

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
WARSZAWA-MIEDZESZYN

PROBLEMY

BIBLIOTEKA
Instytutu Łączności

ŁĄCZNOŚCI

93

1973

MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

BIBLIOTEKA
Instytutu Łączności

Nb. _____

PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

ROK 13

WARSZAWA 1973

NR 93

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

Branżowy Ośrodek
Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Redakcja Problemów Łączności

Redaktor Naczelny - mgr inż. Jerzy Rutkowski

Redaktorzy działów:

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

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH RĘKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO

Egz. Nr 32

Redaktor: J. Borkowska

Montaż tekstu: B. Drabik

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 825. Wpłynęło do
Działu Wydawniczego 30.12.1972 r.
Druk ukończono w marcu 1973 r.

PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

Włodzimierz Barjasz, Wojciech Pawłowski,
Tadeusz Zagrobelny

ANALOGOWE SYSTEMY TELETRANSMISYJNE O DUŻYCH KROTNOŚCIACH

SPIS TREŚCI

	Str.
1. Wiadomości ogólne	1
1.1. Wstęp	1
1.2. Systemy teletransmisyjne	2
2. Zasady tworzenia grup kanałów w systemach nośnych	6
3. Zasady tworzenia pasm liniowych systemów wysoko- krotnych	14
3.1. Zarys rozwoju systemów współosiowych	14
3.2. Pasma liniowe	21
4. Wybrane systemy wysokokrotne	30
4.1. System 2700-krotny	30
4.2. Systemy współosiowe 10800-krotne	52
Wykaz literatury	80

Włodzimierz Barjasz
Wojciech Pawłowski
Tadeusz Zagrobelny

621.395.452

ANALOGOWE SYSTEMY TELETRANSMISYJNE O DUŻYCH KROTNOŚCIACH

1. WIADOMOŚCI OGÓLNE

1.1. Wstęp

Nośne systemy teletransmisyjne, najogólniej biorąc, umożliwiają wielokrotne wykorzystanie torów telekomunikacyjnych, tzn. jednoczesne przesyłanie szeregu niezależnych sygnałów wspólnym torem, z zapewnieniem selektywnego i nie zakłóconego ich odbioru na drugim końcu toru.

Wyodrębnia się dwa podstawowe rodzaje systemów nośnych: o podziale czasowym i o podziale częstotliwościowym.

W systemie o podziale czasowym każdy sygnał może wykorzystywać tor przesyłowy tylko w określonym przedziale czasowym, a w systemie o podziale częstotliwościowym tylko w określonym przedziale /zakresie/ częstotliwości. Utworzone w ten sposób drogi przesyłowe nazywa się kanałami - czasowymi lub częstotliwościowymi. Tematem niniejszego artykułu będą systemy o podziale częstotliwościowym.

Układy elektryczne służące do przemieszczania sygnałów z po-

łożenia naturalnego do położenia, które sygnał zajmuje w torze /lub w pośrednich ogniwach urządzeń teletransmisyjnych/ nazywa się modulatorami, a układy przemieszczające sygnał na powrót do położenia naturalnego - demodulatorami. Warto dodać, że w telefonicznych systemach nośnych o podziale częstotliwościowym stosuje się wyłącznie modulację amplitudy.

1.2. Systemy teletransmisyjne

Ustalenie ogólnej, a jednocześnie precyzyjnej definicji systemu teletransmisyjnego byłoby dość kłopotliwe z uwagi na mnogość czynników, które należałoby uwzględnić. W praktyce pojęcie systemu teletransmisyjnego można zawęzić do systemu telefonicznego lub w nielicznych przypadkach telefoniczno-telewizyjnego, ponieważ tylko takie łącza występują w dalekosiężnych sieciach teletransmisyjnych. Inne rodzaje sygnałów, jak: radiofonia, telegrafia, transmisja danych, symilografia i inne, są przesyłane łączami telefonicznymi po odpowiedniej ich adaptacji.

Po przyjęciu takiego uproszczenia system teletransmisyjny można zdefiniować jako zespół urządzeń teletechnicznych służących do utworzenia, w pewien specyficzny dla danego systemu sposób, określonej liczby łączy.

W pierwszej kolejności należałoby rozróżnić systemy naturalne i nośne. Systemy naturalne pozwalają na przesyłanie sygnałów w ich naturalnym położeniu na skali częstotliwości, zaś systemy nośne o podziale częstotliwościowym, wykorzystując modulację amplitudową, pozwalają stworzyć wiele kanałów o widmach przesuniętych na skali częstotliwości.

Następnie systemy teletransmisyjne można podzielić na dwie zasadnicze grupy:

- systemy przewodowe,
- systemy radiowe.

Obie te grupy różnią się przede wszystkim rodzajem toru przesyłowego, jak to wynika z ich nazw. Natomiast w większości przypadków urządzenia końcowe są identyczne /lub prawie identyczne/ dla obu grup systemów.

Oczywiście analogowe systemy radiowe są zawsze systemami nośnymi.

W nowoczesnych sieciach teletransmisyjnych systemy przewodowe i radiowe stosowane są równorzędnie. Do zalet systemów przewodowych należą: mniejsza wrażliwość na zakłócenia zewnętrzne i wpływy atmosferyczne, niejawni przebieg linii, większa odporność na uszkodzenia. Z drugiej strony systemy radiowe konkurują następującymi zaletami: łatwość pokonywania przeszkód naturalnych /rzeki, jeziora, głębokie doliny/ oraz krótszy cykl budowy.

Systemy przewodowe z kolei można podzielić na dwie podstawowe grupy w zależności od rodzaju stosowanych torów przewodowych:

- systemy symetryczne,
- systemy współosiowe.

Systemy współosiowe dzieli się na systemy stosowane na współosiowych torach normalnowymiarowych, o wymiarach 2,6/9,5 mm i małowymiarowych, o wymiarach 1,2/4,4 mm.

Następnym kryterium rozróżniania systemów teletransmisyjnych

będzie ich krotność, tzn. liczba kanałów realizowanych w danym systemie. We współczesnych systemach występują krotności wyliczone w tabl. 1.

T a b l i c a 1

Zależność pasma liniowego systemu od jego krotności

Krotność systemu	Pasma częstotliwości
1 /system naturalny/	0,3 - 3,4 kHz
12	12 - 60 kHz
24	12 - 108 kHz
60	12 - 252 kHz
120	12 - 552 kHz
300	60 - 1364 kHz
900 /960/	60 - 4287 kHz
1260	60 - 5636 kHz
1800 /1920/	312 - 8200 /8500/ kHz
2700	312 - 12388 kHz
3600	500 - 17500 kHz
7200	4,0 - 40 MHz
10800	4,0 - 60 MHz

Oprócz wymienionych wyżej krotności występują jeszcze systemy o krotnościach nietypowych, jak np. 8 lub 6 /systemy uproszczone na małe odległości/, 480 /systemy podmorskie/ itp.

Krotność systemu, a tym samym szerokość pasma przesyłanego w torze, określa od razu rodzaj toru przewodowego. Zależności te są pokazane w tabl. 2.

Zależność rodzaju toru od krotności systemu

Krotność	Rodzaj toru			
	napo- wietrz- ny	kabel syme- tryczny	współosiowy małowy- miarowy	radio- linia
Naturalny	x	x		
12, 24	x	x		
12, 24, 60, 120		x		x
300, 960, 1260, 2700			x	x
960, 2700, 1800, 1920, 10800				x

Kierując się kryterium krotności, możemy systemy podzielić na następujące grupy:

- systemy małej krotności /do 120 kanałów włącznie/ ,
- systemy wysokokrotne /od 300 kanałów wzwyż/.

Podział ten pokrywa się z podziałem na systemy symetryczne i współosiowe, co nie jest wcale przypadkowe. W pierwszej fazie rozwoju nowoczesnych telefonicznych systemów powstały kolejno systemy dwunasto-, dwudziestocztero-, sześćdziesięcio- i studziesięciokrotne, przeznaczone do pracy na symetrycznych torach kablowych. Dalszy rozwój systemów symetrycznych napotkał trudną do przekroczenia barierę w postaci przesłuchów między parami symetrycznymi.

Tłumiennosc przesłuchowa torów symetrycznych w funkcji częstotliwości szybko maleje i, począwszy od częstotliwości około 300 kHz, powiększanie jej napotyka bardzo poważne trudności techniczne, których przewyższanie staje się już nieopłacalne.

W torach współosiowych, dzięki ich konstrukcji, pole elektromagnetyczne ograniczone jest zewnętrznym przewodem rurowym i z tego względu przesłuchy między poszczególnymi parami są znikome, w przeciwieństwie do torów symetrycznych. Tłumiennosc przesłuchowa dla par współosiowych jest najmniejsza dla małych częstotliwości i rośnie wraz z częstotliwością. Już dla częstotliwości około 500 kHz osiąga ona wartości bardzo duże, będące na granicy możliwości pomiarowych. Dzięki temu nie ma ograniczenia szerokości przesyłanego pasma, a tym samym i liczby kanałów. Powyższe stwierdzenie jest słuszne tylko do pewnego stopnia, w praktyce krotności systemów i ich pasma nie można zwiększać w nieskończoność. Czynnikiem ograniczającym jest tu przede wszystkim szybko rosnąca wraz z częstotliwością tłumienność toru współosiowego, co wymaga stosowania coraz krótszych odcinków wzmacniakowych. Górną granicą wykorzystania linii współosiowej są systemy, które wymagają stosowania wzmacniaków co 2-1,5 km. Dalsze zwiększanie krotności i skracanie odcinków wzmacniakowych przy obecnym stanie techniki jest już nieopłacalne.

2. ZASADY TWORZENIA GRUP KANAŁÓW W SYSTEMACH NOŚNYCH

Nośne systemy teletransmisyjne pojawiły się w latach trzydziestych naszego stulecia i w pierwszej fazie rozwijały się w sposób

żywiolowy i nieuporządkowany. Rozwój sieci dalekosiężnych i międzynarodowych sprawił, że nabrzmiała potrzeba normalizacji. Kanaly utworzone w określonym systemie nośnym muszą być przecież przemieszczone z powrotem do położenia naturalnego w dowolnym, odległym kraju. Wszystkie problemy techniczne, a także organizacyjne i prawne, wynikające z międzynarodowego ruchu telekomunikacyjnego są uzgadniane przez Międzynarodowy Komitet Doradczy do Spraw Telefonii i Telegrafii / skrót nazwy w jęz. francuskim CCITT/.

Parametry wszystkich współcześnie stosowanych systemów teletransmisyjnych są ustalone w zaleceniach opracowanych przez CCITT. W pierwszej kolejności określone są sposoby tworzenia grup kanałów, ich pasma częstotliwości oraz sposoby zagospodarowania pasma liniowego grupami kanałów w poszczególnych systemach.

Omawiając te zagadnienia, należy stwierdzić, że wszystkie dalekosiężne systemy nośne o podziale częstotliwościowym są systemami z przesyłaniem jednej bocznej wstęgi bez fali nośnej. Wynika to z konieczności oszczędnego wykorzystania pasma liniowego i urządzeń liniowych. Pasma częstotliwości przewidziane na jeden kanał telefoniczny w systemie nośnym wynosi 4 kHz, a kanał w położeniu naturalnym zajmuje pasmo 0,3 - 3,4 kHz.

Wszystkie przewodowe i radiowe systemy nośne stosowane współcześnie w dalekosiężnych liniach telekomunikacyjnych oparte są na dwunastokanałowych grupach, stanowiących podstawowy element, z którego tworzone są następne, liczniejsze grupy i systemy.

Dwunastokanałowa grupa, zajmująca pasmo $12 \times 4 = 48$ kHz, nazy-

wa się podstawową grupą pierwotną. Występuje ona w dwóch wariantach /rys. 1/x/:

- jako podstawowa grupa pierwotna A, o pasmie 12-60 kHz;
- jako podstawowa grupa pierwotna B, o pasmie 60-108 kHz.

W grupie pierwotnej A widma w poszczególnych kanałach znajdują się w położeniu prostym /tzn. w takim samym położeniu jak w systemie naturalnym/, natomiast w grupie B - w odwróconym.

Pierwotna grupa podstawowa B służy do tworzenia następnych, liczniejszych grup kanałów.

Pierwotna grupa A stosowana jest jedynie w starszych systemach dwunastokrotnych.

Podstawową grupę pierwotną B można utworzyć różnymi metodami. Wybór metody podyktowany jest kompromisem pomiędzy stopniem technicznej komplikacji urządzeń a ich kosztem.

Najprostszą metodą jest modulacja jednostopniowa pokazana na rys. 2. Polega ona na modulowaniu 12 widmami naturalnymi prądów nośnych o częstotliwościach 108, 104 ... 68,64 kHz /12 częstotliwości co 4 kHz/ i następnie wydzieleniu za pomocą pasmowych filtrów dolnych wstęp bocznym.

Zastosowane w tej metodzie filtry pasmowe muszą mieć bardzo dużą stromość względną zboczy pasm zaporowych, ponieważ odstępy między falami nośnymi a wstępami bocznymi wynoszą zaledwie 300 Hz przy częstotliwości fal nośnych rzędu 100 kHz. Dostatecznie dużą stromość zboczy można uzyskać tylko wtedy, gdy się stosuje w filtrach rezonatory piezoelektryczne /kwarcowe/. Filtry te-

x/ Wszystkie rysunki są zamieszczone na końcu artykułu.

go typu są jednak drogie. Liczba filtrów niezbędna do utworzenia podstawowej grupy pierwotnej B wynosi w tym przypadku 12.

Drugi wariant tworzenia grupy pierwotnej B, tzw. modulacja wstępno-kanałowa pokazana jest na rys. 3. Zastosowano tutaj modulację dwustopniową. W pierwszym stopniu modulacji prąd nośny o wspólnej dla wszystkich kanałów częstotliwości 8 kHz moduluje się widmami naturalnymi.

Dzięki małej częstotliwości prądu nośnego względne odległości wstęp bocznych i fali nośnej są duże i filtry wypadają proste i tańsze.

W drugim stopniu modulacji widmami dwunastu kanałów, zawartymi w pasmie 4-8 kHz, moduluje się prądy nośne o częstotliwościach 100, 96 ... 60 i 56 kHz.

Odstęp wstęp bocznych od fali nośnej wynosi w tym przypadku 4 kHz, więc również filtry wypadają znacznie prostsze i tańsze niż w przypadku modulacji jednostopniowej. Należy zauważyć jednak, że filtrów tych jest dwa razy więcej, a liczba ich typów wynosi 13.

Trzeci wariant, tzw. modulacja wstępno-grupowa, pozwala na ograniczenie liczby typów filtrów do 7. Jest on najczęściej stosowany, w tym również w urządzeniach produkowanych w Polsce. Wariant ten pokazany jest na rys. 4. Jest to modulacja dwustopniowa, z tym że w pierwszym stopniu modulacji tworzy się wstępną grupę trzykanałową, modulując widmami naturalnymi trzech kanałów prądu nośne o częstotliwościach 12, 16 i 20 kHz. W drugim stopniu modulacji cztery grupy wstępne, każda o pasmie 12 - 24 kHz, moduluje prądy nośne o częstotliwościach 120, 108, 96 i 84 kHz. Łączna liczba filtrów pasmowych w tym wariantcie modulacji wynosi 16, ale

liczba typów tylko 7. Filtry kanałowe /w pierwszym stopniu modulacji/ są nieco bardziej złożone niż w modulacji wstępno-kanałowej, natomiast filtry grupowe dzięki odstępowi wstęp bocznych od fali nośnej, wynoszącym 12 kHz, są stosunkowo proste.

Wybór jednego z trzech przedstawionych wariantów, które są sobie mniej więcej równoważne, zależy w głównej mierze od możliwości technologicznych producenta. Zastosowanie drogich rezonatorów kwarcowych upraszcza rozwiązania schematowe, z drugiej strony drogie kwarcie można zastąpić filtrami LC kosztem rozbudowy układów, wzrostem ich objętości i pracochłonności wykonania.

Następną z kolei jest podstawowa grupa wtórna utworzona z pięciu grup pierwotnych i zawierająca sześćdziesiąt kanałów telefonicznych. Sposób tworzenia podstawowej grupy wtórnej pokazany jest na rys. 5. Podstawowa grupa wtórna zajmuje pasmo $5 \times 48 = 240$ kHz, a tworzy się ją, modulując pięcioma grupami pierwotnymi prądy nośne o częstotliwościach 420, 468, 516, 564 i 612 kHz. Podstawowa grupa wtórna występuje w dwóch wariantach:

- zasadniczym, pokazanym na rys. 7a, stosowanym w systemach o wyższej krotności,
- pomocniczym, pokazanym na rys. 7b, stosowanym dla uproszczenia współpracy z systemami małej krotności /24 i 60-krotnym/.

Podstawowe grupy wtórne są stosowane w systemach 60, 120, 300, 960-krotnych.

Trzecią z kolei jest podstawowa grupa trójna, utworzona z pięciu grup wtórnych i zawierająca 300 kanałów telefonicznych. Plan modulacji grupy trójnej pokazany jest na rys. 6. Prądy nośne o czę-

stotliwościach 1364, 1612, 1860, 2108 i 2356 kHz moduluje się pięcioma grupami wtórnymi, odfiltrowując dolne wstęgi boczne. Otrzymana w ten sposób grupa trójna zajmuje pasmo 812-2044 kHz o szerokości 1232 kHz. Grupa trójna jest stosowana do tworzenia pasma liniowego w systemach 900, 2700, 1800, 1920-kanalowych.

W obecnej praktyce w większości krajów dysponowanie wiązkami o 60 i 300 kanałach jest w zasadzie wystarczające, jednak w dużych stacjach węzłowych, w krajach silnie stelefonizowanych, pojawiają się potrzeby operowania jeszcze większymi wiązkami. Dla zaspokojenia tych potrzeb przewidziano w zaleceniach CCITT również podstawową grupę czwórną utworzoną z trzech grup trójnych i zawierającą 900 kanałów telefonicznych. Plan modulacji grupy czwórej pokazany jest na rys. 7. Grupa czwórną powstaje przez zmodulowanie prądów nośnych o częstotliwościach 10,56; 11,88 i 13,20 MHz widmami trzech podstawowych grup trójnych o pasmach 812-2044 kHz oraz przez odfiltrowanie dolnych wstęp bocznych.

Grupa czwórną jest stosowana w systemach 2700, 7200 i 10800 kanałowych.

Omówione wyżej grupy nazywa się grupami podstawowymi, co oznacza, że zajmują one swoje pasma znamionowe. Wszystkie te grupy mogą występować również w innych położeniach na skali częstotliwości, na przykład jako części składowe grup wyższego rzędu lub jako części składowe pasm liniowych poszczególnych systemów.

Te punkty w urządzeniach końcowych na stacjach teletransmisyjnych, w których grupy pierwotne, wtórne, trójne i czwórną występują w położeniach podstawowych i można je przełączać pomiędzy systemami pracującymi na różnych liniach, nazywa się przełącznicami

grup pierwotnych, wtórnych itd. Względne poziomy mocy oraz impedancje na wejściach i wyjściach urządzeń końcowych od strony przełącznicy grup podstawowych są również przedmiotem normalizacji. Jednakże próby znormalizowania w zakresie międzynarodowym poziomów na przełącznicach grup podstawowych zostały podjęte dość późno, a mianowicie dopiero w ostatnim dziesięcioleciu - w sytuacji, gdy istniało już w eksploatacji bardzo dużo urządzeń pochodzących od różnych producentów. Znormalizowane zostały przez CCITT jedynie poziomy, występujące na przełącznicach grup trójnych i czwórnym dzięki temu, że urządzenia systemów większej krotności weszły do eksploatacji znacznie później.

Na przełącznicach grup pierwotnych i wtórnych poziomy są znormalizowane jedynie w obrębie poszczególnych państw - czyni się jednak starania, aby na przyszłość sprawy te uregulować w zakresie międzynarodowym.

W urządzeniach produkowanych obecnie w Polsce przyjęto względne poziomy mocy i impedancje podane w tabl. 3.

Wszystkie grupy podstawowe wyposażone są w tzw. grupowe prądy pilotowe, o znormalizowanych przez CCITT częstotliwościach, które podane są w tabl. 4. Prądy pilotowe wprowadza się do grupy w miejscu jej utworzenia i towarzyszą tej grupie aż do miejsca rozdziału jej na grupy niższego rzędu lub pojedyncze kanały. Grupowe prądy pilotowe służą do kontroli poprawności pracy urządzeń uczestniczących w transmisji danej grupy. W przypadku niewielkich zmian poziomu, występujących w czasie normalnej pracy urządzeń, prądy pilotowe są wykorzystywane do samoczynnej regulacji poziomu w grupach. Ponieważ poziom prądów pilotowych służy jako poziom od-

Względne poziomy mocy i impedancje przyjęte
w urządzeniach produkcji krajowej

Miejsce w urządzeniach końcowych	Względny poziom mocy		Impedancja Ω
	Kierunek nadawczy dBr /Npr/	Kierunek odbiorczy dBr /Npr/	
Wejście i wyjście kanałów po stronie akustycznej	-17 /-2,0/	+9 /+1,0/	600 symetr.
Przełącznica grup pierwotnych	-36 /-4,2/	-30 /-3,5/	150 symetr.
Przełącznica grup wtórnych	-36 /-4,1/	-23 /-2,6/	75 niesymetr.
Przełącznica grup trójnych	-36 /-4,1/	-23 /-2,6/	75 niesymetr.

niesienia, musi więc być nadawany z możliwie jak największą dokładnością. Zalecenia CCITT ustalają, że dopuszczalna miesięczna zmiana od nastawionej początkowo wartości poziomu nie powinna przekraczać $\pm 0,3 \text{ dB} / \pm 0,03 \text{ Np}$.

Grupowe prądy pilotowe wysyłane są w lukach pomiędzy kanałami lub grupami niższego rzędu tak, aby nie zakłócały łączności w przyległych kanałach. Poziom prądów pilotowych jest odpowiednio niższy od poziomu sygnałów użytkowych, aby prądy stale nadawane nie wprowadzały dodatkowego obciążenia modulatorów i wzmacniaczy.

W tablicy 4 dla grupy pierwotnej i wtórnej występują po dwa prądy pilotowe. W grupach tych prądy pilotowe wysyłane są w lukach

między kanałami i w zależności od typu sygnalizacji pozapasmowej wysyłany jest jeden z tych prądów.

T a b l i c a 4

Częstotliwość i poziomy grupowych prądów pilotowych

Grupa kanałów	Częstotliwość kHz	Poziom dBmO / NpmO/
Podstawowa grupa pierwotna A	35,860	-25 / -2,9/
	35,920	-20 / -2,3/
Podstawowa grupa pierwotna B	84,080	-20 / -2,3/
	84,140	-25 / -2,9/
Podstawowa grupa wtórna	411,860	-25 / -2,9/
	411,920	-20 / -2,3/
Podstawowa grupa trójna	1552,0	-20 / -2,3/
Podstawowa grupa czwórna	11096,0	-20 / -2,3/

3. ZASADY TWORZENIA PASM LINIOWYCH SYSTEMÓW WYSOKOKROTNYCH

3.1. Zarys rozwoju systemów współosiowych

Obecnie stosowane są w świecie dla celów telefonii dalekosiężnej dwa zasadnicze rodzaje torów współosiowych: normalnowymiarowe 2,6/9,5 mm i małowymiarowe 1,2/4,4 mm. Jako pierwsze znalazły zastosowanie tory normalnowymiarowe, przy czym początkowo /w latach trzydziestych/ były one wykorzystane systemami o krotnościach 480, 600 i 960.

Jako jeden z pierwszych /1939 r./ został zastosowany amerykański system L1, początkowo o krotności 480, później 600, z odcin-

kciem wzmacniakowym o długości 8 mil /12,8 km/ i najwyższą częstotliwością przesyłaną 2,6 MHz.

Następnym systemem opracowanym w USA /i aktualnie stosowanym/ był system L3 o krotności 1800, najwyższej częstotliwości 8,6 MHz i o odcinku wzmacniakowym 4 mile /6,4 km/. Podobny system stosowany jest również w Związku Radzieckim: krotność 1920, najwyższa częstotliwość 8,6 MHz i odcinek wzmacniakowy 6,3 km.

Obecnie wprowadzony jest w USA najnowszy system L4, którego krotność wynosi 3600 kanałów telefonicznych, pasmo liniowe zawiera się w zakresie 0,5-17,5 MHz, a odcinek wzmacniakowy wynosi 2 mile /ok. 3,2 km/. Również w Związku Radzieckim przystąpiono do opracowywania systemu o krotności 3600 z odcinkiem wzmacniakowym około 3 km.

W krajach zachodnioeuropejskich rozwinęła się rodzina systemów nośnych ujednoczonych i zalecanych przez CCITT, o innych krotnościach i długościach odcinków wzmacniakowych. Jako pierwszy, znormalizowany przez CCITT system dla torów współosiowych, został opracowany system o krotności 960 /w 1951 r. w Szwecji/, o najwyższej częstotliwości przesyłanej 4,1 MHz i odcinku wzmacniającym o długości 9,5 km. Jako dalsze rozwinięcie tego systemu powstał około 1959 r. system o krotności 2700 z odcinkiem wzmacniakowym 4,5 km i najwyższą częstotliwością 12 MHz.

W szeregu krajów zachodnioeuropejskich wprowadzono obecnie system o krotności 8100 lub 10800 /pasmo 40 lub 60 MHz/ z odcinkiem wzmacniakowym o długości 2,25 km.

Warto podkreślić, że zarówno w systemach amerykańskich jak i w systemach znormalizowanych przez CCITT jest realizowana stała zasada budowy następnych systemów na drodze podziału odcinka

wzmacniakowego na połowę, przy na ogół trzykrotnym zwiększeniu liczby kanałów.

Wysokokrotne systemy nośne dla torów normalnowymiarowych są bardzo kosztowne i mogą być opłacalne tylko wtedy, gdy istnieje dostatecznie duże zapotrzebowanie na łącza, gwarantujące pełne wykorzystanie urządzeń. Również same kable współosiowe normalnowymiarowe są kosztowne ze względu na stosunkowo duże wymiary geometryczne i tym samym znaczne zużycie materiałów. Duże wymiary geometryczne zapewniają niewielką tłumienność, ale trzeba wyraźnie stwierdzić, że ta niewielka tłumienność jest potrzebna głównie w przypadku stosowania systemów wysokokrotnych, o wysokiej częstotliwości granicznej /np. dla systemów 12 lub 40 MHz/. Dla systemów o mniejszej krotności jest bardziej celowe stosowanie torów o mniejszej średnicy, tym samym tańszych.

Tak więc, w wyniku poszukiwania tańszych rozwiązań dla linii o mniejszym zapotrzebowaniu na łącza, powstały tory współosiowe małowymiarowe i systemy nośne z nimi współpracujące.

Nośne systemy dla torów małowymiarowych powstały stosunkowo niedawno; pierwsze studia na ten temat rozpoczęte zostały w początkach lat pięćdziesiątych, jednakże pierwsze urządzenia weszły do eksploatacji około 1960 roku. Systemy dla torów małowymiarowych powstały od razu jako urządzenia stranzystorowane, co im zapewniło, w porównaniu z ówczesnymi lampowymi urządzeniami dla torów normalnowymiarowych, szereg istotnych zalet. Główne z tych zalet to:

a/ możliwość budowy małych podziemnych, zdalnie zasilanych nieobsługiwanych stacji wzmacniakowych,

b/ znaczne zwiększenie niezawodności,

c/ dzięki wyeliminowaniu starzejących się lamp elektronowych uzyskano większą stabilność parametrów traktu liniowego, co z kolei pozwoliło na uproszczenie systemów automatycznej regulacji wzmocnienia i innych rozwiązań schematowych.

Gwoli ścisłości należy stwierdzić, że współczesne tranzystorowane systemy dla torów normalnowymiarowych również mają te wszystkie zalety, jednakże w początkowym stadium rozwoju wymienione czynniki odgrywały rolę istotnych argumentów przemawiających za systemami dla torów małowymiarowych. Obecnie za stosowaniem torów małowymiarowych przemawiają przede wszystkim względy ekonomiczne, które będą omówione bardziej szczegółowo w następnym rozdziale. Oprócz względów natury ekonomicznej istnieje jeszcze jeden argument wynikający z wymogów pewności pracy. Otóż linię telefoniczną z torami współosiowymi o określonej przepustowości można zrealizować bądź jako normalnowymiarową z niewielką liczbą par, lub jako małowymiarową wyposażoną w urządzenia nośne o mniejszej krotności, a w większą liczbę par. W tym drugim przypadku koszt ewentualnych urządzeń rezerwowych /np. traktu rezerwowego/ będzie mniejszy w porównaniu z kosztem całego wyposażenia linii, aniżeli dla linii normalnowymiarowej o niewielkiej liczbie par.

Rozwój urządzeń dla małowymiarowych torów współosiowych był ściśle związany z rozwojem techniki tranzystorowej. W pierwszych rozwiązaniach zarówno pasmo przenoszone /a więc i krotność/ jak i długość odcinka wzmacniakowego były ograniczone aktualnie dostępnymi tranzystorami. Oprócz częstotliwości granicznej i wzmoc-

nienia musiały być brane pod uwagę szумы, moc wyjściowa i niekształcenia nieliniarne. Jednak bardzo szybki rozwój techniki tranzystorowej w ostatnim dziesięcioleciu sprawił, że w zakresie do kilkunastu, a nawet do kilkudziesięciu MHz, tj. liczby kanałów do około 10 tys., tranzystory przestały być czynnikiem ograniczającym.

Pierwsze urządzenia nośne dla torów małowymiarowych ograniczały się do pasma 1,3 MHz i były przeznaczone dla telefonii 300-krotnej. Początkowo odcinek wzmacniakowy wynosił zaledwie 3,66 km. W następnych opracowaniach odcinek wzmacniakowy wydłużył się do 4,5 km, a w wyniku dalszego rozwoju techniki uzyskano odcinek wzmacniakowy o długości 6 km. To ostatnie rozwiązanie zostało uznane w CCITT jako dostatecznie zadowalające i system TN 300 z odcinkiem wzmacniakowym 6 km został wprowadzony do zaleceń CCITT. Jednakże już w kilka lat później niektóre firmy opracowały urządzenia telefonii 300-krotnej o odcinku wzmacniakowym 8 km i od tego momentu rozpoczął się rozwój, jak gdyby dwóch odrębnych rodzin systemów małowymiarowych: jedna bazująca na odcinku o długości 6 km /stosowane w krajach, które wcześniej rozpoczęły prace w tym zakresie - Francja, Szwajcaria, Holandia/, druga bazująca na odcinku o długości 8 km /pozostałe kraje/. W wyniku podziału odcinka 6 km powstał system o odcinku wzmacniakowym 3 km i o krotności 1260, a w wyniku podziału odcinka 8 km system o odcinku wzmacniakowym 4 km i krotności 960; oba systemy znormalizowane przez CCITT. Pierwotnie w CCITT był dyskutowany również system 960-krotny o odcinku wzmacniakowym 3 km, jednakże postępy techniki tranzystorowej pozwoliły w międzyczasie na zwiększenie krotności do 1260 /przy odcinku 3 km/ lub przy zacho-

waniu krotności 960 na wydłużenie odcinka wzmacniakowego do 4 km. Wariant drugi jest powszechniej stosowany ze względu na nawiązanie do istniejących już systemów 960-krotnych dla torów normalnowymiarowych, linii radiowych również o krotności 960, i ewentualną możliwość łatwego transferu bloków 900-kanalowych do systemów o krotności 2700.

Stosowanie drugiego wariantu ma jeszcze jedną bardzo istotną zaletę, a mianowicie pozwala na dość daleko posuniętą unifikację sprzętu dla torów normalno- i małowymiarowych. Charakterystyki tłumienności torów mało- i normalnowymiarowych mają taki sam przebieg w funkcji częstotliwości, a są jedynie względem siebie przesunięte; tłumienność toru małowymiarowego jest około dwukrotnie większa od tłumienności toru normalnowymiarowego. Zależność ta pozwala na stosowanie dla obu rodzajów torów jednakowych wzmacniaków liniowych pod warunkiem, że odcinek wzmacniakowy dla toru małowymiarowego będzie /dla określonego systemu np. 960-krotnego/ około dwukrotnie krótszy. System 960/4 km dla torów małowymiarowych spełnia właśnie ten warunek w odniesieniu do systemu normalnowymiarowego 960/9,5 km.

Ta unifikacja sprzętu może być posunięta jeszcze dalej - można również stosować jednakowe wzmacniaki liniowe dla systemu TN 2700 /12 MHz/, jeśli przyjmie się odcinek wzmacniakowy dla torów małowymiarowych o długości 2 km, tj. równy połowie odcinka dla systemu 960/4 km /odcinek wzmacniakowy dla systemu 2700 dla torów normalnowymiarowych wynosi nominalnie 4,5 km/.

W zasadzie system 2700 jest systemem typowym dla torów normalnowymiarowych, a dla torów małowymiarowych optymalnym systemem jest system o krotności rzędu 1000, to jednak gdy uwzględ-

ni się fakt, że żywotność kabli jest co najmniej dwukrotnie większa niż żywotność urządzeń i że zapotrzebowanie na łącza rośnie stosunkowo szybko oraz że modernizacja linii jest zawsze znacznie tańsza od budowy nowej linii, wówczas łatwo można dojść do wniosku, że racjonalne jest planowanie stosowania w przyszłości na liniach małowymiarowych również systemu 2700. Także jak najbardziej racjonalne jest stosowanie na obu rodzajach torów współosiowych jednolitego sprzętu.

Obecnie niektóre z wytwórni urządzeń telefonii nośnej oferują uniwersalne urządzenia traktów liniowych o krotnościach 300, 960 i 2700, przystosowane do pracy na obu rodzajach torów współosiowych, co pozwala na dużą elastyczność w wykorzystaniu sprzętu i kabli w zależności od aktualnych potrzeb.

Dla torów normalnowymiarowych odcinki wzmacniakowe wynoszą odpowiednio: 18,6; 9,3 i 4,65 km, a dla torów małowymiarowych 8,0; 4,0 i 2,0 km.

Wymienionych wyżej zalet nie mają systemy 300 i 1260-krotne z odcinkami wzmacniakowymi 6 i 3 km; stanowią one odrębną rodzinę, której skrócone odcinki wzmacniakowe wynikają z niedoskonałości tranzystorów, dostępnych w okresie opracowywania systemu TN 300/6 km. Rodzina ta jest stosowana, jak to już wspomniano, w krajach, które stosunkowo wcześniej rozpoczęły prace nad systemami dla torów małowymiarowych. Wybudowanie w pierwszym okresie pewnej liczby linii małowymiarowych wyposażonych w system TN 300/6 km pociąga za sobą w konsekwencji konieczność stosowania w przypadku modernizacji systemu TN 1260/3 km. Ewentualne zastosowanie nowocześniejszego i dającego większe możliwości rozbudowy systemu TN 960/4 km wymagałoby likwidacji wszystkich

starych stacji wzmacniakowych i budowy nowych w odstępach co 4 km, co byłoby raczej nieopłacalne i niewskazane ze względu na trwałość kabla.

3.2. Pasma liniowe

3.2.1. Rodzina systemów według zaleceń CCITT

Ze względu na wymogi międzynarodowej komunikacji telefonicznej pasma liniowe dalekosiężnych systemów wysokokrotnych są ściśle znormalizowane przez CCITT. Zalecenia CCITT są szczególnie konsekwentnie przestrzegane w Europie, co jest zresztą twardą koniecznością; bez ustalenia jednolitych systemów telekomunikacyjnych łączność telefoniczna w europejskich warunkach geograficzno-politycznych byłaby niemożliwa.

Nieco odmienna sytuacja w tej dziedzinie panuje na kontynencie północnoamerykańskim. Stany Zjednoczone są członkiem Międzynarodowej Unii Telekomunikacyjnej, aktywnie uczestniczą w pracach CCITT i przestrzegają większości zaleceń. Jednakże w zakresie ustalania parametrów liniowych /sposób zagospodarowania pasma liniowego, poziomy i inne/ dalekosiężnych systemów wysokiej krotności Stany Zjednoczone rozwijają własne koncepcje, wynikające po części z tradycji, jak również ze specyficznych warunków kontynentalnych.

W pierwszej kolejności omówione będą pasma liniowe systemów europejskich. Cechą charakterystyczną tych systemów jest oparcie się na systemie grup podstawowych, o liczbach kanałów będących wielokrotnością dwunastu /co już było omówione w rozdz.2/.

Drugą cechą charakterystyczną jest tworzenie rodzin systemów wzajemnie się uzupełniających lub które mogą być sukcesywnie instalowane na linii w miarę wzrostu zapotrzebowania.

Dwa główne człony podstawowej rodziny to systemy 960 /900/ i 2700-krotne. Uzupełnieniem tej rodziny "od dołu" jest system 300-krotny, a dalszym rozwinięciem w górę system 10800-krotny.

Pasma liniowe i plan modulacji systemu 960-krotnego pokazane są na rys. 8. Na rys. 8a przedstawiony jest rozkład pasma liniowego z 16 grupami wtórnymi. Wariant ten jest najbardziej odpowiedni w sytuacjach, gdzie gospodarka wiązkami łączy odbywa się na poziomie grupy wtórnej /60 kanałów/, tzn. w warunkach średniego ruchu telefonicznego. Pasma liniowe tworzy się przez modulację 15 prądów nośnych podstawową grupą wtórną. Grupa wtórna nr 2 wchodzi do pasma liniowego bezpośrednio w położeniu podstawowym. Odległości względne pomiędzy grupami nr 1, 2 i 3 są wystarczająco duże dla bezpośredniego wydzielenia tych grup z pasma liniowego filtrami transferowymi.

Drugi wariant pokazany na rys. 8b zawiera 3 grupy trójne i jest stosowany w przypadkach, gdy dogodniejsze jest operowanie grupami 300-kanałowymi i w przypadkach bezpośredniej współpracy z systemem 2700-krotnym. Wariant ten stanowi 1/3 pasma liniowego systemu 2700-krotnego, którego plan modulacji objaśniony jest na rys. 9b.

System 960-krotny może być stosowany na normalnowymiarowych torach współosiowych 2,6/9,5 mm /czego obecnie w nowo budowanych liniach już się na ogół nie stosuje/ z odcinkiem wzmacniakowym o długości 9,5 km i na małowymiarowych torach współosiowych 1,2/4,4 mm /podstawowy rodzaj toru/ z odcinkiem wmac-

niakowym o długości 4 km. W ostatnich latach tranzystorowe urządzenia traktu liniowego systemu TN 960 są produkowane przez szereg wytwórni jako urządzenia uniwersalne stosowane do pracy zarówno na torach normalnowymiarowych jak i małowymiarowych.

Drugi z kolei system 2700-krotny pozwala utworzyć trzykrotnie większą liczbę kanałów przy dwukrotnie krótszym odcinku wzmacniakowym. System ten może być zastosowany jako drugi stopień rozbudowy linii uprzednio eksploatowanej w systemie 960-krotnym /podział odcinków wzmacniakowych na połowę i wymiana wzmacniaków/ lub jako system instalowany na nowo budowanej linii. System 2700-krotny stosowany jest zarówno na torach normalnowymiarowych /odcinek wzmacniakowy 4,25 km/, jak i małowymiarowych /odcinek wzmacniakowy 2 km/.

Sposób zagospodarowania pasma liniowego pokazany jest na rys. 9. Pierwszy wariant, pokazany na rys. 9a, jest stosowany do współpracy z systemem 960-krotnym z szesnastoma grupami wtórnymi. Jako podstawowy przyjmuje się tutaj blok 15 grup wtórnych, zajmujący pasmo od 312 do 4028 kHz. Pierwszy blok umieszcza się w pasmie liniowym bezpośrednio, dwoma następnymi moduluje się dwa prądy nośne 8432 kHz i 12648 kHz, tworząc w rezultacie pasmo liniowe 312-12336 kHz. W tym wariantcie bezpośrednio z pasma liniowego można wydzielać całe bloki po 15 grup wtórnych i ewentualnie pierwsze 3 grupy wtórne w pierwszym bloku.

Drugi wariant, pokazany na rys. 9b, zawiera 9 grup trójnych lub inaczej mówiąc 3 grupy czwórne, z których trzecia trafia do pasma liniowego w położeniu podstawowym, a dwie następne przez modulację dwóch prądów nośnych 12704 kHz i 16720 kHz. Wariant

ten jest stosowany w warunkach dużego ruchu telefonicznego, gdy gospodarke wiązkami kanałów prowadzi się na poziomie grup 300 lub 900-kanałowych.

Uzupełnieniem "od dołu" wymienionych systemów jest system 300-krotny, stosowany wyłącznie na małowymiarowych torach współosiowych. Długość odcinka wzmacniakowego wynosi 8 km, a w starszych wykonaniach 6 km. Pasma liniowe i plan modulacji pokazane są na rys. 10. Jest to fragment pasma liniowego systemu 960-krotnego, ograniczony do pierwszych pięciu grup wtórnych. Dla uzyskania pełnego obrazu należy również wspomnieć o systemie 1260-krotnym, o odcinku wzmacniakowym 3 km, stosowanym wyłącznie na torach małowymiarowych. System ten jest rozwinięciem starszego wykonania systemu 300-krotnego z odcinkiem wzmacniakowym o długości 6 km. Oba te systemy /tzn. 300/6 km i 1260/3 km/ stosowane są wyłącznie we Francji i Szwajcarii.

Pasma liniowe systemu 1260-krotnego pokazane jest na rys. 11. W zakresie 60-4028 kHz jest to dokładne powtórzenie pasma liniowego systemu TN 0. Powyżej 4 MHz umieszczona jest dodatkowo grupa trójna. Drugi wariant /rys. 11b/ przewiduje umieszczenie 4 grup trójnych w pasmie 64-1296 kHz. Najniższa grupa trójna, po wydzieleniu z pasma liniowego, może być skierowana bezpośrednio do systemu 300-krotnego.

Najwyższe grupy trójne w obu wariantach mogą być również wydzielane bezpośrednio z pasma liniowego, co odnosi się także do pierwszych trzech grup wtórnych /podobnie jak w TN 960/.

Ostatnim członem rodziny systemów współosiowych jest opracowany dopiero w ostatnich latach, system 10800-krotny. System ten, o pasmie 60 MHz, stosuje się wyłącznie na normalnowymiarowych to-

rach współosiowych z odcinkiem wzmacniakowym 1,6 km /w założeniu 1/3 odcinka wzmacniakowego w systemie TN 2700/.

Rozkład pasma liniowego i plan modulacji pokazane są na rys.12. Pierwszy wariant /rys. 12a/ opiera się na wykorzystaniu grup czwórných. Podstawowa grupa czwórna w pasmie 8516-12388 kHz wchodzi do pasma liniowego bezpośrednio, a pozostałe 11 poprzez modulację prądów nośnych, których częstotliwości są wielokrotnościami 440 kHz i 2200 kHz /5 x 440 kHz/. Częstotliwość 440 kHz jest już stosowana w systemie 2700-krotnym. Pierwsze dwie grupy czwórne są identyczne jak w pasmie liniowym systemu 2700. Bezpośrednie wydzielanie grup czwórných z pasma liniowego jest możliwe w odniesieniu do pierwszych czterech grup, następne można wydzielać jedynie w blokach po 4 grupy. Drugi wariant /rys.12b/ wykorzystuje bloki po 15 grup wtórnych zamiast klasycznych grup czwórných. Rozkład pasma, sposób modulacji i zasady wydzielania grup są analogiczne jak w wariacie pierwszym, jedynie pasmo jest nieco przesunięte. Pierwsze dwa bloki 15 x 60 są takie same, jak w systemie TN 2700 z blokami grup wtórnych.

Wykorzystanie torów współosiowych, obecnie zalecanych przez CCITT, normalnowymiarowych 2,6/9,5 mm i małowymiarowych 1,2/4,4 mm, osiągnęło już granicę ekonomicznej i technicznej opłacalności /2700/2 km i 10800/1,6 km/. Nie oznacza to oczywiście zatrzymania prac rozwojowych nad systemami o jeszcze większej krotności. Dalsze zwiększenie krotności, a więc i szerokości pasma liniowego, jest możliwe na drodze zmniejszenia tłumienności toru współosiowego, a więc zwiększenia jego wymiarów geometrycznych. Tak więc wysiłki konstruktorów zmierzają obecnie w kierunku opracowania nowych typów torów współosiowych. Prace te obec-

nie są jeszcze w fazie eksperymentów - opracowano dopiero w jednej ze specjalistycznych komisji CCITT listę nowych proponowanych typów torów współosiowych, z których jeden /a być może i więcej/ zostanie wybrany do stosowania w przyszłości. Proponowane nowe typy torów współosiowych zestawione są w tabl. 5.

3.2.2. Systemy nie objęte zaleceniami CCITT

Jak wspomniano, w Stanach Zjednoczonych stosuje się systemy wysokokrotne o rozkładach pasm liniowych odmiennych niż w systemach zalecanych przez CCITT. Wynika to przede wszystkim z faktu, że pierwszy amerykański system wysokokrotny L1 powstał w latach trzydziestych, podczas gdy normalizacja systemów współosiowych na terenie CCITT rozpoczęła się dopiero w latach pięćdziesiątych. Zastosowanie dużej liczby urządzeń systemu L1 w eksploatacji zmusiło konstruktorów do zachowania określonych zasad tworzenia pasma liniowego również i w następnych, później opracowanych systemach.

Współcześnie w Stanach Zjednoczonych stosowany jest /do niedawna jako system dominujący/ system L3, wprowadzony do eksploatacji w 1952 r. Plan przemiany częstotliwości w swojej części podstawowej opiera się na planie stosowanym w poprzednim systemie L1. Plan przemiany częstotliwości przedstawiony jest na rys. 13, przy czym rys. 13a odnosi się do wersji wyłącznie telefonicznej, a rys. 13b do wersji telefoniczno-telewizyjnej.

W wersji telefonicznej pasmo liniowe rozciąga się od 312 do 8284,6 kHz i zawiera 31 grup wtórnych, tzn. łącznie 1860 kanałów. Zastosowane grupy wtórne są identyczne z podstawowymi grupami wtórnymi wg CCITT.

W pasmie liniowym występują trzy bloki po 10 grup wtórnych /bloki trzeciego rzędu lub amerykańskie grupy trójne/.

Blok 10 grup wtórnych dzieli się na dwie części. Dolne części /podgrupa 1/ w pasmie częstotliwości 564 do 2044 kHz zawiera 6 grup wtórnych i utworzona jest bezpośrednio przez modulację podstawowych grup wtórnych. Wyposażenie urządzeń przemiany częstotliwości potrzebne do utworzenia tej części bloku 10 grup wtórnych jest takie samo, jak stosowane w systemie L1.

Górna część bloku /podgrupa 2/ w pasmie od 2100 do 3084 kHz zawiera cztery grupy wtórne i jest utworzona z 4 górnych grup wtórnych /podgrupy 1/ za pomocą dwóch stopni dodatkowej modulacji.

Dla podgrupy 2 oraz bloków trzeciego rzędu 2 i 3 potrzebne było dodatkowe wyposażenie generacyjne i modulacyjne, którego nie było w systemie L1.

Plan przemiany częstotliwości został tak opracowany, aby uzyskać możliwie tanie filtry do stłumienia niepożądanego wstęgi bocznej. Odstępy pomiędzy podgrupami i blokami po 10 grup wtórnych obrano tak, aby umożliwić odgałęzianie grup kanałów bezpośrednio z pasma liniowego i aby zapewnić dostateczną szerokość pasma dla umieszczenia częstotliwości pilotowych.

Należy dodać, że system L3 był systemem o urządzeniach lampowych.

Najnowszy amerykański system L4 jest w pełni tranzystorowany i umożliwia utworzenie 3600 kanałów telefonicznych. W systemie tym utrzymano nadal 600-kanałowe grupy trzeciego rzędu, podzielone na dwie podgrupy. Wynika to z konieczności współpracy z licznymi urządzeniami końcowymi poprzednich systemów. Pasmo liniowe

systemu L4 pokazane jest na rys. 14. Zawiera ono sześć grup trzeciego rzędu w pasmie 564-17548.kHz. Przerwy pomiędzy poszczególnymi grupami trzeciego rzędu są na tyle duże, że umożliwiają wydzielenie dowolnej z grup bezpośrednio z pasma liniowego. Poniżej głównego pasma przesyłane są dodatkowe prądy i kanały sterujące w zakresie 280-500 kHz, a 16 dodatkowych prądów kontrolnych umieszczonych jest powyżej pasma w zakresie 18500 - - 18560 kilz.

W Związku Radzieckim dla dalekosiężnej łączności na liniach magistralnych opracowano system zbliżony do systemu L3 pod względem szerokości pasma i krotności /8,5 MHz, 1920 kanałów/.Pasma liniowe tego systemu nie odpowiada zaleceniom CCITT, natomiast układ podstawowych grup kanałów włącznie z podstawową grupą trójną jest zgodny z ustalonymi w CCITT zasadami.

W radzieckim systemie współosiowym, oznaczonym symbolem K-1920, wykorzystuje się pasmo liniowe w granicach od około 0,3 do 8,5 MHz.

W pasmie tym można realizować na jednej parze torów współosiowych typu 2,6/9,5 mm 1920 kanałów telefonicznych, bądź 300 kanałów telefonicznych i jeden kanał telewizyjny.

W pierwszym przypadku, tj. przy realizacji samych kanałów telefonicznych rozkład grup w widmie liniowym przedstawia się jak na rys. 14.

Poszczególne kanały telefoniczne zestawia się w podstawowe grupy pierwotne B w taki sam sposób, jak w radzieckich urządzeniach 12-, 24- i 60-krotnych, tzn. za pomocą jednostopniowej modulacji z zastosowaniem filtrów kwarcowych. Pięć grup dwunasto-

kanałowych zestawia się następnie - tak samo, jak w urządzeniach 60-krotnych - w podstawowe grupy wtórne w pasmie 312-552 kHz.

Jak pokazano w dolnej części rys. 14, siedem takich grup wtórnych /oznaczonych numerami: 2-8, gdyż nr 1 zachowano dla oznaczenia liniowej grupy sześćdziesięciokanałowej/ ustawia się obok siebie w widmie liniowym. Grupa nr 2 nie podlega żadnej modulacji. Odstęp między grupą nr 2 a grupą nr 3 wynosi 12 kHz, natomiast odstępy między sąsiednimi grupami wynoszą po 8 kHz. Siedem grup wtórnych, z których każda zajmuje pasmo o szerokości 240 kHz, tworzy część widma liniowego zawartą w granicach 312-2044 kHz. Z każdych następnych pięciu grup wtórnych tworzy się podstawowe grupy trójne /812-2044 kHz/. Każdą z pięciu grup trójnych / GT_2 - GT_6 / przedstawia się we właściwe położenie w widmie liniowym tak, aby odstępy między sąsiednimi grupami trójnymi wynosiły 64 kHz.

W przypadku wykorzystywania urządzeń do transmisji sygnałów telewizyjnych przeznaczają się dla telewizyjnego pasma liniowego zakres 1,9-8,5 MHz.

Pod liniowym pasmem telewizyjnym można przesyłać pięć grup wtórnych kanałów telefonicznych, tj. razem 300 kanałów; zajmują one pasmo od 312 do 1548 kHz.

Ponadto przewiduje się utworzenie specjalnego kanału wysokiej jakości dla transmisji dźwięku, towarzyszącego programowi telewizyjnemu. Kanał ten w pasmie liniowym zajmuje miejsce poniżej kanałów telefonicznych w zakresie od 273 do 288 kHz.

Urządzenia przelotowe przepuszczają prądy zawarte w widmie liniowym niezależnie od tego, czy realizowane są tylko kanały telefoniczne, czy i telewizyjne.

4. WYBRANE SYSTEMY WYSOKOKROTNE

4.1. System 2700-krotny

System CP-12 MTr jest tranzystorowanym systemem o 2700 kanałach telefonicznych, wykorzystującym współosiowe tory normalno- lub małowymiarowe, opracowanym przez japońską firmę NTT. Przewiduje się, że w krótkim czasie system ten stanie się w Japonii podstawowym systemem dalekosiężnym. W porównaniu z poprzednio stosowanym lampowym systemem 4 MHz ma on bardzo małe szumy, korzystne wskaźniki ekonomiczne i wysoki stopień niezawodności. System ten skonstruowano, uwzględniając ostatnio opracowane zalecenia CCITT na urządzenia tranzystorowych systemów 12 MHz.

4.1.1. Podstawowe założenia

Głównym celem było opracowanie systemu o wysokiej niezawodności, łatwego w obsłudze, ekonomicznego, mającego zalety systemów tranzystorowanych, jak: małe wymiary, niski pobór mocy i trwałość.

Z ekonomicznego punktu widzenia już na wstępie uznano za najbardziej korzystny system 12 MHz dla małowymiarowych torów współosiowych z odcinkiem 2 km. Przyjęto także, że niezawodność urządzeń traktu liniowego powinna być tego samego rzędu co niezawodność kabla współosiowego.

Przy projektowaniu pomieszczeń dla stacji wzmacniakowych przyjęto założenia wynikające z potrzeby i możliwości wykorzystania istniejących już pomieszczeń na niektórych trasach, z trudności wykupu gruntów oraz z uwagi na łatwość obsługi.

Takie założenia oznaczają, że wzmacniaki muszą być przystosowane nie tylko do studzienek betonowych, ale również do pracy w naziemnych budynkach istniejącego systemu 4 MHz. Te same wzmacniaki powinny pracować na kablu normalno- i małowymiarowym.

4.1.2. Szumy

Zakładając, że projektowany system będzie umożliwiał tworzenie międzynarodowych łączy o długości 2500 km, należało obniżyć szumy tak dalece, jak to było możliwe. W odniesieniu do urządzeń traktu liniowego przyjęto dotychczasowe normy 3 pW/km dla toru małowymiarowego, a dla torów normalnowymiarowych 1,5 pW/km. Dzięki zastosowaniu modulatorów tranzystorowych w urządzeniach końcowych można było szumy przemienników grupy czwórnej obniżyć do połowy w porównaniu z dotychczasowymi rozwiązaniami.

4.1.3. Urządzenia końcowe

Dzięki pełnej tranzystoryzacji przemienników można było uzyskać zmniejszenie szumów o połowę. Także czas przełączania generatora podstawowego na rezerwowy został zmniejszony do około 100 us, co umożliwi w przyszłości wykorzystanie systemu do transmisji danych o bardzo dużej szybkości. Takie wydatne zmniejszenie czasu przełączania uzyskano dzięki zastąpieniu przekaźników diodowymi urządzeniami przełączającymi.

W urządzeniach generacyjnych zaniechano stosowania dzielników częstotliwości o działaniu opartym na sprzężeniu zwrotnym i zastąpiono je dzielnikami impulsowymi.

Generator podstawowy ma stałość częstotliwości $5 \cdot 10^{-8}$ dzięki zastosowaniu kwarcu o cięciu ΔT , pracującego na piątej harmonicznej o częstotliwości 2500 kHz. Kwarc umieszczony jest w termostacie, którego temperatura kontrolowana jest za pomocą uzwojenia platynowego.

4.1.4. Elementy

We wzmacniaczach zostały zastosowane nowo opracowane krzemowe tranzystory epitaksjalno-planarne $f_t = 1300$ MHz dla pierwszych dwóch stopni i $f_t = 700$ MHz dla stopnia wyjściowego, o wskaźniku intensywności uszkodzeń nie większym niż $30 \cdot 10^{-9}$.

W obwodach emiterów jako kondensatory odblokowujące zastosowane zostały kondensatory typu BL o bardzo dużej przenikalności dielektrycznej i doskonałych własnościach w szerokim pasmie częstotliwości; dzięki tym kondensatorom własności wzmacniaczy znacznie się polepszyły.

Wszystkie elementy zostały poddane bardzo ostrym próbom, zwłaszcza ze szczególnym naciskiem na badania niezawodności.

4.1.5. Plan częstotliwości w pasmie liniowym

Pasmo liniowe zawiera dziewięć grup trójnych, tworzonych za pomocą dwustopniowej modulacji grup trójnych, a następnie czwórnym.

4.1.6. Trakt liniowy

Uproszczony schemat odcinka traktu liniowego pokazany jest na rys. 15. Długość odcinka wzmacniakowego wynosi dla normalnowymiarowych torów współosiowych 4,5 km /maksymalnie 4,75 km/, tzn. tyle samo, co w poprzednim lampowym systemie C-12 M. Dla małowymiarowych torów długość odcinka wynosi 2 km /maksymalnie 2,1 km/.

Temperaturowe zmiany tłumienności toru są kompensowane na każdej stacji wzmacniakowej /to urządzenie jest oznaczone jako T-AGC/ odpowiednio do zmian temperatury gruntu. Resztkowe niedokładności termicznej regulacji wzmocnienia są kompensowane na co szóstej stacji wzmacniakowej za pomocą automatycznej regulacji poziomu prądu pilotowym /P-AGC/. Następnie główne lub końcowe stacje wzmacniakowe, każda z nich wyposażona w szereg dodatkowych urządzeń, jak: korekcja dokładna, zdalne zasilanie, zdalna kontrola itp., są rozmieszczane w odstępach co 100 km.

W przypadku małowymiarowych torów współosiowych w połowie odległości 100 km umieszczona jest dodatkowa stacja zdalnie zasilająca.

Do przesyłania prądu zdalnego zasilania wykorzystuje się wewnętrzne żyły par współosiowych. Zdalne zasilanie odbywa się prądem stałym o natężeniu 75 mA. Spadek napięcia na każdej stacji z regulacją termiczną wynosi 21 V, a na stacji z regulacją prądem pilotowym 42 V. Maksymalne napięcie zdalnego zasilania wynosi 700 V.

4.1.7. Urządzenia przemiany

Urządzenia przemiany do poziomu grupy wtórnej włącznie zostały już stranzystoryzowane przy opracowywaniu systemu 4 MHz i te urządzenia mogą być zastosowane do opisywanego systemu bez żadnych zmian.

Urządzenia przemiany grup trójnych i czwórných zostały na nowo opracowane w wersji tranzystorowej. Przy projektowaniu tych urządzeń brano pod uwagę, że wspomniane wyżej istniejące już urządzenia przemiany niższych stopni powinny być stosowane bez żadnych zmian oraz że powinna być również możliwa współpraca ze starszymi urządzeniami lampowymi.

4.1.7.1. Urządzenia przemiany grup trójnych. Urządzenia te umożliwiają przemianę czterech podstawowych grup trójnych o paśmie 812-2044 kHz /GW 2-8/ do położenia podstawowej grupy trójnej o pasmie 8516-12388 kHz. Na jednym stojaku mieszczą się przemienniki dla sześciu systemów. Jeden stojak pobiera moc 100 W. Ciężar w pełni wyposażonego stojaka wynosi 299 kG.

Zarówno modulator jak demodulator są całkowicie tranzystorowe. Całkowite szумы własne przemienników równe są połowie szumów przemienników starego typu.

Wzmacniacz odbiorczy przemiennika grupy trójnej ma wbudowany układ automatycznej regulacji poziomu, sterowany przez odbiornik prądu pilotowego grupy trójnej 1552 kHz.

W opisywanych urządzeniach przemiany wprowadzono szereg dalszych udoskonaleń, a między innymi: ulepszono konstrukcję i ułatwiono obsługę; poziom wejściowy prądów nośnych wynosi

+5 dBm, wzmacniacze prądów nośnych są zawarte w urządzeniach przemiany, po stronie wejściowej uwzględniono dodatkowo tłumienność kabla łącznikowego 2 dB i w związku z tym dopuszcza się poziom wejściowy -38 dBr /zamiast poprzednich - 36 dBr/. Na wejściach i wyjściach urządzeń wprowadzono gniazdka do pomiaru poziomu prądów pilotowych, a poziom pomiarowy zunifikowano jako -70 dBr.

Modulatory i demodulatory grup trójnych są jednakowe dla wszystkich grup trójnych, dzięki temu można było znacznie zmniejszyć liczbę urządzeń rezerwowych. W dawnym systemie wszystkie wzmacniacze w urządzeniach końcowych miały własną rezerwę, natomiast w nowych urządzeniach, dzięki znacznie większej niezawodności urządzeń tranzystorowych, na cały stojak daje się tylko jeden wspólny wzmacniacz rezerwy. W przypadku konieczności włączenia wzmacniacza rezerwowego należy go połączyć równolegle z zastępowanym wzmacniaczem, przewidzianymi do tego celu przewodami wspólnymi.

4.1.7.2. Urządzenia przemiany grup czwórných. Urządzenia te umożliwiają przemianę podstawowych grup czwórných o pasmie 8516-12388 kHz do pasma liniowego 316-12388 kHz. W pełni wyposażony stojak zawiera urządzenia dla trzech systemów. Pobór mocy zasilania wynosi około 40 W; ciężar wyposażonego stojaka - około 230 kG.

Wszystkie podstawowe cechy konstrukcyjne, jak: zastosowanie elementów półprzewodnikowych, sposób doprowadzenia prądów nośnych, gniazda pomiarowe na wejściach i wyjściach, wspólny wzmacniacz rezerwy itp., są takie same, jak dla urządzeń przemiany grup trójnych.

4.1.8. Urządzenia generacji prądów nośnych

Urządzenia generacyjne składają się ze stojaka generacyjnego i stojaka rozdziału prądów nośnych. Oba te stojaki razem dostarczają prądy o częstotliwościach podstawowych, służące do wytwarzania prądów nośnych dla przemienników kanałowych, grup pierwotnych i grup wtórnych, a także prądy pilotowe oraz prądy nośne dla przemienników grup trójnych i czwórných. Jeden komplet urządzeń generacyjnych może zasilać osiem systemów 2700-kanałowych. Częstotliwości prądów wytwarzanych przez urządzenia generacyjne podane są w tabl. 6.

T a b l i c a 6

Prądy wytwarzane w podstawowym stojaku generacyjnym

Rodzaj prądu	Częstotliwość /kHz/
Podstawowe prądy sterujące	4
	12
	124
Prądy nośne	10560
	11880
	12704
	13200
	16720
Prądy pilotowe	308
	4287
	11196
	12435

Potrzebna moc zasilania wynosi około 90 W dla stojaka generacyjnego i około 20 W dla stojaka rozdziału prądów nośnych. W peł-

ni wyposażone urządzenia generacyjne ważą: stojak generacyjny około 190 kG i stojak rozdzielczy około 100 kG.

Schemat blokowy ilustrujący zasadę wytwarzania prądów nośnych pokazany jest na rys. 16. Prąd o częstotliwości 2,5 MHz, wytwarzany przez generator podstawowy, przekształcany jest na przebieg prostokątny i następnie kolejno przechodzi przez cztery dzielniki częstotliwości, każdy o stosunku podziału 1:5. W rezultacie otrzymuje się prąd o częstotliwości 4 kHz. Przebiegi pobierane z wyjść poszczególnych dzielników przekształca się ponownie na napięcia sinusoidalne o częstotliwościach odpowiednio: 4, 12, 124, 300, 308, 440 i 496 kHz. Następnie każdą z potrzebnych częstotliwości wytwarza się w układzie pokazanym na rys. 17. Częstotliwości nie wymienione powyżej wytwarzane są drogą odpowiednich przekształceń harmoniczných 440 kHz lub z oddzielnych generatorów kwarcowych /liniowe prądy pilotowe/.

Głównymi cechami charakterystycznymi opisywanych urządzeń generacyjnych jest zwiększenie częstotliwości generatora podstawowego z 120 do 2500 kHz oraz zastosowanie impulsowego dzielnika częstotliwości zamiast poprzednio stosowanych dzielników opartych na sprzężeniu zwrotnym.

Generator podstawowy umieszczony jest w termostacie kontrolowanym czujnikiem platynowym. Stałość generatora podstawowego wynosi $\pm 5 \cdot 10^{-8}$; stałość tę można utrzymać przy dostrajaniu nie częściej niż raz do roku.

Stojak urządzeń generacyjnych zawiera dwa jednakowe urządzenia: zasadnicze i rezerwowe. Każdy z prądów wytwarzanych w stojaku generacyjnym doprowadzony jest do stojaka rozdzielczego

poprzez przełącznik przełączający urządzenie podstawowe - rezerwa.

W systemie lampowym urządzenia przełączające były wyposażone w przełączniki elektromechaniczne i dlatego czas przełączania wynosił około 2-3 ms. Natomiast w obecnym rozwiązaniu zastosowano przełączniki diodowe i dzięki temu skrócono czas przełączania do około 100 us.

4.1.9. Wzmacniaki

4.1.9.1. Urządzenia końcowej stacji wzmacniakowej. Schemat blokowy pokazany jest na rys. 18. Sygnał przychodzący z przemienników grup czwórných przechodzi przez korektor okablowania stacyjnego i z poziomem -35 dBr podawany jest na układ preemfazy /nachylenie 10 dB/. Po wzmocnieniu we wzmacniaczu nadawczym sygnał z poziomem -9 dBr /dla 12435 kHz/ i -19 dBr /dla 308 kHz/ wysyłany jest w tor. Na pozostałe trzy wejścia doprowadzone są liniowe prądy pilotowe ze stojaka generacyjnego: P1 - 308 kHz, P2 - 4287 kHz i P3 - 12435 kHz. Prąd pilotowy P1 jest wprowadzony poprzez rozgałęźnik bezpośrednio do traktu liniowego, ponieważ prąd ten jest już stabilizowany w stojaku generacyjnym.

Prądy pilotowe P2 i P3 są wprowadzone do stabilizatorów poziomu i dopiero następnie, poprzez rozgałęźnik, do głównej drogi transmisyjnej.

Po stronie odbiorczej sygnał przechodzi przez linię wydłużającą /jeśli poprzedzający odcinek wzmacniakowy jest krótszy od znamionowego/ do wzmacniacza liniowego. Charakterystyka wzmoc-

nienia wzmacniacza jest odpowiednio korygowana układem automatycznej regulacji poziomu, sterowanej trzema liniowymi prądami pilotowymi.

Dodatkowe wyrównanie charakterystyki przenoszenia traktu dokonuje się za pomocą korektora stałego /błędów systematycznych/. Następnie sygnał przechodzi przez obwód deemfazy i z poziomem -32 dBr jest przesyłany do urządzeń przemiany grup czwórných.

Na stojaku wzmacniaków końcowych, oprócz wymienionych wyżej urządzeń, są jeszcze zainstalowane urządzenia zdalnego zasilania.

4.1.9.2. Urządzenia przelotowej stacji wzmacniakowej. Przelotowe stacje wzmacniakowe występują w trakcie liniowym w odstępach co około 100 km i umożliwiają korekcję charakterystyki przenoszenia w wyższym stopniu niż nieobsługiwane stacje wzmacniakowe. Jeden stojak zawiera wzmacniaki dla obu kierunków transmisji wraz z urządzeniami zdalnego zasilania.

Blokowy schemat urządzeń transmisyjnych stacji przelotowej jest prawie taki sam, jak dla kierunku odbiorczego stacji końcowej - jedynie nie ma blokowania prądów pilotowych i układu deemfazy, a urządzenia zdalnego zasilania występują na obu kierunkach.

4.1.9.3. Nieobsługiwana stacja wzmacniakowa zdalnie zasilająca. Na małowymiarowych torach współosiowych istnieje potrzeba instalowania w połowie odległości pomiędzy dwoma stacjami przelotowymi dodatkowej stacji zdalnie zasilającej. Wyposażenie

transmisyjne takiej stacji jest takie samo, jak zwykłej stacji przelotowej. Jednak ponieważ stacja ta ma być stacją nieobsługiwaną, wyposażona jest więc dodatkowo w lokalny generator dla umożliwienia zdalnej kontroli.

4.1.9.4. Nieobsługiwana stacja wzmacniakowa z automatyczną regulacją poziomu prądem pilotowym. Urządzenia tego typu są instalowane na co szóstej stacji wzmacniakowej dla skompensowania skumulowanych błędów, pozostających po termicznej regulacji wzmocnienia.

Potrzebna moc zasilająca jest dostarczana ze stacji końcowej lub przelotowej po wewnętrznych żyłach torów współosiowych. Spadek napięcia zdalnego zasilania na stacji z automatyczną regulacją poziomu wynosi 42 V /dla jednego kierunku transmisji/.

Głównymi zadaniami urządzeń opisywanej stacji są: kompensacja rozrzutu długości odcinków wzmacniakowych za pomocą linii wydłużających oraz automatyczna regulacja poziomu za pomocą liniowego prądu pilotowego P3.

Zakres zmian wzmocnienia wynosi 3 dB. Początkowo urządzenia tego typu stacji umieszczane były w pomieszczeniach naziemnych z uwagi na zbyt małą niezawodność termistorów z podgrzewaniem pośrednim oraz przekaźnika alarmowego w odbiorniku pilota. W późniejszym stadium opracowania, dzięki ulepszeniu termistorów i zastąpieniu przekaźnika układem półprzewodnikowym, możliwe było umieszczanie stacji tego typu w studzienkach podziemnych, podobnie jak zwykle stacje nieobsługiwane.

4.1.9.5. Stacja wzmacniakowa o stałym wzmacnieniu. Jeśli urządzenia opisywanego systemu są instalowane na trasie, na której poprzednio pracował system lampowy 0-4M, wówczas dla nieobsługiwanych stacji wykorzystuje się istniejące kioski naziemne /dla co drugiej stacji/. W stacjach naziemnych realizacja termicznej regulacji wzmacnienia jest poważnie utrudniona. Nie byłoby również celowe dawanie w każdej stacji urządzeń automatycznej regulacji poziomu prądem pilotowym i dlatego w takiej sytuacji stosuje się wzmacniaki o stałym wzmacnieniu na co drugiej stacji.

4.1.9.6. Podziemne stacje wzmacniakowe. Podziemne stacje wzmacniakowe umieszczone są w zasobnikach /skrzyniach/. Zasobnik zawiera wszystkie urządzenia stacji, jak: wzmacniacze liniowe, lokalny generator do zdalnej kontroli, zwrotnice zdalnego zasilania i urządzenia termicznej regulacji wzmacnienia /reagujące na temperaturę wewnątrz studzienki/.

Stacje wzmacniakowe z automatyczną regulacją poziomu prądem pilotowym są umieszczone w takich samych zasobnikach.

4.1.10. Urządzenia zdalnej kontroli

Urządzenia zdalnej kontroli i łączności służbowej spełniają następujące funkcje:

- a/ łączność służbową,
- b/ nadzór nieobsługiwanych stacji wzmacniakowych obu typów,
- c/ nadzór przelotowej stacji zasilającej nieobsługiwanej,
- d/ nadzór stanu kabla.

Głównymi cechami obecnego rozwiązania są: kodowo-czasowy system nadzoru przelotowej, zasilającej stacji nieobsługiwanej oraz zastosowanie przełączania zdalnego zasilania dla umożliwienia wykorzystania tych samych częstotliwości dla wielu stacji nieobsługiwanych.

4.1.10.1. Zdalny nadzór nieobsługiwanych stacji podziemnych. Wykrywanie wzmacniaczy o nieprawidłowym wzmocnieniu odbywa się za pomocą pomiaru poziomu prądów wysyłanych z generatorów lokalnych. W jednym odcinku zdalnego nadzoru o długości około 100 km jest 21 nieobsługiwanych zdalnie kontrolowanych stacji na kablu normalnowymiarowym, a 49 na kablu małowymiarowym. Z uwagi na dużą liczbę stacji, przydzielenie każdej z nich odrębnej częstotliwości generatora lokalnego byłoby poważnie utrudnione i dlatego tę samą częstotliwość mają po dwie stacje. Rozróżnienie tych dwóch stacji jest realizowane przez przełączanie zdalnego zasilania dla generatorów lokalnych.

Generatory lokalne zasilane są przez pomocnicze pary symetryczne. Jeden obwód zdalnego zasilania obejmuje stacje o numerach parzystych, a drugi stacje o numerach nieparzystych.

Generatory zasilane są prądem stałym o natężeniu 8 mA, a spadek napięcia na jednym generatorze wynosi 7 V. Maksymalne napięcie nadajnika zdalnego zasilania wynosi 120 V.

Generatory mają 30 częstotliwości rozmieszczonych w pasmie od 13,00 do 13,12 MHz, w odstępach co 4 kHz.

Przebieg lokalizacji uszkodzonego wzmacniaka jest następujący: obniżenie poziomu prądu pilotowego poniżej normy wywołuje zadziałanie diody alarmowej na najbliższej stacji z odbiornikiem

prądu pilotowego; na stacji obsługiwanej zostaje uruchomiony alarm, następnie obsługa mierząc poziomy poszczególnych prądów z lokalnych generatorów, lokalizuje uszkodzony wzmacniak.

4.1.10.2. Zdalny nadzór przelotowej stacji nieobsługiwanej zasilającej. Przelotowa stacja zasilająca, jak to już zostało napisane, ma takie same wyposażenie jak zwykła stacja przelotowa obsługiwana. W celu skontrolowania prawidłowości pracy wszystkich urządzeń transmisyjnych i zasilających takiej stacji potrzebna jest dość duża ilość informacji. Informacje te są zestawione w tabl. 7.

Do przesłania takiej dużej ilości informacji nie wystarcza sygnalizacja prądem stałym po symetrycznych parach pomocniczych kabla współosiowego i dlatego konieczne było zastosowanie systemu wielokrotnego z wykorzystaniem par pomocniczych.

Przy wyborze systemu nośnego dla tych celów rozważane były zarówno systemy z podziałem częstotliwościowym, jak również z podziałem czasowym. Zastosowane rozwiązanie jest zbliżone do systemów transmisji danych, a także do urządzeń zdalnego nadzoru, stosowanego z dobrymi rezultatami w liniach radiowych. Powyżej pasma rozmównego łącza służbowego utworzony jest kanał transmisji danych o szybkości 200 bodów, który pozwala na przesyłanie 27 rozmaitych sygnałów do stacji nadzorującej. Poszczególne impulsy przesyłane są za pomocą modulacji częstotliwości nośnej $3,145 \text{ Hz} + 45 \text{ Hz}$. Impulsy przesyłane są grupami po 32 bity i synchronizowane metodą start-stop. Dla poprawienia stopy błędów stosuje się powtarzanie wysyłanych informacji oraz kontrolę parzystości.

Kryteria sygnalizacyjne pośredniej stacji zasilającej

	Informacja	Liczba alarmów	Uwagi
Wzmacniak	Pilot P1	2	A-B, B-A
	" P2	2	
	" P3	2	
	Zdalne zasilanie	1	
	Bezpiecznik	1	
Zdalne zasilanie	Brak zasilania	1	Rezerwowy
	Nieprawidłowe napięcie wyjściowe	1	
	Błąd	1	
	Nadmierne obciążenie	1	
Nadzór	Prąd zmienny	1	
	Dzwonek	1	
Stacja wzmacniakowa	Drzwi	1	
	Ogień	1	
Ogółem alarmów		16	

4.1.11. Niezawodność pracy

Przy projektowaniu systemu przyjęto założenie, że niezawodność urządzeń powinna być taka, aby w zestroju o długości 2500 km liczba uszkodzeń w ciągu roku nie przekraczała 4.

Rozpatrując jeden zestrój o długości 2500 km i porównując inten-

sywność uszkodzeń urządzeń końcowych, wchodzących w skład zestroju, z intensywnością uszkodzeń wzmacniaków traktu liniowego, można powiedzieć, że pierwsza intensywność jest niewielka i stosunkowo mało wpływa na wskaźnik intensywności uszkodzeń całego zestroju, dlatego w dalszym ciągu rozpatrywana będzie przede wszystkim niezawodność wzmacniaków.

Niezawodności poszczególnych elementów zestawione są w tabl. 8.

Przez uszkodzenie tranzystora rozumie się przerwy, zwarcia, obniżenie współczynnika wzmocnienia i powiększenie współczynnika szumów. Z wymienionych uszkodzeń zwarcie pomiędzy kolektorem a emiterem występuje w rzeczywistych warunkach pracy, natomiast nie zdarza się podczas przyspieszonych badań testowych. W tablicy zestawione są te cztery kategorie uszkodzeń zgodnie z ich rzeczywistą częstością występowania.

Liczby uszkodzeń w ciągu roku według poszczególnych typów urządzeń wzmacniakowych i wybranych kategorii uszkodzeń zestawione są w tablicach 9 i 10. Dla porównania można przytoczyć intensywność uszkodzeń lampowego systemu C-12 M, która wynosiła 67 uszk./rok/2500 km. Ponieważ intensywność uszkodzeń tranzystorowego systemu 12 MTr dla normalnowymiarowych torów wynosi około 6 uszk./rok, można więc stwierdzić, że dzięki tranzystoryzacji uzyskano około dziesięciokrotny wzrost niezawodności.

Ponadto opisywany system nie wymaga okresowej wymiany lamp.

Przerwy w obwodach /złe lutowania/ stanowią poważny odsetek ogółu uszkodzeń. Dla systemu 12 MTr /tory małowymiarowe/ uszkodzenia wynikające ze złych lutowań wynoszą 20 uszk./rok tj. 38% ogółu uszkodzeń. Przerwy te pojawiają się w przeciągu kilku

Intensywność uszkodzeń elementów

Tranzystory	C-E przerwa	$9 \cdot 10^{-9}$
	C-E zwarcie	4
	Spadek h	7
	Wzrost szumu	5
Kondensatory:		
tantalowe	Uptywność	3
styroflexowe	Złe wyprowadz.	0,2
polietylenowe	Złe wyprowadz.	0,5
BL	Przebicie	5
papier. metal.	Przebicie	0,5
Oporniki	Przerwa	0,5
Cewki	Przerwa	1
Transformatory	Przerwa	1
	Przebicie	2
Diody	Przerwa	5
Diody Zenera	Przerwa	10
Termistory bezpośred.	Przerwa	1
Termistory podgrzew.	Przerwa	40
Rezonatory kwarcowe	Przerwa	10
Przełączniki	Przerwa	100
Punkty lutownicze	Niepewny styk	0,5

lat po wyprodukowaniu, nawet jeśli urządzenia bezpośrednio po wyprodukowaniu są włączone do normalnej pracy. Metody lutowania wymagają ciąglej dalszej poprawy.

Intensywność uszkodzeń urządzeń traktu liniowego,
tor 2,6/9,5 mm, 2500 km

	Liczba wzmacn.	A	B	C	Miejsce pracy
Wzmacniak li- niowy	459x2	2,8			Studzien- ka
Wzm. SWN z reg. pilot.	81x2	1,0	0,1		
Stojak wzmacn. SWO	18x2	0,7		0,17	
Wzmacniaki końcowe	9x2	0,5		0,29	
Ogółem		5,0	0,1	0,46	

Uwaga: A - liczba zakłóceń w transmisji

B - liczba uszkodzeń bez zakłócenia transmisji,
ale wymagających napraw w SWN

C - liczba uszkodzeń bez zakłóceń transmisji, ale wy-
magających napraw w stacjach obsługiwanych.

Urządzenia zasilające pracują po dwa równolegle. Ich niezawod-
ność wyraża się liczbą 0,1 uszk./rok/zestroj/2500 km, tzn. 104
urządzenia zasilające w zestroju/. W porównaniu z niezawodno-
ścią wzmacniaków niezawodność urządzeń zasilających jest więc
stosunkowo duża.

Intensywność uszkodzeń urządzeń traktu liniowego,
tor 1,2/4,4 mm, 2500 km

	Liczba wzmacn.	A	B na 1 rok	C	Miejsce pracy
Wzmacniak li- niowy	1080x2	6,7			Studzien- ka
Wzm. SWN z reg. pilot.	162x2	2,1	0,2		Studzien- ka
Pośrednie urzą- dzenie zdaln. zasil.	27x2	1,0	0,25		
Stojak wzmacn. SWO	18x2	0,7		0,25	
Wzmacniaki końcowe	9x2	0,5		0,29	
Ogółem		10,8	0,45	0,54	

Uwaga: A - liczba zakłóceń w transmisji,

B - liczba uszkodzeń bez zakłóceń w transmisji, ale
wymagających naprawy w SWN,

C - liczba uszkodzeń bez zakłóceń w transmisji, ale
wymagających naprawy w SWC.

4.1.12. Zasobniki dla wzmacniaków w stacjach nieobsługiwanych

Opisywany zasobnik powstał w wyniku kontynuacji prac konstrukcyjnych nad poprzednimi zasobnikami z wykorzystaniem doświadczeń konstrukcyjnych i obserwacji eksploatacyjnych. W porównaniu z poprzednimi zasobnik ten ma następujące nowe cechy:

a/ korek gazoszczelny wykonany jest ze szkła, co poprawiło własności elektryczne i trwałość w porównaniu z poprzednimi korkami epoksydowymi,

b/ korpus zasobnika wykonany jest z płyt stalowych, a kołnierz skrzyni ze stali nierdzewnej. Dzięki temu problem korodowania lub uszkodzeń kołnierza skrzyni w czasie prac został prawie całkowicie rozwiązany,

c/ po raz pierwszy zostały umożliwione prace obsługowo-eksploatacyjne bez naruszenia gazoszczelności skrzyni,

d/ na zewnątrz zasobnika przewidziano gniazdo do jednotorowej łączności służbowej w celu ułatwienia prowadzenia prac na trasie,

e/ dzięki ulepszeniu konstrukcji złącz pomiędzy końcówkami kabli, dostarczanych wraz ze skrzynią, a kablem ziemnym skrócono do połowy czas potrzebny na instalacje stacji.

W zasobniku może być umieszczony wzmacniak wraz z generatorem do zdalnej lokalizacji uszkodzeń. Przyjęto jako zasadę konieczność przystosowania zasobników do instalacji w studzienkach kablowych. Projektowana trwałość zasobników wynosi 20 lat.

Wykonywane są zasobniki dla dwóch lub czterech zestrojów. Do budowy zasobnika używana jest stal walcowana. Po spawaniu wewnętrzne i zewnętrzne powierzchnie zabezpieczane są za pomocą zanurzeniowego galwanizowania na gorąco. Grubość ścian zasobnika wynosi 8 mm, grubość pokrywy dla ograniczenia ciężaru i ułatwienia obsługi zmniejszono do 4 mm. Jest to możliwe, ponieważ pokrywa w mniejszym stopniu narażona jest na korozję.

4.1.13. Wyniki badań trasowych

Urządzenia serii próbnych były badane na normalnowymiarowej linii wspólnosiowej w rejonie Nagoya - Toyohashi przez około dwa lata.

Pierwsza seria próbna wzmacniaków została wyprodukowana w czerwcu 1965 r. i następnie poddana szczegółowym badaniom w warunkach laboratoryjnych w okresie około 1 miesiąca. Później 22 podziemne, nieobsługiwane stacje wzmacniakowe zostały zainstalowane na trasie pomiędzy Nagoya i Okazaki.

Wyniki pomiarów pokazały, że różnica sumy tłumienności odcinków wzmacniakowych i sumy wzmocnień wzmacniaków /22/ była mniejsza niż 0,4 dB. Stwierdzono, że charakterystyka wzmocnienia wzmacniaków jest dobrze aproksymowana do charakterystyki tłumienności toru kablowego, co potwierdziło słuszność przyjętych w czasie projektowania założeń. Następnie przeprowadzono badania trwałości urządzeń w ciągu 1 roku. W czasie tych badań zmiany tłumienności wynikowej traktu liniowego nie przekraczały 1 dB przy wyłączonej automatycznej regulacji poziomu za pomocą prądu pilotowego.

Doświadczenia osiągnięte w czasie produkcji serii próbnej i badań trasowych pozwoliły na wprowadzenie szeregu ulepszeń. Opracowano drugą serię próbną zarówno wzmacniaków, jak i urządzeń przemiany oraz zdalnej kontroli.

Urządzenia zostały zainstalowane na linii Nagoya-Toyohashi /82 km/, składającej się z 42 odcinków wzmacniakowych, w celu przeprowadzenia powtórnych badań i potwierdzenia podstawowych parametrów systemu. Na linii doświadczalnej zainstalowano stu-

dzienki kablowe nowego typu, specjalnie zaprojektowane dla stacji nieobsługiwanych opisywanego systemu.

W czasie badań zebrano bogaty materiał pomiarowy; omówienie najważniejszych rezultatów opisane jest poniżej.

4.1.13.1. Charakterystyka przenoszenia traktu liniowego. Aczkolwiek badania trasowe zostały wykonane na normalnowymiarowej linii współosiowej, to jednak większość uzyskanych rezultatów można również odnieść do zastosowania systemu na małowymiarowych torach współosiowych, co było docelowym dążeniem konstruktorów. Jedynym parametrem, który trzeba było badać oddzielnie była charakterystyka przenoszenia, ponieważ odchyłki charakterystyk wzmacniaków i odcinków wzmacniakowych były małe, a z drugiej strony wyniki pomiarów odcinków wzmacniakowych były zbyt mało dokładne, aby można było je brać do porównania przy wymaganych tolerancjach 0,01 dB. Tak więc ostateczne sprawdzenie charakterystyk przenoszenia było możliwe jedynie we współpracy z określonym rodzajem toru współosiowego. Badania na małowymiarowym torze zostały wykonane w czerwcu 1966 r. na trasie pomiędzy Miki i Nishiwaki z wykorzystaniem wzmacniaków z drugiej serii próbnej.

Wyniki pomiarów charakterystyk przenoszenia dla traktów liniowych z obu rodzajami torów współosiowych przedstawione są na rys. 19. Charakterystyki te są znacznie lepsze w porównaniu z odpowiednimi charakterystykami uzyskiwanymi w poprzednio stosowanych systemach. Dodać należy, że nie wystąpiły żadne trudności przy stosowaniu tych samych wzmacniaków na obu rodzajach torów współosiowych.

4.2. Systemy współosiowe 10800-krotne

4.2.1. Wiadomości ogólne

W ostatnich latach opracowano w niektórych krajach nowe analogowe systemy teletransmisyjne o 10800 kanałach telefonicznych i o pasmie liniowym od około 4 do 60 MHz. Przekazanie do ciągłej eksploatacji pierwszego w Europie połączenia za pomocą systemu 10800-krotnego zostało zaplanowane na 1972 r. w Szwecji. Badania na liniach doświadczalnych były przeprowadzane w 1971 r. w NRF /systemu V 10800/ i w Japonii /systemu C-60 M/.

Z opracowaniem systemów o tak dużej liczbie kanałów i o tak szerokim pasmie wiąże się szereg trudnych do rozwiązania problemów technicznych. Ze zwiększeniem pasma przesyłowego wzrasta bowiem liczba wzmacniaków na linii /w systemach 10800-krotnych wzmacniaki występują w odstępach około 1,5 kilometrowych/, a to z kolei powoduje konieczność zaostrzenia wymagań na wzmacniaki w zakresie szumów, zniekształceń liniowych i nieliniarnych oraz pod względem stabilności działania i niezawodności.

Tak duże zagęszczenie wzmacniaków na linii powoduje, że zarówno odchyłki charakterystyki wzmocności wzmacniaków jak też jej zmiany w czasie muszą być bardzo małe.

Przed konstruktorami systemów 10800 krotnych stanęły więc następujące główne problemy do rozwiązania:

- 1/ skonstruowanie wzmacniaczy charakteryzujących się dostatecznie szerokim pasmem przenoszenia, małym współczynnikiem szumów oraz małymi zniekształceniami nieliniarnymi,

- 2/ eliminacja do minimum produkcyjnych rozrzutów parametrów wzmacniaków oraz zapewnienie odpowiedniej kompensacji zmian poziomu i zniekształceń tłumieniowych w trakcie liniowym,
- 3/ zapewnienie bardzo wysokiej niezawodności urządzeń.

Aczkolwiek zasady projektowania analogowych systemów szerokopasmowych znane były już wcześniej, to jednak dopiero w ostatnich latach postęp technologii tranzystorów i rozwój nowych metod technologicznych wytwarzania układów stworzył możliwości realizacji systemów o tak dużej krotności.

Niżej opisane są dwa systemy 10800-krotne: system opracowany w Japonii pod nazwą C-60 M oraz system opracowany przez firmę Siemens - V 10800. Obydwa te systemy spełniają zalecenia CCITT w zakresie parametrów transmisji dla umyślonego łącza odniesienia 2500 km i oparte są na tym samym planie modulacji, aczkolwiek różnią się w szczegółach rozwiązań koncepcyjnych i układowych.

4.2.2. Podstawowe problemy związane z realizacją systemu 10800-krotnego

Ze względu na bardzo szerokie pasmo transmisyjne systemu 10800-krotnego oraz duże zagęszczenie wzmacniaków na linii, co około 1,5 km, najtrudniejszym problemem jest zapewnienie dostatecznie niskich szumów wzmacniaków liniowych oraz dużej niezawodności i stałości ich parametrów w czasie. Sprowadza się to w rezultacie do trudnego zagadnienia zaprojektowania wzmacniacza o bardzo małych zniekształceniach nieliniarnych, małym współczynniku szumów i dużej stabilności przy jednoczesnym zachowaniu szerokiego pasma przenoszenia.

Szumy całkowite wzmacniacza, ogólnie biorąc, składają się z szumów termicznych oraz szumów pochodzących od zniekształceń nieliniarnych drugiego i trzeciego rzędu. Jeżeli przyjmie się nieliniową charakterystykę preemfazy, żaden z wymienionych składników nie ma prostej zależności od częstotliwości. Jednakże jeśli przyjąć założenia upraszczające, że charakterystyka preemfazy jest liniowa i że pomijamy zniekształcenie trzeciego rzędu, to wówczas stosunek szumu do sygnału w odniesieniu do 1 km traktu liniowego może być wyrażony wzorem:

$$\frac{1}{l} N/S = \frac{K_p}{1 \cdot K_s} \sqrt{2 P_2 P_t f_0} \cdot 10^{\frac{a \sqrt{f_0 \cdot l}}{20}}$$

gdzie:

P_2 - moc wyjściowa zniekształceń drugiego rzędu przy wyłączonym sprzężeniu zwrotnym, odniesiona do 1 mW mocy sygnału podstawowego,

P_t - moc szumów termicznych przypadająca na 1 kHz w mW/kHz dla najwyższej częstotliwości pasma f_0 , odniesiona do mocy wejściowej wzmacniacza,

K_s - maksymalne realizowane sprzężenie zwrotne /wartość rzeczywista/,

f_0 - górna częstotliwość graniczna pasma przesyłowego w kHz,

l - długość odcinka wzmacniakowego w km,

a - tłumienność jednostkowa toru współosiowego dla 1 kHz w dB /dla toru 2,6/9,5 $a = 0,075$ dB/,

K_p - współczynnik uwzględniający wpływ preemfazy.

Występująca w powyższym wzorze moc zniekształceń drugiego rzędu $/P_2/$ zależy głównie od współczynnika zniekształceń nieliniarnych tranzystora w stopniu końcowym, moc szumów termicznych P_t określona jest przede wszystkim przez współczynnik szumów tranzystora w stopniu wejściowym. natomiast współczynnik K_p zależy od przyjętych metod projektowania. Jednakże wszystkie te trzy wielkości nie mogą być w zdecydowany sposób poprawione w porównaniu ze wzmacniaczami dotychczas projektowanymi. Tak więc zachowanie odpowiednio dużego stosunku sygnału do szumów, przy jednoczesnym zwiększeniu szerokości pasma przesyłowego, wymaga przede wszystkim zastosowania we wzmacniaczu głębokiego sprzężenia zwrotnego.

Maksymalne sprzężenie zwrotne, jakie można zastosować we wzmacniaczu, jest jednak ograniczone z jednej strony górną częstotliwością graniczną pasma przesyłowego f_o i liczbą stopni wzmacniacza n /im większe są wartości f_o i n , tym mniejsze dopuszczalne sprzężenie zwrotne/.

Z drugiej zaś strony maksymalne sprzężenie zwrotne zależy głównie od częstotliwości granicznej tranzystorów f_T oraz od częstotliwości, przy której występuje zawahanie charakterystyki fazowej pętli sprzężenia zwrotnego /dodatkowe przesunięcie fazowe powodujące zachwianie stabilności wzmacniacza/. Tak więc zwiększenie sprzężenia zwrotnego przy jednoczesnym zwiększeniu częstotliwości granicznej pasma przesyłowego f_o wymaga znacznego zwiększenia częstotliwości granicznej tranzystorów f_T oraz częstotliwości f_p , przy której występuje dodatkowe przesunięcie fazowe.

O ile częstotliwość f_T jest tylko parametrem tranzystora, o tyle częstotliwość f_p zależy od wielu czynników. Jak wykazały badania, na dodatkowe przesunięcie fazowe składają się głównie: przesunięcie fazowe zależne od geometrycznej długości przewodów sprzężenia zwrotnego, przesunięcie fazowe spowodowane procesami dyfuzyjnymi w tranzystorze, oraz przesunięcie fazowe zależne od indukcyjności wyprowadzeń tranzystora, a w szczególności od indukcyjności wyprowadzenia emitera. Jeżeli indukcyjność wyprowadzenia emitera jest duża, wówczas projektowanie wzmacniacza staje się trudne i ograniczone pasywnością pojemnością tranzystora, nawet jeśli stosuje się tranzystor o wielkiej częstotliwości f_T .

Dla osiągnięcia więc głębokiego sprzężenia zwrotnego we wzmacniaczu, co jak już wspomniano jest niezbędne do spełnienia wymagań na szumy, należy stosować tranzystory o dużej częstotliwości granicznej f_T oraz należy dążyć do jak najmniejszej indukcyjności wyprowadzenia emitera i jak najmniejszej geometrycznej długości pętli sprzężenia zwrotnego.

Tak więc, im wyższa jest górna częstotliwość pasma przesyłowego, tym trudniej jest zaprojektować wzmacniacz o dużej stabilności, który spełniałby wymaganie systemowe na szumy, nawet przy zastosowaniu tranzystorów o dużej częstotliwości granicznej.

Do realizacji wzmacniaczy systemu 60 MHz potrzebne są tranzystory o częstotliwości granicznej około 2 GHz lub większej, charakteryzujące się ponadto małymi szumami i dużą tłumiennością zniekształceń nieliniarnych. Na przykład tranzystory użyte do budowy wzmacniaczy w systemie V 10800 mają współczynnik szumów rzędu 2-3 dB, natomiast tłumienność /przy częstotliwości 1,5 GHz/

drugiej harmonicznej $a_{h2} = 55$ dB, a trzeciej harmonicznej $a_{h3} = 86$ dB /w odniesieniu do zerowego poziomu względnego/.

Należy zauważyć, że szумы termiczne nie zależą od obciążenia systemu, a ponieważ tłumienność kabla rośnie z częstotliwością, odstęp sygnału od szumów termicznych na końcu toru jest większy przy małych częstotliwościach niż w pozostałym pasmie częstotliwości. Umożliwia to wyróżnienie większych częstotliwości i nadawanie mniejszych częstotliwości ze zmniejszonym poziomem, w rezultacie czego zostaje obniżone obciążenie systemu. Oznacza to z jednej strony zmniejszony udział szumów wywołanych przez zniekształcenia nieliniarne, a z drugiej strony obniżenie wymagań stawianych częstotliwościowej charakterystyce zakłóceń nieliniarnych tak, że można je łatwiej spełnić.

4.2.3. Współosiowy system C-60 M

4.2.3.1. Charakterystyka ogólna systemu. Opracowany w ostatnich latach w Japonii system C-60 M jest przystosowany do pracy na liniach kablowych współosiowych normalnowymiarowych typu 2,6/9,5 mm. Pozwala on na realizację 10800 łączy telefonicznych lub 6 kanałów dla telewizji kolorowej 6,3 MHz lub 4,3 MHz, bądź też 30 lub 36 kanałów do przesyłania sygnałów wideofonii o pasmie 1 MHz.

Pasmo liniowe systemu zawiera się w granicach 4,287 -61,160 MHz /z uwzględnieniem częstotliwości pilotów/, przy czym kanały telefoniczne /12900-kanałowych grup czwórných/ zajmują pasmo od 4.332 MHz do 59,684 MHz, zaś kanały telewizyjne - pasmo od 6,260 MHz do 57,540 MHz, natomiast kanały wideofonii połączone

w grupy 5-kanalowe lub 12-kanalowe zajmują pasmo 4,720 - 59,080 MHz. Plan modulacji i rozkład widma w pasmie liniowym przedstawiony jest na rys. 20. Dokładność częstotliwości nośnych wynosi $\pm 10^{-8}$.

Przezienniki systemowe, stosowane do przemiany grup czwórných w przypadku transmisji telefonicznej, mogą być również użyte do przemiany kanałów telewizyjnych. Urządzenia końcowe oraz urządzenia traktu liniowego wyposażone są w korektory fazowe, umożliwiające przeprowadzenie dokładnej korekcji opóźności grupowej, co jest niezbędne w przypadku transmisji sygnałów telewizyjnych.

Srednia wartość psfometryczna szumów całkowitych, liczona dla 2500 km hipotetycznego łącza odniesienia, jest mniejsza od 10000 pW, z czego na trakt liniowy przypada mniej niż 7500 pW. Znamionowa długość odcinka wzmacniakowego wynosi 1,5 km. Dla kompensacji wahań poziomu i zniekształceń charakterystyki przenoszenia stosowana jest automatyczna regulacja poziomu za pomocą czterech pilotów o częstotliwościach: 61,160 MHz /pilot główny/, 4,287, 22,372 i 40,920 MHz /piloty pomocnicze/. Zdalna lokalizacja uszkodzeń odbywa się poprzez kontrolę poziomu wysłanego z generatorów lokalnych umieszczonych w stacjach nieobsługiwanych. Podobnie jak w innych systemach stosowane jest tu zasilanie zdalne prądem stałym w układzie szeregowym.

Z uwagi na to, że długość odcinków wzmacniakowych w przypadku systemu C-60 M jest 3-krotnie mniejsza niż w przypadku systemu 12 MHz, zakłada się, że niezawodność wzmacniaków systemu C-60 M powinna być 3-krotnie większa niż systemu 12 MHz. Intensywność uszkodzeń tranzystorowego systemu 12 MTr dla normalno-

wymiarowych torów wynosi około 6 uszkodzeń/rok, przy czym intensywność uszkodzeń końcowych jest niewielka, a o wskaźniku intensywności całego zestroju decyduje intensywność uszkodzeń urządzeń traktu liniowego. Wartości liczbowe intensywności uszkodzeń poszczególnych urządzeń traktu liniowego oraz poszczególnych elementów podane są w publikacji [1].

Dane techniczne systemu C-60 M podane są w tabl. 11.

T a b l i c a 11

Dane techniczne systemu C-60 M

Pasma częstotliwości	4,287-61,160 MHz
Rodzaj kabla	normalnowymiarowy, współosiowy 2,6/9,5 mm
Długość odcinka wzmacniakowego	1,5 km /maksimum 1,6 km/
Liczba kanałów:	
- telefonicznych	10800
- telewizyjnych	6
- wideofonicznych	30 lub 36
Częstotliwość prądów pilotowych	4,287; 22,372; 40,920; 61,160 MHz
Pasma kontrolne	3,5 ± 3,7 MHz
Całkowita moc szumów /w punkcie o poziomie względny zero/	≤ 3 pW/km
Preemfaza	12 dB
Wzmocność wzmacniaka /przy częstotliwości 61,160 MHz/	29,4 dB
Psofometryczny współczynnik szumów	≤ 5 dB

Maksymalny poziom mocy użytecznej	≥ 20 dBm		
Znamionowy poziom wyjściowy wzmacniaka			
- dla 4 MHz	-32 dBr		
- dla 60 MHz	-20 dBr		
- średnio	-24 dBr		
Dopuszczalne zniekształcenia częstotliwościowej charakterystyki wzmocności	$\pm 0,05$ dB		
Zakres samoczynnej regulacji temperaturowej	$\pm 0,7$ dB / $15 \pm 13,5^{\circ}\text{C}$		
Zakres ARP	$\pm 0,3$ dB		
Zniekształcenia	4 MHz	60 MHz	średnio
- drugiego rzędu	86 dB	76 dB	80 dB
- trzeciego rzędu	114 dB	104 dB	108 dB
Tłumienność niedopasowania	30 dB dla 4 MHz i 20 dB dla 60 MHz		
Moc szumów przemienników grup wtórnych	60 pW		
Prąd zdalnego zasilania	150 ± 3 mA		
Napięcie zdalnego zasilania	maksimum 1700 V		
Odległość między stacjami zdalnego zasilania	100 km		
Moc pobierana przez wzmacniak	21 V 150 mA		

4.2.3.2. Urządzenia traktu liniowego

a. Struktura i podstawowe dane

Uproszczony schemat blokowy traktu liniowego przedstawiony jest na rys. 21. W skład traktu liniowego wchodzi trzy typy urządzeń

wzmacniakowych: stacje wzmacniakowe końcowe, stacje wzmacniakowe przelotowe obsługiwane oraz podziemne stacje wzmacniakowe nieobsługiwane z termiczną regulacją wzmocności /T-AGC/. Urządzenia traktu liniowego umożliwiają transmisję zarówno sygnałów telefonicznych, jak też sygnałów telewizyjnych i wideofonii.

Długość odcinka wzmacniakowego, jak już wspomniano, wynosi $1,5 \pm 0,1$ km, natomiast odległość między stacjami wzmacniakowymi obsługiwanyymi może wynosić maksymalnie 100 km. Znamionowa wzmocność wzmacniaków przelotowych przy częstotliwości 61,160 MHz jest równa 29,4 dB, a zakładane odchyłki charakterystyki wzmocnienia /zniekształcenia liniowe/ wzmacniaków $\pm 0,05$ dB, natomiast nachylenie preemfazy wynosi 12 dB.

b. Wzmacniacze liniowe

We wszystkich wzmacniakach zostały zastosowane trzystopniowe wzmacniacze z mieszanym ujemnym sprzężeniem zwrotnym. Układy takie mają szereg zalet, takich jak: wysoka sprawność energetyczna, małe szумы termiczne, stabilność i dobre dopasowanie oporowe do toru. Ponadto dla zapewnienia tak szerokiego pasma przeniesienia i spełnienia jednocześnie zaostrzonych wymagań na zniekształcenia nielinearne, wzmacniacze zbudowane są na nowo opracowanych krzemowych tranzystorach epitaksjalno-planarnych, które charakteryzują się małymi zniekształceniami, wysoką częstotliwością graniczną oraz dużą niezawodnością /wskaźnik intensywności uszkodzeń nie większy od $30 \cdot 10^{-9}$ /. Wyskok fazy powodowany indukcyjnością pasożytniczą w emiterze został ograniczony dzięki zastosowaniu specjalnych kondensatorów blokujących o bardzo dużej przenikalności dielektrycznej i doskonałych właściwościach

w szerokim pasmie częstotliwości. Wszystkie elementy zostały podane ostrym próbom, ze szczególnym naciskiem na badania niezawodności.

Maksymalny poziom mocy użytecznej wynosi 20 dB, a nachylenie charakterystyki pętli sprzężenia zwrotnego we wzmacniaczach 10 dB.

c. Szумы i zniekształcenia nieliniarne

Zgodnie z zaleceniami CCITT średnia psofometryczna wartość szumów całkowitych traktu liniowego jest mniejsza niż 3 pW/km w odniesieniu do punktu o poziomie względnym zero. Na rys. 22 podano planowany rozkład mocy szumów całkowitych na poszczególne składowe oraz ich charakterystyki częstotliwościowe. Charakterystyki te przedstawiają średnie wartości psofometryczne szumów /odniesione do względnego poziomu zerowego/ przypadających na 1 km przy założeniu, że:

- szумы termiczne i szумы wywołane zniekształceniami nieliniarnymi drugiego rzędu dodają się mocowo wzdłuż linii na 280 kilometrowym odcinku jednorodnym hipotetycznego łącza odniesienia, a szумы wywołane zniekształceniami nieliniarnymi trzeciego rzędu dodają się napięciowo,
- tłumienność zniekształceń nieliniarnych wzmacniacza wynosi odpowiednio dla zniekształceń drugiego rzędu 80 dB, a dla zniekształceń trzeciego rzędu 108 dB /w obydwu przypadkach wartości średnie/,
- współczynnik szumów termicznych równy jest 5 dB.

Jak widać z przebiegu charakterystyk podanych na rys. 22, szumy termiczne rosną wraz ze wzrostem częstotliwości. Zjawisko to można łatwo wytłumaczyć. Krzywa daje informacje o szumach wzmacniacza, o wpływie układu wyróżniającego większe częstotliwości /preemfazy/ i o tłumieniu kabla. Szumy wprowadzane przez zakłócenia nieliniarne są znacznie mniejsze od szumów termicznych, a szczególnie przy wyższych częstotliwościach. Szumy całkowite będące sumą szumów termicznych i szumów wynikłych ze zniekształceń nieliniarnych są stosunkowo równomiernie rozłożone i mniejsze niż $1,7 \text{ pW/km}$ w całym pasmie częstotliwości, co daje około $2,5 \text{ dB}$ zapasu w porównaniu z wartością 3 pW/km i świadczy o przyjęciu prawidłowej preemfazy.

d. Automatyczna regulacja poziomu

W celu kompensacji wahań tłumienności toru spowodowanych zmianami temperatury stosowana jest na każdej wzmacniakowej stacji nieobsługiwanej samoczynna regulacja termiczna /T-AGC/ o zakresie regulacji $\pm 0,7 \text{ dB}$, co odpowiada zmianom temperatury $\pm 13,5^\circ\text{C}$ w stosunku do wartości znamionowej $+15^\circ\text{C}$.

Resztkowe niedokładności termicznej regulacji wzmocnienia oraz wahania poziomu spowodowane innymi czynnikami /jak np. starzeniem elementów/ kompensowane są za pomocą automatycznej regulacji poziomu prądem pilotowym o częstotliwości $61,160 \text{ MHz}$, przy czym regulacją tą, w przeciwieństwie do innych systemów, objęte są wszystkie stacje nieobsługiwane.

Biorąc pod uwagę możliwość powstawania znacznych wahań poziomu wskutek sumowania się niedokładności na poszczególnych nieob-

służących stacjach wzmacniakowych, zastosowano nową metodę "wspólnej" automatycznej regulacji wzmocności wszystkich stacji nieobsługiwanych przy użyciu prądu pilotowego 61,160 MHz odbieranego na stacji obsługiwanej.

Ta nowa metoda polega na tym, że umieszczony w układzie sprzężenia zwrotnego każdego wzmacniaka nieobsługiwanego termistor o bezpośrednim grzaniu sterowany jest prądem, którego wartość zależy od wartości poziomu pilota odbieranego na stacji obsługiwanej /końcowej lub przelotowej/. Prąd ten przesyłany jest z układu automatycznej regulacji, znajdującego się na stacji obsługiwanej, oddzielną parą do wszystkich stacji nieobsługiwanych, które znajdują się między dwoma sąsiednimi stacjami obsługiwanyymi. Zmiany poziomu pilota na stacji obsługiwanej wywołują zmiany przesyłanego oddzielną parą prądu sterującego termistory w poszczególnych wzmacniakach nieobsługiwanych, powodując zmiany wzmocnienia tych wzmacniaków równomiernie rozłożone na każdy wzmacniak, przy czym zakres tej regulacji przypadającej na jeden wzmacniak wynosi $\pm 0,3$ dB dla 61,160 MHz.

Tak więc uwzględniając regulację termiczną i wspólną automatyczną regulację za pomocą pilota /61,160 MHz/, pełny zakres regulacji automatycznej na każdej nieobsługiwanej stacji wzmacniakowej wynosi ± 1 dB dla częstotliwości 61,160 MHz. Taka metoda automatycznej regulacji poziomu zapewnia dobre wyniki pod względem niezawodności i utrzymania, przy jednoczesnym zwiększeniu odstepu od szumów.

Poza wyżej wymienioną "wspólną" ARP /G-AGC/ za pomocą pilota o częstotliwości 61,160 kHz, której charakterystyka regulacji w funkcji częstotliwości ma nachylenie proporcjonalne do \sqrt{f} ,

stosowana jest na stacjach obsługiwanych automatyczna regulacja korekcji nachylenia charakterystyki wzmocnienia za pomocą prądów pilotowych o częstotliwościach 4,287 MHz, 22,372 MHz i 40,920 MHz.

e. Korekcja zniekształceń fazowych

Z uwagi na to, że system C-60 M przewidziany jest również do przesyłania sygnałów telewizji i wideofonii konieczna jest w trakcie liniowym kompensacja zniekształceń fazowych /opóźnienia grupowego/. Korektory fazowe instalowane są we wzmacniakach końcowych lub wzmacniakach przelotowych stacji obsługiwanych. Korektory te umożliwiają przeprowadzenie korekcji opóźności grupowej z dokładnością 8 ns na 100-kilometrowym odcinku między obsługiwanymi stacjami wzmacniakowymi.

Opóźnienie grupowe występuje głównie na skrajach pasma transmisyjnego. Przy dolnych częstotliwościach pasma jest ono spowodowane przede wszystkim przez zwrotnicę zdalnego zasilania, natomiast przy górnych częstotliwościach pasma spowodowane jest opadaniem wzmocności wzmacniacza. Prócz tego, zniekształcenia opóźnieniowe powstają w całym pasmie wskutek niedopasowania odporowego wzmacniaków do toru. Efektem tego jest występowanie podwójnego obrazu przy odbiorze. Dlatego należy szczególną uwagę zwracać na tłumienność niedopasowania wejścia i wyjścia wzmacniaków, przy czym wartość tych tłumienności powinna być większa niż 20 dB.

4.2.3.2. Zdalny nadzór nieobsługiwanych stacji wzmacniakowych. Lokalizacja uszkodzeń wzmacniaków podziemnych odbywa się w tym

systemie poprzez kontrolę prądów wysyłanych z generatorów lokalnych, umieszczonych w każdym wzmacniaku zdalnie kontrolowanym. Wykrywanie i lokalizacja uszkodzonego wzmacniaka odbywa się automatycznie na stacji końcowej lub obsługiwanej stacji przelotowej. W przypadku gdy wskutek uszkodzenia jednego ze wzmacniaków nieobsługiwanych poziom prądu kontrolnego ulegnie obniżeniu poza dopuszczalne granice, na najbliższej stacji obsługiwanej /końcowej lub przelotowej/ zostaje uruchomiony alarm i automatycznie określony numer zestroju, numer nieobsługiwanej stacji wzmacniakowej oraz odbierany poziom uszkodzonego wzmacniaka.

Częstotliwości prądów kontrolnych używane do zdalnej lokalizacji uszkodzeń leżą poniżej pasma liniowego - 90 takich częstotliwości rozmieszczonych jest w odstępach co 2 kHz w pasmie od 3,5 do 3,7 MHz. Generatory lokalne znajdujące się w poszczególnych nieobsługiwanych stacjach wzmacniakowych zasilane są zdalnie prądem stałym poprzez pomocnicze pary symetryczne.

Urządzenia do automatycznej lokalizacji uszkodzeń przewidziane są do kontroli obydwu kierunków transmisji dla 6 zestrojów maksymalnie.

4.2.3.3. Zdalne zasilanie. Znamionowy odcinek zdalnego zasilania wynosi 100 km - tyle samo co odległość między dwoma stacjami obsługiwany. Zdalne zasilanie odbywa się prądem stałym o wartości 150 mA, przesyłanym wewnętrznymi przewodami torów współosiowych.

W przypadku gdy odcinek zdalnego zasilania wynosi 50-100 km, stosuje się zasilanie zdalne z "obydwu końców", w przypadku zaś gdy długość odcinka zdalnego zasilania jest mniejsza niż 50 km, za-

silanie zdalne odbywa się "z jednego końca". Urządzenia nadawcze zdalnego zasilania składają się z czterech jednakowych paneli, każdy o napięciu 850 V /maksymalnie/, które są łączone szeregowo, dając w sumie napięcie 3400 V. Napięcie takie jest potrzebne przy dwukierunkowym zasilaniu i maksymalnej długości odcinka zdalnego zasilania. W przypadku zasilania zdalnego tylko w jednym kierunku napięcie wynosi maksymalnie 1700 V. Spadek napięcia na poszczególnych wzmacniakach zdalnie zasilanych jest równy 21 ± 2 V.

Punkt "zerowy" połączonych szeregowo nadajników zdalnego zasilania jest uziemiony poprzez dużą oporność /250 k Ω / w celu ochrony przed porażeniem obsługi podczas awarii na linii. Urządzenia nadawcze zdalnego zasilania znajdują się na każdej obsługiwanej stacji wzmacniakowej.

4.2.3.4. Urządzenia przemiany grup czwórných /PGCz/. Urządzenia te zgrupowane są na dwóch stojakach, przy czym jeden z nich zawiera przemienniki GCz /modemy/, drugi zaś filtry pasmowe G.Cz.

Podstawowe cechy tych urządzeń można ująć w trzech punktach:

- 1/ urządzenia są wspólne dla przemiany sygnałów telefonicznych, jak też dla sygnałów TV i wideofonii, dzięki zastosowaniu filtrów zespolonych,
- 2/ niskie szумы dzięki zastosowaniu modulatorów - demodulatorów tranzystorowych o tranzystorach krzemowych,
- 3/ wysoki stopień miniaturyzacji urządzeń.

Przezienniki tego systemu umożliwiają przemianę i rozmieszczenie w pasmie liniowym 12 grup czwórných /po 900 kanałóv telefonicznych/ albo 6 kanałóv TV, bądź też 6 pięciokanałóvych grup wideofonii. Przemiana kanałóv telewizyjnyh jak też 5-kanałóvych grup wideofonii odbywa się przy użyciu tych samych częstotliwości nośnych, które są stosowane do przemiany grup czwórných /czwartej, szóstej, ósmej, dziesiątej i dwunastej/. Pasma zajmowane zarówno przez jeden kanał telewizyjny, jak też przez jedną pięciokanałóvą grupę wideofonii leży wewnątrz pasma zajmowanego przez dwie sąsiednie grupy czwórne. Pozwala to na stosowanie tych samych zespołóvych filtróv przy transmisji wszystkich trzech rodzajóv sygnałóv, co jest dużą zaletą tego systemu. Filtry dla kierunku nadawania i odbioru /umieszczone w stojaku filtróv/ mają taką samą charakterystykę.

Istotną cechą tego systemu jest możliwość bezpośredniego transferu z pasma liniowego, co wyróżnia ten system spośród innych konwencjonalnych systemóv nośnych.

W stojaku filtróv znajdują się filtry transferowe /FILD/ o pasmie 22,812-39,884 MHz, stosowane do wydzielania grup wtórnych 6, 7, 8 i 9 w przypadku transmisji telefonicznej lub grup 3 i 4 w przypadku transmisji telewizyjnej. Ze względu na możliwość przesyłania sygnałóv TV filtry zawierają korektory fazowe. Tłumienność niepożądanych produktów modulacji w przypadku transmisji telewizyjnyh wynosi 100 dB, a w przypadku telefonicznych 80 dB. Moc szumóv przypadająca na jedną parę przeziennika GCz /łączenie dla kierunku nadawczego i odbiorczego/ jest mniejsza niż 60 pW.

4.2.4. System V 10800

4.2.4.1. Dane ogólne. Skonstruowany przez firmę Siemens system V 10800 dostosowany jest do pracy na torach współosiowych normalnowymiarowych o tłumienności 18,35 dB/km dla częstotliwości 61,160 MHz przy temperaturze 10°C.

Pasma liniowe zawarte jest w granicach 4,322-59,684 MHz lub 4,404-59,580 MHz. Rozkład widma w pasmie liniowym oraz plan modulacji jest zgodny z zaleceniami CCITT /zalecenie G 333 p.3/, przy czym przyjęto jako równorzędne obydwie plany modulacji. W obu wersjach wykorzystywane są do automatycznej regulacji poziomu trzy częstotliwości zalecane przez CCITT: jako pilot główny - częstotliwość 61,160 MHz oraz jako piloty pomocnicze - częstotliwości 4,287 i 22,327 MHz.

Długość odcinka wzmacniakowego wynosi 1,55 km, a znamionowa wzmocność wzmacniaka mierzona przy 60 MHz wynosi 28,7 dB.

System V 10800 spełnia z dużym zapasem zalecenia CCITT na szumy - średnia wartość psfometryczna szumów całkowitych wynosi 1,5 pW/km, co daje 3 dB zapasu w stosunku do zalecanej przez CCITT wartości 3 pW/km. Przyjęto, że maksymalny poziom mocy użytecznej powinien być ≥ 22 dB /w systemie C-60 M wynosi 20 dB/ przy uwzględnieniu zapasu 6 dB na wahania poziomu w linii. Nachylenie charakterystyki preemfazy wynosi 8 dB. Zdalne zasilanie odbywa się, podobnie jak w systemie C-60 M, prądem stałym w układzie szeregowym. Do zdalnej lokalizacji uszkodzeń używa się prądu stałego lub stosuje się metodę impulsową. Zestawienie danych technicznych systemu V 10800 podano w tabl. 12.

Prąd zdalnego zasilania	300 mA \pm 2%
Napięcie zdalnego zasilania	600 V
Maksymalna odległość między stacjami zdalnego zasilania	130 km

4.2.4.2. Struktura traktu liniowego oraz system automatycznej regulacji poziomu i korekcji. W skład traktu liniowego wchodzi 5 następujących rodzajów stacji wzmacniakowych:

- 1/ końcowa stacja wzmacniakowa /SWK/ ,
- 2/ przelotowa zasilająca stacja wzmacniakowa obsługiwana /SWO/ z automatyczną korekcją charakterystyki wzmocności /3-częstotliwościową regulacją poziom/,
- 3/ nieobsługiwana stacja wzmacniakowa z automatyczną korekcją /SWN-K/ ,
- 4/ nieobsługiwana stacja wzmacniakowa z automatyczną regulacją poziomu za pomocą pilota głównego /SWNP/ ,
- 5/ nieobsługiwana stacja wzmacniakowa z samoczynną termiczną regulacją wzmocności /SWN-T/ .

Trzy ostatnie rodzaje stacji wzmacniakowych umieszczone są pod ziemią i zasilane zdalnie ze stacji obsługiwanej przelotowej lub końcowej. Wszystkie zdalnie zasilane, nieobsługiwane stacje wzmacniakowe mają samoczynną regulację termiczną. Zakres tej regulacji wynosi \pm 1,5 dB.

Stacje wzmacniakowe obsługiwane zarówno końcowe /SWK/ jak i przelotowe /SWO/ , a także nieobsługiwane stacje wzmacniakowe

z automatyczną korekcją /SWN-K/ wyposażone są w układy automatycznej regulacji poziomu za pomocą prądu pilotowego o częstotliwości 61,160 MHz oraz w układy automatycznej korekcji za pomocą prądów pilotowych 4,287 i 22,327 MHz. Zawierają one również korektory błędów systematycznych zsumowanych z 25 odcinków wzmacniakowych. Wyposażenie stacji wzmacniakowych z regulacją termiczną /SWN-T/ i z regulacją automatyczną za pomocą pilota jest prawie identyczne, różnica między nimi polega tylko na tym, że ta druga wyposażona jest w dodatkowy zespół ARP.

Rozmieszczenie stacji wzmacniakowych w trakcie liniowym pokazane jest na rys. 23.

Długość odcinka wzmacniakowego, jak już wspomniano, wynosi 1,55 km. Stacje wzmacniakowe obsługiwane /SWO/ rozmieszczone są w odstępach wynoszących maksymalnie 130 km. Na odcinku między dwoma sąsiednimi stacjami obsługiwanymi znajdują się dwie stacje nieobsługiwane z automatyczną korekcją /SWN-K/, a na odcinku między dwoma SWN-K znajduje się jedna stacja nieobsługiwana z automatyczną regulacją pilota /SWN-P/ oraz około 26 stacji z regulacją termiczną /SWN-T/. Tak więc automatyczna regulacja poziomu za pomocą pilota głównego jest na co trzynastej stacji wzmacniakowej, a automatyczna korekcja przeprowadzana jest na stacjach rozmieszczonych w odstępach co 25-30 odcinków wzmacniakowych.

Zakres automatycznej regulacji poziomu wynosi ± 3 dB, a dokładność kompensacji zmian poziomu wyjściowego nie przekracza wartości 0,1 dB. Czas działania ARP wynosi około 4 sekund.

Dla wyrównania długości odcinków wzmacniakowych toru do wartości bliskiej znamionowej wzmacniaki wyposażane są w miarę po-

trzeby podczas instalowania na linii/ w wydłużniki odpowiadające długościom toru: 75, 150 lub 225 m.

4.2.4.3. Wzmacniacze liniowe. We wszystkich rodzajach wzmacniaków zastosowano ten sam typ 3-stopniowego wzmacniacza liniowego z całkowitym ujemnym sprzężeniem zwrotnym, o wzmocnieniu znamionowym 28,7 dB przy częstotliwości 61,160 MHz. Maksymalny poziom mocy użytecznej jest większy od 22 dB.

Tłumienność zniekształceń nieliniarnych drugiego rzędu wynosi 90 dB dla $f = 4$ MHz i 79 dB dla $f = 60$ MHz, a zniekształcenia trzeciego rzędu 118 dB dla 4 MHz i 113 dB dla 60 MHz. Wartości te odnoszą się do punktu o poziomie względnym zero.

Do budowy wzmacniaczy użyto tranzystorów, charakteryzujących się małym współczynnikiem szumów - rzędu $2 + 3$ dB, dużą tłumiennością zniekształceń nieliniarnych, wynoszącą przy częstotliwości 1,5 GHz odpowiednio: dla drugiej harmonicznej 55 dB i dla trzeciej harmonicznej 86 dB /w punkcie o poziomie względnym zero/. Długoterminowe badania wzmacniaczy /2 tysiące godzin/ wykazały dużą stałość ich parametrów w czasie.

4.2.4.4. Zdalna lokalizacja uszkodzeń. W systemie V 10800 do zdalnej lokalizacji uszkodzeń stosowana jest metoda impulsowa oraz metoda prądu stałego.

W stacji wzmacniakowej końcowej lub obsługiwanej przelotowej znajduje się urządzenie nadawczo-odbiorcze impulsów zdalnej kontroli, natomiast na nieobsługiwanych stacjach wzmacniakowych znajdują się filtry zdalnej kontroli. Z urządzenia nadawczego zdalnej kontroli wysyłany jest w tor sygnał, składający się z szeregu

impulsów o widmie $4 \text{ MHz} \pm 100 \text{ kHz}$. Sygnały impulsowe przedostają się poprzez filtry środkowoprzepustowe zdalnej kontroli, znajdujące się na poszczególnych SWN, do przeciwnego kierunku przenoszenia. Wracając do stacji obsługiwanej pojawiają się one na ekranie oscylografu urządzenia zdalnej kontroli. Impulsy kontrolne są wystarczająco krótkie, a poza tym uzyskują różne opóźnienia odpowiednio do długości linii, wobec czego można wyraźnie odróżnić impulsy powracające z różnych stacji wzmacniakowych nieobsługiwanych. Zmiana kształtu lub brak jakiegoś impulsu daje informację o miejscu i rodzaju uszkodzenia. Zaletą tej metody jest to, że wszystkie filtry kontrolne we wzmacniakach nieobsługiwanych są identyczne.

Druga metoda jest stosowana w przypadku przerwania pętli zdalnego zasilania. Polega ona na tym, że przy zaistnieniu przerwy odłącza się urządzenie nadawcze zdalnego zasilania, a na ich miejsce dołącza się urządzenie pomiarowe, wytwarzające napięcie o przeciwnej biegunowości niż napięcie zdalnego zasilania. Następuje przez to spolaryzowanie w kierunku przepustowym diod we wzmacniakach zdalnie zasilanych. W każdym wzmacniaku nieobsługiwany między obie gałęzie zdalnego zasilania włączony jest opornik $1 \text{ k}\Omega$ w szereg z dwiema diodami. Wykonując pomiar oporu wypadkowego pętli zdalnego zasilania, można łatwo wyliczyć liczbę wzmacniaków włączonych do pętli i w ten sposób określić miejsce uszkodzenia.

Należy zauważyć, że obie te metody stosuje wiele firm w różnych systemach. Odcinek zdalnej kontroli w systemie V 10800 może wynosić do 340 km.

4.2.4.5. Zdalne zasilanie. Zdalne zasilanie odbywa się ze stacji SWK i SWO prądem stałym w układzie szeregowym. Prąd zdalnego zasilania, przesyłany wewnętrznym przewodem toru wspólnego, jest równy $300 \text{ mA} \pm 2\%$, a napięcie zdalnego zasilania jednego kierunku wzmacniaków nieobsługiwanych nie przekracza 600 V . Maksymalna długość pętli zdalnego zasilania wynosi 130 km .

Wzmacniacze liniowe w stacjach nieobsługiwanych SWN-T zasilane są napięciem 20 V , natomiast na stacjach obsługiwanych /końcowych i przelotowych/ do zasilania obwodów czynnych stosuje się napięcie 24 V . Takie samo napięcie jest również potrzebne do zasilania wzmacniaków z automatyczną korekcją na stacjach nieobsługiwanych /SWN-K/, ponieważ rozwiązanie układowe tych wzmacniaków jest analogiczne jak w SWO. Dlatego też SWN-K wyposażone są w przetwornice zasilane prądem z obydwu kierunków jednocześnie.

Schemat zdalnego zasilania pokazany jest na rys. 24.

4.2.4.6. Wyniki badań systemu na linii doświadczalnej. Schemat blokowy linii doświadczalnej przedstawiony jest na rys. 25. Linia doświadczalna składała się z 13 odcinków wzmacniakowych. Do budowy linii użyty był 4-parowy kabel normalnowymiarowy. Tłumienność toru odcinka wzmacniakowego o znamionowej długości wynosiła $28,5 \text{ dB}$ dla $61,160 \text{ MHz}$ przy temperaturze 10°C .

Wyniki pomiarów poszczególnych parametrów transmisyjnych linii doświadczalnej podane są niżej.

a. Zniekształcenia liniowe i stałość poziomu

Po przeprowadzeniu korekcji traktu liniowego zniekształcenia liniowe nie przekraczały $\pm 0,1$ dB. Wartość ta była zachowana w ciągu trzymiesięcznych badań. W okresie 6 tygodni nie stwierdzono żadnych zmian charakterystyki przenoszenia traktu liniowego. Przed przeprowadzeniem korekcji odchyłki poziomu od wartości znamionowej nie przekraczały ± 1 dB dla całej linii, przy czym odchyłki przypadające na 1 odcinek wzmacniakowy wynosiły średnio $\pm 0,04$ dB.

b. Szumy

Wyniki pomiarów szumów przedstawiono graficznie na rys. 26. Podane na tym rysunku wykresy przedstawiają psfometryczną moc szumów całkowitych, przypadających na 1 km /w odniesieniu do punktu o poziomie względnym 0/, w zależności od zmian względnego poziomu nadawania, przy czym $p = 0$ oznacza znamionowy poziom nadawania równy -18 dBr dla $61,160$ MHz. W czasie pomiaru system był obciążony zgodnie z zaleceniami CCITT szumem białym $/32 \mu\text{W}$ na kanał w punkcie o zerowym poziomie względnym/. Pomiar wykonano w trzech kanałach pomiarowych. Jak widać z wykresów, moc szumów całkowitych nawet w najgorszym kanale nie przekracza wartości $1,5 \text{ pW/km}$ przy znamionowym poziomie nadawania, co w porównaniu z zalecaną przez CCITT wartością 3 pW/km daje -5 dB i $+3,4$ dB zapasu na zmiany poziomu. Moc szumów poniżej 1 pW/km występuje tylko w 10% wszystkich kanałów.

c. Przesłuchy

Tłumienność przesłuchowa spełnia wymaganie /100 dB/ z dużym zapasem. W całym niemal pasmie częstotliwości jest większa od 120 dB, a poniżej 40 MHz wartość tłumienności przesłuchowej jest niemierzalna.

d. Wpływ zmian w zasilaniu na wzmocność wzmacniaków

Zmiana prądu zdalnego zasilania o 5% powoduje w przypadku 12 wzmacniaków zmianę poziomu o 0,1 dB przy 60 MHz. Zmiana wzmocności jednego wzmacniaka przy zmianach prądu zasilania o 1% wynosi około 0,002 dB.

Wpływu obcych źródeł na prąd zasilający nie stwierdzono.

e. Tłumienność niedopasowania

Tłumienność niedopasowania urządzeń wzmacniakowych do toru jest tak duża w całym pasmie częstotliwości, że nawet nie sięga granic dopuszczalnych dla TV i wideofonii. Współczynnik N określony przez CCITT /zalecenie G332/ jest w całym pasmie większy niż 80 dB, a dla częstotliwości powyżej 15 MHz większy niż 100 dB /patrz rys. 27/.

4.2.4.7. Urządzenia przemiany grup czwórných. Typowymi dla systemu V 10800 urządzeniami przemiany grup czwórných są przemienniki 900/10800 /oparte o plan modulacji nr 1/ oraz przemienniki 15 x 60/10800 /oparte o plan modulacji nr 2/, produkowane przez firmę L.M. Ericsson.

a. Urządzenia przemiany GCz 900/10800

W skład jednego kompletu urządzeń przemiany grup czwórných 900/10800 wchodzą następujące urządzenia /por. rys. 28/:

- 3 przemienniki GCz, z których każdy umożliwia przemianę czterech podstawowych grup czwórných /o pasmie 8,516 - 12,388 MHz/ w blok 4 x 900-kanalowy, umieszczony w pasmie liniowym i odwrotnie,
- zespół rozgałęźny który umożliwia łączenie i rozgałęzianie trzech bloków 4 x 900-kanalowych, tworzących pasmo liniowe,
- centralny odbiornik pilota o częstotliwości 1552 kHz, sterujący układy automatycznej regulacji i kontroli poszczególnych grup czwórných.

W skład wyposażenia przemienników, prócz układów podstawowych, jakimi są modulatory, demodulatory, filtry dolnoprzepustowe i górnoprzepustowe, wchodzą układy służące do wytwarzania i kontroli częstotliwości nośnych, niezbędnych dla przemiany GCz /generatory lokalne/, oraz układy służące do regulacji i kontroli poziomu odbiorczego grup czwórných.

Częstotliwości nośne wytwarzane są w lokalnych układach generacyjnych z częstotliwości podstawowych 440 i 4400 kHz, a te z kolei wytwarzane są w centralnym stojaku generacyjnym z częstotliwości sterującej 2500 kHz, która jest generowana przez kwarcowy generator podstawowy. Stałość częstotliwości nośnych wynosi 10^{-8} . Lokalne generatory fal nośnych zawierają układy sygnalizujące obniżenie poziomu każdej fali nośnej. Alarm następuje, gdy poziom fali nośnej spadnie poniżej wartości znamionowej więcej niż o 2 + 3 dB.

Automatyczna regulacja i kontrola poziomu odbiorczego grup czwórných odbywa się w sposób następujący. Prąd pilotujący grupy czwórne o częstotliwości 11,096 MHz, po wydzieleniu i przemianie częstotliwością nośną 12,648 MHz zostaje podany jako prąd o częstotliwości 1,552 MHz na odbiornik pilota, który z kolei steruje układy automatycznej regulacji i sygnalizacji, znajdujące się w gałęziach odbiorczych poszczególnych przemienników GCz. Częstotliwość nośna 12,648 MHz wytwarzana jest z częstotliwości 124 kHz przez lokalny układ generacyjny umieszczony w odbiorniku pilota. Na stojaku przemienników GCz znajduje się jeden odbiornik pilota, przełączany automatycznie na poszczególne przemienniki. Zakres automatycznej regulacji poziomu wynosi ± 4 dB. Dopuszczalne zniekształcenia tłumieniowe na kierunku nadawczym i odbiorczym nie przekraczają $\pm 0,5$ dB w stosunku do wartości przy 11,096 MHz. Moc szumów całkowitych dla kierunku nadawczego i odbiorczego /łącznie/ przypadająca na jeden kanał nie przekracza wartości 50 pWOp.

b. Urządzenia przemiany GCz 15 x 60/10800

Urządzenia te umożliwiają przemianę 12 bloków 15 x 60 kanałowych o pasmie 312 ÷ 4028 kHz w widmo liniowe 4404-59580 kHz. W skład wyposażenia urządzeń wchodzi podobne układy funkcjonalne jak w przypadku przemienników 900/10800.

Podobnie jak w urządzeniach przemiany grup czwórných 900/10800, częstotliwości nośne wytwarzane są w lokalnych układach generujących z tych samych częstotliwości podstawowych. Również automatyczna regulacja poziomu odbywa się w sposób podobny, z

tą tylko różnicą, że nie ma tu dodatkowego układu do przemiany prądu pilotowego, gdyż prąd pilotowy bloków 15 x 60-kanalowych jest o częstotliwości 1552 kHz i może być bezpośrednio podawany na odbiornik pilota. Zakres automatycznej regulacji podobnie jak w poprzednim przypadku wynosi ± 4 dB. Zniekształcenia tłumieniowe nie przekraczają $\pm 1,0$ dB względem wartości przy 1552 kHz.

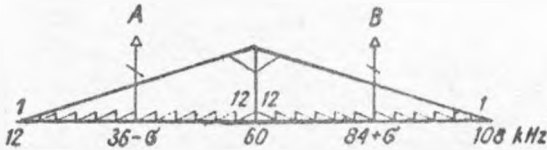
Moc szumów całkowitych przypadających na jeden kanał, w przypadku przemienników 15 x 60/10800, nie przekracza wartości 80 pWOp dla obydwu kierunków transmisji łącznie.

Pozostałość fali nośnej, mierzona na wyjściu gałęzi nadawczej nie przekracza -50 dBm0 dla obydwu rodzajów przemienników.

WYKAZ LITERATURY

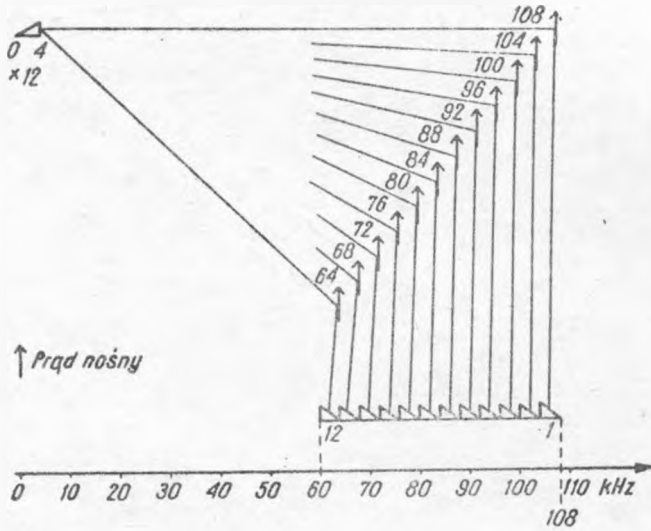
1. Marubayashi G., Sakurai I. i in.: CP-12MTr coaxial cable transmission system. Rev. Electr. Commun. Lab. 1968 t. 16 nr 11-12, s. 966-1024.
2. Koppehele F. E.: Design consideration on line equipment for 10800 voice channels. IEEE Trans. Commun. Technol. 1968 COM 16, nr 2, s. 321-328.
3. Pohlers H.: Entwicklung der leitungsgebundenen Übertragungstechnik in öffentlichen Nachrichtennetzen. Fernmeldetechnik 1971 t. 11 nr 8, s. 249-255.
4. P. Echarti: Supermastergroup translating equipment for 60 MHz carrier telephone systems. Ericsson Rev. 1971 t. 48 nr 3, s. 89-103.

5. Soulier H., Borou S., Comte A.: Liaisons'a 2700 voies sur paires coaxiales de 2,6/9,5 mm de 1,2/4,4 mm. Câbles et Transm. 1971 t. 25 nr 3, s. 275-306.
6. 10800 CH C-60M coaxial system - informacja w Teleclippings nr 130, 25.01.1971.
7. 60 MHz 10800 coaxial cable - informacja w NEC NEWS nr 52, 1971.
8. Koppehele F.E., Kuegler E.: The 60 MHz line on an experimental link - A report from the Central Communications Laboratories of the Siemens AG. Nachrichtentechnische Zeitschrift NTZ - Communications J. 1971 t. 24 nr 12, s. 601-640.
9. Haas W. i in.: Terminal equipment for broadband transmission systems. Electr. Commun. 1972 t. 47 nr 1, s. 15-25.
10. Zalecenia CCITT, White book, vol. III. Line transmission. Geneva 1969.

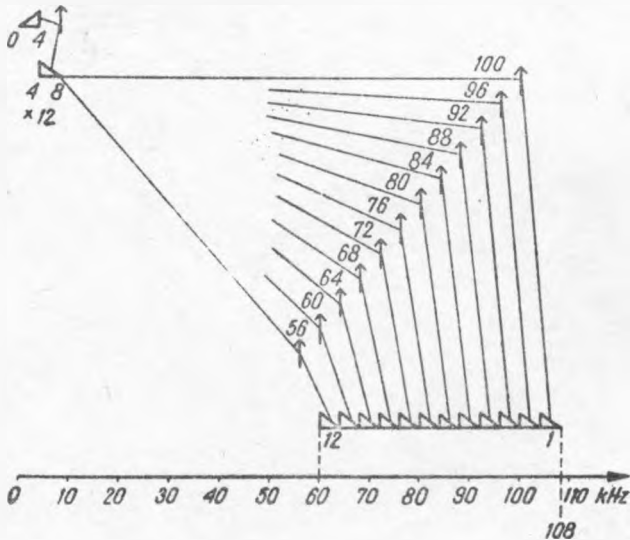


Rys. 1. Podstawowe grupy pierwotne: A i B

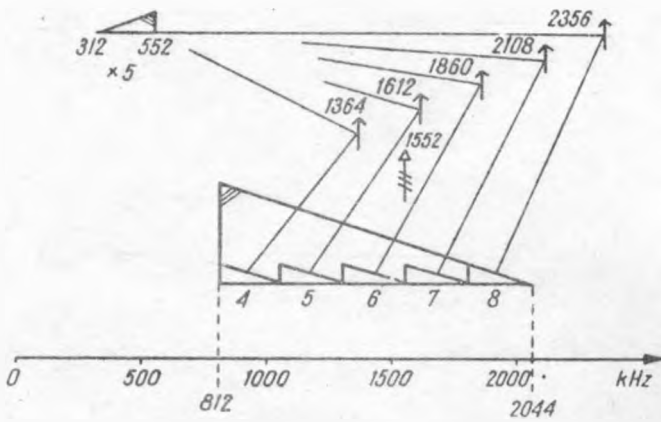
↑ prąd pilotowy grupy pierwotnej



Rys. Podstawowa grupa pierwotna B - modulacja jednostopniowa

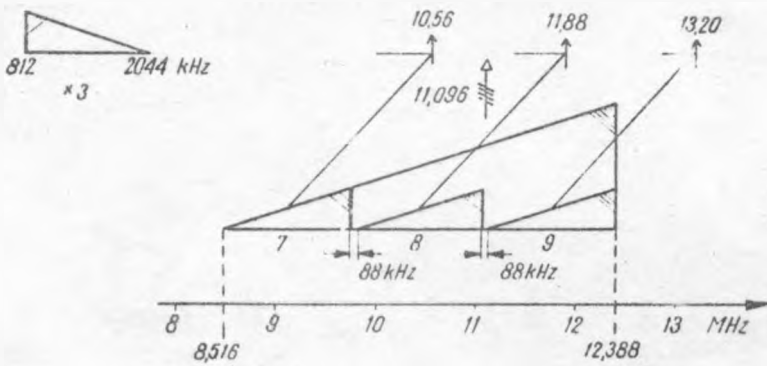


Rys. 3. Podstawowa grupa pierwotna B - modulacja wstępno-kanałowa



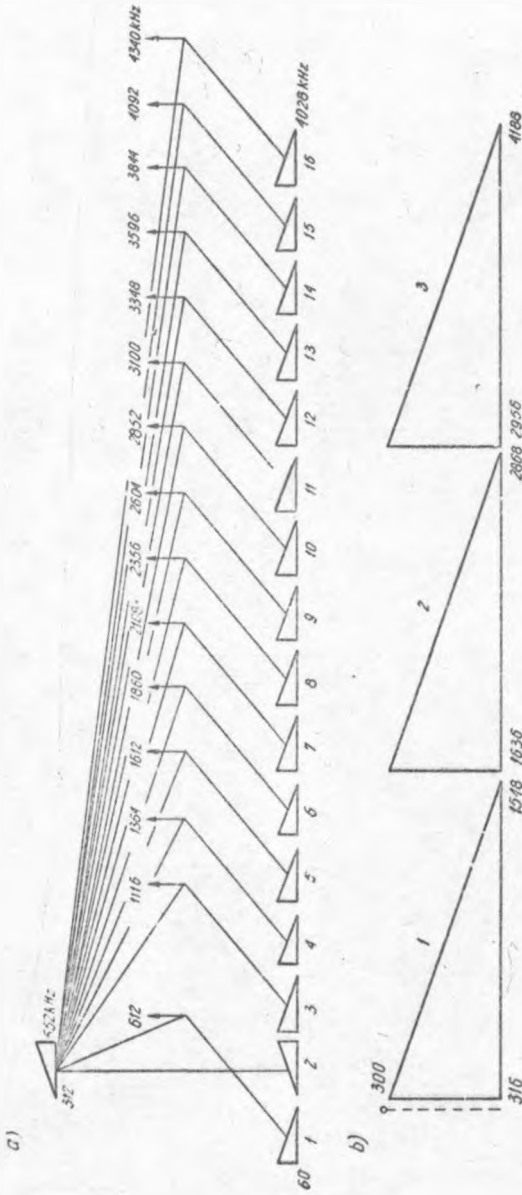
Rys. 6. Podstawowa grupa trójna

↑ prąd pilotowy grupy trójnej

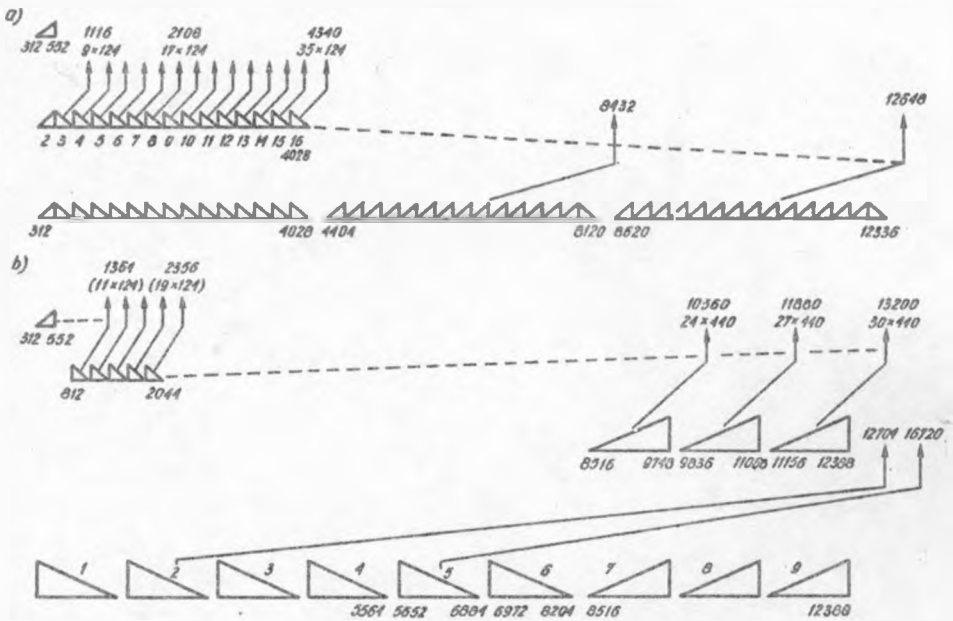


Rys. 7. Podstawowa grupa czwórna

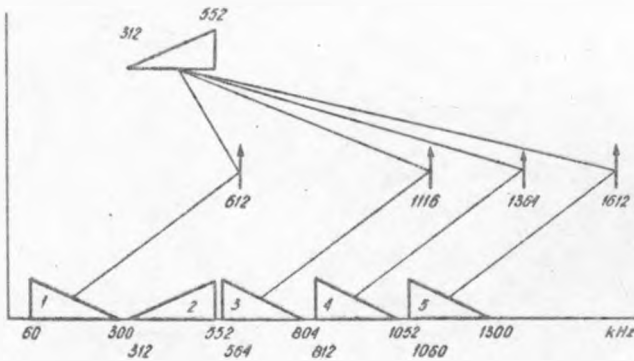
↑ prąd pilotowy grupy czwórnej



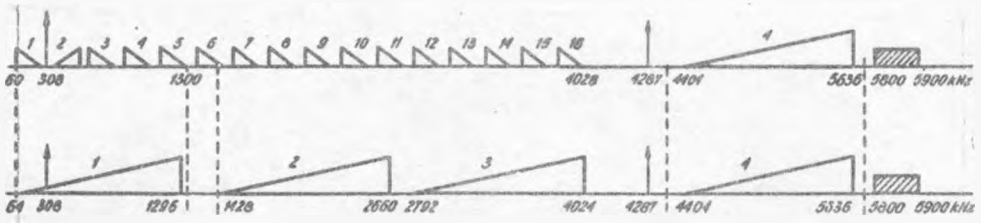
Rys. 8. Pasmo liniowe systemu TN 960: a/ wariant z grupami wtórnymi, b/ wariant z grupami trójnymi



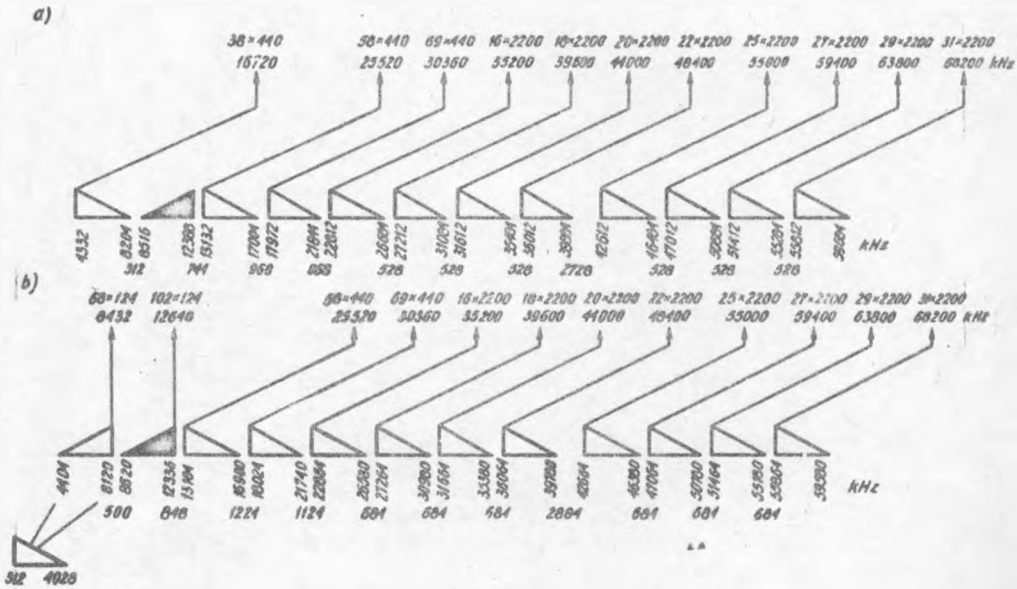
Rys. 9. Pasma liniowe systemu 2700-krotnego: a/ wariant z trzema blokami grup wtórnych, b/ wariant z grupami trójnymi



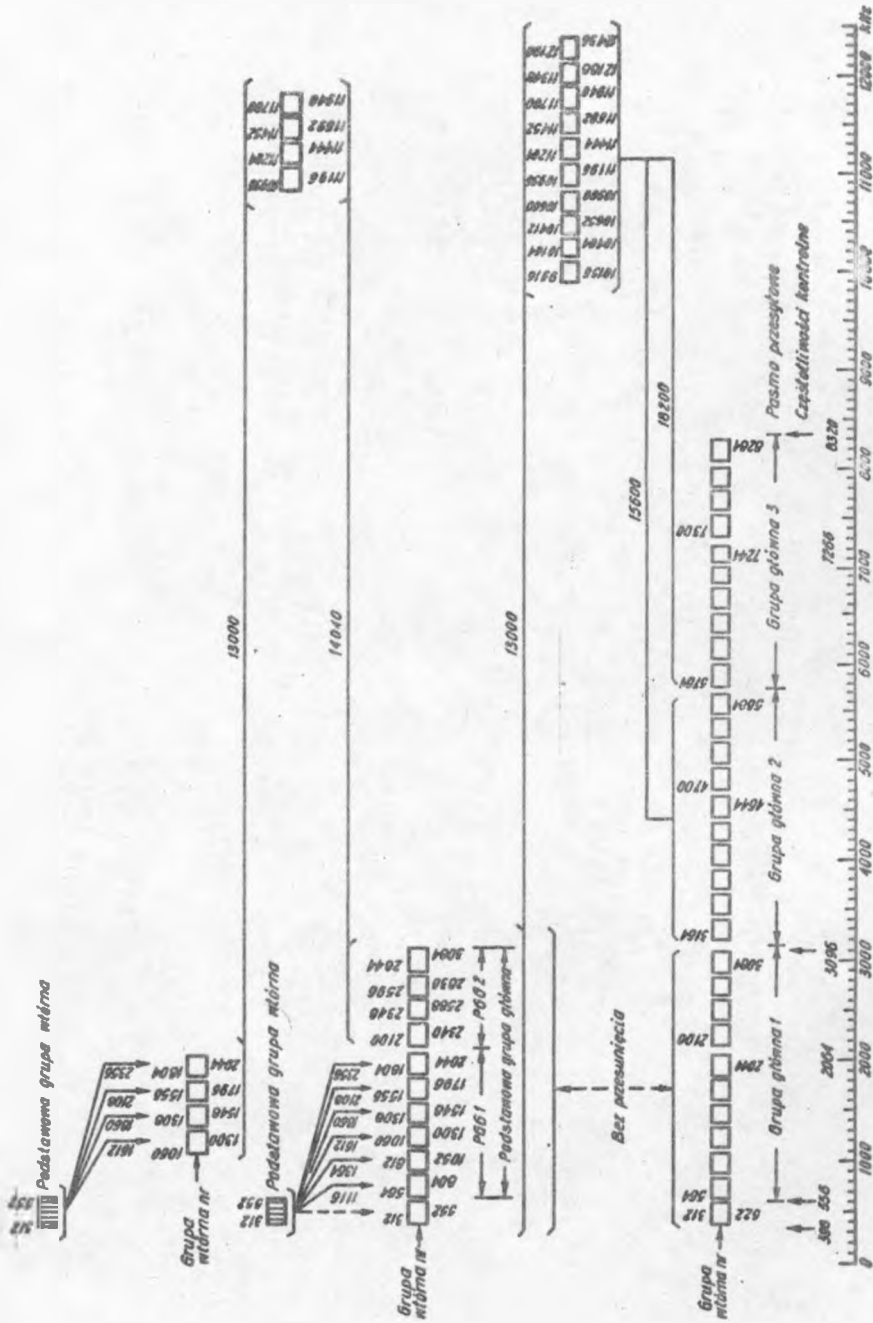
Rys. 10. Pasma liniowe systemu 300-krotnego



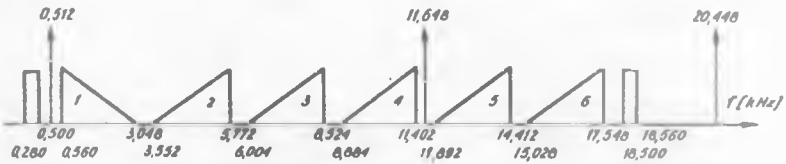
Rys. 11. Pasma liniowe systemu 1260-krotnego: a/ wariant I, b/ wariant z grupami trójjowymi



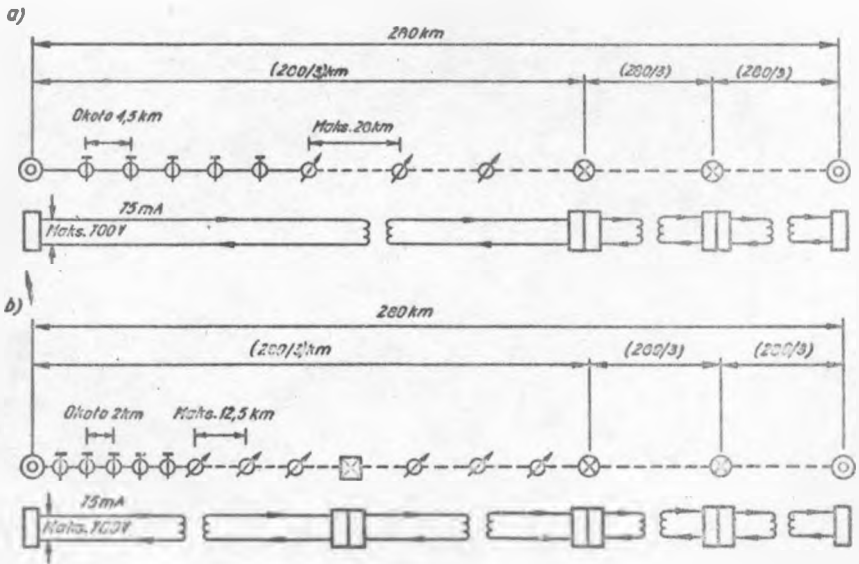
Rys. 12. Pasma liniowe systemu 1080-krotnego:
a/ wariant z grupami czwórnymi,
b/ wariant z blokami po 15 grup wtórnych



Rys. 13. Pasma liniowe systemu L3 /1860/



Rys. 14. Pasma liniowe systemu L4 / 3600/



Rys. 15. Uproszczony schemat odcinka traktu liniowego

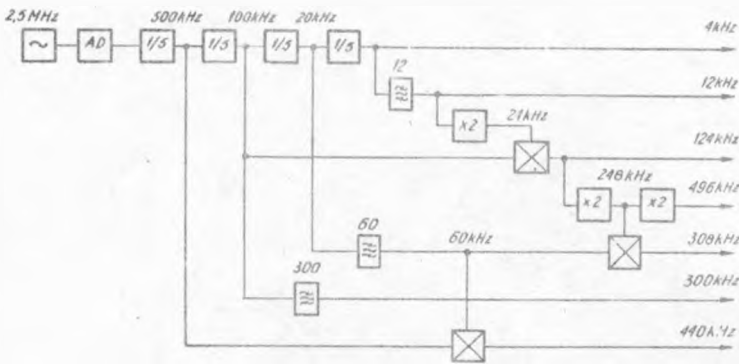
⊙ stacja wzmacniakowa
końcowa

⊗ obsługiwana
stacja wzmac-
niakowa

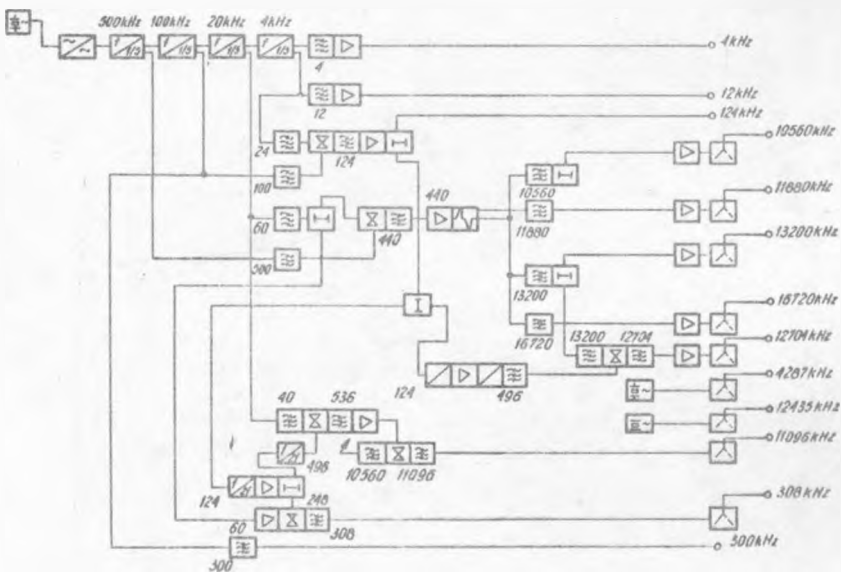
⊘ P-AGC ⊖ T-AGC

⊠ pośrednia stacja zdalnie
zasilająca

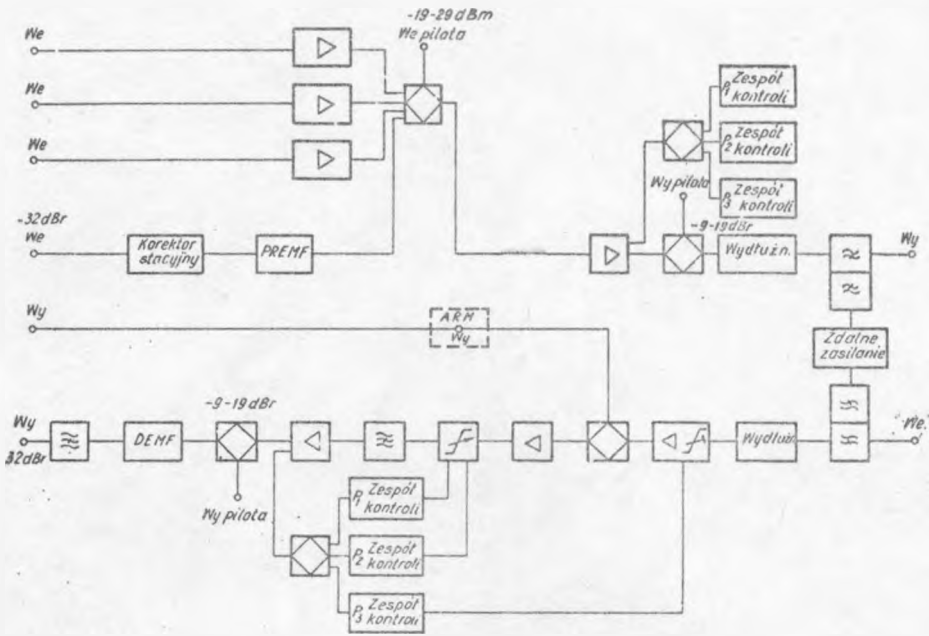
□ stacja zdalnie zasilająca



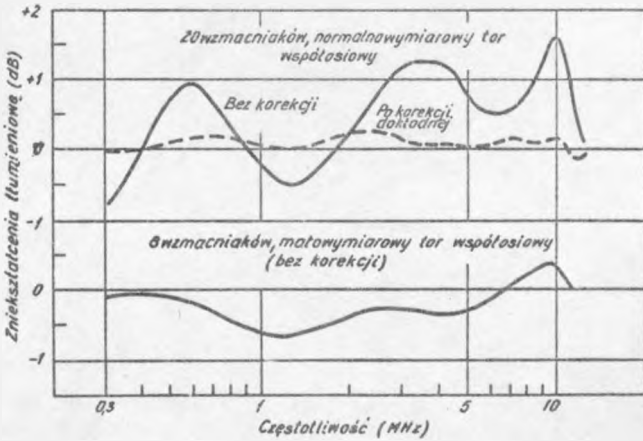
Rys. 16. Schemat blokowy wytwarzania prądów nośnych



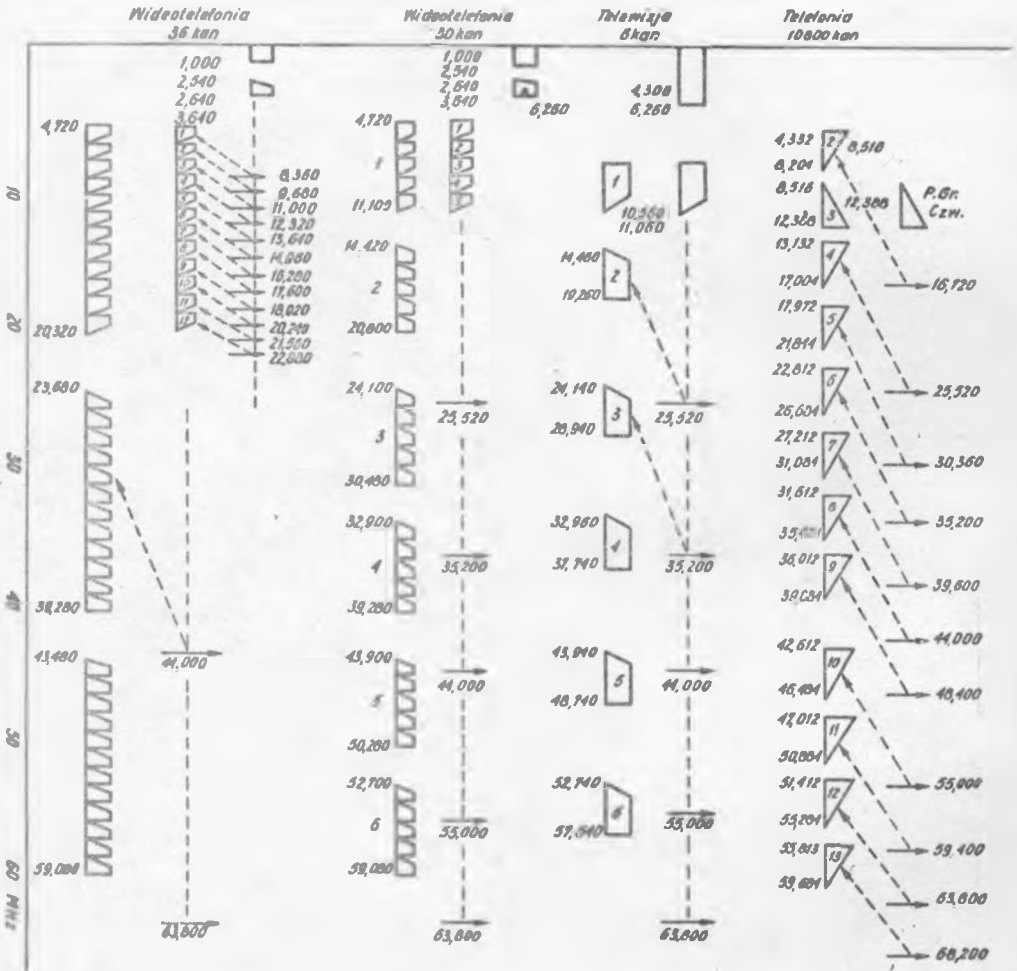
Rys. 17. Schemat blokowy urządzeń generacyjnych



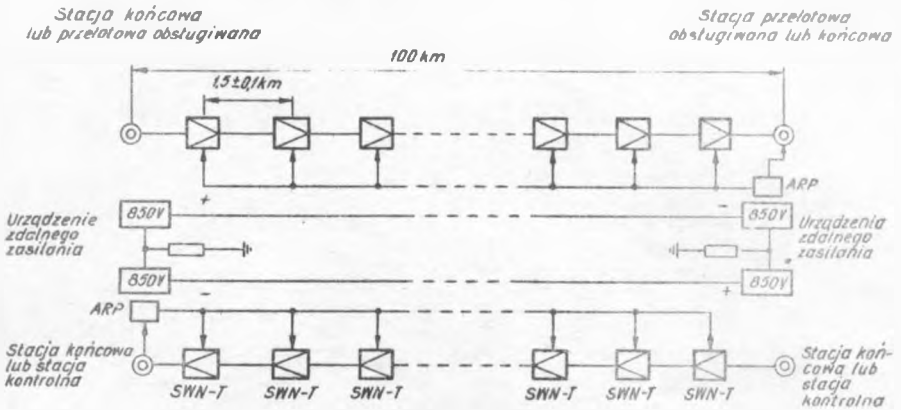
Rys. 18. Schemat blokowy końcowej stacji wzmacniakowej



Rys. 19. Charakterystyki przenoszenia traktu liniowego



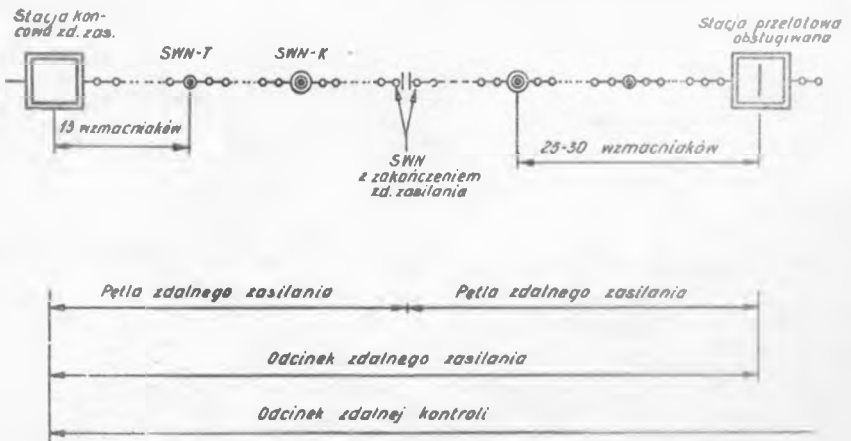
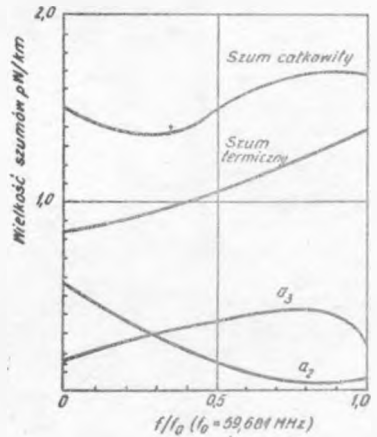
Rys. 20. Rozmieszczenie grup kanałów telefonicznych i wideofonicznych oraz kanałów telewizyjnych w pasmie liniowym systemu C-60 M



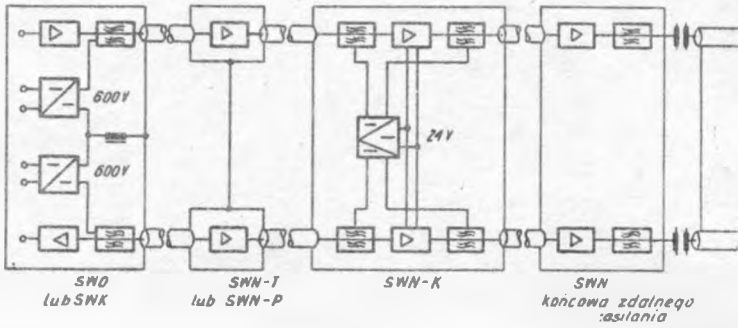
Rys. 21. Rozmieszczenie stacji wzmacniakowych w trakcie liniowym systemu C-60 M

a_2 - zniekształcenia drugiego rzędu.
 a_3 - zniekształcenia trzeciego rzędu.

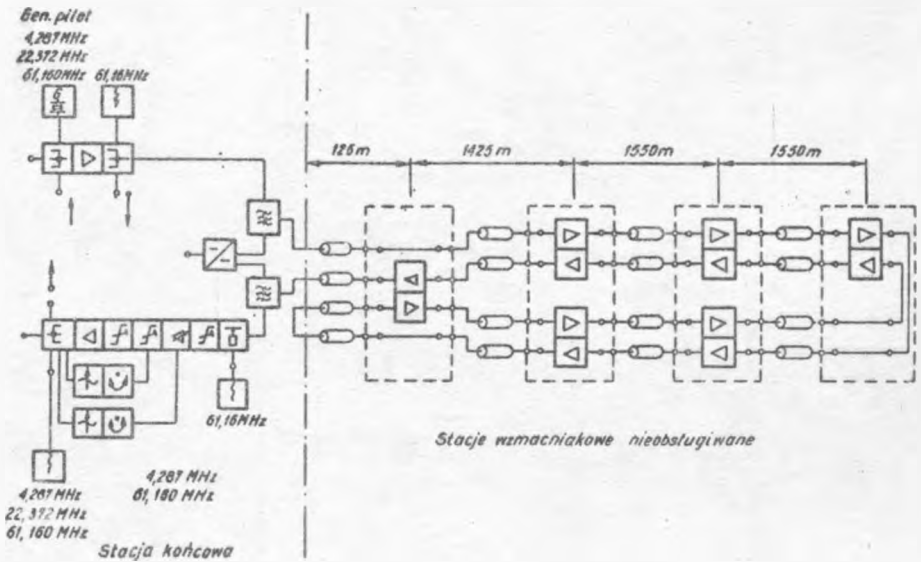
Rys. 22. Charakterystyki szumów traktu liniowego systemu C-60 M



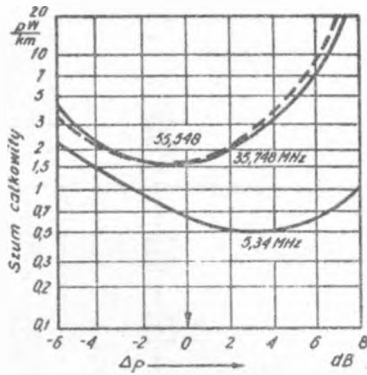
Rys. 23. Rozmieszczenie stacji wzmacniakowych w trakcie liniowym systemu V 10800



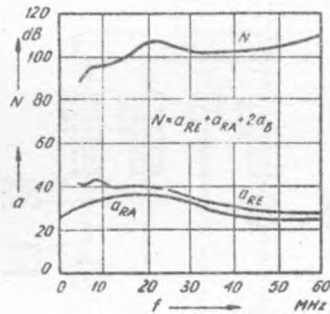
Rys. 24. Schemat zdalnego zasilania w systemie V 10800



Rys. 25. Rozmieszczenie urządzeń na linii doświadczalnej V 10800



Rys. 26. Charakterystyki szumów traktu liniowego systemu V 10800
 $\Delta p = 0$ odpowiada poziomowi wzgl. -18 dB na wyj. wzmacniaka
 przy $f = 61,16$ MHz /preemfaza 8 dB/.

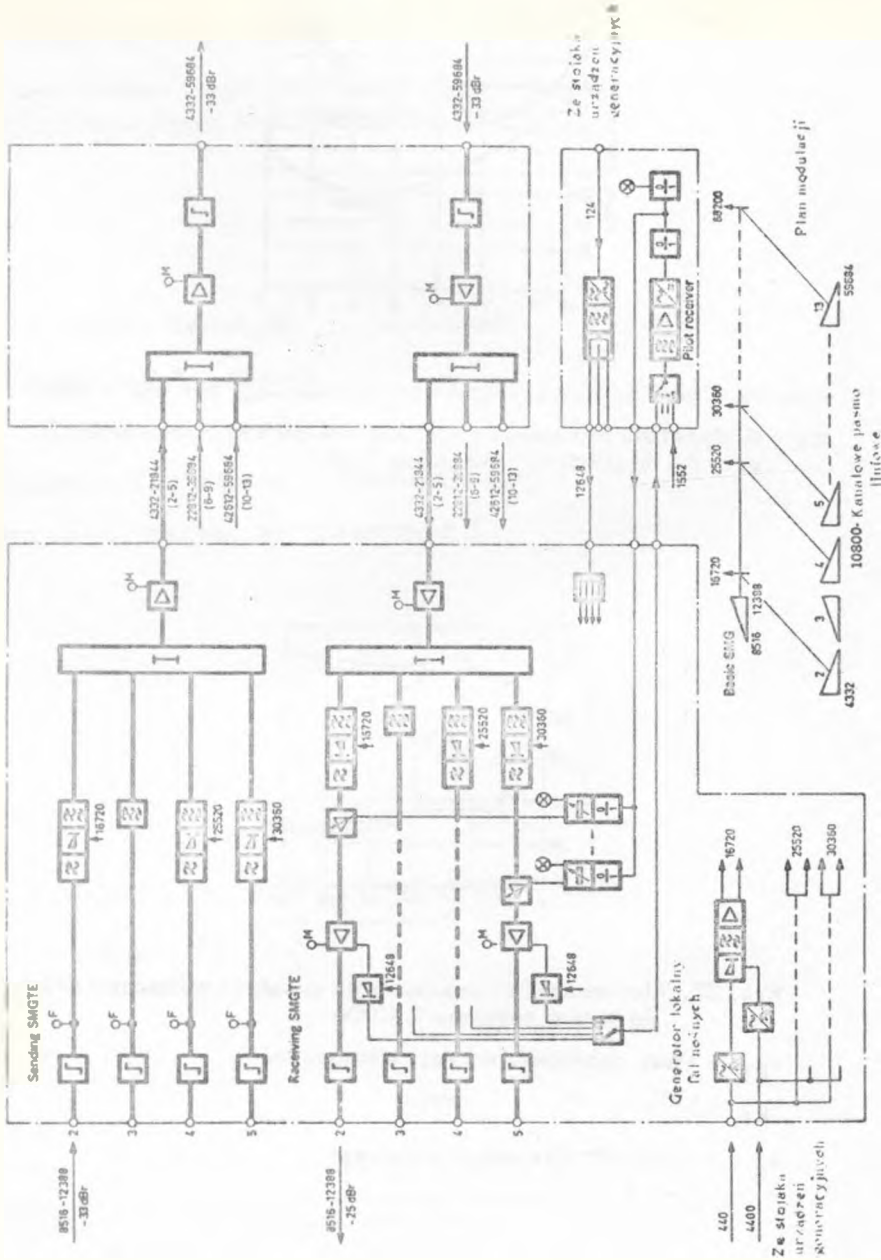


Rys. 27. Tłumienność niedopasowania urządzeń wzmacniakowych
 do toru w systemie V 10800

a_{RE} - Tłum. niedopas. na wej. wzmacniaka

a_{RA} - " " " wyj. "

a_B - " odcinka wzmacniakowego



Rys. 28. Schemat blokowy przemiennika grup czwórných 900/10800

