności sprawy podkreślimy, że w jednej ramce systemu telefonii wielokrotnej PCM 30/32 występuje w czasie trwania ramki, to znaczy w czasie $125 \mu s$, 256 bitów. Każde osiem sąsiednich bitów składa się na kanałowe słowo kodowe kanałów 0, 1...15, 16, 17, ...31. Kanał 0 jest wykorzystywany do przesyłania słowa kodowego synchronizacji ramki - ramkowania. Słowo to, odszyfrowane przez urządzenie odbiorcze, wskazuje więc początek ramki. Kanał szesnasty jest wykorzystany do przesyłania sygnalizacji komutacyjnej bądź według zasady kanałów sygnalizacyjnych skojarzonych z kanałem rozmównym, bądź według zasady wspólnego kanału sygnalizacyjnego dla traktu liniowego, w którym występuje 30 kanałów rozmównych.

Zwróćmy uwagę, że ramka jest w charakterystyczny sposób podzielona na dwie części przez kanały 0 i 16, które nie niosą informacji komutowanych w centrum komutacyjnym. Po zbiorze piętnastu kanałów rozmównych: 1...15 występuje odstęp czasowy o czasie trwania szesnastego kanałowego słowa kodowego i po nim dopiero następuje zbiór kanałów rozmównych 17...31. Przed zbiorem kanałów rozmównych 1...15 następnej ramki występuje z kolei odstęp czasowy o czasie trwania zerowego kanałowego słowa kodowego. W omawianym systemie strumień bitów nadchodzący z traktu liniowego jest wpisywany najpierw do ramkowych pamięci buforowych, z tym że informacje zawarte w kanałowych słowach kodowych 0...16, jako nie przeznaczone do komutowania, nie są wpisywane do tych pamięci buforowych. Tak więc w zapisywaniu ciągów bitów do buforowych pamięci ramkowych powstaje w czasie trwania ramki dwukrot-

Je przerwa czasowa na okres trwania szesnastego i zerowego słowa kodowego. Wspomniane słowa kodowe 0 i 16 są, za pomocą odpowiednich dekodarów, odczytywane bezpośrednio z pamięci chwilowej związanej z zakończeniem traktu liniowego i odprowadzane do obwodów synchronizacyjnych i sygnalizacyjnych. Jak wspomniano, brak synchronizmu wiąże się w omawianych układach z tym, że strumień bitów przyściowych może mieć inną częstotliwość niż generator taktowy w centrum komutacyjnym i że początki poszczególnych kanałowych słów kodowych mogą występować w różnych momentach czasowych. Jeżeli częstotliwość przychodzącego strumienia bitów jest mniejsza niż częstotliwość generatora taktowego w danym centrum komutacyjnym, to w czasie, w którym generator w centrum określiłby jako czas trwania ramki napłynie z danego traktu liniowego tylko część zbioru bitów składającego się na ramkę. Odwrotnie, jeżeli częstotliwość przychodzącego strumienia bitów jest większa niż częstotliwość generatora taktowego w danym centrum komutacyjnym, to w czasie, który generator ten określiłby jako czas trwania ramki przyjdzie zbiór bitów większy niż składający się na jedną ramkę. Zapis informacji w pamięci związanej z układem komutującym /umieszczonej ewentualnie po jego stronie przyściowej/ jest w zasadzie realizowany z częstotliwością pracy generatora taktowego danego centrum komutacyjnego. W obu więc wymienionych wyżej przypadkach będzie brakować kompletu bitów bądź też wystąpi ich nadmiar. Można jednak zastosować przy tym indywidualny generator pobudzany z traktu liniowego i w związku z tym pracujący z częstotliwością którą rzeczywiście cechuje przychodzący strumień bitów oraz indywidualny układ liczący, określający w takt pracy tego generatora

adresy kanałów czasowych i ramek danego traktu liniowego. Można również zastosować indywidualne układy liczące, określające adresy kanałów czasowych dla przenoszenia informacji do pola komutacyjnego. Drogą odpowiedniego wzajemnego powiązania wspomnianych układów liczących można uzyskać właściwą resynchronizację. Przy realizacji tej resynchronizacji wykorzystuje się fakt istnienia wspomnianych odstępów czasowych w strumieniach bitów danej ramki, które mogą być w razie potrzeby przedłużane bądź skracane na etapie transmitowania informacji "rozmównych" z ramkowej pamięci buforowej do pamięci przyściowej pola komutacyjnego.

Strumień bitów z traktu liniowego /rys. 34/ podawany jest do pamięci chwilowej 8-bitowej B1, w której może być zapisywanych szeregowo 8 kolejnych bitów należących do jednego słowa. Jednocześnie z traktu pobudzany jest generator "w*", który dzięki temu pracuje z częstotliwością aktualnie występującą w danym trakcie. Generator ten napędza licznik ciągów impulsów i adresów kanałów czasowych LK* oraz licznik adresów ramek LR*. Licznik LK* wytwarza 8 ciągów impulsów w_1^* do w_8^* , w których w czasie trwania ramki występuje po 32 impulsy w każdym. Przesunięte są one więc względem siebie w ten sposób, że każde sąsiednie impulsy $w_1^* \dots w_8^*$ "wskazują" położenia czasowe ośmiu bitów jednego kanałowego słowa kodowego. Z drugiej części licznika LK* wyprowadzonych jest 5 przewodów, poprzez które w sposób kodowy przekazywane są adresy 0...31 kanałów czasowych. Dodajmy, że licznik LK* jest z pomocą układu korygującego UK* zerowany w momentach, gdy poprzez dekodery DSR zostaje odszyfrowane słowo ramkowania. W momencie, w którym występuje impuls w_8^* , a więc

w momencie, kiedy wszystkie 8 bitów kanałowego słowa kodowego przychodzącego z traktu liniowego zostały wpisane do pamięci B1, następuje przepisanie informacji w sposób równoległy /po ośmiu przewodach/ do pamięci B2. Z pamięci B2, również w sposób równoległy, 8 bitów danego słowa w momencie wystąpienia impulsu w_2^* wraz z adresem danego kanału zostaje przeniesionych do jednej z pamięci M_1 lub M_2 . Pamięć M_1 magazynuje zbiór bitów kanałowych słów kodowych od 1 do 15, a pamięć M_2 - od 17 do 31. W czasie wpisywania kanałowych słów kodowych od 1 do 15 poprzez "drogi" oznaczone AZ_1 podawane są jednocześnie aktualne adresy kanałów po to, żeby dane słowo kodowe wpisane zostało na właściwe miejsce w pamięci M_1 . Analogicznie przy wpisywaniu słów kodowych 17 do 31 poprzez drogi AZ_2 podawane są adresy aktualnych kanałów co zapewnia wpisywanie słów kodowych we właściwe miejsce w pamięci M_2 . W czasie gdy informacje są wpisywane z traktu do pamięci M_1 , z pamięci M_2 informacje mogą być odczytywane i wpisywane do pamięci pola komutacyjnego. Ten odczyt i transmisja z pamięci do układu pola komutacyjnego odbywa się z częstotliwością uzależnioną od centralnego generatora w danym urządzeniu komutacyjnym. Generator centralny napędza wspólny licznik ciągów impulsów LC, który daje osiem ciągów $w_1 \dots w_8$, występujących z częstotliwością generatora centralowego. Te ciągi impulsów wyznaczają osiem pozycji czasowych kanałowych słów kodowych. Od impulsów ciągu w_6 napędzany jest z kolei indywidualny licznik LK, który w systemie kodowym podaje po pięciu przewodach adresy 0...31 kanałów czasowych. Poprzez odpowiedni dekodery różni się adresy "15" i "31" tych kanałów czasowych po których, jak wspomniano wyżej, występuje odstęp czasowy o długości jednego

słowa przed następnym ciągiem bitów informacji rozmównych. Odpowiednie impulsy zostają podane do układów, które są oznaczone symbolem X i symbolem Y i do których oprócz tego doprowadzone są impulsy ciągów w_1 i w_5 . Za pomocą układów X i Y regulowana jest długość odstępu czasowego. Adresy kanałów czasowych z licznika LK podawane są poprzez drogi AO_1 i AO_2 do pamięci M_1 i M_2 wtedy, gdy informacje z nich odczytywane są i transmitowane do pamięci pola komutacyjnego. Adresy te, podobnie jak w przypadku wpisywania wskazują miejsce, z którego następuje pobranie informacji. W tym samym czasie z licznika LK pobierane są adresy dla pamięci pola komutacyjnego, one z kolei umożliwiają prawidłowy zapis informacji we właściwe miejsce pamięci związanej z polem komutacyjnym.

Gdy częstotliwości centralnego generatora taktowego i strumienia bitów nadchodzących z traktów są jednakowe /rys. 35/ oraz istnieje zgodność faz, to w tym samym momencie czasowym występuje - liczony od momentu przeniesienia do pamięci chwilowej B2 - początek trzydziestego pierwszego kanałowego słowa kodowego w przyszłym strumieniu bitów oraz piętnastego kanału czasowego. W ciągu impulsów w^* występuje impuls w_1^* , a z ciągu impulsów w występuje jednocześnie impuls w_6 . W momencie wystąpienia impulsu w_8 zostaje, zgodnie z przyjętymi zasadami, podany adres "15" na ścieżkę sterującą $AO1$, w związku z czym informacja z pamięci M_1 zostaje przekazana do pamięci przyszłowej pola komutacyjnego. Adres 15 podawany jest również w tym samym momencie do tej pamięci pola. W ten sposób słowo kodowe piętnastego kanału czasowego zostaje przeniesione z pamięci M_1 do pamięci pola komutacyjnego. W momencie pojawienia się impulsu w_2

informacja z trzydziestego pierwszego kanału czasowego zostaje przeniesiona do pamięci M_2 . Jednocześnie licznik adresów LK^* podaje adres trzydziestego pierwszego kanału na drogę sterującej AZ_2 . Ta ostatnia operacja wiąże się z zakończeniem zapisu poprzedniej ramki w pamięci buforowej M_2 . Impuls w_8 powoduje natomiast przekazanie, w czasie obecności adresu piętnastego impulsu do układu przerzutnikowego X. Wraz z pojawieniem się impulsu w_1 w liczniku LK, który zostaje chwilowo zablokowany, jest ustawiony adres 16. Gdy do pasma B2 wpisane zostanie słowo kodowe 0^* wraz z zakończeniem impulsu w_3^* , następuje uruchomienie układu przerzutnikowego 0^{**} . Stan aktywny tego przerzutnika stwarza warunki dla odstawienia przerzutnika X i gdy jednocześnie występuje impuls w_1 lub w_5 , przerzutnik X powraca do stanu wyjściowego. W omawianym przypadku jednakowych częstotliwości i jednakowych faz występuje zbieżność początku impulsu 0^{**} i impulsu w_1 , tak że przerzutnik X zostaje od razu odstawiony. Powrót przerzutnika X do stanu wyjściowego jest równorzędny z przetrzuceniem pamięci M_1 w stan zapisywania, a pamięci M_2 w stan odczytu. Z kolei w tym samym momencie występuje impuls w_8^* oraz w_5 . Pierwszy powoduje zakończenie odstępu czasowego 0^* , a drugi - 16. W momencie wystąpienia w_1^* i w_6 zaczynają się kanały czasowe 1^{*} oraz 17 i właściwe adresy generują odpowiednio licznik LK^* i licznik LK. W omawianej sytuacji niemal w tym samym czasie występuje wpis informacji z B2 traktu liniowego do komórki nr 1 pamięci M_1 i odczytanie informacji z komórki nr 17 pamięci M_2 z jednoczesnym przepisaniem tej ostatniej do pamięci pola komutacyjnego. Wraz z wystąpieniem impulsu w_1^* oraz w_6 liczniki adresów rozpoczynają podawanie odpowiednio adresów 2^* i 18.

Po upływie czasu około $1/2$ ramki również jednocześnie występują wraz z impulsem w_1^* oraz w_6 początki kanałów czasowych 15^* oraz 31 . Analogicznie jak poprzednio, w czasie trwania najbliższego impulsu w_8 następuje wzbudzenie układu przerzutnikowego Y i zerowanie licznika LK, a impuls w_2^* powoduje wpisanie informacji w pozycji nr 15 pamięci M_1 , co wiąże się z kompletnym zapisaniem w tej pamięci informacji rozmównych pierwszej połowy danej ramki traktu liniowego. W czasie trwania impulsu w_1^* następuje zmiana adresu na 16^* i przy kolejnym impulsie w_3^* zostaje wzbudzony układ przerzutnikowy 16^{**} . To z kolei powoduje powrót do stanu spoczynku przerzutnika Y. Teraz tworzą się warunki dla wpisywania informacji do pamięci M_2 i wypisywania informacji z pamięci M_1 . Przy najbliższym impulsie w_6 licznik adresów LK rozpoczyna generowanie adresu 1. W tym samym niemal czasie impuls w_2^* powoduje generację adresu 17^* . Jednocześnie więc występują początki kanałów 17^* oraz 1.

Jak wspomniano wyżej, omawiany układ umożliwia realizację tak zwanej resynchronizacji, przez którą rozumiemy wyrównanie określonych wahań i zniwelowanie wpływów różnych częstotliwości pracy generatora współpracującej centrali /częstotliwość w^* odtwarzana na podstawie strumienia bitów z traktu liniowego/ oraz generatora centralnego danego urządzenia komutacyjnego. Rozróżniamy tutaj przede wszystkim niewielkie wahania fazy. Te wahania fazy mogą powodować, że początek kanałowego słowa kodowego 31^* przy jednakowej częstotliwości obu wspomnianych generatorów będzie występował nieco wcześniej lub nieco później niż początek piętnastego kanału czasowego. To wyprzedzenie lub opóźnienie jest mniejsze w zasadzie niż połowa czasu trwania ka-

nału czasowego i choć powoduje ono tak samo wcześniejsze lub późniejsze przejście w stan pracy układu przerzutnikowego 0^{**} oraz w przypadku opóźnienia wpływa na późniejszy powrót do stanu spoczynku przerzutnika X, to początek kanału 17 zostaje utrzymany w tym samym momencie. Wprawdzie oznacza to również, że początek kanału czasowego 1^* występuje w innym momencie - wcześniej lub później - niż początek kanału siedemnastego, stan jednak taki pozostawia się. Można powiedzieć, że te niewielkie wahania, które w ramach transmisji ciągu bitów mogą być dodatnie lub ujemne nie są właściwie przez układ zauważane.

Inna sytuacja występuje wtedy, gdy różnice są większe. Pokażemy tu przykładowo dwa krańcowe przypadki większej oraz mniejszej częstotliwości strumienia bitów. Przyjmujemy przykładowo, że w pierwszym krańcowym przypadku kanał czasowy 15^{*S} - przy szybszym generatorze współpracującego centrum komutacyjnego - kończy się w momencie występowania początku kanału czasowego 31. Sprowadza się to do krańcowego wyprzedzenia przez ciąg bitów zewnętrznych ciągu bitów lokalnych o osiem bitów. Najbliższy impuls w_8 powoduje, tak jak poprzednie, przerzucenie w stan pracy przerzutnika Y, a to z kolei zmianę adresu z 31 na 0. Jednocześnie impuls w_3^* powoduje przejście w stan spoczynku przerzutnika 16^* , a generowany przez niego impuls 16^{*S} powoduje powrót do stanu spoczynku przerzutnika Y. Wraz ze skończeniem krótkiego w tym przypadku impulsu Y^k następuje zmiana warunków zapisu i odczytu. Wpisywanie informacji z traktu liniowego będzie się teraz odbywać do pamięci M_2 , a jednocześnie informacje odczytywane z pamięci M_1 będą wpisywane do pamięci pola komutacyjnego. Odstęp czasowy 0, oznaczony 0^k , zostaje skrócony o 8 bitów, i naj-

bliższy impuls w_6 powoduje generowanie przez licznik LK adresu 1. W ten sposób doprowadzone zostało do jednoczesnego wystąpienia początku kanału czasowego 17^* i 1, co było celem wspomnianej resynchronizacji.

Inny przypadek resynchronizacji występuje wtedy, gdy generator taktowy współpracującego centrum komutacyjnego ma mniejszą częstotliwość - jest wolniejszy - od generatora danego centrum komutacyjnego. W krańcowej sytuacji kanał oznaczony 15^{**} kończy się w momencie, gdy w przypadku jednakowych częstotliwości występował już przypadek kanału 1. W stosunku do stanu normalnego ten stan krańcowy jest opóźniony o 8 bitów. Układ przerzutnikowy Y, który przeszedł w stan pracy w końcu kanału 31 pozostaje teraz w tym stanie do czasu pojawienia się impulsu 16^{**} . Na skutek tego występuje, dłuższy niż w przypadku normalnym, impuls Y^d i odstęp czasowy 0^d jest dłuższy. W ten sposób licznik LK pozostaje w chwilowym stanie blokady. Pojawienie się impulsu 16^{**} powoduje powrót układu przerzutnikowego Y do stanu spoczynku. To powoduje zmianę warunków zapisu i odczytu pamięci M_1 i M_2 oraz powoduje odblokowanie licznika LK i przy następnym impulsie w_6 licznik LK generuje adres 1. Uzyskaliśmy więc znowu jednoczesność początków kanałów czasowych 1 i 17^* .

Jak widać, opisywane rozwiązanie resynchronizacji powoduje w krańcowych przypadkach /wyprzedzenia przez ciąg bitów liniowych ciągu bitów lokalnych o osiem bitów, jak i opóźnienia się ciągu bitów liniowych w stosunku do ciągu bitów lokalnych o osiem bitów/. doprowadzenie do jednoczesnego wystąpienia początkowych kanałów rozmównych aktualnych połówek ramek: liniowej i lokalnej.

7. PRZYKŁADOWE ROZWIĄZANIA UKŁADÓW KOMUTACYJNYCH PRZESTRZENNO-CZASOWYCH Z PAMIĘCIAMI RAMKOWYMI PO STRONIE PRZYJŚCIOWEJ

Układ komutujący cztery trakty liniowe systemu telefonii wielokrotnej impulsowo-kodowej typu PCM 30/32 zbudowany może być przy zastosowaniu po stronie przyjsciowej indywidualnych pamięci dla każdego kanału i w założeniu bezpośredniej transmisji informacji do kanałów czasowych w poszczególnych traktach teletransmisyjnych po stronie wyjściowej /rys. 36/.

W omawianym przykładzie poszczególne kanałowe słowa kodowe wpisywane są dla każdego traktu do 30 pamięci ośmiobitowych. Łącznie więc po stronie przyjsciowej mamy $4 \times 30 = 120$ pamięci. Między tymi 120 punktami po stronie przyjsciowej pola komutacyjnego i czterema punktami, do których dołączone są trakty wyjściowe, zastosowany został przestrzenno-czasowy układ komutujący 120×4 . Układ ten zbudowany jest przy użyciu 480 zestyków sterowanych w rozdziale czasowym. Biorąc pod uwagę zastosowanie po jednym zestyku sterowanym dla wprowadzenia informacji z traktu do każdej pamięci oraz zestyki sterowane w głównym polu komutacyjnym można w przybliżeniu określić, że omawiany układ komutacyjny zrealizowany jest przy zastosowaniu 5 zestyków sterowanych na jedno łącze i jedną komórkę pamięci 8-bitowej.

W podobny sposób zrealizować można układ komutacyjny dla 8 traktów liniowych telefonii wielokrotnej /rys. 37/. Po stronie przyjsciowej mamy 8×30 pamięci 8-bitowych, a główny układ komutacyjny zrealizowany jest w układzie 240×8 . W tej sytuacji na

jedno łącze mamy 9 zestyków sterowanych oraz jedną komórkę pamięci.

Układ dla komutacji 32 traktów zrealizowany jest przy użyciu 32 x 30 pamięci 8-bitowych i pola komutacyjnego w układzie 960 x 32 /rys. 38/. Układ ten ma na jedno łącze 33 zestyki sterowane i jedną komórkę pamięci. Z kolei układ dla komutacji 128 traktów zbudowany jest przy użyciu 128 x 30 pamięci bitowych i pola komutacyjnego w układzie 3840 x 128 /rys. 39/, zawiera więc on na jedno łącze 129 zestyków sterowanych i jedną komórkę pamięci.

Omawiana wyżej rodzina układów zbudowana jest według zasady bezpośredniej komutacji między pamięciami poszczególnych łączy i traktami liniowymi. Liczba zestyków sterowanych w rozdziale czasowym odniesiona na jedno łącze przyjsciowe rośnie więc proporcjonalnie do liczby traktów liniowych. Ogólny wzór określający liczbę tych zestyków może być napisany:

$$Z = i + 1.$$

Dodajmy, że omawiany układ nie ma blokady wewnętrznej - w każdej kanałowej szczelinie czasowej może być zrealizowana transmisja kanałowych słów kodowych z dowolnych pamięci do wszystkich traktów liniowych PCM. W ten sposób można w pełni zapewnić komutowanie dowolnych łączy po stronie przyjsciowej z dowolnymi łączami po stronie wyjściowej.

Komutowanie bez blokady wewnętrznej może być zapewnione również przy zastosowaniu między pamięciami po stronie przyjsciowej a traktami liniowymi telefonii wielokrotnej po stronie wyjściowej układu trzysekcyjnego bez blokady wewnętrznej /rozd. 5/. W omawianych tu układach komutujących liczba łączy przyjsciowych wyraża się:

$$N = i \cdot k$$

gdzie: i - liczba traktów liniowych,

k - liczba kanałów w każdym trakcie.

Z kolei po stronie wyjściowej układu komutującego mamy trakty liniowe w liczbie " i ". W warunkach optymalnego rozwiązania liczba łączy w jednostkowych grupach po stronie przyjsciowej i wyjściowej układu trzysekcyjnego powinna wynosić:

$$n_o = \sqrt{\frac{ik \cdot i}{ik + i}} = \sqrt{i \cdot \frac{k}{k + 1}}$$

i biorąc pod uwagę, że wartość $k = 30$ możemy stosować przybliżony wzór:

$$n = \sqrt{i}$$

Analogicznie, określając liczbę zestyków w układzie komutacyjnym, możemy zastosować wzór przybliżony:

$$Z = 4 \sqrt{i}$$

Jak już poprzednio określiliśmy, układ trzysekcyjny jest korzystniejszy od układu bezpośredniej komutacji, gdy liczba łączy, a w omawianym przypadku liczba traktów liniowych telefonii wielokrotnej, będzie większa niż 16.

Układ trzysekcyjny bez blokady wewnętrznej do komutowania 16 traktów liniowych PCM 30/32 może być zbudowany /rys. 40a/ przy zastosowaniu 128 matryc 4×7 po stronie przyjsciowej, 7 matryc 128×4 w środkowej części układu oraz 4 matryc 7×4 po stronie wyjściowej układu komutującego. Omawiany układ zbudowany został

więc przy zastosowaniu około 15 zestyków sterowanych oraz jednej pamięci 8-bitowej na każde łącze przyściowe.

Z kolei rozpatrzmy jeszcze 3-sekcyjny układ komutujący 16 traktów liniowych PCM 30/32 /rys. 40b/. Taki układ jest układem z blokadą wewnętrzną i dla przypadku, w którym nie jest zastosowana kompresja między łączami przyściowymi i łączami pośrednimi oraz zastosowane są pojedyncze telestrady o 32 kanałach czasowych między każdym blokiem po stronie przyściowej i matrycą po stronie wyjściowej może być obliczany według następujących wzorów:

$$n_0 = \sqrt{i}$$

oraz

$$Z = 2\sqrt{i}$$

Układ ten do komutacji 16 traktów zawiera 9 zestyków sterowanych i jedną komórkę pamięci 8-bitowej na jedno łącze przyściowe, Generalnie biorąc te dwusekcyjne układy mają około dwa razy mniej zestyków niż układ trzysekcyjny.

Układ trzysekcyjny do komutacji 36 traktów może być zbudowany /rys. 41/ przy zastosowaniu 180 matryc 6 x 11 po stronie przyściowej, 11 matryc 180 x 6 w środkowej części układu oraz 6 matryc 11 x 6 po stronie wyjściowej. Zawiera on więc 23 zestyki sterowane i jedną komórkę pamięci na każde łącze przyściowe.

Do komutowania 132 traktów liniowych telefonii wielokrotnej 30/32 możemy zastosować układ trzysekcyjny /rys. 42/ zbudowany przy zastosowaniu 396 matryc 10 x 20 po stronie przyściowej, 20 matryc 396 x 12 w środkowej części układu i 12 matryc 20 x 11 po stronie wyjściowej. Jak łatwo obliczyć, układ taki składa się z

45 zestyków sterowanych oraz jednej komórki pamięci 8-bitowej na jedno łącze.

Rozpatrzmy dalsze możliwości układów komutowania przestrzenno-czasowego z zastosowaniem telestrad w tych układach o większej liczbie kanałów czasowych niż 32. W czasie $125 \mu\text{s}$ w systemie telefonii wielokrotnej rozłożonych jest w czasie 32 kanałów słów kodowych /rys. 43/. Każde słowo kodowe składa się z 8 bitów. W ten sposób system telefonii wielokrotnej ma przelotność binarną 2.048 megabitów na sekundę.

Jeżeli przelotność binarna w tych układach centrum komutacyjnego zostaje zwiększona czterokrotnie, to znaczy poszczególny bit miałby czterokrotnie krótszy czas trwania, wtedy w czasie trwania dotychczasowych 8 bitów mielibyśmy nowe 32 bity. Z tych 32 bitów możemy więc sformułować 4 ośmiobitowe słowa kodowe. Czas trwania tych nowych czterech kanałów czasowych jest równy czasowi trwania jednego kanału w trakcie liniowym PCM. W ten sposób zamiast dotychczasowych 32 kanałów w omawianym rozwiązaniu telestrad możemy mieć 128 kanałów czasowych. Jedna telestrada daje więc bezpośrednio komutowanie dla czterech traktów liniowych. Układ komutujący cztery trakty liniowe /rys. 44/ jest zbudowany przy zastosowaniu 4×30 pamięci 8-bitowych, jednej telestrady 128-kanałowej i 4 pamięci buforowych po stronie wyjściowej. Podkreślmy, że z punktu widzenia transmisji słów kodowych z pamięcią po stronie przyściowej do pamięci buforowej dla każdego traktu po stronie wyjściowej w omawianym układzie występuje tylko jedna droga transmisji.

Wykorzystując te nowe możliwości zestawiono układ komutujący dla 16 traktów liniowych PCM 30/32 /rys. 45/ zbudowany we-

dług zasady równoległego wejścia na poszczególne bloki układu komutacyjnego. W tej sytuacji układ ma 4 bloki po 16×30 pamięci 8-bitowych po stronie przyściowej, 4 telestrady 128-kanalowe oraz 4 zbiory traktów wyjściowych, po 4 trakty każdy. Każdy trakt przyściowy ma dostęp do 4 zbiorów po 30 pamięci przyściowych po jednym zbiorze w każdym bloku, dzięki czemu zagwarantowany jest zapis dowolny informacji do poszczególnych bloków. W ten sposób uzyskany jest brak blokady wewnętrznej w układzie komutującym. Liczba zestyków sterowanych w omawianym układzie wynosi 8 na jedno łącze przyściowe.

Inne rozwiązanie układu komutującego 16 traktów może być zrealizowane z wykorzystaniem telestrad do transmisji informacji do 4 kanałów po stronie wyjściowej, co stanowi jeden punkt w polu komutacyjnym /rys. 46/. Wykorzystując wspomnianą zasadę można zbudować układ, w którym główny układ komutujący komutuje 16×30 pamięci z 4 telestradami 128-kanalowymi. Liczba zestyków jest tu więc odpowiednio mniejsza niż przy bezpośredniej komutacji pamięci z traktami wyjściowymi i wynosi dla omawianego przypadku 16 traktów 5 zestyków na jedno łącze. Przy komutacji 128 traktów z zastosowaniem w układzie komutacyjnym telestrad o 128 kanałach czasowych mamy po stronie wyjściowej 32 takie telestrady /rys. 47/; dzięki temu układ komutacyjny może być zbudowany przy zastosowaniu 33 zestyków sterowanych.

Dalsze możliwości uwielokrotniania w rozdziale czasowym z wykorzystaniem telestrad w centrum komutującym mogą być zrealizowane przy zastosowaniu przejścia z szeregowego rozkładu bitów w kanałowym słowie kodowym na równoległy. Wprowadzając informację z traktu liniowego na 8-bitową pamięć buforową /rys. 48/ można od-

dzielnie rozprowadzić każdy bit tego słowa na oddzielną jednobitową pamięć. W ten sposób informacje z danego traktu zapisane mogą być na 240 /8x30/ jednobitowych pamięciach. Każdy bit danego kanałowego słowa kodowego mamy więc zapisany do oddzielnej pamięci i może być on oddzielnie transmitowany do pamięci buforowych po stronie wyjściowej układu komutującego. W czasie trwania jednej ramki 125 μ s mieliśmy jak wiemy 32 kanały 8-bitowe. Zapisanie oddzielnie każdego bitu słowa pozwala na transmisję w czasie trwania jednego dotychczasowego kanałowego słowa kodowego 8-kanałowych słów kodowych po oddzielnych drogach i uzyskanie w czasie 125 μ s 256-kanałowych słów kodowych.

Wykorzystując te zasady można zbudować układ komutacyjny dla komutacji 8 traktów złożony z 8 x 240 pamięci jednobitowych i z 8 telestrad 256-kanałowych /rys. 49/. Poszczególne trakty liniowy zawiera pamięć buforową 8-bitową, z której informacje przenoszone są do 8 "równoległe rozłożonych w przestrzeni" układów komutujących, z których każdy zawiera 8 x 30 pamięci i jedną telestradę 256-kanałową. Po stronie wyjściowej z każdym traktem związana jest pamięć buforowa, do której wprowadzane są informacje z tych 8 równoległe rozłożonych w przestrzeni układów komutujących. Taki układ o równoległej transmisji informacji poprzez centrum komutujące może być zbudowany z zastosowaniem 16 zestyków sterowanych na każde łącze przyjsciowe.

Wspomniana zasada równoległej komutacji z zastosowaniem telestrad 256-kanałowych może być wykorzystana w układzie komutującym 32 trakty /rys. 50/. W każdym z 8-elementarnych układów komutujących mamy tu po 4 bloki 32 x 30 i 4 telestrady o 256 kanałach. W ten sposób układ komutujący zbudowany jest przy za-

stosowaniu 64 zestyków sterowanych na jedno łącze.

Powiązanie dwóch wyżej wspomnianych sposobów uwielokrotnienia telestrad w centrum komutującym - tzn. zwiększenie przepływności binarnej i przejście na równoległą transmisję słowa kodowego wewnątrz tego centrum - pozwala na przykład na zastosowanie w czasie trwania 125 μ s, zamiast dotychczasowych 32 kanałów czasowych, w miejsce każdego kanałowego słowa kodowego nowych 32 kanałów, a więc łącznie 1024 kanałów /rys. 51/. Podstawowa telestrada w omawianym układzie ma 1024 kanały czasowe /rys.52/. Układ dla komutacji 32 traktów liniowych złożony jest z 8 elementarnych układów komutujących 32 x 30 pamięci jednobitowych, z 32 traktami poprzez jedną telestradę o 1024 kanałach. W tym układzie komutującym, w którym zastosowanych jest 8 takich elementarnych układów, mamy razem 16 zestyków na jedno łącze.

Zbudowany według wspomnianej zasady układ dla komutacji 128 traktów liniowych /rys. 53/ składa się z 8 elementarnych układów komutujących złożonych z 4 bloków komutujących 128 x 30 pamięci jednobitowych, z 32 traktami liniowymi poprzez jedną telestradę o 1024 kanałach. Taki układ zbudowany jest przy zastosowaniu 64 zestyków sterowanych na jedno łącze przyściowe.

Dodajmy, że z wykorzystaniem telestrad 1024-kanałowych może być zbudowany układ o większej pojemności, np. według zasady podanej wyżej dla układów o telestradach 128-kanałowych /patrz rys. 47/. Dzięki zastosowaniu telestrad o większym wykorzystaniu, taki układ może być zbudowany przy mniejszej liczbie zestyków niż układy o bezpośredniej komutacji łączy. Tak jak w poprzednim przypadku liczba zestyków na jedno łącze rośnie wraz z liczbą komutowanych traktów.

Jako następną możliwość komutowania, szczególnie atrakcyjną przy większych pojemnościach, rozpatrzmy układ w którym występuje zbiór bloków po stronie przyjsciowej i zbiór bloków po stronie wyjściowej. Bloki łączone są między sobą według zasady "każdy z każdym". Dla przypadku zastosowania telestrad o 256 kanałach czasowych każda może być zbudowany przykładowy układ komutujący g. 8 traktów liniowych / rys. 54a/. Informacje w każdej podstawowej grupie 8 traktów liniowych przyjsciowych wpisywane są do pamięci /nie pokazanych na rysunku/ i transmitowane następnie poprzez 256 kanałów telestrady do ośmiu bloków po stronie wyjściowej, w których mamy również telestrady o 256 kanałach w każdym bloku. Dla komutowania każdego bloku przyjsciowego z każdym blokiem wyjściowym można poświęcić z omawianych 256 kanałów po 64 kanały. Przy zachowaniu zasady bezpośredniego transmitowania informacji do traktów wyjściowych /z zastosowaniem ewentualnie tylko przekształcenia transmisji równoległej w centrali na transmisję szeregową/ w traktach liniowych muszą zostać ściśle określone kanały do transmisji informacji między poszczególnymi blokami. Dla rozwiązania o 4 grupach podstawowych - tzn. dla układu komutującego 32 trakty liniowe między każdym blokiem przyjsciowym i każdym blokiem wyjściowym uzyskujemy komunikację za pomocą 64 kanałów czasowych. Przyporządkowanie tych kanałów może być zrealizowane, jak podano w tablicy na str. 56.

Omawiany układ komutujący / rys. 54b/, złożony jest z 4 bloków podstawowych po stronie przyjsciowej i 4 bloków podstawowych po stronie wyjściowej powiązanych zestykowym układem komutującym 4×4 . Jak łatwo obliczyć, liczba zestyków na jedno łącze przyjsciowe wynosi w tym układzie w przybliżeniu 16. Dodajmy jednak, że

T a b l i c a 1

$g = 4$
256 kanałów

$p \backslash w$	1	2	3	4
1	a	b	c	d
2	b	c	d	a
3	c	d	a	b
4	d	a	b	c

a - kanały 1 ÷ 64,

b - " 65 ÷ 128,

c - " 129 ÷ 192,

d - " 193 ÷ 256.

układ ten, w którym zastosowanych jest około 4 razy mniej zestyków niż w układach podobnych, omawianych wyżej /patrz rys. 50/, cechuje się występowaniem w nich blokady wewnętrznej.

Podobny układ o 4 blokach, lecz z zastosowaniem telestrad o 1024 kanałach może być zbudowany dla komutowania 128 traktów liniowych /rys. 55/. Ten układ, jak i poprzedni zbudowane są przy użyciu 16 zestyków na jedno łącze przyściowe. Układ ma nieco mniejszą blokadę wewnętrzną, gdyż między poszczególnymi blokami zastosowane są drogi transmisji o 256 kanałach każda.

Postępując w podobny sposób możemy zbudować również układ o 16 blokach /rys. 56/, który w związku z tym służy do komutowania 512 traktów liniowych. W tym przypadku między poszczególnymi blokami po stronie przyściowej i wyjściowej mamy drogi transmisji o 64 kanałach każda z rozdziałem podanym w tabelicy na str. 57.

Omawiany układ komutujący 512 traktów liniowych zbudowany jest

T a b l i c a 2

p \ w	1	2	. . . . .	15	16
1	a	b	. . . . .	r	t
2	b	c	. . . . .	t	a
.
.
15	r	t	. . . . .	o	p
16	t	a	. . . . .	p	r

a - kan. 1 ÷ 64,

b - kan. 65 ÷ 128,

c - kan. 129 ÷ 192

.....

o - kan. 769 ÷ 832

p - kan. 833 ÷ 895,

w - kan. 897 ÷ 960,

t - kan. 961 ÷ 1024.

przy zastosowaniu 16 zestyków na jedno łącze przyściowe.

Dodajmy, że przy omawianej zasadzie podziału łączy przyściowych i wyjściowych na bloki możliwa jest również realizacja układów o większej pojemności. Przy układzie jednak komutującym dla 1024 traktów liniowych liczba kanałów między poszczególnymi blokami byłaby jedynie 32, w układzie komutującym dla 2048 traktów - jedynie 16 kanałów. Takie rozwiązania więc miałyby nieco większą blokadę wewnętrzną niż poprzednie. Podajmy więc rozwiąza-

nie, w którym dla komutowania 2048 traktów liniowych może być uzyskana w zasadzie nie większa blokada niż przy komutowaniu 512 traktów /rys. 57/. Rozwiązanie to zostało zrealizowane przy komutowaniu zbiorów traktów po 128 na 4 sąsiednie telestrady przyjsciove; w ten sposób, choć liczba kanałów między każdym blokiem przyjsciowym i każdym blokiem wyjsciowym wynosi 16, liczba połączeń między łączami po stronie przyjsciowej i traktami wyjsciowymi może być chwilowo około 4 razy większa. Dla komutacji 1024 kanałów, według omawianej teraz zasady, każdy trakt przyjsciowy byłby komutowany do dwóch telestrad przyjsciowych i liczba zestyków sterowanych łączy przyjsciowych wynosiłaby 24, a w podanym wyżej układzie dla komutacji 2048 traktów liniowych liczba zestyków na łączy wynosi 40. Do układu tego doprowadzonych jest łącznie 60 tys. łączy, to znaczy może być realizowanych maksymalnie 30 tysięcy połączeń jednoczesnych, a więc układ służy dla komutowania ruchu telefonicznego około 25 tysięcy erlangów; jest to więc układ centrali tranzytowej o bardzo dużej pojemności.

8. PRZYKŁADOWE ROZWIĄZANIA UKŁADÓW KOMUTACYJNYCH Z PAMIĘCIAMI RAMKOWYMI PO STRONIE PRZYJŚCIOWEJ I WYJŚCIOWEJ

W niniejszym rozdziale rozpatrzmy możliwość budowania układów dowolnie dużej pojemności z podziałem na bloki po stronie przyjsciowej i wyjsciowej, między którymi transmisja informacji realizowana jest przez telestrady o różnej liczbie kanałów czasowych. Jako pierwszy rozpatrzmy układ zbudowany według wyżej podanych zasad /patrz rys. 21/, w którym w każdej telestradzie związanej bądź

z podstawowym blokiem przyściowym, bądź z blokiem wyjściowym zastosowane są w 125 μ s ramce 32 kanały czasowe /rys. 58/. Ponieważ układ ma pracować bez blokady wewnętrznej, to jest on równorzędny trzyszekcyjnemu układowi komutacyjnemu bez blokady wewnętrznej. W tej sytuacji zastosowanie 32 kanałów w podstawowej telestradzie ogranicza korzystanie z tej telestrady przez 16 pamięci kanałowych słów kodowych. Informacje z każdego traktu wprowadzane są więc po stronie przyściowej do dwóch podstawowych bloków, po 16 pamięci każda. Po stronie wyjściowej z dwóch bloków po 16 pamięci wprowadzane są informacje do jednego traktu liniowego. Układ komutujący między telestradami /między blokami/ po stronie przyściowej i wyjściowej ma więc pojemność $2i \times 2i / i$ - liczba traktów liniowych 32-kanałowych/. Biorąc pod uwagę, że po stronie przyściowej i wyjściowej występują po dwa zestyki przy każdej pamięci kanałowego słowa kodowego /jeden dla wpisywania, drugi do odczytywania informacji/ omawiany układ zbudowany jest przy zastosowaniu $4 / 1 + \frac{i}{k} /$ zestyków sterowanych na jedno łącze. Daje to przeciętnie na łącze nieco więcej niż 4 zestyki. przy niewielkich pojemnościach układu komutującego; przy 32 traktach liczba zestyków wynosi 8; przy 128 - 20 i dalej rośnie wraz ze wzrostem pojemności.

Zastosujemy z kolei powiększenie liczby kanałów w podstawowych telestradach przez rozwiązanie z równoległą transmisją w układach komutujących. W ten sposób omawiana telestrada może mieć 256 kanałów. Dla zachowania warunków braku blokady wewnętrznej podstawowy blok obejmuje 4 trakty liniowe. Według zasad przyjętych dla równoległej transmisji w układach komutujących 4 trakty należące do jednego bloku zakończone są pamięciami bufo-

rowymi /rys. 59/. Każdy bit z tej pamięci przenoszony jest do oddzielnego zbioru 30-kanalowych pamięci jednobitowych. W jednym elementarnym układzie bloku mamy więc 120 pamięci na jedną 256-kanalową telestradę i w ten sposób zachowany jest warunek pracy bez blokady wewnętrznej. Układ komutujący między blokami ma pojemność $\frac{i}{4} \times \frac{i}{4}$.

Ogólnie biorąc liczba zestyków sterowanych, przypadających średnio na jedno łącze przyjsciowe, wynosi:

$$32 + \frac{i}{2k}$$

Mamy więc tu tylko nieco więcej zestyków niż średnio 32 na jedno łącze przyjsciowe.

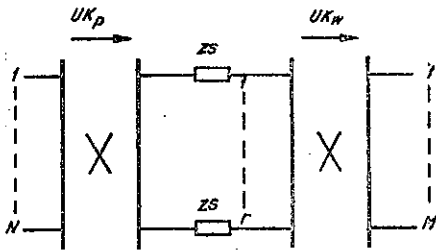
Dla uzyskania ekonomicznych układów przy większej pojemności centrum komutacyjnego możemy z kolei sięgnąć po rozwiązanie, w którym podstawowe telestrady mają 1024 kanały /rys. 60/. W takim układzie podstawowy blok obejmuje 16 traktów liniowych. Liczba zestyków na jedno łącze przyjsciowe wynosi:

$$32 + \frac{i}{32k}$$

Przy stosunkowo dużych pojemnościach układu komutującego mamy więc tu nieco więcej niż 32 zestyki średnio na jedno łącze. Dodajmy, że omawiane układy pracują bez blokady wewnętrznej i, dzięki zastosowaniu pamięci po stronie przyjsciowej i wyjściowej, umożliwiają całkowitą swobodę komutowania dowolnych łącz przyjsciowych z dowolnymi łączami wyjściowymi.

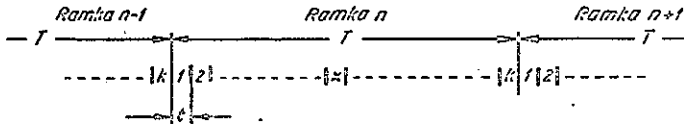
WYKAZ LITERATURY

1. Przegląd światowego stanu techniki komutowania telefonicznych przebiegów impulsowo-kodowych. Opracowanie J. Trechciński. Problemy Łączności Warszawa 1972 nr 80, ss. 94.
2. Tallegas F. : Les problèmes de réseau de connexion en commutation temporelle. *Commut. Electron.* 1968 nr 23.
3. Le Roy: Réalisation du réseau de connexion temporelle du projet Platon. *Commut. Electron.* 1969 nr 27, s. 19-37.
4. Postollec J. : Le réseau de connexion du système E-10. *Commut. Electron.* 1973 nr 40, s. 14-40.
5. Feuerstein D. i inni: Groupes d'équipements de synchronisation du système de commutation temporelle Platon. *Commut. Electron.* 1971 nr 34, s. 7-24.



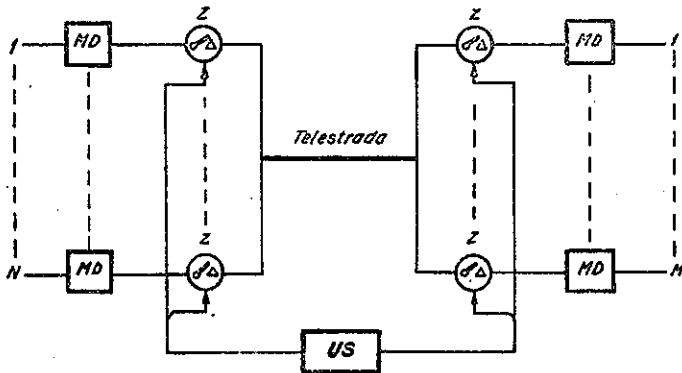
Rys. 1. Układ komutujący z rozdziałem przestrzennym

1...N - zakończenia łączy przyściowych, 1...M - zakończenia łączy wyjściowych, UK_p - urządzenie komutujące przyściowe, $ZS_1...ZS_m$ - zespoły sznurowe, UK_w - urządzenie komutujące wyjściowe



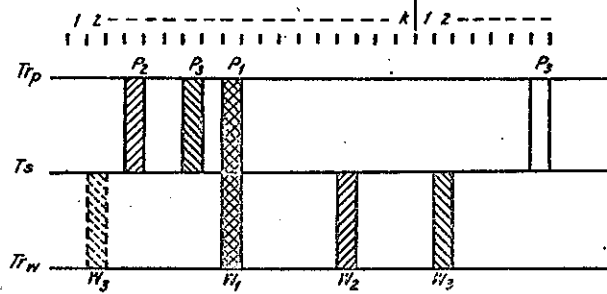
Rys. 2. Kanały czasowe w ramce

T - czas trwania ramki; t - czas trwania kanału; k - liczba kanałów



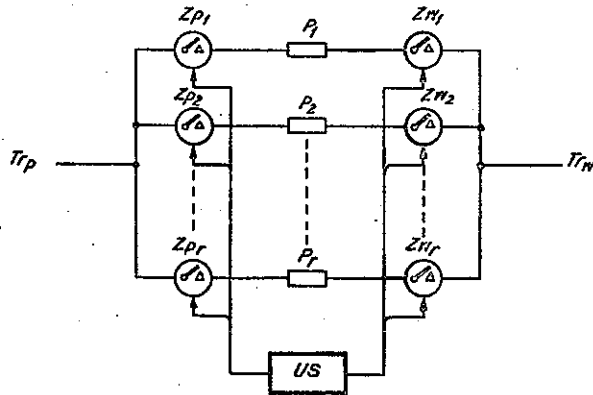
Rys. 3. Układ komutujący z rozdziałem czasowym

1...N - zakończenia łączy przyściowych, 1...M - zakończenia łączy wyjściowych, MD - modem, Z - zestaw sterowany w rozdziale czasowym, US - układ sterujący



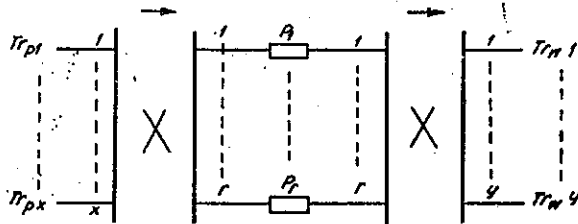
Rys. 4. Rozkład czasowy połączeń

Tr_p - trakt przyściowy, T_s - telestrada w centrali, Tr_w -
- trakt wyjściowy

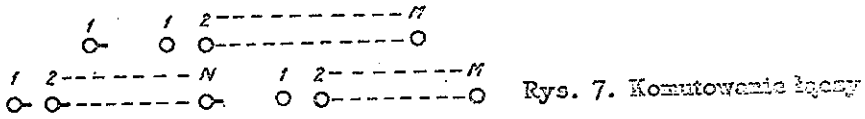


Rys. 5. Połączenie między traktami telefonii wielokrotnej

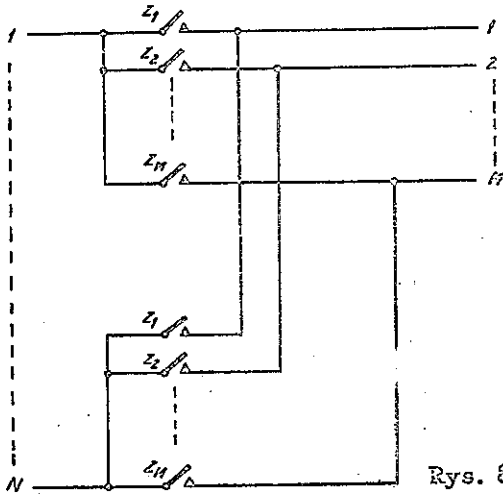
Tr_p - trakt przyściowy telefonii wielokrotnej, $Z_{p1} \dots Z_{pr}$ - układy zestykowe po stronie przyściowej, $P_1 \dots P_r$ - pamięci chwilowe dla r połączeń, US - układ sterujący, $Z_{m1} \dots Z_{mr}$ - układy zestykowe po stronie wyjściowej, Tr_w - trakt wyjściowy



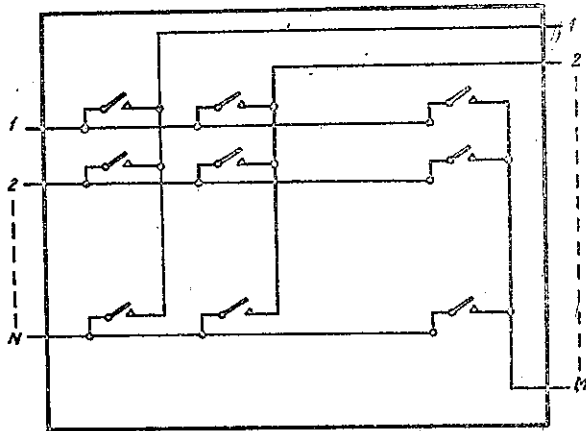
Rys. 6. Układ komutujący przestrzenno-czasowy



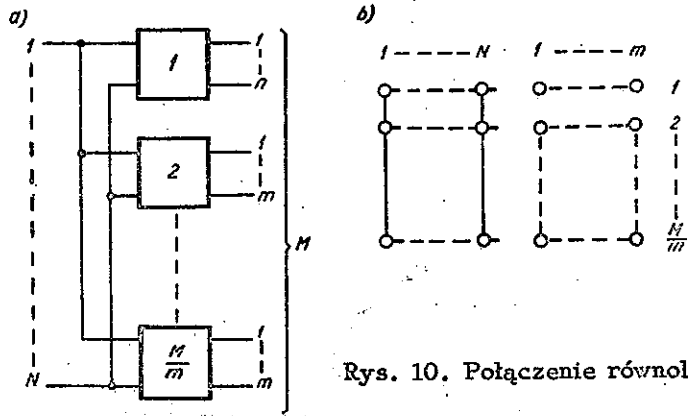
Rys. 7. Komutowanie fazowy



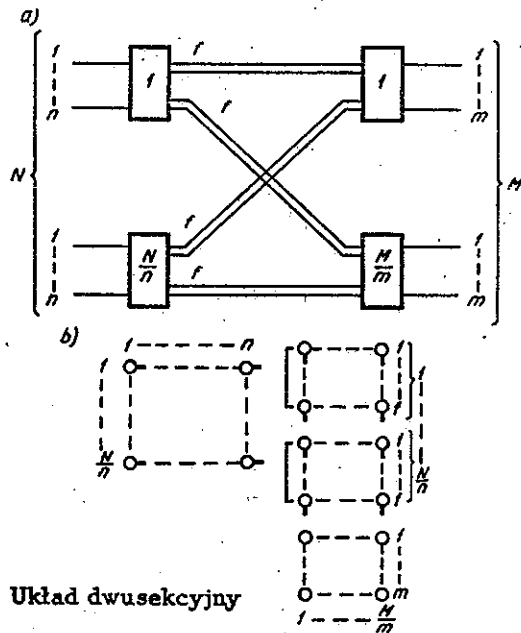
Rys. 8. Zastępczy układ komutacyjny



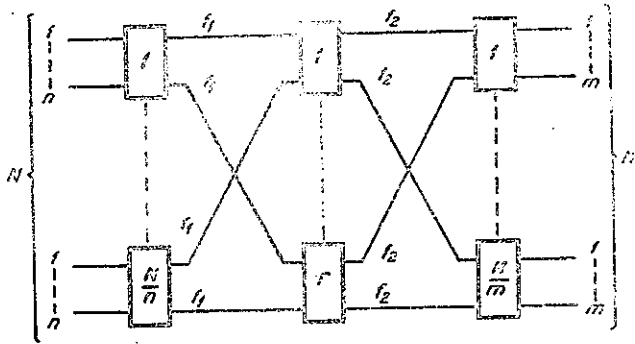
Rys. 9. Matryca komutacyjna



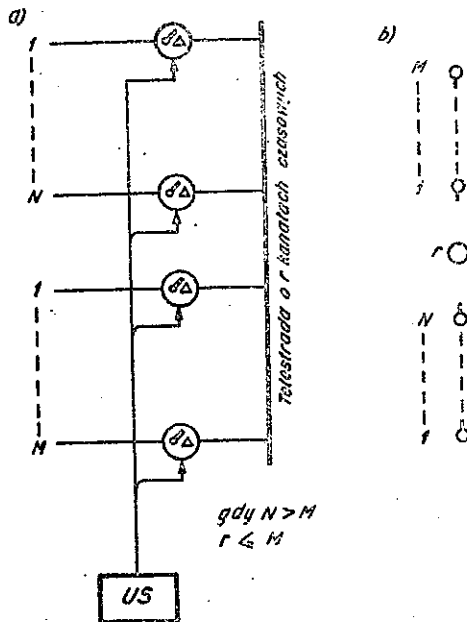
Rys. 10. Połączenie równoległe matryc



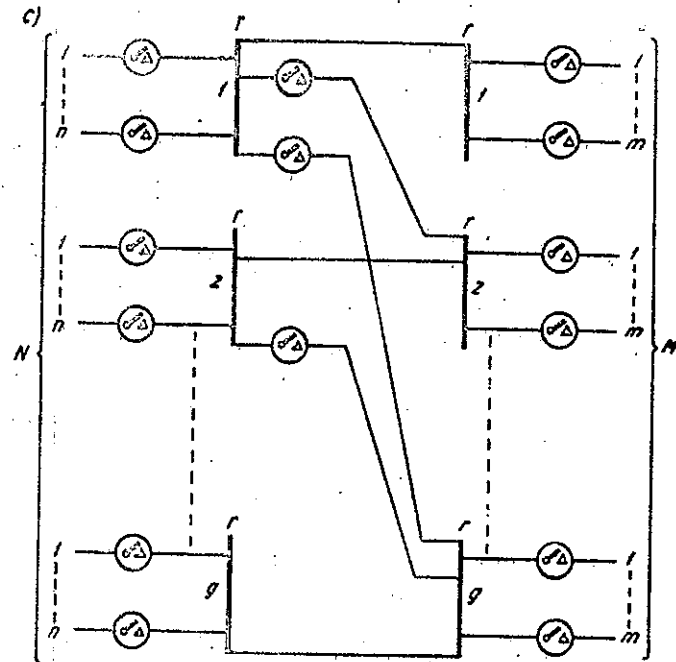
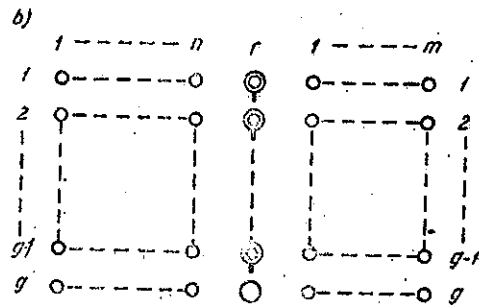
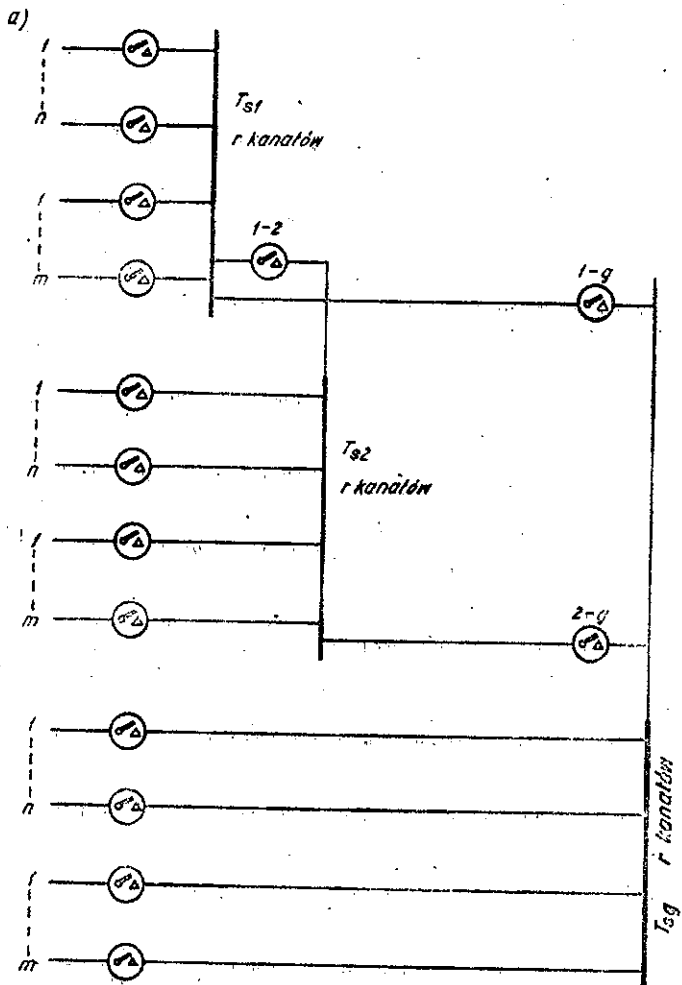
Rys. 11. Układ dwusekcyjny



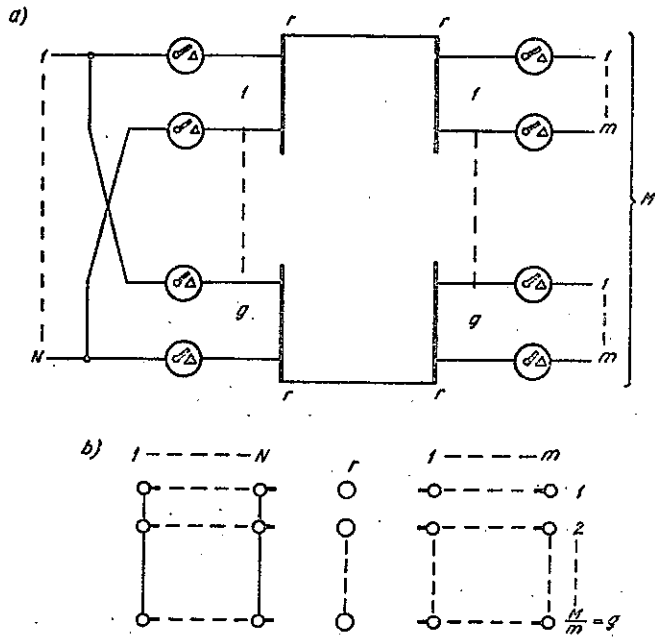
Rys. 12. Urząd trzyszekcyjny



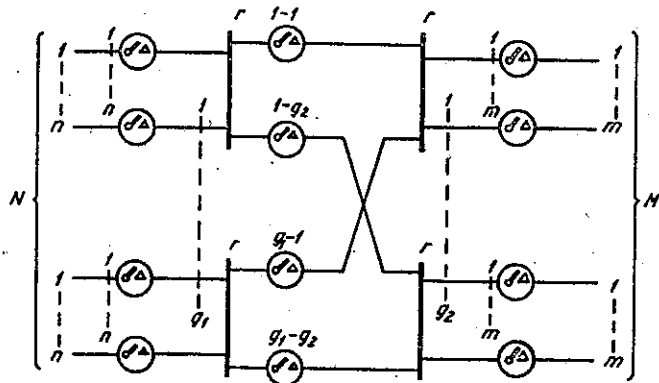
Rys. 13. Komutowanie przy użyciu jednej telestrady



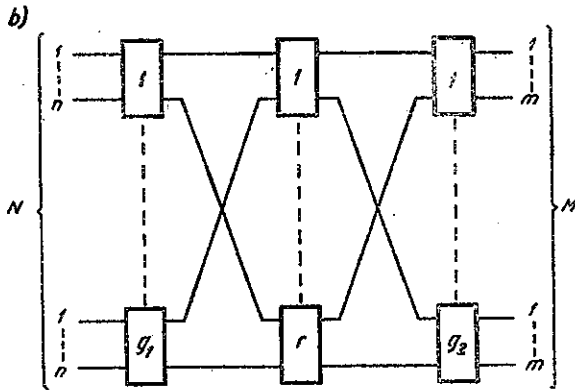
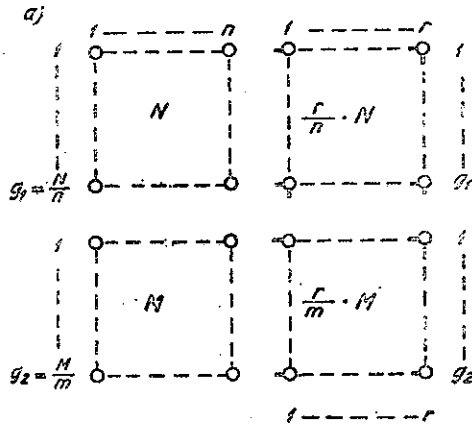
Rys. 14. Konektowanie przy wycięciu jednej lub dwu telestrad



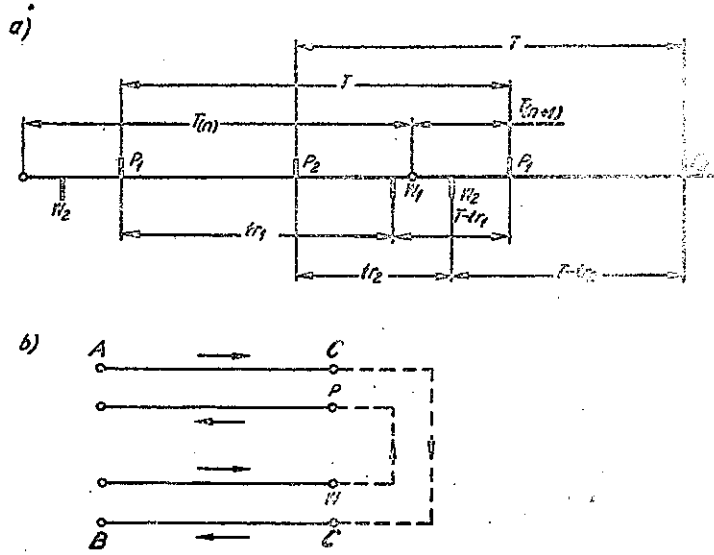
Rys. 15. Komutowanie z równoległym włączeniem łączy do kilku telestrad



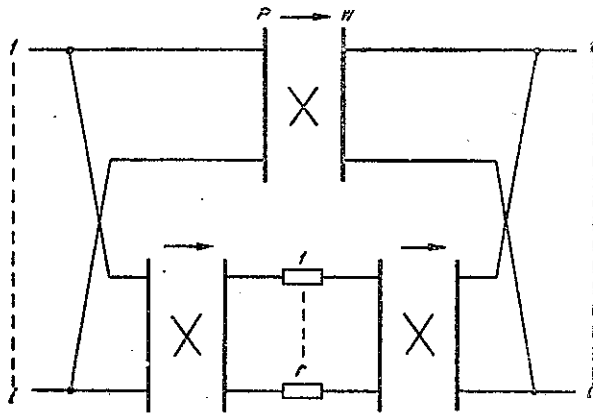
Rys. 16. Komutowanie z szeregowym łączeniem telestrad



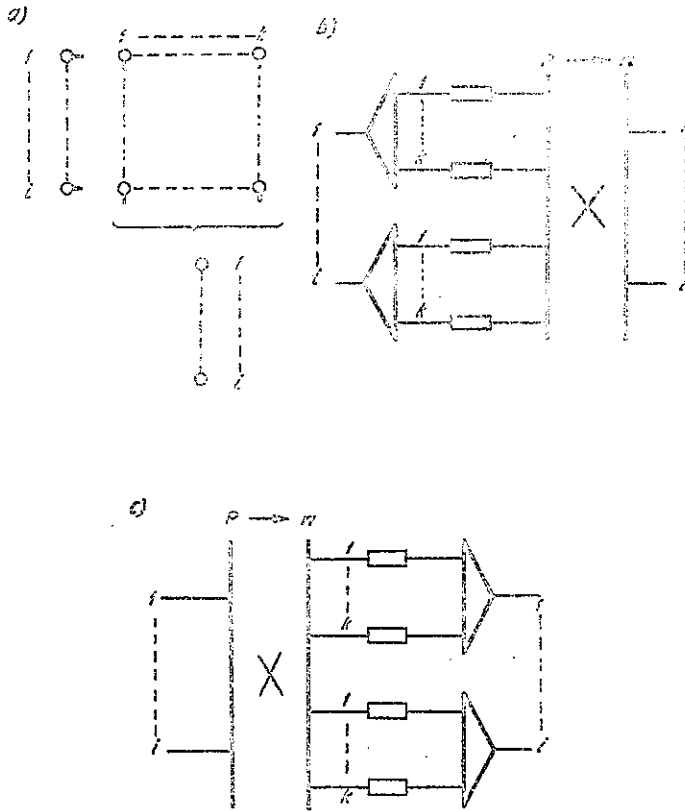
Rys. 17. Komutowanie w układzie trzysekcyjnym



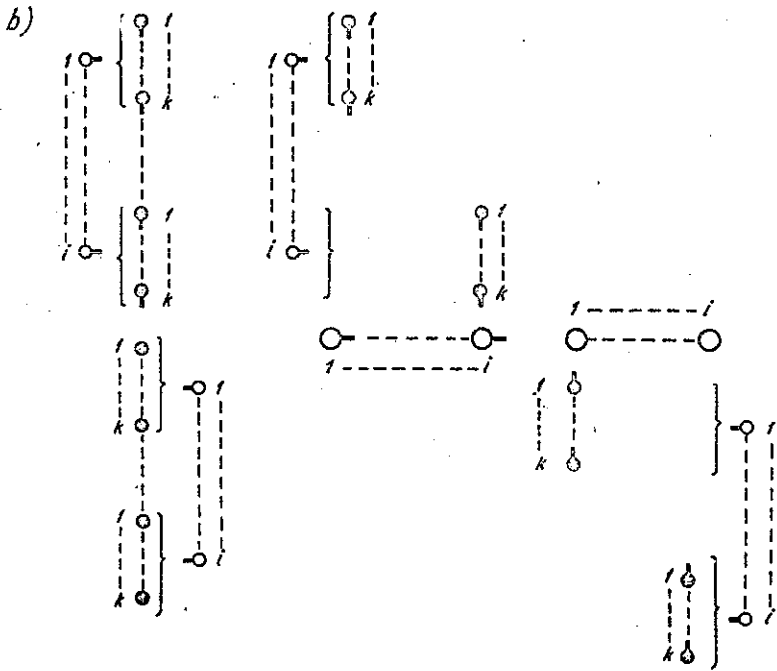
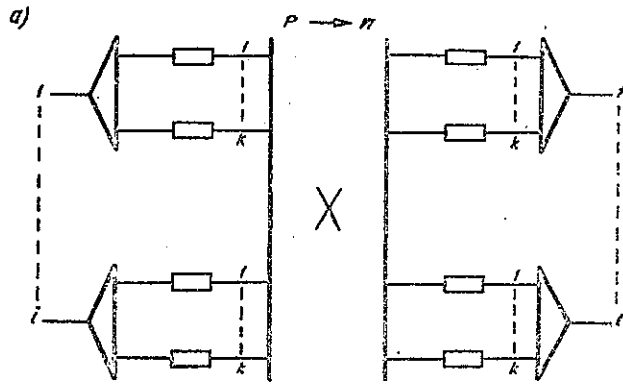
Rys. 18. Odstępny czasowy między kanałami i dwutorowe komutowania ich



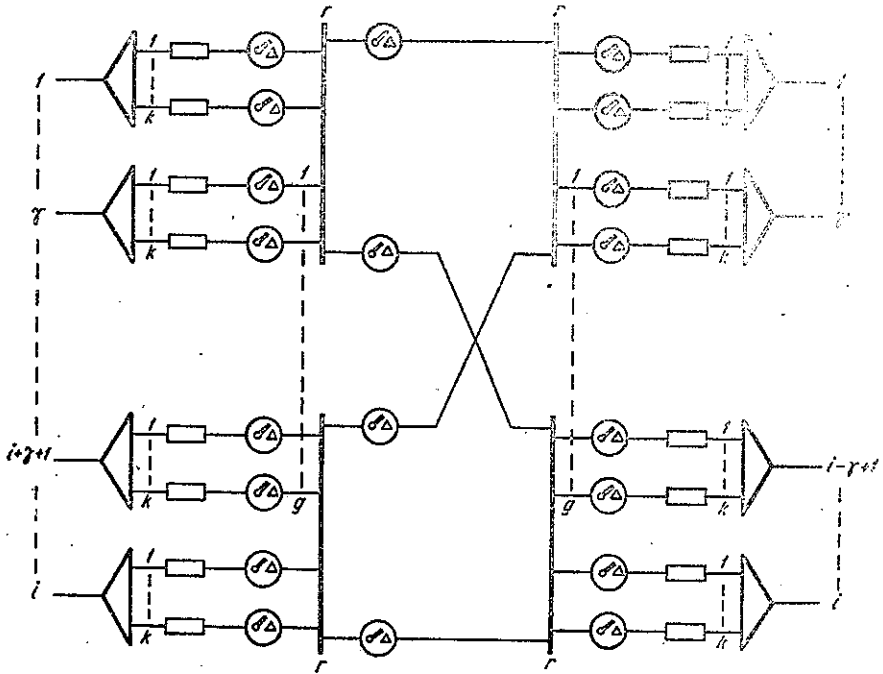
Rys. 19. Układ z zastosowaniem pamięci chwilowych dla części rozmów



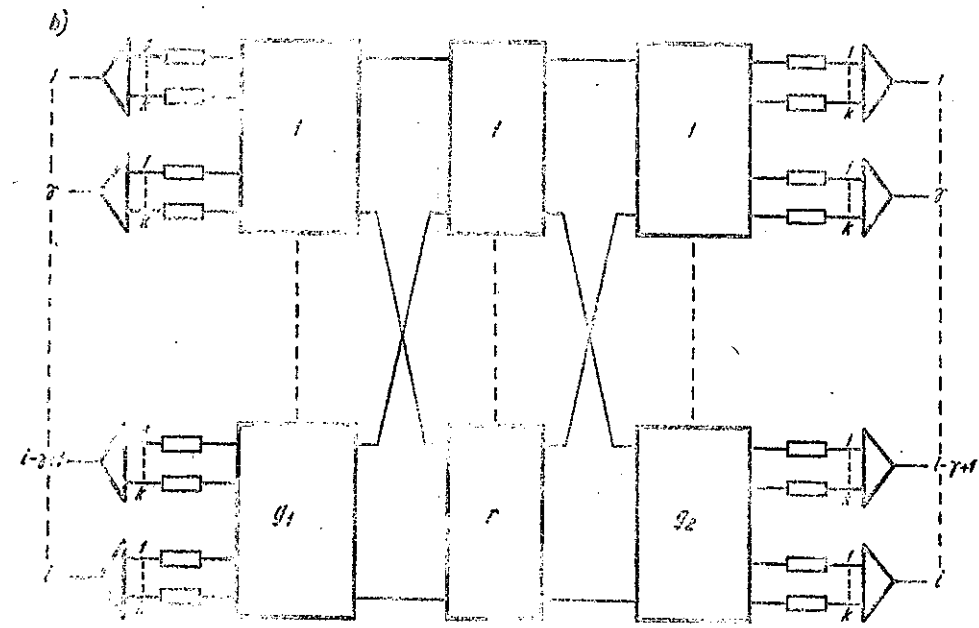
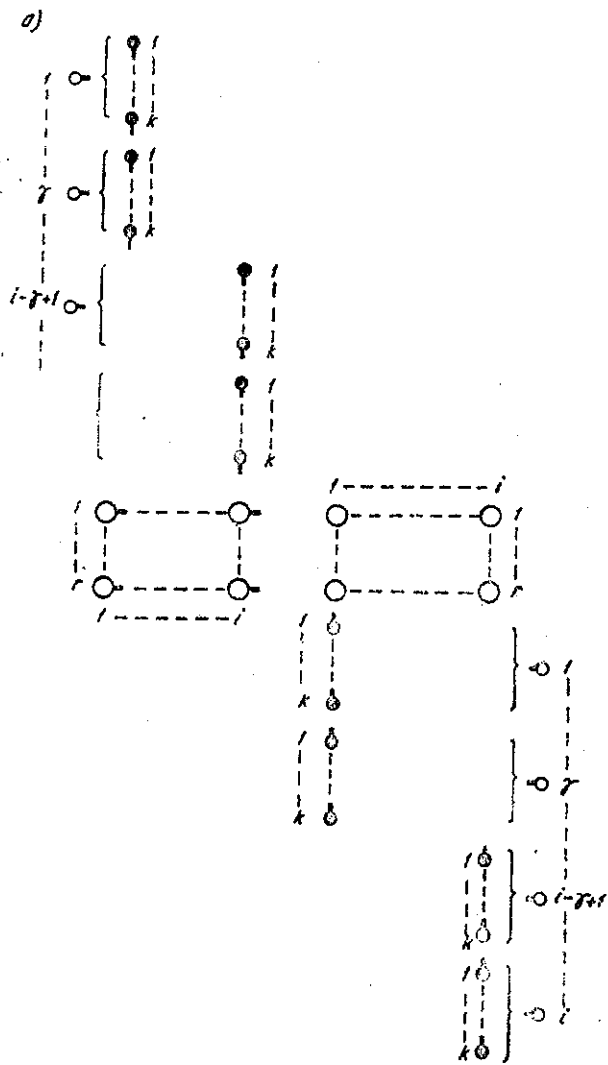
Rys. 20. Układ z pamięciami ramkowymi po stronie przyściowej lub wyjściowej



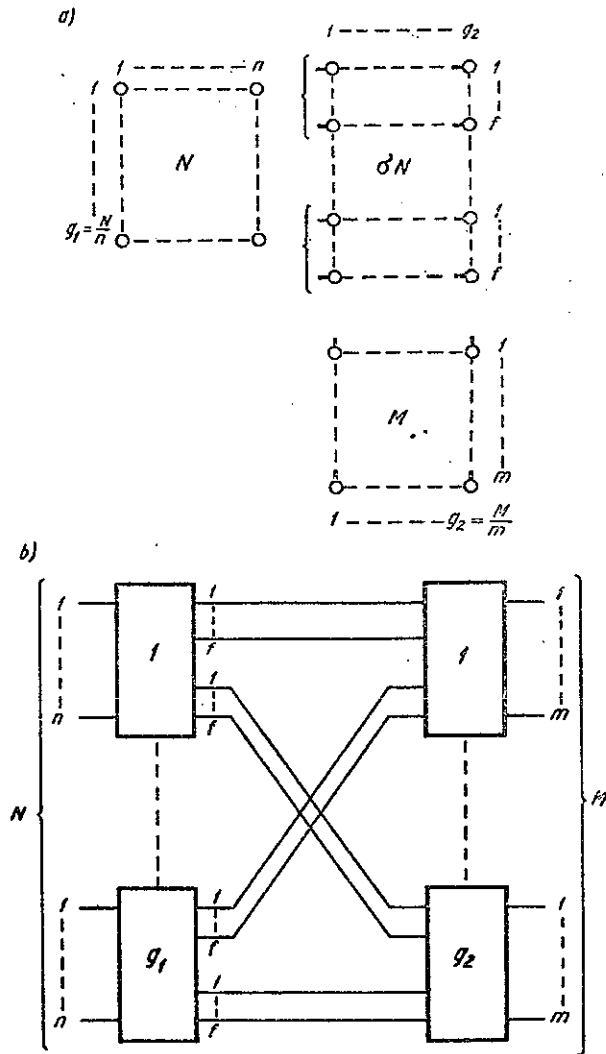
Rys. 21. Układ z pamięciami ramkowymi po stronie przyściowej i wyjściowej



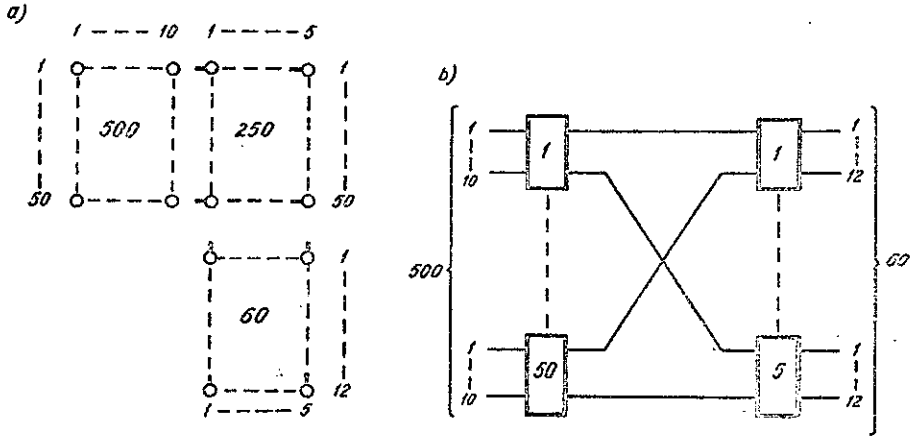
Rys. 22. Układ z szeregowym łączeniem telestrad



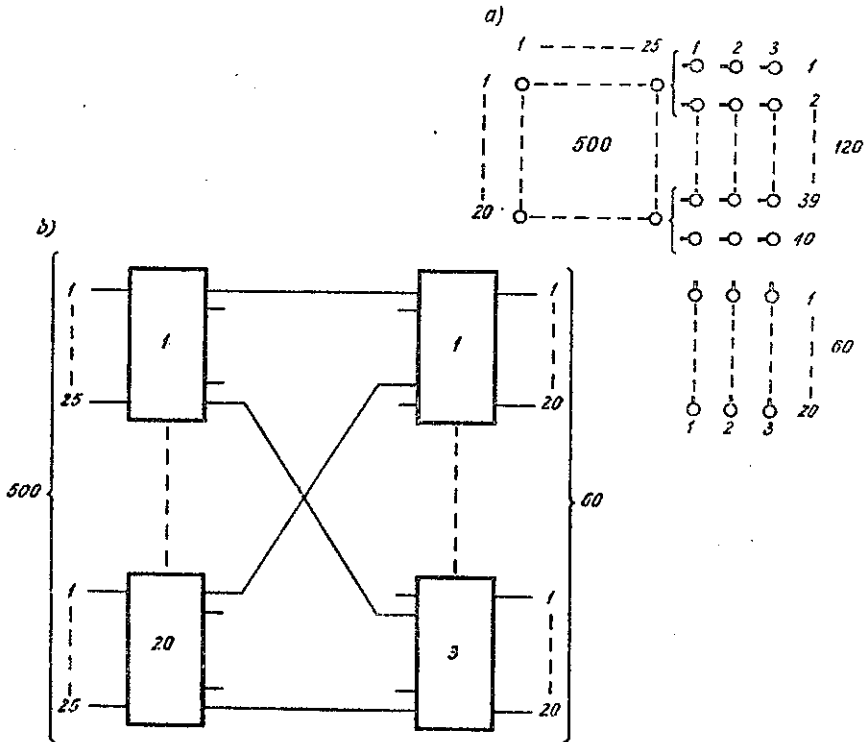
Rys. 23. Równoważny układ przestrzenny



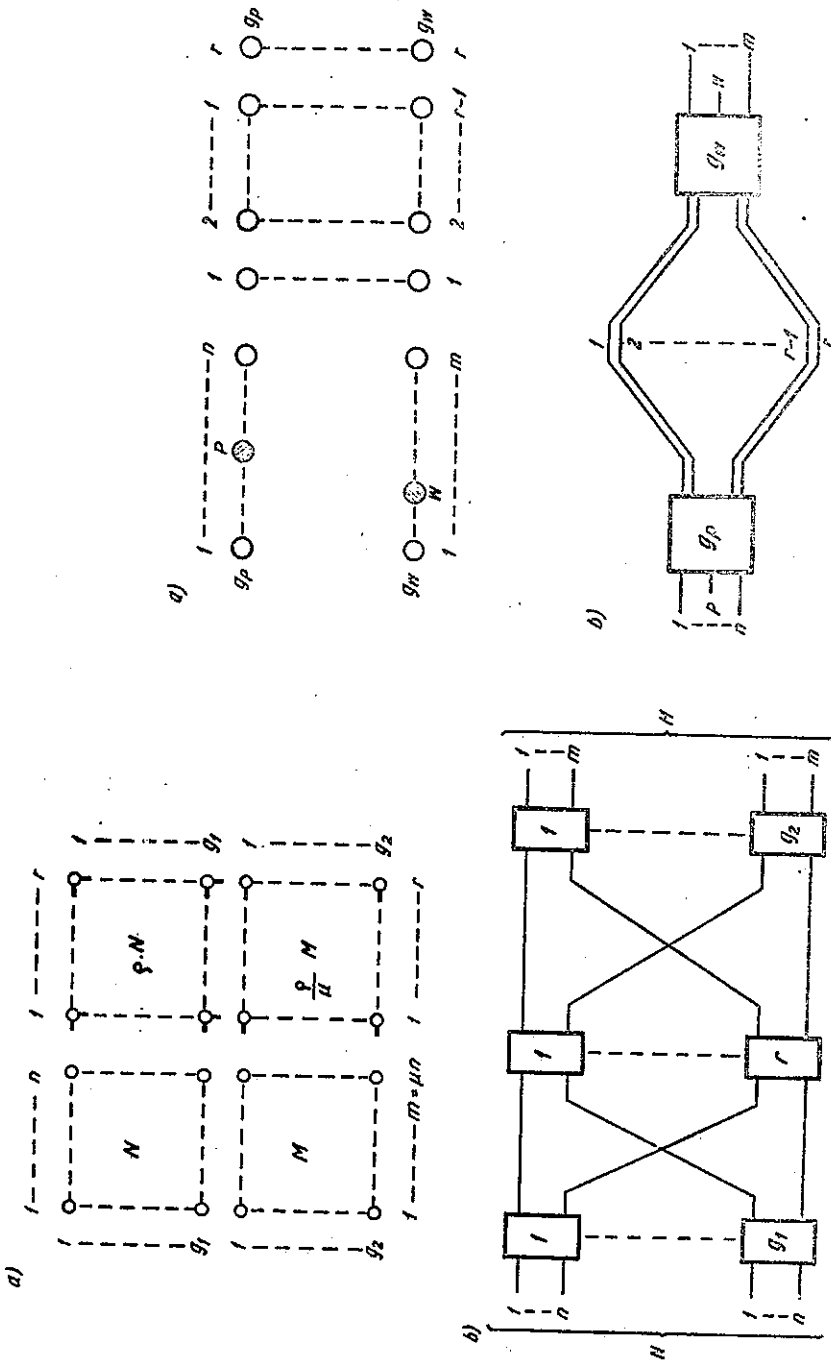
Rys. 24. Struktura układu dwusekcyjnego



Rys. 25. Układ 500 x 250 x 60

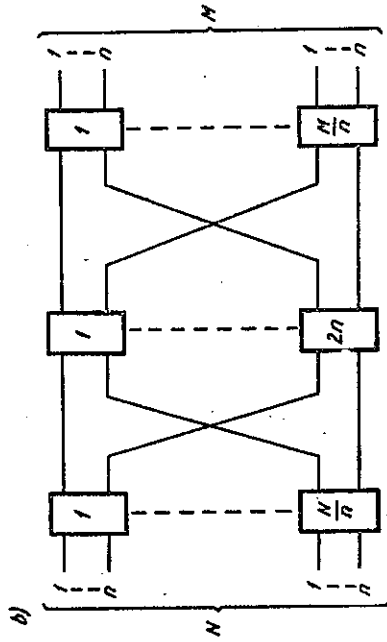
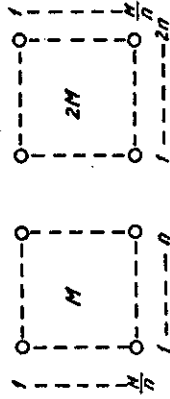
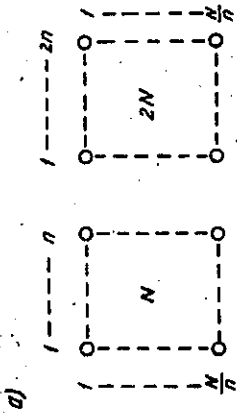
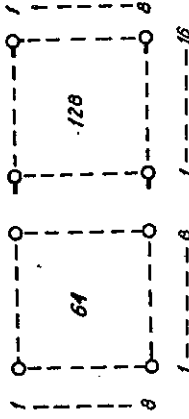
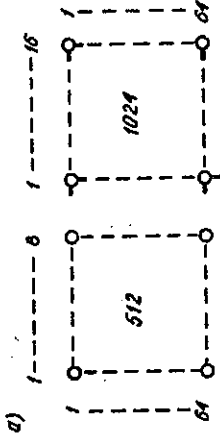


Rys. 26. Układ 500 x 120 x 60

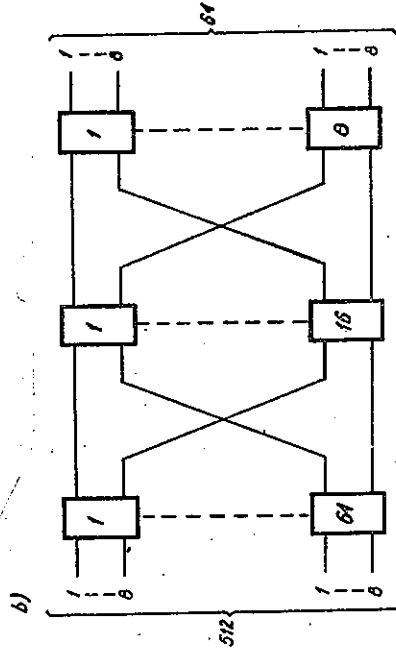


Rys. 27. Struktura układu trzysekcyjnego

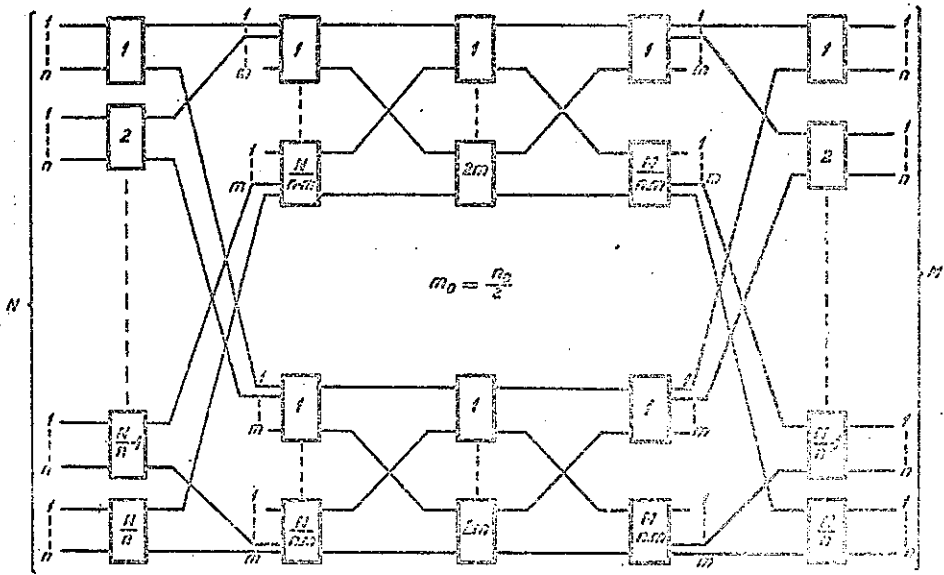
Rys. 28. Połączenie bez błędny wzniesionej



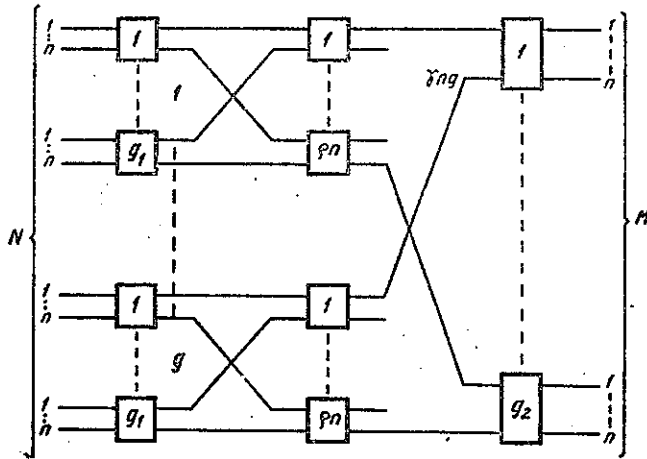
Rys. 29. Struktura optymalnego układu trzyszekcyjnego bez blokady



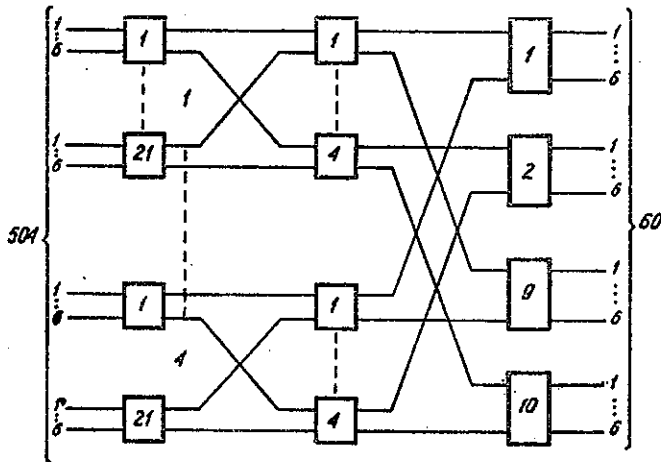
Rys. 30. Układ 512 x 1024 x 128 x 64



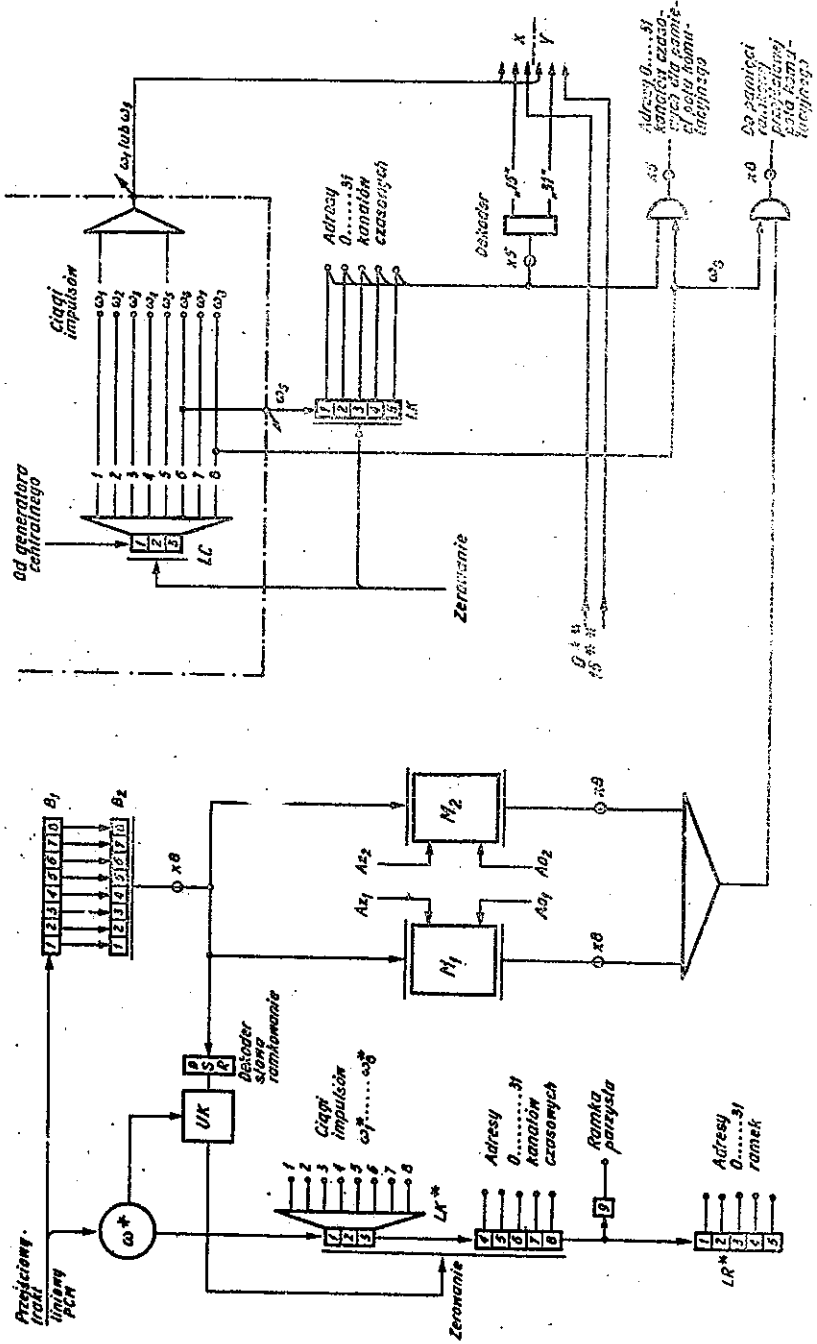
Rys. 31. Układ pięciosekccyjny



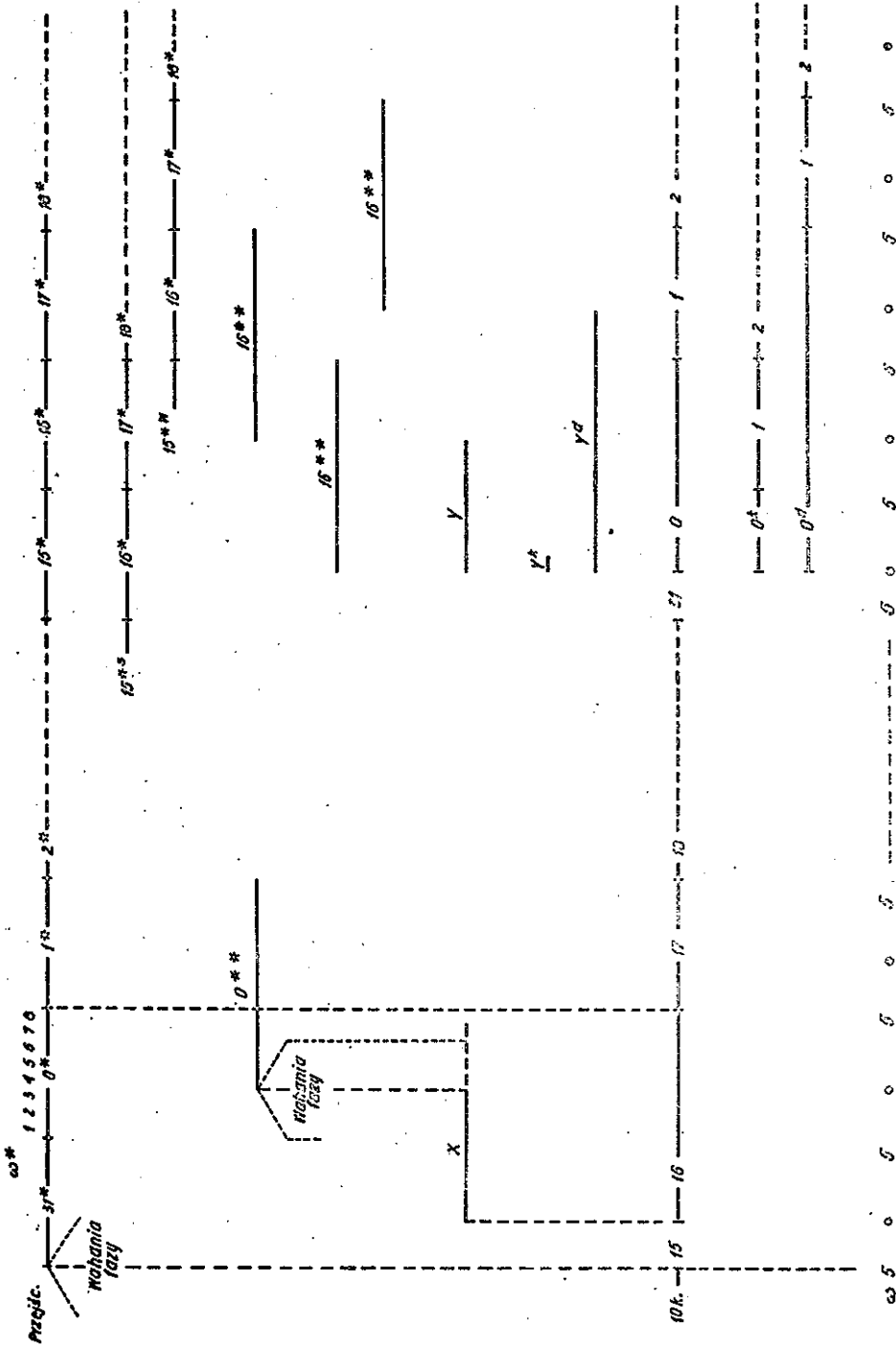
Rys. 32. Układ trzysekccyjny z blokadą



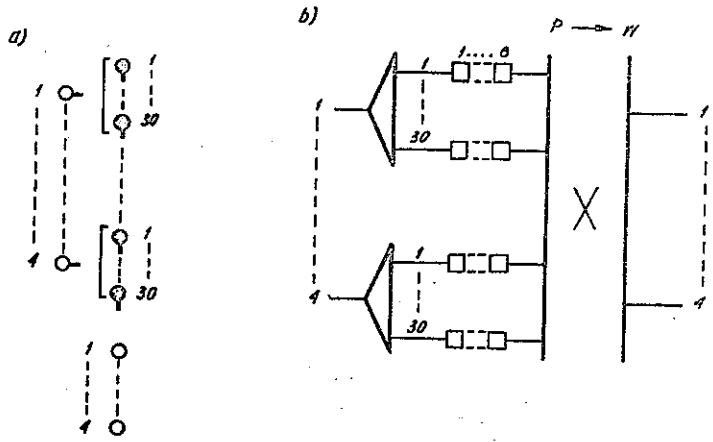
Rys. 33. Układ 504 x 336 x 80 x 60



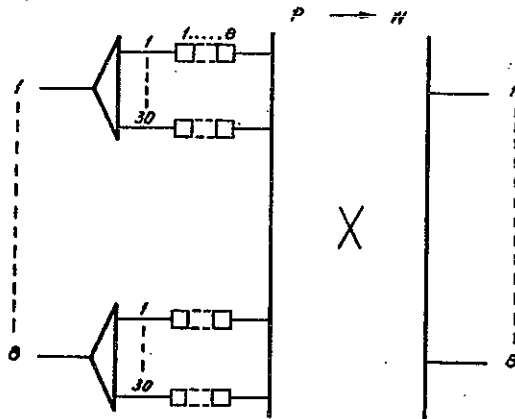
Rys. 36. Układ resynchronizacji



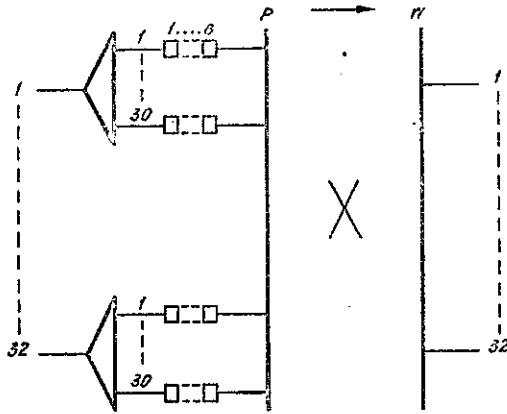
Rys. 35. Wykres czasowy resynchronizacji



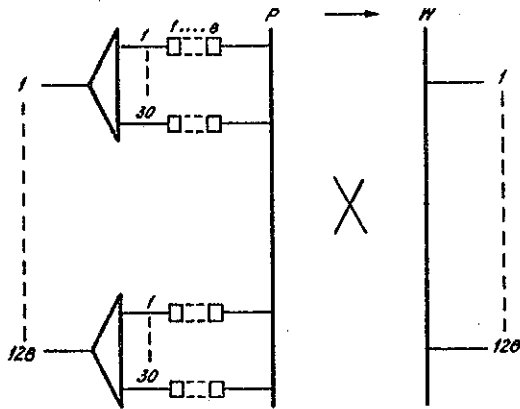
Rys. 36. Układ komutujący 4 traktów liniowe



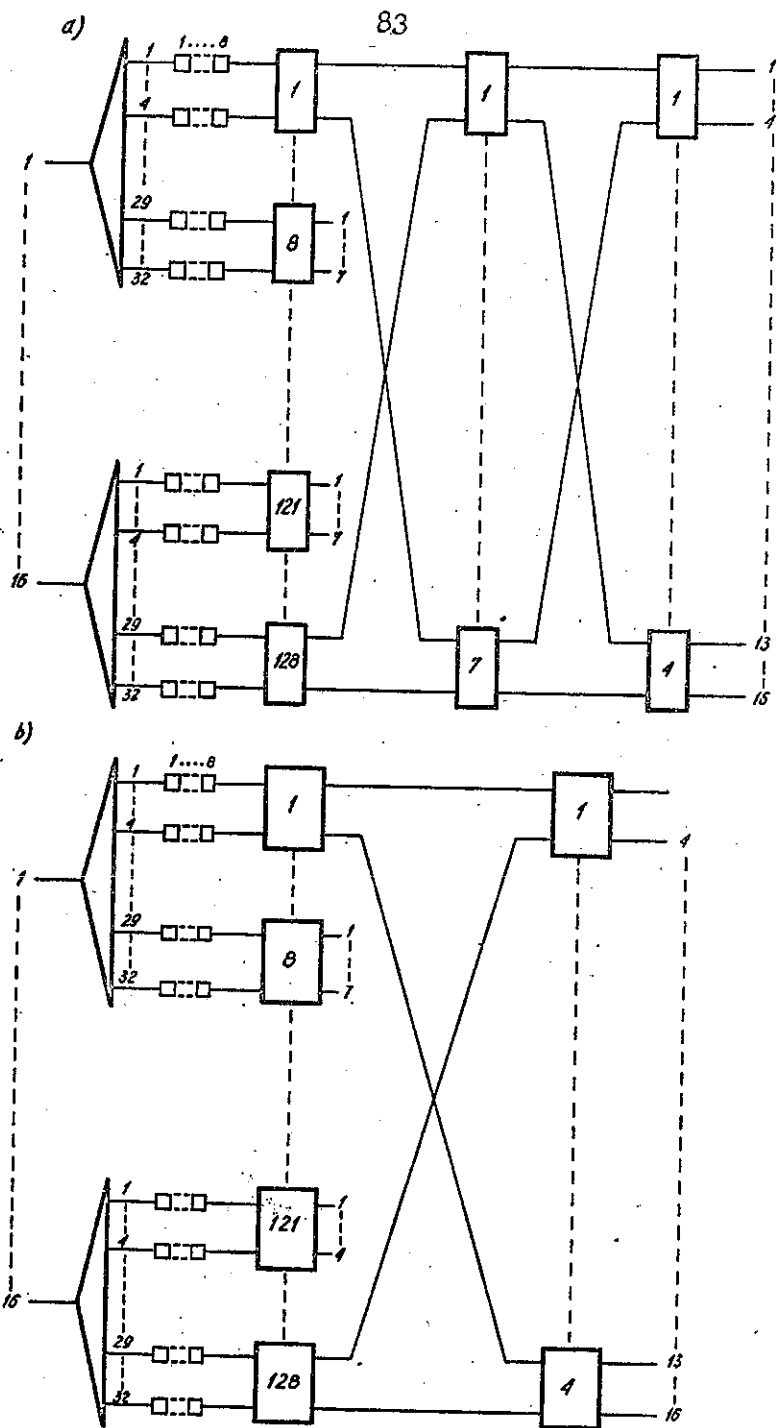
Rys. 37. Układ komutujący 8 traktów



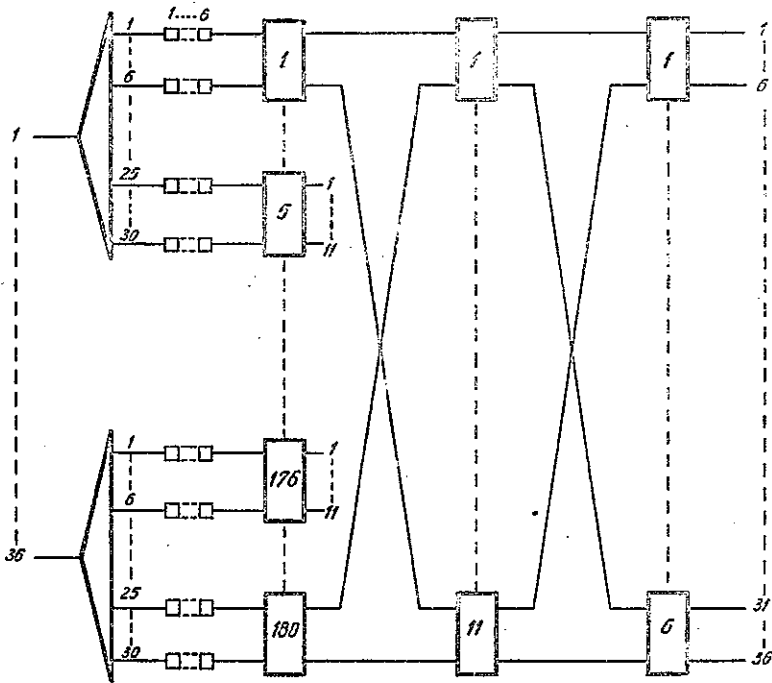
Rys. 38. Układ komutujący 32 traktów



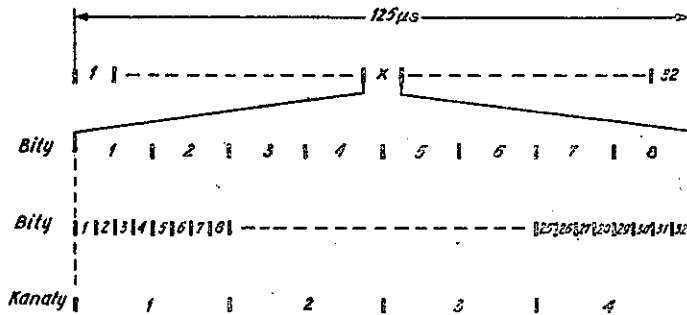
Rys. 39. Układ komutujący 128 traktów



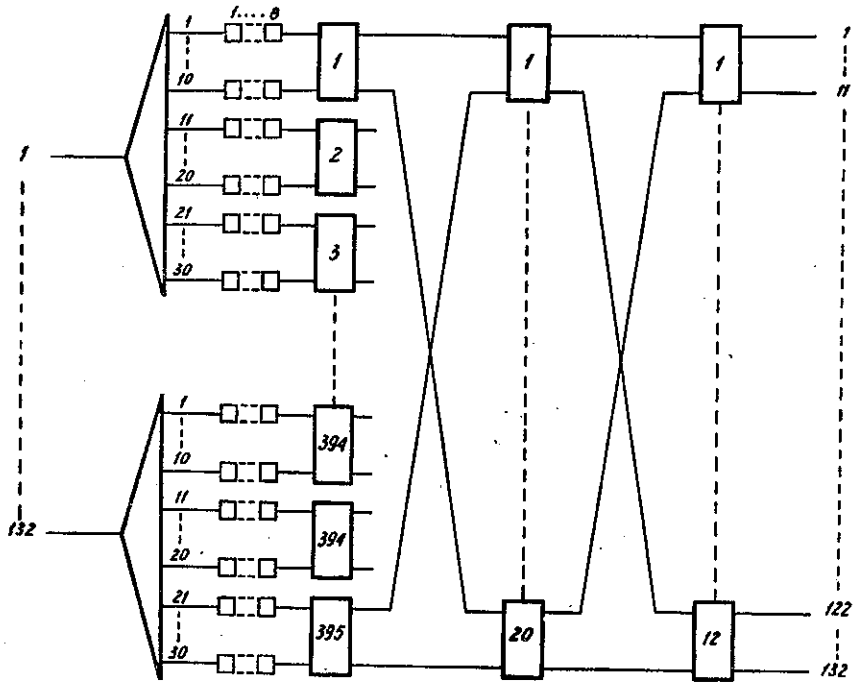
Rys. 40. Układ trzysekcyjny i dwusekcyjny



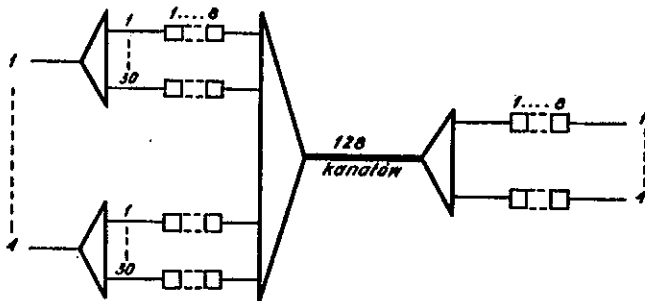
Rys. 41. Układ trzysekcyjny 36 traktów



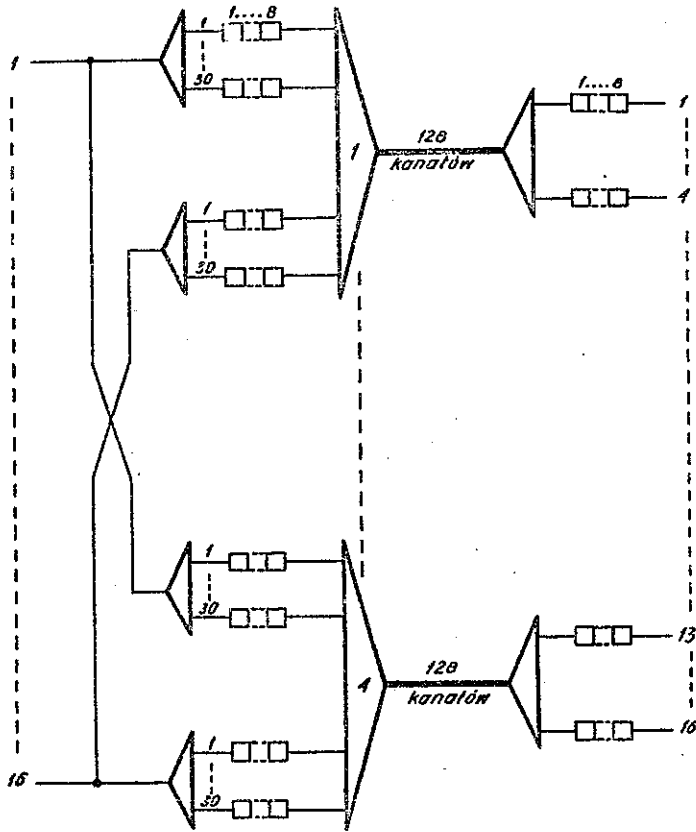
Rys. 43. Telestrada o czterokrotnie większej przelotności binarnej



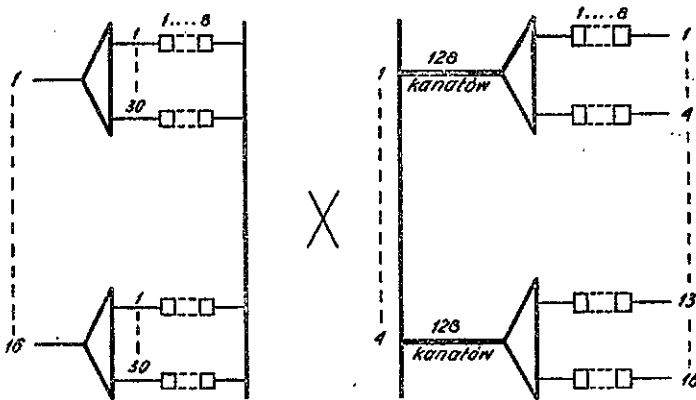
Rys. 42. Układ trzysekcyjny 132 trakty



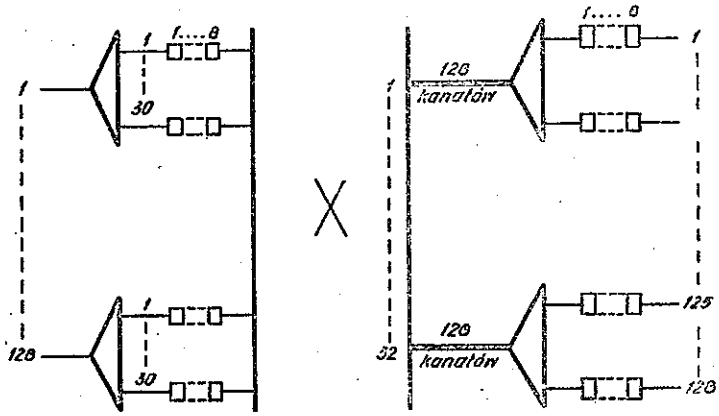
Rys. 44. Układ komutujący 4 trakty z jedną telestradą



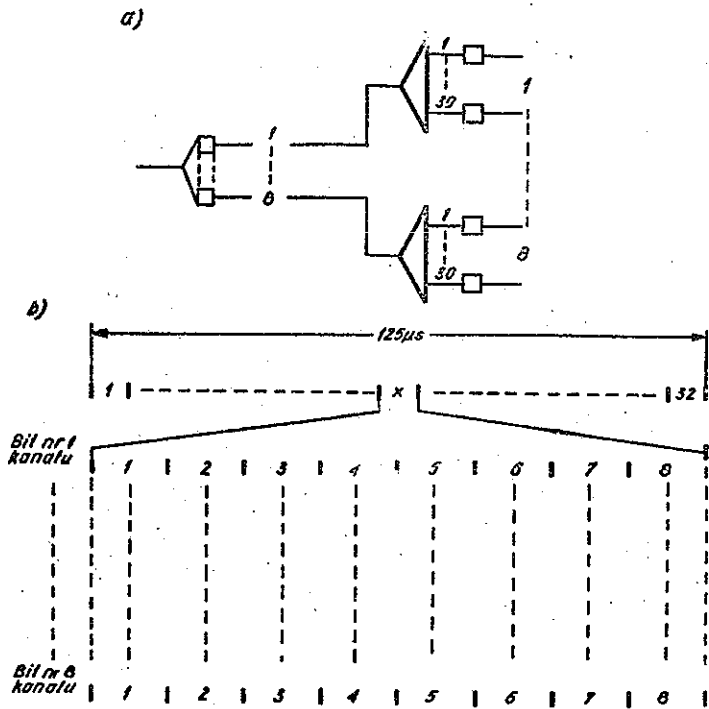
Rys. 45. Układ równoległy 16 traktów



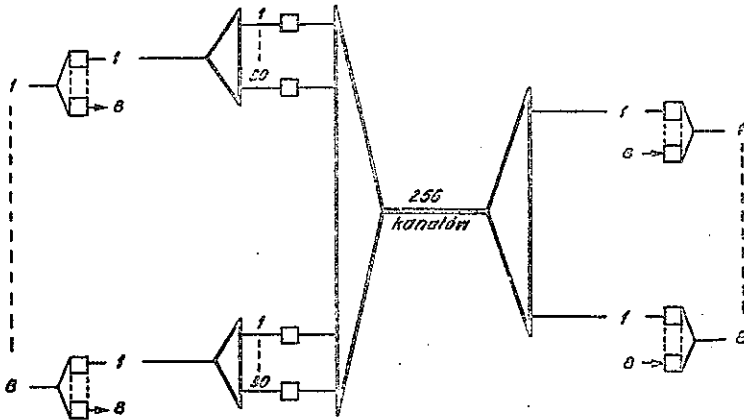
Rys. 46. Układ z czterema telestradami po 128 kanałów



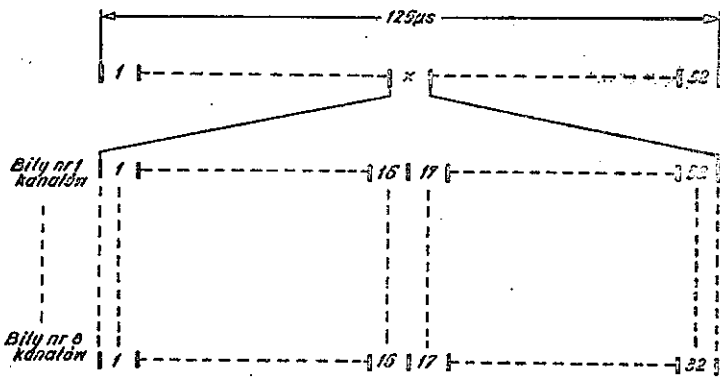
Rys. 47. Układ z 32 telestradami



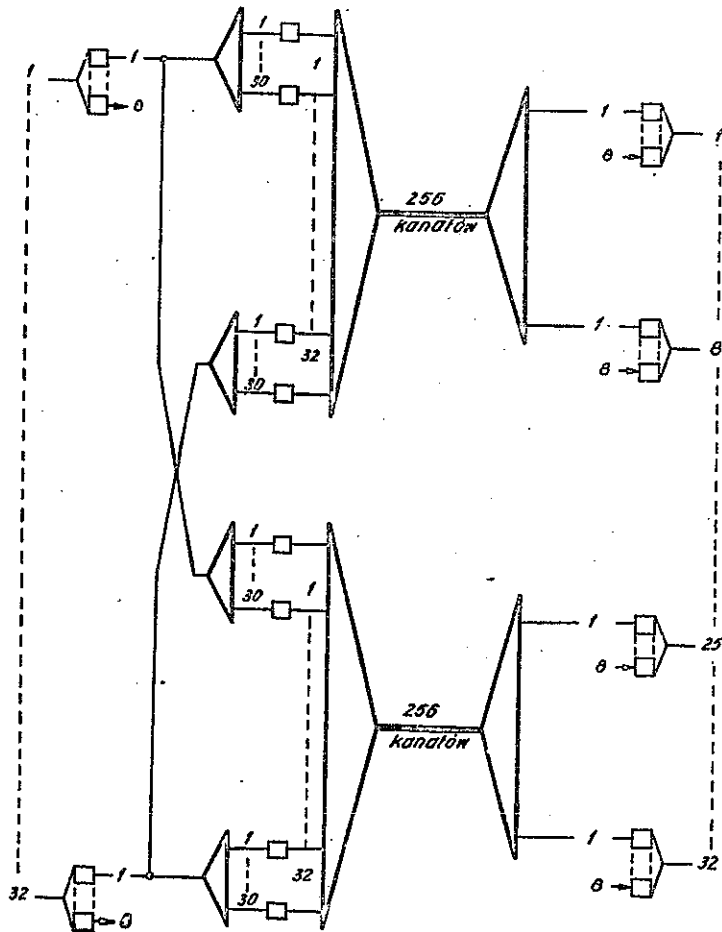
Rys. 48. Przejście z szeregowego na równoległy rozkład bitów



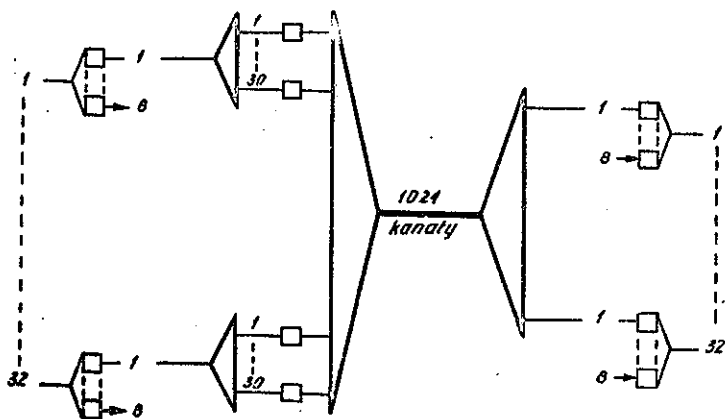
Rys. 49. Układ 8 traktów z jedną telestradą



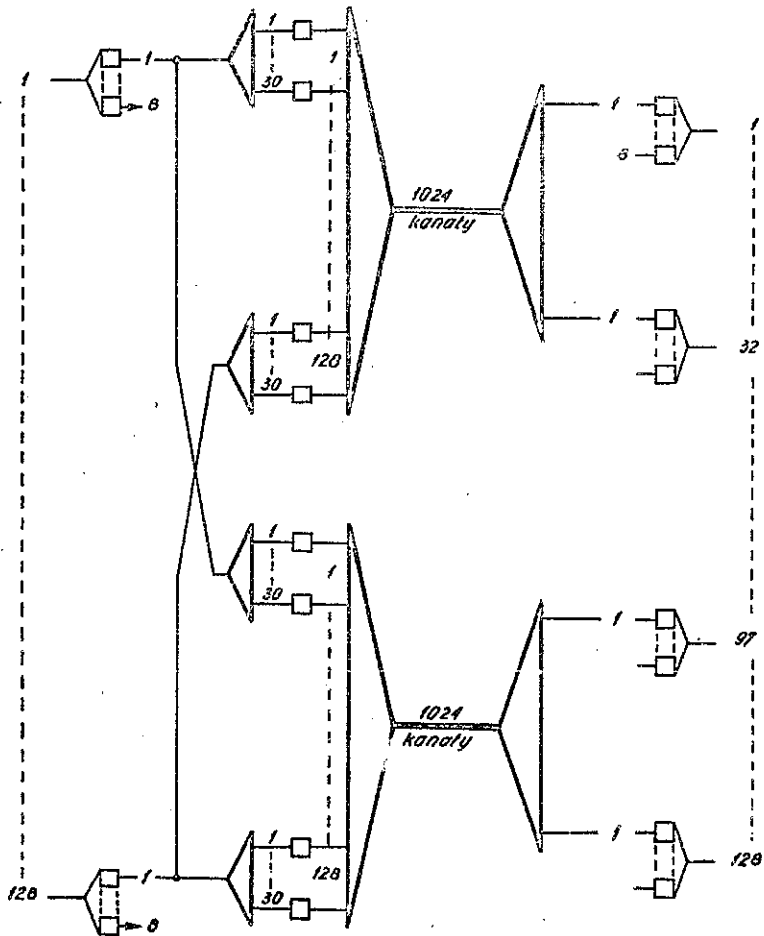
Rys. 51. Rozkład bitów przy zwiększeniu przepływności binarnej i systemie równoległym



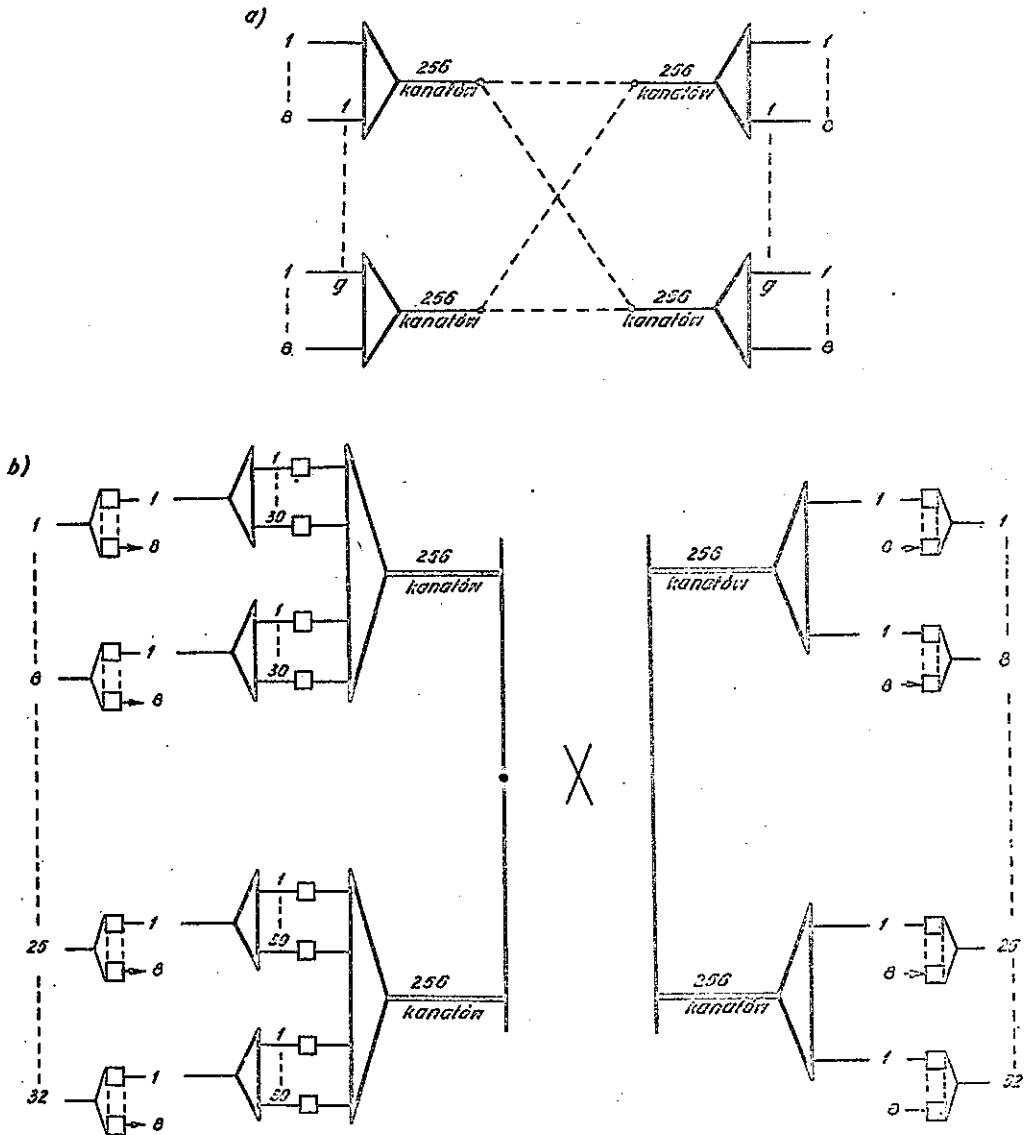
Rys. 50. Układ z 32 traktami i czterema telestradami po 256 kanałów

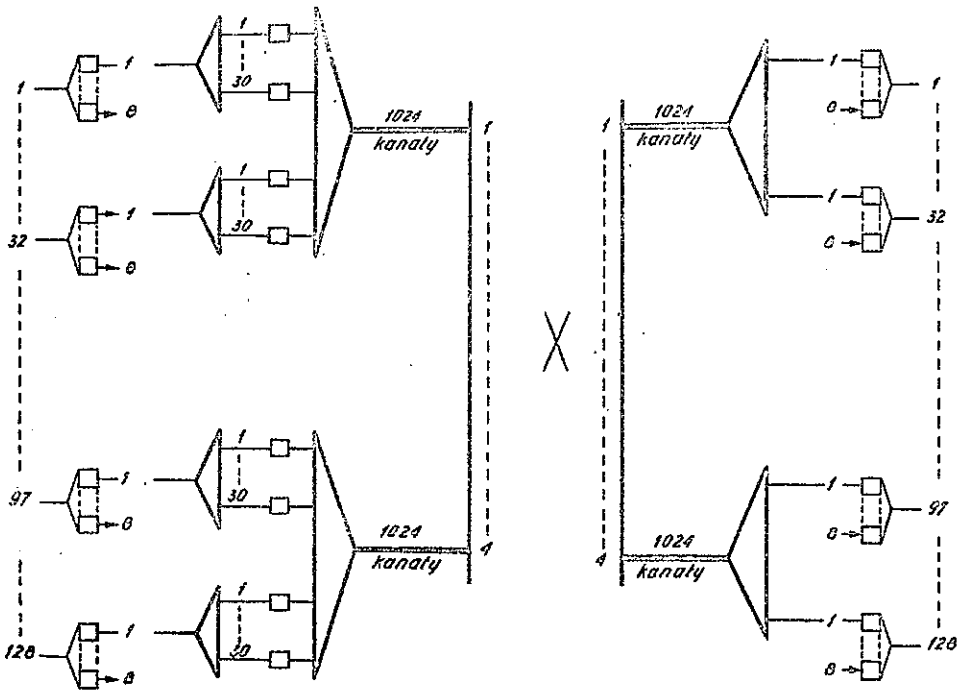


Rys. 52. Układ z jedną telestradą o 1024 kanałach

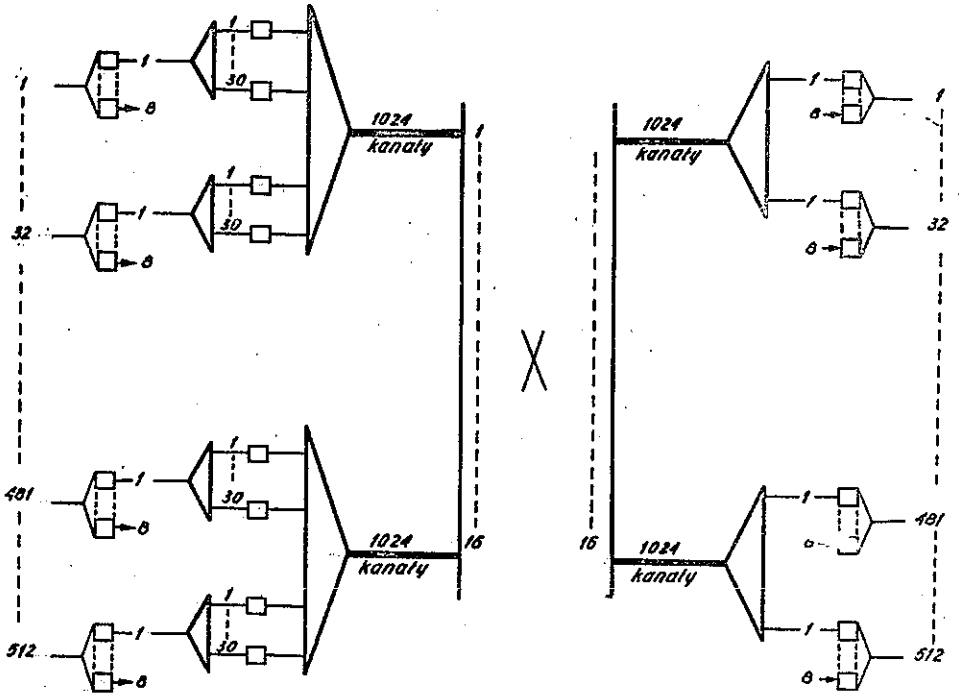


Rys. 53. Układ 128 traktów z czterema telestradami o 1024 kanałach

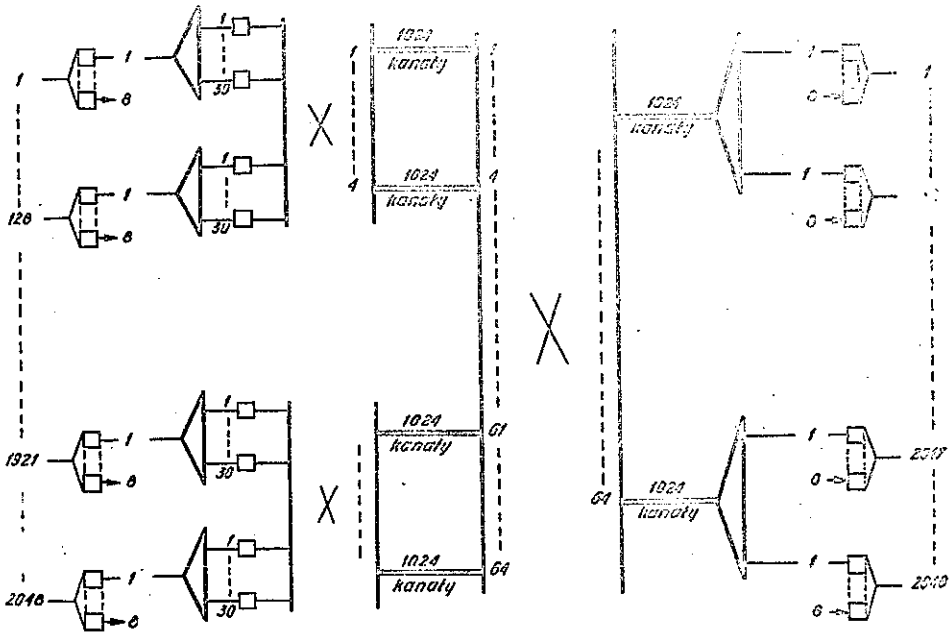




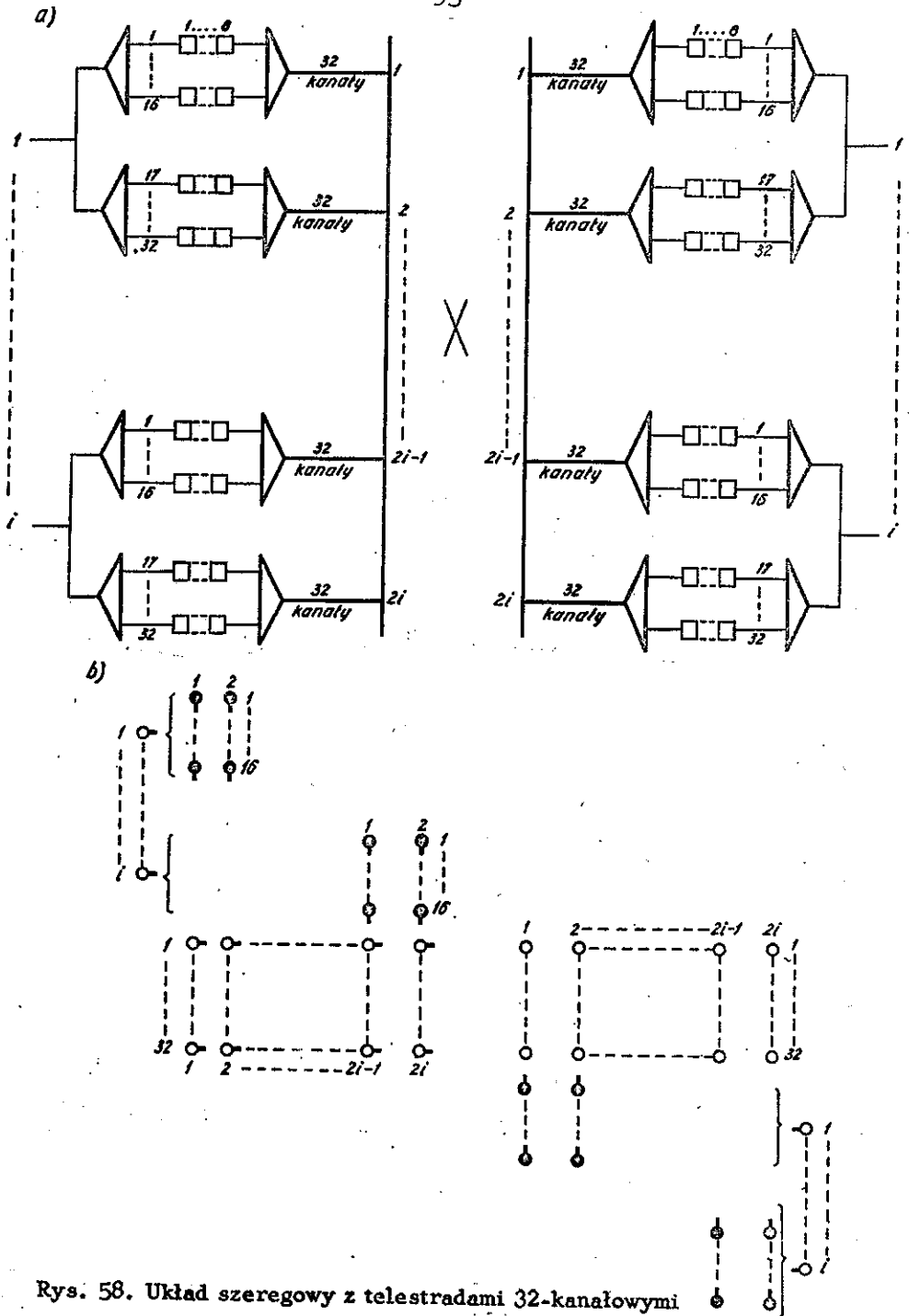
Rys. 55. Układ 128 traktów z szeregowym łączeniem telestrad



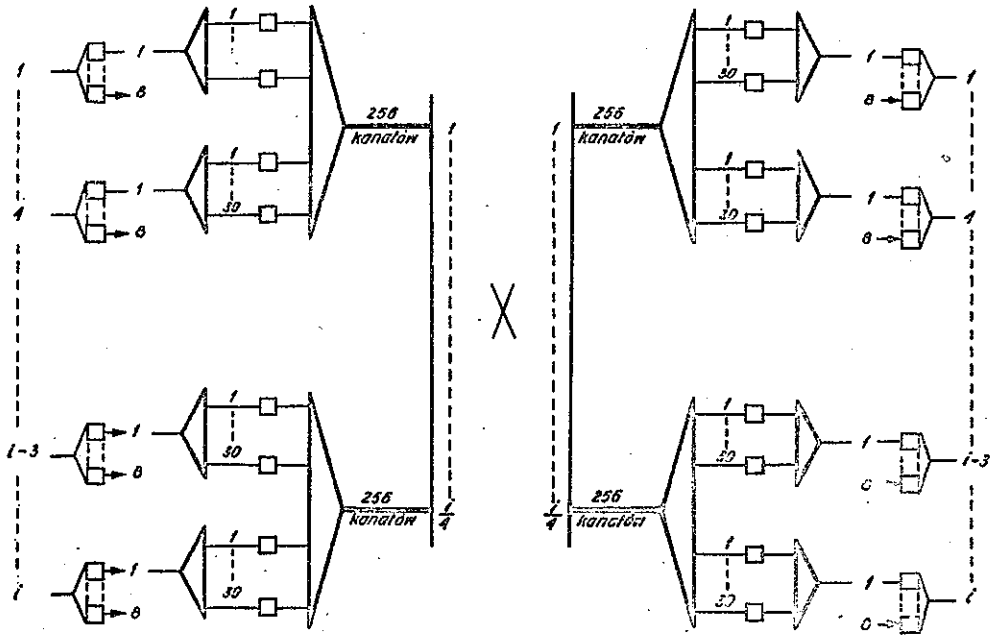
Rys. 56. Układ komutujący 512 traktów



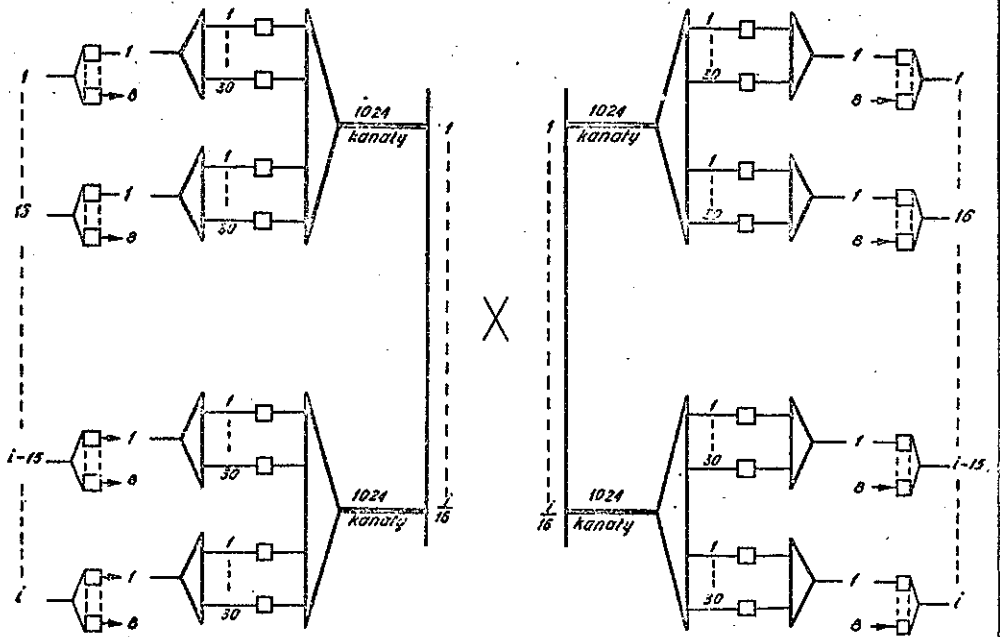
Rys. 57. Układ komutujący 2048 traktów



Rys. 58. Układ szeregowy z telestradami 32-kanalowymi



Rys. 59. Układ szeregowy z telestradami 256-kanalowymi



Rys. 60. Układ szeregowy z telestradami 1024-kanalowymi

