

MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

PRACE  
INSTYTUTU ŁĄCZNOŚCI

ROK XIII

ZESZYT 3(43)

WARSZAWA 1966

WYDAWNICTWA NAUKOWO-TECHNICZNE

## SPIS TREŚCI

*Zbigniew Bolszakow* — Koncepcja uniwersalnego telefonicznego systemu nośnego małego zasięgu dla sieci wewnątrzwojewódzkich i wewnątrzstrefowych

## СОДЕРЖАНИЕ

*З. Большаков* — Концепция универсальной системы вч телефонирования на короткие расстояния для внутриобластных и внутрирайонных сетей

## CONTENTS

*Z. Bolszakow* — The conception of a telephone carrier system for short-haul region and district circuits

## SOMMAIRE

*Z. Bolszakow* — Conception d'un système téléphonique à courants porteurs pour courtes distances pour les réseaux départementaux et régionaux

## INHALTSVERZEICHNIS

*Z. Bolszakow* — Die Auffassung eines universalen Trägerfrequenznahverkehrsystems für Kreis- und Bezirksnetze

MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

PRACE  
INSTYTUTU ŁĄCZNOŚCI

ROK XIII

ZESZYT 3(45)

WARSZAWA 1966

WYDAWNICTWA NAUKOWO-TECHNICZNE

Komitet Redakcyjny  
Redaktor Naczelny — *prof. mgr inż. Feliks Błocki*

Redaktorzy działów:  
*adj. inż. Aleksy Brodowski*  
*prof. mgr inż. Sylwester Jarkowski*  
*prof. mgr inż. Lesław Kędziński*  
Sekretarz Redakcji — *Maria Jabłonowska*

Adres Redakcji  
Instytut Łączności, Warszawa — Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

WSZELKIE PRAWA ZASTRZEŻONE  
*Printed in Poland*

Opracowano w Dziale Wydawniczym Instytutu Łączności

Redaktor techniczny *Tadeusz Wojdowski*

---

WNT Warszawa 1967. Wydanie 1. Nakład 585. Ark. wyd. 4,9. Ark. druk. 4,0 (5,32/A). Format B5.  
Papier sat. kl. V. 70 g 70×100/16. Oddano do składania 12. 12. 66. Podpisano do druku 10. 3. 67.  
Druk ukończono w marcu 1967. Symbol 80382/INB. Cena zł 18,—

---

Zakłady Graficzne im. Marcina Kasprzaka — Poznań — Zam. 2500/66 — A-3

ZBIGNIEW BOLSZAKOW

621.395.44-001.1

## KONCEPCJA UNIWERSALNEGO TELEFONICZNEGO SYSTEMU NOŚNEGO MAŁEGO ZASIĘGU DLA SIECI WEWNĄTRZWOJEWÓDZKICH I WEWNĄTRZSTREFOWYCH

Rękopis dostarczono do Komitetu Redakcyjnego dnia 12.IV.1966 r.

Przedmiotem artykułu jest telefoniczny system nośny małego zasięgu, przewidziany do zastosowania w sieciach wewnątrzwojewódzkich i wewnątrzstrefowych na liniach napowietrznych lub kablowych. Pokazane są ogólne zarysy metody projektowania systemu na bazie z góry zadanych parametrów eksploatacyjnych i podana koncepcja systemu, spełniającego te warunki. Przeprowadzona jest dyskusja projektowanych parametrów systemu ze szczególnym uwzględnieniem wymaganych odstępów zdaloprzesłuchowych przy założonych szumach od przesłuchów liniowych dla proponowanego usytuowania pasm liniowych systemu w czterech odrębnych wariantach.

### 1. WSTĘP

Definicje telefonicznych przewodowych systemów nośnych małego i bardzo małego zasięgu są rzeczą umowną. Można przyjąć, że systemem nośnym małego zasięgu nazywa się system, który jest ekonomicznie uzasadniony w zakresie długości linii od ok. 35 do ok. 150 km; natomiast systemem bardzo małego zasięgu określa się system ekonomicznie uzasadniony w zakresie długości linii od ok. 5 do ok. 35 km. Jak wynika z powyższych definicji, systemy nośne małego zasięgu znajdują przede wszystkim zastosowanie w sieciach wewnątrzwojewódzkich, podczas gdy systemy bardzo małego zasięgu znajdują zastosowanie w sieciach wewnątrzstrefowych i miejscowych.

Względy ekonomiczno-konstrukcyjne przesądząją fakt, że systemy nośne małego zasięgu są z reguły systemami częstotliwościowymi, podczas gdy systemy bardzo małego zasięgu są na ogół systemami czasowymi.

W pewnych warunkach opłaca się realizować jednak systemy nośne

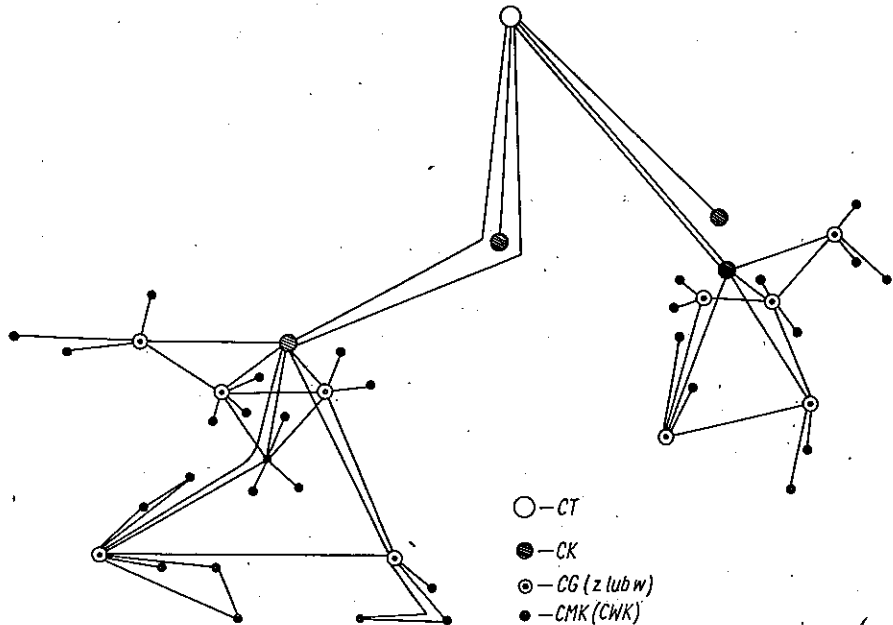
bardzo małego zasięgu jako systemy częstotliwościowe (jak np. amerykański system 81A przewidziany do pracy na istniejących miejscowych liniach kablowych [1]).

Celem artykułu jest omówienie jednej z koncepcji częstotliwościowego uniwersalnego systemu nośnego, którego stosowanie byłoby uzasadnione na małe zasięgi, a nawet w pewnych warunkach na bardzo małe zasięgi. Artykuł ma charakter problemowy i zwraca uwagę na metodykę projektowania uproszczonych systemów małego zasięgu.

## 2. ZAKRES ZASTOSOWANIA SYSTEMU W SIECIACH MAŁEGO ZASIĘGU

System nośny małego zasięgu powinien znaleźć zastosowanie przede wszystkim w sieciach wewnątrzwojewódzkich oraz w sieciach wewnątrzstrefowych i miejscowych.

Przykład układu dwóch sieci okręgowych wchodzących w skład sieci wewnątrzwojewódzkiej, podaje rys. 1. System małego zasięgu można zatem stosować w następujących relacjach:



Rys. 1. Przykład układu dwóch sieci okręgowych wchodzących w skład sieci wewnątrzwojewódzkiej

CT — międzymiastowa centrala tranzytowa (w mieście wojewódzkim), CK — międzymiastowa centrala końcowa (w mieście powiatowym), CGw — centrala główna strefy wewnętrznej obszaru węzła, CGz — centrala główna strefy zewnętrznej obszaru węzła, CWK — centrala miejscowa końcowa strefy zewnętrznej, CMK — centrala miejscowa końcowa strefy wewnętrznej

$CT - CK$	$CMK - CMK$
$CK - CK$	$CGz - CGz$
$CGw - CGw$	$CGz - CWK$
$CGw - CMK$	$CWK - CWK$

Przeciętne zakresy długości linii dla wyżej wymienionych relacji można przyjąć jak następuje:

$CT - CK$	} 15 — 150 km	$CMK - CMK$	4 — 30 km
$CK - CK$		$CGz - CGz$	10 — 50 km
$CGw - CGw$	4 — 30 km	$CGz - CWK$	4 — 20 km
$CGw - CMK$	4 — 12 km	$CWK - CWK$	4 — 50 km

Koncepcja rozwiązania konstrukcyjnego uproszczonego częstotliwościowego systemu nośnego małego zasięgu powinna zmierzać do tego, aby jego stosowanie było ekonomicznie uzasadnione zarówno na nowo budowanych, jak też i istniejących torach, przy użyciu których są realizowane przede wszystkim relacje  $CT - CK$ ,  $CK - CK$ ,  $CGz - CGz$ .

Poza tym stosowanie systemu powinno być ekonomicznie opłacalne na istniejących torach, realizujących pozostałe rodzaje relacji w sieciach wewnątrzstrefowych i miejscowych.

Jak widać z powyższego opisu, różnorodność zastosowań systemu wymaga spełnienia szeregu wymagań typu eksploatacyjnego, zatem przed podaniem koncepcji rozwiązania konstrukcyjnego wymagania te zostaną w ogólnej formie omówione.

### 3. PODSTAWOWE ZAŁOŻENIA NA UPROSZCZONY SYSTEM TELEFONII NOŚNEJ MAŁEGO ZASIĘGU

System telefonii nośnej małego zasięgu powinien być systemem grupowym, ponieważ w jego zastosowaniu, omówionym w rozdz. 2 nie występuje potrzeba wydzielania poszczególnych kanałów wzdłuż trasy linii.

Wynika to z przeprowadzonej analizy zapotrzebowania na wiązki łączy zarówno w sieciach międzymiastowych wewnątrzwojewódzkich z ruchem ręcznym, jak też w sieciach wewnątrzstrefowych z ruchem automatycznym.

#### Krotność systemu

Przeciętne wielkości wiązek łączy w liniach sieci wewnątrzwojewódzkich i wewnątrzstrefowych nie przesądzają bezpośrednio rodzaju i krotności systemu. Można stosować na przykład w ważniejszych relacjach system o krotności 12, a jako system uzupełniający stosować system o krotności 4, można również stosować w całej sieci wewnątrzwojewódz-

kiej i wewnątrzstrefowej tylko jeden system nośny o krotności 8, można wreszcie stosować systemy o krotnościach 12 i 6.

Wybór rodzaju i krotności systemu jest podyktowany specyfiką sieci i ekonomiką rozwiązania konstrukcyjnego.

Wydaje się, że optymalna krotność uproszczonego systemu nośnego małego zasięgu dla sieci krajowej będzie wynosić 6, przy czym uzasadnienie tej krotności z punktu widzenia ekonomiki rozwiązania konstrukcyjnego zostanie omówione w dalszej części niniejszego opracowania.

### Długość linii

Na podstawie statystycznych badań krajowych sieci wewnątrzwojewódzkich, wewnątrzstrefowych i miejscowych można określić następujące dane związane z długościami linii:

- maksymalna długość napowietrznego traktu liniowego z torami stalowymi w sieci wewnątrzstrefowej wynosi 50 km,
- maksymalna długość pojedynczego odcinka wzmacniakowego napowietrznego traktu liniowego z torami stalowymi wynosi 12,0 km,
- maksymalna liczba odcinków wzmacniakowych dla napowietrznego traktu liniowego z torami stalowymi w sieci wewnątrzstrefowej wynosi 5,
- maksymalna długość napowietrznego traktu liniowego z torami brązowymi w sieci wewnątrzwojewódzkiej wynosi 150 km,
- maksymalna długość pojedynczego odcinka wzmacniakowego napowietrznego traktu liniowego z torami brązowymi w sieci wewnątrzwojewódzkiej wynosi 40 km,
- maksymalna długość kablowego traktu liniowego w sieci wewnątrzwojewódzkiej wynosi 150 km,
- maksymalna długość kablowego traktu liniowego w sieci wewnątrzstrefowej wynosi 50 km,
- maksymalna długość pojedynczego odcinka wzmacniakowego kablowego traktu liniowego wynosi 15 km,
- maksymalna liczba odcinków wzmacniakowych dla kablowego traktu liniowego w sieci wewnątrzstrefowej wynosi 5.

W liniach z systemami na małe odległości nie przewiduje się stosowania żadnych punktów retransmisyjnych.

### Sz u m y

Zgodnie z wnioskami grupy roboczej ekspertów XV Komisji Studiów CCITT psfometryczna moc szumów na końcu łącza odniesienia, realizowanego za pomocą systemu telefonii nośnej małego zasięgu, w punkcie o zerowym poziomie względnym nie powinna przekraczać 2000 pW [2].



Proponuje się przyjąć wartość globalnej mocy szumów 2000 pW dla łączy realizowanych na liniach kablowych, przy czym podział tej mocy szumów proponuje się przyjąć jak następuje:

1000 pW — wartość psfometrycznej mocy szumów, pochodzących od urządzeń końcowych systemu,

1000 pW — wartość psfometrycznej mocy szumów, pochodzących od urządzeń traktu liniowego systemu.

Jako dopuszczalną wartość psfometrycznej mocy szumów na końcu łącza (w punkcie o zerowym poziomie względnym), realizowanego za pomocą napowietrznego systemu telefonii nośnej małego zasięgu, proponuje się przyjąć 2600 pW, przy czym podział tej mocy szumów proponuje się przeprowadzić jak następuje:

1000 pW — wartość psfometrycznej mocy szumów, pochodzących od urządzeń końcowych systemu,

1600 pW — wartość psfometrycznej mocy szumów, pochodzących od urządzeń traktu liniowego systemu.

W przypadku realizacji łączy nośnych za pomocą systemu nośnego małego zasięgu, przewidzianych do pracy wyłącznie w ruchu krajowym, proponuje się przyjąć złagodzenie wymagań na moc szumów na końcu łącza i przyjęcie 3800 pW za dopuszczalną wartość psfometrycznej mocy szumów na końcu takiego łącza (w punkcie o zerowym poziomie względnym), przy czym podział tej mocy można zaproponować jak następuje:

1000 pW — psfometryczna moc szumów od urządzeń końcowych systemu,

2800 pW — psfometryczna moc sznurów od urządzeń traktu liniowego (zarówno napowietrznego, jak i kablowego).

Tego rodzaju propozycja umożliwia przy nie zmienionych wymaganiach odnośnie szumów na krotnice i urządzenia przelotowe systemu poważne złagodzenie wymagań na odstępstwa zbliżno- i zdalnoprzęsłuchowe między torami nośnymi linii stosowanych w sieciach wewnątrz wojewódzkich i wewnątrzstrefowych, a dzięki temu szerokie zastosowanie systemu w sieciach niższego szczebla.

Propozycja przyjęcia wartości 3800 pW jako dopuszczalnej psfometrycznej mocy szumów na końcu łącza małego zasięgu w sieci krajowej wynika z założenia, że dopuszcza się podwojenie mocy szumów „zewnętrznych” i mocy szumów pochodzących od przesłuchów liniowych w porównaniu z założonymi mocami szumów „zewnętrznych” i szumów od przesłuchów liniowych dla łącza odniesienia małego zasięgu przewidzianego do współpracy z łączami międzynarodowymi (por. 5.1.1 i 5.2.1).

## Linie napowietrzne

Rodzaje materiałów i średnice przewodów linii napowietrznych, do których mają być przede wszystkim dostosowane urządzenia systemu telefonii nośnej małego zasięgu, są następujące:

- stal 3 mm (cynkowana lub aluminiowana),
- stal 4 mm (cynkowana),
- brąz 3 mm.

Można przyjąć, że na przeciętnej linii napowietrznej z torami przystosowanymi dla potrzeb telefonii nośnej będzie się wykorzystywało nie więcej niż 8 torów nośnych.

Dla przypadku, gdy na wspólnej podbudowie słupowej znajdują się tory nośne o przewodach z różnych materiałów (np. brązowe i stalowe) można przyjąć, że liczba torów nośnych o przewodach z materiałów kolorowych nie przekracza 4.

Pożądanym jest takie opracowanie wariantów pasm liniowych systemu telefonii nośnej małego zasięgu, aby była możliwa równoległa praca dwóch wariantów tego systemu na jednej podbudowie słupowej, z których jeden mógłby pracować na torach o przewodach brązowych, a drugi na torach stalowych, cynkowanych bądź aluminiowanych.

## Linie kablowe

Urządzenia systemu telefonii nośnej małego zasięgu, przewidziane do zastosowania na liniach kablowych w sieciach wewnętrzzstrefowych, powinny współpracować przede wszystkim z symetrycznymi kablami mieszczącymi typy okręgowego z izolacją papierowo-powietrzną o czwórkach jednoskrętnych, pojemności jednostkowej torów 26,5 nF/km, liczbie czwórek nośnych 3—15 oraz średnicach żył 0,7; 0,8; 0,9; 1,0 i 1,2 mm.

Ponadto urządzenia systemu w wersji kablowej powinny być przystosowane do pracy na istniejących mieszanych kablach depupinizowanych z izolacją papierowo-powietrzną i czwórkach trójskrętnych.

## Linie radiowe

Urządzenia końcowe systemu telefonii nośnej małego zasięgu powinny być w miarę możliwości dostosowane do współpracy z urządzeniami linii radiowych w pasmie częstotliwości podstawowej grupy pierwotnej B, tj. w pasmie 60÷108 kHz.

### Pasmo częstotliwości

Pasmo częstotliwości, przesyłanych w każdym z kanałów telefonicznych, powinno wynosić 300÷3400 Hz.

### Inne łącza

Powinna istnieć możliwość tworzenia łączy dla potrzeb telegrafii w pasmach kanałów telefonicznych.

Tworzenie tych łączy powinno być możliwe w co najmniej 30% kanałów.

Nie przewiduje się potrzeby tworzenia radiofonicznych łączy nośnych realizowanych za pomocą systemu telefonii nośnej małego zasięgu.

### Transmisja sygnałów zewowych i wybierczych

Urządzenia systemu telefonii nośnej małego zasięgu powinny umożliwiać transmisję sygnałów zewowych, wybierczych i innych — potrzebnych dla celów telekomutacji w czasie zestawiania połączenia telefonicznego, jak również transmisję impulsów licznikowych w czasie rozmowy.

Dla transmisji tych sygnałów powinny być przewidziane w urządzeniach odrębne kanały pozapasmowe.

### Lokalizacja urządzeń

Pożądane jest takie zaprojektowanie pasm liniowych, poziomów wyjściowych i długości odcinków wzmacniakowych, aby przy stosowaniu urządzeń systemu na liniach napowietrznych o torach brązowych lub stalowych wzmacniaki przelotowe były zawsze umieszczane w obiektach naziemnych (centralach telefonicznych, stacjach teletransmisyjnych, ewentualnie w budynkach administracji pocztowej).

Jako podstawa mogą posłużyć dane dotyczące długości odcinków wzmacniakowych na liniach napowietrznych, które zostały ustalone przy założeniu, że lokalizacja urządzeń przelotowych następuje w obiektach naziemnych.

Wzmacniaki przelotowe dla linii kablowych sieci wewnątrzstrefowych powinny być również lokalizowane w obiektach naziemnych, podobnie jak wzmacniaki przelotowe dla linii napowietrznych.

W przypadku stosowania urządzeń systemu na liniach kablowych sieci wewnątrzwojewódzkiej, gdzie długości linii mogą dochodzić do 150 km, należy przewidzieć tworzenie podziemnych, nieobsługiwanych stacji teletransmisyjnych.

## Warunki obsługi

Urządzenia końcowe i przelotowe systemu małego zasięgu przewidziane do pracy na stacjach o niewielkiej liczbie urządzeń powinny być tak zaprojektowane, aby pracowały bez stałej obsługi. Urządzenia te powinny być wyposażone w układy do zdalnej sygnalizacji stanu pomieszczeń i stanu urządzeń.

## Zasilanie

Urządzenia systemu nośnego małego zasięgu powinny być tak zaprojektowane i zlokalizowane, aby zbędne było zasilanie zdalne urządzeń przelotowych w przypadku zarówno stosowania systemu na liniach napowietrznych w sieciach wewnątrzwojewódzkich i wewnątrzstrefowych, jak też na liniach kablowych w sieciach wewnątrzstrefowych.

Należy przewidzieć stosowanie zasilania zdalnego urządzeń przelotowych, umieszczanych w podziemnych stacjach teletransmisyjnych w przypadku stosowania systemu małego zasięgu na liniach kablowych w sieciach wewnątrzwojewódzkich.

## Zalecenia konstrukcyjne

Jak widać z omówionych założeń, urządzenia systemu małego zasięgu powinny być w znacznym stopniu uniwersalne. Z drugiej strony zbyt duża uniwersalność obniża opłacalność ekonomiczną urządzeń, zatem wydaje się, że najbardziej szczęśliwym rozwiązaniem będzie konstrukcja uniwersalna stojaków urządzeń końcowych, które dzięki wymianie pewnych elementów np. korektorów, czy układów automatycznej regulacji wzmocnienia można by łatwo dostosowywać do pracy na liniach napowietrznych lub kablowych, natomiast konstrukcja stojaków urządzeń przelotowych powinna przewidywać odrębne rozwiązania tych stojaków dla określonego typu linii (napowietrznych lub kablowych). Przy takiej koncepcji konstrukcji i złagodzonych wymaganiach w porównaniu do urządzeń systemów klasycznych urządzenia jednolitego systemu małego zasięgu mogą objąć całą sieć wewnątrzwojewódzką i wewnątrzstrefową, co przy ich masowej produkcji ze względu na znaczne zapotrzebowanie wydaje się najbardziej racjonalne ekonomicznie.

Poszukiwaniu zoptymalizowanych parametrów jednolitego systemu małego zasięgu dla całej sieci niższego szczebla poświęcone zostaną dalsze rozdziały opracowania.

## 4. PODSTAWOWE ZAŁOŻENIA NA KROTNICE SYSTEMU TELEFONII NOŚNEJ MAŁEGO ZASIĘGU

### 4.1. System modulacji

Rozpatrując zakres zastosowań systemu małego zasięgu widać, że system ten powinien charakteryzować się możliwie ograniczonym zakresem częstotliwości pasma liniowego przy jednoczesnym optymalnym wykorzystaniu tego zakresu ze względu na zastosowanie w liniach napowietrznych, gdzie górna granica transmitowanego pasma częstotliwości przy istniejących metodach transpozycji torów liniowych wynosi ok. 150 kHz.

W tych warunkach krotnice systemu małego zasięgu powinny być oparte o zasadę częstotliwościowego podziału kanałów.

### 4.2. Rodzaj sygnałów transmitowanych w torze liniowym

Dla potrzeb transmisji sygnałów rozmównych w systemie małego zasięgu proponuje się tworzenie kanałów nośnych z przesyłaniem prądu nośnego, podczas gdy dla potrzeb transmisji sygnałów telekomutacyjnych, a zwłaszcza przesyłania impulsów licznikowych w czasie rozmowy, proponuje się tworzenie odrębnych kanałów sygnalizacyjnych pozapasmowych.

Przyjęcie powyższej zasady wydaje się racjonalne i celowe, zwłaszcza dla napowietrznego systemu małego zasięgu z następujących przyczyn:

- wymagania na stałość częstotliwości generatorów prądów nośnych ulegają zdecydowanemu złagodzeniu w porównaniu do wymagań na stałość generatorów prądów nośnych w systemach z transmisją tylko jednej wstęgi bocznej, ponieważ przy transmisji prądu nośnego i jednej wstęgi lub obu wstęg bocznych otrzymuje się na końcu łącza po detekcji częstotliwość różnicową, równą częstotliwości naturalnej nadawanej na początku,

- prądy nośne transmitowane w każdym z kanałów telefonicznych mogą być wykorzystane dla automatycznej płaskiej regulacji wzmacnienia w kanałowych wzmacniaczach odbiorczych,

- suma mocy prądów nośnych może być wykorzystana dla celów automatycznej płaskiej regulacji wzmacnienia w grupowych wzmacniaczach odbiorczych krotnic i urządzeń przelotowych, co czyni zbędnym wyposażenie urządzeń systemu w odrębne generatory częstotliwości pilotujących,

- wykorzystanie sumy mocy prądów nośnych do płaskiej automatycznej regulacji wzmacnienia w grupowych wzmacniaczach odbiorczych wchodzących w skład krotnic i urządzeń przelotowych oraz mocy poszczególnych prądów nośnych do płaskiej automatycznej regulacji wzmacnie-

nia w kanałowych wzmacniaczach odbiorczych, wchodzących w skład krotnic, jak również wprowadzenie inwersji pasm liniowych w urządzeniach przelotowych systemu małego zasięgu czyni zbędnym wyposażenie wzmacniaczy grupowych w krotnicach i urządzeniach przelotowych w skomplikowane układy automatycznej regulacji wzmocnienia nachyleniowo-płaskiej,

— prądy nośne mogą być wykorzystane do utworzenia odrębnych kanałów pozapasmowych dla transmisji sygnałów komutacyjnych, niezbędnych przy zestawianiu połączenia telefonicznego,

— prądy nośne mogą być wykorzystane do przekazywania kryteriów informacyjnych o stanie nieobsługiwanych urządzeń teletransmisyjnych do urządzeń zdalnego nadzoru.

Potwierdzeniem słuszności powyższych zasad jest fakt, że transmisja prądu nośnego i jednej lub obu wstęg bocznych jest stosowana w wielu produkowanych za granicą systemach.

Tytułem przykładu można podać, że prąd nośny i obie wstęgi boczne są transmitowane w następujących systemach:

- amerykańskich typu N1, 81A, P1
- niemieckich typu Z6NT, Z6NC
- angielskim typu Q.

Prąd nośny i jedna wstęga boczna są transmitowane we francuskim systemie 7TR001, zgłoszonym do CCITT jako propozycja jednej z wersji uproszczonego systemu małego zasięgu.

### 4.3. Wybór krotności

W systemach uproszczonych małego zasięgu produkowanych za granicą odstęp między częstotliwościami nośnymi sąsiednich kanałów jest przyjmowany różnie w zależności od specyfiki sieci danego kraju, ekonomiki rozwiązań konstrukcyjnych, typizacji istniejących podzespołów itp.

Odstęp ten może wynosić np. 14 kHz (w amerykańskim systemie 81A [2]), 12 kHz (w amerykańskim systemie P1 [3]), 8 kHz (w radzieckim systemie — KRR30/60 [4], czeskim — KNK6 [5], francuskim — 7TR001, [6] czy niemieckich — Z6NT i Z6NC [7]), wreszcie 6 kHz (w systemach holenderskich STR112, STR113, STR116 [8] lub szwajcarskich C-5 i C-8 [8]).

Próby normalizacji odstepu między częstotliwościami nośnymi sąsiednich kanałów dla systemów uproszczonych doprowadziły do powstania zalecenia CCITT dopuszczającego tworzenie nowej grupy pierwotnej o paśmie częstotliwości odpowiadającym pasmu grupy pierwotnej B obejmującej

jącej zakres  $60 \div 108$  kHz, ale zawierającej tylko 8 kanałów z odstępem 6 kHz między wirtualnymi częstotliwościami nośnymi sąsiednich kanałów.

Powiększenie odstepu między częstotliwościami nośnymi sąsiednich kanałów prowadzi do uproszczenia układów przemian kanałowych, tym niemniej występuje zawsze problem optymalnego wykorzystania pasma liniowego przy minimalnym koszcie tych układów.

Powstaje zatem problem, czy dla grupy pierwotnej systemu telefonii nośnej małego zasięgu, który miałby być stosowany w sieci krajowej przyjąć odstęp między częstotliwościami nośnymi sąsiednich kanałów 6 kHz, czy też 8 kHz.

Przyjęcie odstepu 6 kHz pozwoliłoby na utworzenie systemu 8-krotnego wykorzystującego pasma liniowe w zakresie np.  $6 \div 54$  kHz i  $60 \div 108$  kHz, podczas gdy przyjęcie odstepu 8 kHz pozwoliłoby na utworzenie systemu 6-krotnego o tych samych pasmach liniowych.

Ze względu na przewidywane szerokie zastosowanie systemu małego zasięgu w sieci krajowej w liniach napowietrznych wydaje się racjonalne przyjęcie zasady, że oprócz wstęgi bocznej będzie transmitowany w tor liniowy również prąd nośny, co zostało szerzej omówione w rozdz. 4.2. niniejszej pracy.

Stosowanie transmisji prądów nośnych w pasmach liniowych poszczególnych kanałów przy odstepie 6 kHz między częstotliwościami nośnymi zawęży zakres zastosowań systemu i posiada następujące wady:

— brak możliwości współpracy na liniach kablowych z istniejącymi systemami 12-krotnymi o odstepie 4 kHz między wirtualnymi częstotliwościami nośnymi poszczególnych kanałów zajmującymi pasma liniowe  $6 \div 54$  kHz i  $60 \div 108$  kHz ze względu na możliwość zakłóceń kanałów systemu klasycznego (z transmisją tylko jednej wstęgi bocznej) częstotliwościami nośnymi uproszczonego systemu małego zasięgu,

— brak możliwości wykorzystania luki między pasmami liniowymi kanałów jednego wariantu systemu dla utworzenia drugiego wariantu systemu o takim rozmieszczeniu pasm liniowych, aby prądy nośne transmitowane w pasmach liniowych obu wariantów systemu nie powodowały zakłóceń między kanałami obu tych systemów, a co jest możliwe przy przyjęciu odstepu 8 kHz między sąsiednimi częstotliwościami nośnymi poszczególnych kanałów.

— konieczność realizacji dwóch odrębnych wykonań krotnic dla napowietrznych i kablowych traktów liniowych, przy czym w urządzeniach wykonywanych dla potrzeb linii kablowych nie byłaby możliwa transmisja prądów nośnych,

— konieczność stosowania retransmisji przy pracy na mieszanych traktach liniowych (napowietrzno-kablowych).

Widać stąd, że stosowanie transmisji prądów nośnych w systemie uni-

wersalnym napowietrzno-kablowym z odstępem 6 kHz między częstotliwościami nośnymi sąsiednich kanałów nie jest racjonalne. Rezygnacja z transmisji prądów nośnych w takim przypadku prowadzi do skomplikowanych rozwiązań konstrukcyjnych związanych ze stosowaniem automatycznej regulacji wzmocnienia nachyleniowo-płaskiej we wzmacniaczach grupowych krotnic i urządzeń przelotowych dla linii napowietrznych, co zdecydowanie podnosi koszt urządzeń systemu o krotności 8, zajmującego pasma liniowe 6÷54 kHz i 60÷108 kHz.

Przyjęcie odstepu 8 kHz i krotności 6 dla uproszczonego systemu nośnego małego zasięgu o pasmach liniowych 6÷54 kHz i 60÷108 kHz usuwa wszystkie wymienione poprzednio trudności występujące przy założeniu krotności 8 i umożliwia realizację uniwersalnego systemu, dostosowanego do pracy nawet na mieszanych traktach liniowych (napowietrzno-kablowych) bez potrzeby retransmisji.

#### 4.4. Racjonalny wybór częstotliwości nośnych

Należy przyjąć, że system będzie współpracował z istniejącymi systemami 12-krotnymi o odstepie 4 kHz między częstotliwościami nośnymi, zatem warunkiem prawidłowej współpracy takich systemów jest, aby częstotliwości transmitowanych prądów nośnych w systemie małego zasięgu pokrywały się z wirtualnymi częstotliwościami nośnymi systemu dalekosiężnego (z transmisją tylko jednej wstęgi bocznej).

W celu ustalenia wpływu zakłóceń w kanałach systemu z transmisją jednej wstęgi bocznej pochodzących od kanałów systemu uproszczonego z transmisją prądów nośnych i wstęp bocznych posłużymy się metodą obliczeń, stosowaną przez Administrację Francuską i zalecaną przez CCITT [13].

Według tej metody związek między bezwzględnym poziomem mocy szumów od przesłuchu zdalnego  $p_z$  i odstepem od przesłuchu zdalnego  $A_{zd}$  przy założeniu, że nie stosuje się inwersji pasm liniowych ani też konpan-dorów, wyraża się w postaci:

$$p_z = p_{sr} + 1/2 \ln(S-1) + 1/2 \ln n - A_{zd} \quad (1)$$

gdzie:

- $p_z$  — bezwzględny poziom mocy szumów w kanale zakłócanym od przesłuchu zdalnego,
- $p_{sr}$  — wartość średnia bezwzględnego poziomu mocy w kanale zakłócającym w godzinie dużego ruchu,
- $S$  — liczba torów, wykorzystywanych przez systemy nośne,
- $n$  — liczba odcinków wzmacniakowych,



$A_{zd}$  — odstęp zdalnoprzesłuchowy, średni dla odcinka wzmacniakowego i dowolnego kanału telefonicznego.

Dla systemów z transmisją jednej wstęgi bocznej przyjmuje się, że wartość  $p_{sr}$  wynosi:

$$p_{sr} = -1,73 \text{ NmO}$$

Wpływ zakłóceń z kanałów systemu, w których jest transmitowany oprócz wstęgi bocznej również prąd nośny, na kanały systemu, w których jest transmitowana tylko jedna wstęga boczna, zostanie określony przy następujących założeniach:

1) bezwzględny poziom mocy sygnału prądu nośnego  $p_n$  w systemie z transmisją prądu nośnego i wstęgi bocznej jest równy pomiarowemu poziomowi mocy sygnału użytecznego  $p_u$  w systemie z transmisją jednej wstęgi bocznej

$$p_n = p_u = 0 \text{ NmO}$$

2) poziom psfometrycznej mocy zakłóceń  $p'_{sr}$  od prądu nośnego w zależności od ważkości psfometrycznej dla częstotliwości równej różnicy między częstotliwością prądu nośnego kanału zakłócającego i wirtualną częstotliwością nośną kanału zakłócanego wynosi:

$$p'_{sr} = p_n + \Delta w_r \quad (2)$$

gdzie:

$$p_n = 0 \text{ NmO},$$

$\Delta w_r$  — ważność psfometryczna określona dla częstotliwości równej różnicy częstotliwości nośnych w kanałach zakłócanym i zakłócającym.

Zatem w warunkach równoległej współpracy systemów z transmisją jednej wstęgi bocznej z systemami z transmisją prądu nośnego i wstęgi bocznej odstęp zdalnoprzesłuchowy  $A'_{zd}$  między torami nośnymi, na których mają pracować te dwa systemy, zapewniający uzyskanie na końcu łącza w kanale systemu zakłócanego (z transmisją wstęgi bocznej) tego samego poziomu zakłóceń od przesłuchu zdalnego, jak przy zakłóceniach pochodzących od kanałów systemu z transmisją jednej wstęgi bocznej, da się wyrazić w postaci:

$$A'_{zd} = A_{zd} + \Delta A_{zd} \quad (3)$$

gdzie:

$A_{zd}$  — odstęp zdalnoprzesłuchowy określony według wzoru (1),

$\Delta A_{zd}$  — wymagany wzrost odstępu zdalnoprzesłuchowego dla zachowania tej samej wartości poziomu mocy szumów  $p_z$  w kanale zakłócanym jak dla przypadku współpracy systemów z jedną wstęgą boczną.

Wzrost odstępu zdalnoprzesłuchowego można określić bezpośrednio z zależności:

$$\Delta A_{zd} = p'_{sr} - p_{sr} \quad (4)$$

W tablicy 1 są podane wartości ważkości  $\Delta w_r$  [9] i wartości wzrostu odstępu zdalnoprzesłuchowego  $\Delta A_{zd}$  w zależności od częstotliwości  $f_r$ , rów-

Tablica 1  
Wymagany wzrost odstępu tłumienności zdalnoprzesłuchowej

Częstotliwość równa różnicy częstotliwości nośnych $f_r$ [kHz]	Ważkość $\Delta w_r$ [N]	Wzrost odstępu zdalnoprzesłuchowego $\Delta A_{zd}$ [N]
0,3	-1,3	+0,43
1,0	+0,1	+1,83
2,0	-0,3	+1,43
3,0	-0,7	+1,03
3,4	-0,9	+0,83

nej różnicy częstotliwości prądu nośnego transmitowanego w kanale systemu zakłócającego i wirtualnej częstotliwości nośnej w kanale systemu zakłócanego.

Rozważania dotyczące wymagań na odstępy zdalnoprzesłuchowe między torami nośnymi linii, na której mógłby współpracować system uproszczony (z transmisją prądów nośnych) z dalekosiężnym, w którym prądy nośne nie są transmitowane w torze liniowym, nasuwają wniosek, że jedynie racjonalne będzie w tym przypadku przyjęcie takiego rozmieszczenia częstotliwości nośnych systemu uproszczonego, aby były one równe wirtualnym częstotliwościom nośnym systemu dalekosiężnego.

#### 4.5. Koncepcja rozmieszczenia pasm liniowych

Z dotychczasowych rozważań wynika, że dla uproszczonego systemu małego zasięgu z transmisją prądu nośnego odstęp między częstotliwościami nośnymi powinien wynosić 8 kHz. Można zatem rozważać możliwość transmisji prądu nośnego oraz jednej lub obu wstęp bocznych. Transmisja prądu nośnego i obu wstęp bocznych przy odstępie 8 kHz między częstotliwościami nośnymi sąsiednich kanałów zapewnia możliwość realizacji

tylko jednego wariantu pasma liniowego dla systemu małego zasięgu, zatem z punktu widzenia przesłuchów liniowych, a zwłaszcza potrzeby równoległej współpracy kilku systemów na jednej podbudowie słupowej linii napowietrznej, z których pewne pracują na torach o przewodach brązowych, a inne na torach o przewodach stalowych przy wykorzystaniu tego samego zakresu pasma liniowego, jest nie do przyjęcia.

Wynika stąd, że należy przyjąć, iż w tor liniowy w pasmie liniowym każdego z kanałów będzie transmitowany prąd nośny i jedna wstęga boczna.

Rozważmy z kolei możliwe w takim przypadku rozkłady pasm liniowych przy założeniu, że częstotliwości nośne dla każdego z wariantów rozmieszczenia pasm liniowych są bądź jednakowe, bądź też przesunięte o 4 kHz.

Powstające w takim przypadku cztery możliwe rozkłady pasm liniowych podaje rys. 2.

Zakłada się przy tym, że usuwanie niepożądanego wstęgi bocznej w układach przemiany kanałowej będzie realizowane za pomocą modulatorów dwufazowych, dzięki którym łatwo można stłumić niepożądaną wstęgę boczną o ok. 3,0 N w stosunku do transmitowanej użytecznej wstęgi, zatem na rys. 2 oprócz użytecznej wstęgi bocznej, oznaczonej cyframi arabskimi (1, 2, 3, 1', 2', 1'', 2'', 1''', 2''', 3''') są zaznaczone wytłumione o ok. 3,0 N drugie wstęgi boczne oznaczone cyframi rzymskimi (I, II, III, I', II', I'', II'', I''', II''', III''').

Jeśli założyć, że na czterech torach nośnych będą pracowały systemy małego zasięgu o rozmieszczeniach pasm liniowych, jak na rys. 2, wtedy wystąpią następujące rodzaje przesłuchów liniowych:

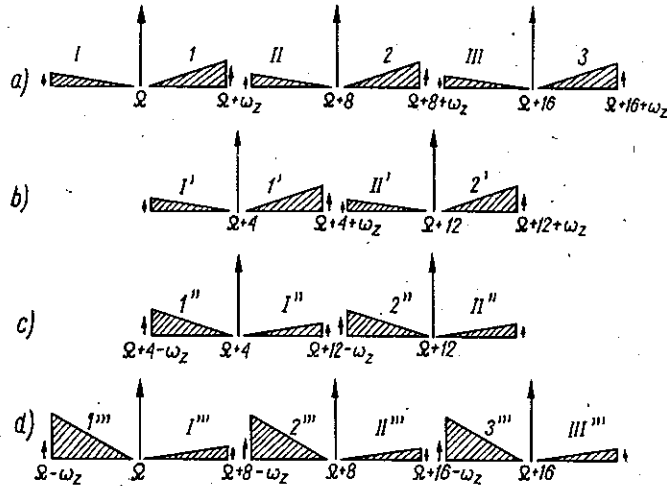
- przesłuch niezrozumiały między kanałami systemu a i systemu b, systemu a i systemu c, systemu b i systemu d oraz systemu c i systemu d,
- przesłuch zrozumiały między kanałami systemu a i systemu d oraz systemu b i systemu c.

Należy jednak zauważyć, że mimo występowania przesłuchu zrozumiałego między kanałami systemów a i d oraz b i c pasma kanałów jednego wariantu systemu mieszczą się w lukach między pasmami liniowymi drugiego wariantu systemu, a w związku z tym można dodatkowo złagodzić wymagania na odstępach zdalnopresłuchowe między torami nośnymi, na których pracują takie systemy, ponieważ kanałowe pasmowo-przepustowe filtry odbiorcze mogą nieco stłumić sygnały od zakłóceń na skutek zrozumiałego przesłuchu liniowego.

Interesujące będzie rozważenie korzyści płynących z takiego rozmieszczenia pasm liniowych, które zapewnia wystąpienie tylko niezrozumiałego przesłuchu liniowego.

Rozważając zakłócenia pochodzące od przesłuchu liniowego np. w ka-

nałach  $1', 2', \dots$  systemu z rozmieszczeniem pasm liniowych jak w wariancie b (przedstawionym na rys. 2), od kanałów  $1, 2 \dots$  systemu z rozmieszczeniem pasm liniowych jak w wariancie a oraz od kanałów  $2''', 3'''$  ... systemu z rozmieszczeniem pasm liniowych jak w wariancie d widać, że



Rys. 2. Możliwości rozmieszczenia pasm liniowych w 6-krotnym systemie nośnym małego zasięgu (pokazano jedynie fragment pasma liniowego)

częstotliwość naturalna  $\omega_n$  transmitowana w pasmie liniowym kanału  $1$  jako  $\Omega + \omega_n$  będzie zdetektowana jako częstotliwość  $4 \text{ kHz} - \omega_n$  w kanale zakłócanym  $1'$  i analogicznie częstotliwość naturalna  $\omega_n$  transmitowana jako częstotliwość  $\Omega + 8 - \omega_n$  w kanale  $2'''$  będzie zdetektowana również jako częstotliwość  $4 \text{ kHz} - \omega_n$  w kanale zakłócanym  $1'$ .

Należy przy tym zauważyć, że wpływ od przesłuchu liniowego, pochodzącego z kanału  $1$  na kanał  $1'$  może być dodatkowo jeszcze bardziej złagodzony dzięki działaniu pasmowo-przepustowego filtra odbiorczego w kanale  $1'$ .

Zmniejszenie odstepu od przesłuchu liniowego  $\delta A_{zd}$  między torami nośnymi, na których pracują systemy z rozmieszczeniem pasm liniowych w wariantach b i d w porównaniu z wymaganym odstepem od przesłuchu liniowego dla przypadku, gdyby między tymi torami istniał przesłuch „bezpośredni” i zrozumiały (systemy z jednakowym rozmieszczeniem pasm liniowych) można przedstawić w postaci sumy ważkości na nadawanie i odbiór, wziętej ze znakiem przeciwnym:

$$\delta A_{zd} = - (w_p + w_n) \quad (5)$$

gdzie:

- $w_n$  — ważkość sygnału nadawanego,
- $w_p$  — ważkość psfometryczna.

Zmniejszenie odstepu od przesłuchu liniowego  $\delta' A_{zd}$  między torami nośnymi, na których pracują systemy z rozmieszczeniem pasm jak w wariantach a i b lub c i d, można wyrazić w postaci:

$$\delta' A_{zd} = -(w_p + w_n - A_F) \quad (6)$$

gdzie:

$A_F$  — tłumienność odbiorczego filtra pasmowo-przepustowego w kanale zakłócanym dla częstotliwości obejmujących zakres pasma kanału zakłócającego, przesuniętego o 4 kHz względem kanału zakłócanego.

Ze wzoru 6 można łatwo ustalić wymagania na tłumienność odbiorczego filtra pasmowo-przepustowego, jeśli zażądać, aby wartość  $\delta' A_{zd}$  była wartością stałą, tzn. dla warunku  $\delta' A_{zd} = \text{const}$ .

Tablica 2 podaje wartości ważkości sygnału nadawanego  $w_n$ , ważkości

Tablica 2

Ważkości sygnału nadawanego, ważkości psfometryczne, zmniejszenie odstepu od przesłuchu liniowego  $\delta' A_{zd}$

Częstotliwość nadawana w kanale zakłócającym [kHz]	Ważkość <sup>1)</sup> na nadawanie $w_n$ [N]	Częstotliwość odbierana w kanale zakłócanym [kHz]	Ważkość psfometryczna $w_p$ [N]	Suma ważkości na nadawanie i odbiór $w_n + w_p$ [N]	Wymagania na tłumienność kanałowego filtra odbiorczego $A_F$ [N]	Zmniejszenie odstepu od przesłuchu liniowego $\delta' A_{zd} = -(w_p + w_n - A_F)$ [N]
0,3	-0,35	3,7	-1,1	-1,45	1,25	2,7
1,0	-0,2	3,0	-0,7	-0,9	1,8	2,7
2,0	-1,15	2,0	-0,3	-1,45	1,25	2,7
3,0	-2,1	1,0	+0,1	-2,0	0,70	2,7
3,4	-2,4	0,6	-0,3	-2,7	0,00	2,7

<sup>1)</sup> Wartości ważkości na nadawanie oceniono według krzywej, przytoczonej w zaleceniu G1222-ter, podanym w dokumencie CCITT AP111/51-E, opublikowanym 27.IV.1964 [10].

psfometrycznej  $w_p$ , sumy ważkości sygnału nadawanego i ważkości psfometrycznej oraz wymagania na tłumienność  $A_F$  pasmowo-przepustowego odbiorczego filtra w kanale zakłócanym dla pasma częstotliwości kanału zakłócającego, przesuniętego o 4 kHz względem kanału zakłócanego przy założeniu, że:

$$\delta' A_{zd} = 2,7 \text{ N} = \text{const}$$

Jak widać z tablicy 2, realizacja odbiorczego filtra pasmowo-przepustowego o zadanej stromości nie przedstawia większych trudności.

Reasumując powyższe rozważania można stwierdzić, że przy projektowaniu rozmieszczenia pasm liniowych dla uproszczonego systemu telefonii nośnej małego zasięgu należy przyjąć za podstawę rozkład pasm według rys. 2, zapewniający realizację czterech wariantów pasm liniowych, przy czym korzyści z tego rozkładu można oszacować następująco:

— przesłuch z kanałów systemu a na kanały systemu b oraz z kanałów systemu c na kanały systemu d jest niezrozumiały i zmniejszenie odstepu od przesłuchu liniowego między torami nośnymi, na których pracują te systemy, wynosi w przybliżeniu:

$$\delta' A_{zd} \cong 2,7 N$$

— przesłuch z kanałów systemu a na kanały systemu c oraz z kanałów systemu b na kanały systemu d jest niezrozumiały i zmniejszenie odstepu od przesłuchu liniowego między torami nośnymi, na których pracują te systemy, wynosi w przybliżeniu (dla częstotliwości 1 kHz)

$$\delta A_{zd} \cong 0,9 N$$

— przesłuch z kanałów systemu a na kanały systemu d oraz z kanałów systemu b na kanały systemu c jest zrozumiały i zmniejszenie odstepu od przesłuchu liniowego  $\delta'' A_{zd}$  między torami nośnymi, na których pracują te systemy, na skutek działania kanałowego filtra odbiorczego wynosi szacunkowo (dla częstotliwości 1,0 kHz)

$$\delta'' A_{zd} \cong 0,70 N$$

#### 4.6. Wybór częstotliwości zewu pozapasmowego

Częstotliwość zewu pozapasmowego została oznaczona na rys. 2 symbolem  $\omega_z$ .

Rozpatrując położenie częstotliwości zewu pozapasmowego w pasmach liniowych kanałów każdego z wariantów systemu, przedstawionych na rys. 2, widać, że częstotliwość zewu pozapasmowego może być odbierana w kanale zakłócanym bądź bezpośrednio jako częstotliwość  $\omega_z$ , bądź jako częstotliwość 4 kHz —  $\omega_z$ , bądź też wreszcie jako częstotliwość 8 kHz —  $\omega_z$ .

Zarówno częstotliwość  $\omega_z$  jak też 8 kHz —  $\omega_z$  znajdują się poza pasmem przenoszonych częstotliwości, zatem mogą być stosunkowo łatwo usunięte przez dolnoprzepustowy filtr w gałęzi odbiorczej zespołu przemiany kanałowej.

Pozostaje jedynie do rozważenia wpływ zakłóceń od częstotliwości zewu pozapasmowego odbieranej w kanale zakłócanym jako częstotliwość 4 kHz —  $\omega_z$ , położonej w zakresie częstotliwości przenoszonych przez kanałowy pasmowo-przepustowy filtr odbiorczy.

Z punktu widzenia zakłóceń kanału fonicznego częstotliwość  $\omega_z$  powinna być jak najbardziej zbliżona do wartości 4 kHz (różnica 4 kHz —  $\omega_z$  zbliżona do zera), natomiast z punktu widzenia możliwości zakłóceń odbiornika w kanale zewu pozapasmowego prądem nośnym, którego częstotliwość po detekcji w kanale zakłócanym wynosi 4 kHz, a poziom mocy może przewyższać o 1,7 N poziom mocy sygnału zewu pozapasmowego, powinna być możliwie oddalona od wartości 4 kHz, co może mieć istotne znaczenie przy obniżonych odstępach tłumienności zdalnoprzęsłuchowej między torami nośnymi, na których pracują dwa systemy o pasmach liniowych, przesuniętych o 4 kHz.

Można zatem rozważać zakres  $\omega_z$  w przedziale:

$$3,4 \text{ kHz} \leq \omega_z \leq 4,0 \text{ kHz}$$

Przyjęcie częstotliwości zewu pozapasmowego wynoszącej  $\omega_z = 3825$  Hz wydaje się w tych warunkach racjonalne, ponieważ zapewnia małą wagkość psfometryczną częstotliwości zakłócającej odbieranej jako 175 Hz, a zarazem umożliwia dostateczne wytłumienie częstotliwości 4 kHz przez filtr pasmowo-przepustowy odbiornika zewu pozapasmowego.

Częstotliwość 3825 Hz [11] jest zalecana przez CCITT dla systemów opartych na dwunastokanałowej grupie pierwotnej i może być przyjęta w znormalizowanym systemie telefonii nośnej małego zasięgu.

W pewnych przypadkach może się okazać celowe tworzenie odrębnego kanału sygnalizacyjnego dla potrzeb komutacyjnych za pomocą innej częstotliwości zewu pozapasmowego, zatem w takich warunkach proponuje się stosowanie oprócz znormalizowanej częstotliwości zewu pozapasmowego 3825 Hz również częstotliwości prądu nośnego, transmitowanego w pasmie liniowym.

#### 4.7. Koncepcja planu modulacji

Jak wynika z analizy potrzeb sieciowych, uproszczony system telefonii nośnej małego zasięgu będzie stosowany zarówno w liniach napowietrznych, jak też i kablowych.

Wybór pasma liniowego i planu modulacji w krotnicach powinien zapewniać jak największą uniwersalność zastosowań.

Przyjęcie pasma liniowego w zakresie 36÷142 kHz umożliwiłoby współpracę na liniach napowietrznych tego systemu z istniejącymi 3-krotnymi i 12-krotnymi napowietrznymi systemami, znormalizowanymi przez CCITT.

Przyjęcie natomiast pasm liniowych w zakresie np. 6÷54 kHz i 60÷÷108 kHz umożliwi współpracę systemu małego zasięgu z 12-krotnymi

systemami kablowymi, ale uniemożliwi współpracę na liniach napowietrznych z istniejącymi systemami napowietrznymi.

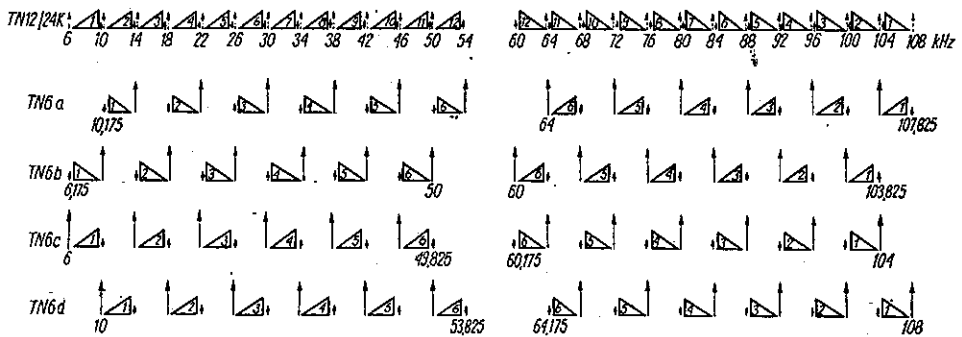
Biorąc pod uwagę, że linie napowietrzne nie będą w przyszłości rozbudowywane, a stopniowo będą zastępowane przez linie kablowe, zatem przyjęcie pasma liniowego dla systemu małego zasięgu, np. w zakresie  $36 \div 142$  kHz, nie wydaje się racjonalne.

Proponuje się zatem wziąć pod uwagę przy ustalaniu pasma liniowego dla systemu małego zasięgu przede wszystkim zakresy  $6 \div 54$  kHz i  $60 \div 108$  kHz.

W przypadku przyjęcia pasma liniowego, uniemożliwiającego bezpośrednią współpracę na wspólnej podbudowie słupowej z klasycznymi 3-krotnymi i 12-krotnymi systemami napowietrznymi (z odstępem 4 kHz między częstotliwościami nośnymi), masowe wprowadzenie systemu małego zasięgu w liniach napowietrznych będzie wymagało odpowiedniego przegrupowania istniejących urządzeń systemów napowietrznych.

Zgodnie z zasadami podanymi w rozdziale 4.5. należy zapewnić takie układy pasm liniowych, aby przy transmisji prądu nośnego i jednej wstęgi bocznej w pasmach liniowych kanałów systemu uproszczonego było możliwe utworzenie czterech wariantów rozmieszczenia pasm liniowych.

Tytułem przykładu zostanie podana koncepcja rozmieszczenia pasm liniowych 6-krotnego systemu nośnego małego zasięgu w takich czterech wariantach, aby dla każdego z nich była możliwa prawidłowa współpraca



Rys. 3. Cztery warianty rozmieszczenia pasm liniowych uproszczonego 6-krotnego systemu małego zasięgu TN6/6, dostosowanego do współpracy z systemem 12-krotnym TN12/24K zajmującym pasma liniowe  $6 \div 50$  kHz i  $60 \div 104$  kHz lub  $10 \div 54$  kHz i  $64 \div 108$  kHz

na liniach kablowych z systemem 12-krotnym TN12/24K, przy czym kanały systemu 12-krotnego nie są zakłócanie prądami nośnymi, transmitowanymi w pasmach liniowych kanałów systemu 6-krotnego.

Tego rodzaju rozmieszczenie pasm liniowych dla systemu małego zasięgu oznaczonego symbolem TN6/6 podaje rys. 3. Jak widać z tego ry-



sunku, każdy z wariantów TN6a, TN6b, TN6c i TN6d systemu 6-krotnego umożliwia współpracę zarówno z systemem TN12/24K, jak również w każdej kombinacji między sobą, przy czym należy podkreślić, że przenikające do kanałów np. systemu TN6a zakłócenia pochodzące na skutek przesłuchu z kanałów systemów TN6b i TN6d są zawsze niezrozumiałe, a tylko zakłócenia pochodzące na skutek przesłuchu z kanałów systemu TN6c są zrozumiałe. Pasma naturalne w kanałach systemu TN6/6 obejmuje zakres 0,3÷3,4 kHz, a częstotliwość zewu pozapasmowego wynosi 3,825 kHz.

Z kolei zostanie omówiona koncepcja planu modulacji, umożliwiającego realizację tych pasm liniowych.

Plan modulacji dla wszystkich wariantów TN6a, TN6b, TN6c i TN6d systemu 6-krotnego powinien być zrealizowany w sposób możliwie ekonomiczny przy minimalnej liczbie częstotliwości przemian kanałowych i grupowych oraz przy możliwie daleko posuniętej unifikacji podzespołów.

Przy ustalaniu koncepcji planu modulacji zostały przyjęte zatem następujące zasady:

- dla potrzeb przemiany kanałowej przewiduje się stosowanie sześciu częstotliwości nośnych, wynoszących odpowiednio 64, 72, 80, 88, 96 i 104 kHz, z których każda stanowi parzystą lub nieparzystą wielokrotność 8 kHz,

- dla potrzeb przemiany grupowej przewiduje się stosowanie trzech częstotliwości 110, 114 i 118 kHz,

- gałęzie nadawcze układów przemiany kanałowej są wyposażone w zespoły modulatorów dwufazowych, zapewniających wytłumienie niepożądanego wstęgi bocznej o ok. 3,0 N, przy czym zespoły przesuwników fazowych są identyczne dla wszystkich kanałów,

- gałęzie odbiorcze układów przemiany kanałowej są wyposażone dla każdego z wariantów systemu 6-krotnego w 6 jednakowych typów kanałowych pasmowo-przepustowych filtrów odbiorczych, których pasma przepustowe obejmują zakresy: 64÷68 kHz, 72÷76 kHz, 80÷84 kHz, 88÷92 kHz, 96÷100 kHz, 104÷108 kHz,

- odstępy między pasmami liniowymi obu kierunków transmisji wynoszą dla każdego z wariantów 10 kHz,

- częstotliwości przemiany grupowej dla wariantów TN6a i TN6d wynoszą 118 kHz i 114 kHz, a dla wariantów TN6b i TN6c — 110 kHz i 114 kHz.

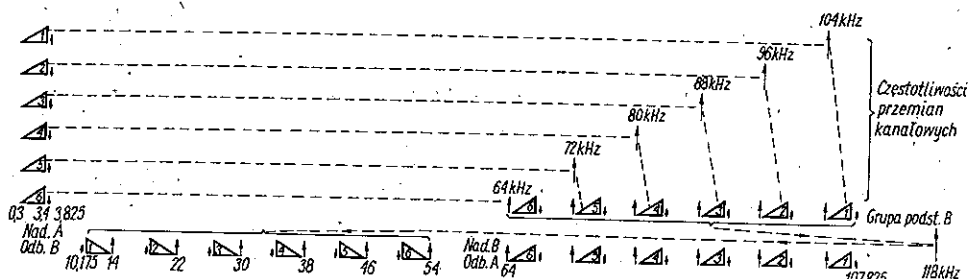
Znając powyższe zasady można łatwo prześledzić plany modulacji dla poszczególnych wariantów systemu.

Rysunek 4 przedstawia koncepcję planu modulacji wariantu TN6a rozmieszczenia pasm liniowych 6-krotnego systemu małego zasięgu.

W wariantcie TN6a tworzona jest 6-kanałowa grupa podstawowa B z transmisją prądów nośnych o odstępach 8 kHz między częstotliwościami nośnymi sąsiednich kanałów, obejmująca zakres 64÷108 kHz, przy czym

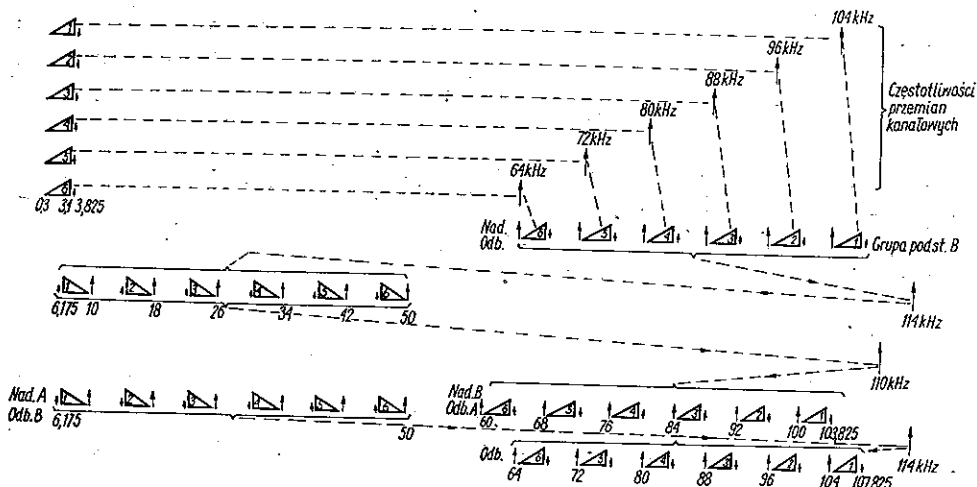
wykorzystywane są górne wstęgi boczne powstające w wyniku działania modulatorów kanałowych.

Grupa podstawowa B zajmuje bezpośrednio położenie w pasmie liniowym dla jednego kierunku transmisji.



Rys. 4. Plan modulacji dla realizacji wariantu TN6a rozmieszczenia pasm liniowych 6-krotnego systemu małego zasięgu

Pasma liniowe drugiego kierunku transmisji w wariantcie TN6a obejmujące zakres 10÷54 kHz jest uzyskiwane na drodze przesunięcia w to położenie grupy podstawowej B za pomocą częstotliwości nośnej, wynoszącej 118 kHz.



Rys. 5. Plan modulacji dla realizacji wariantu TN6b rozmieszczenia pasm liniowych 6-krotnego systemu małego zasięgu

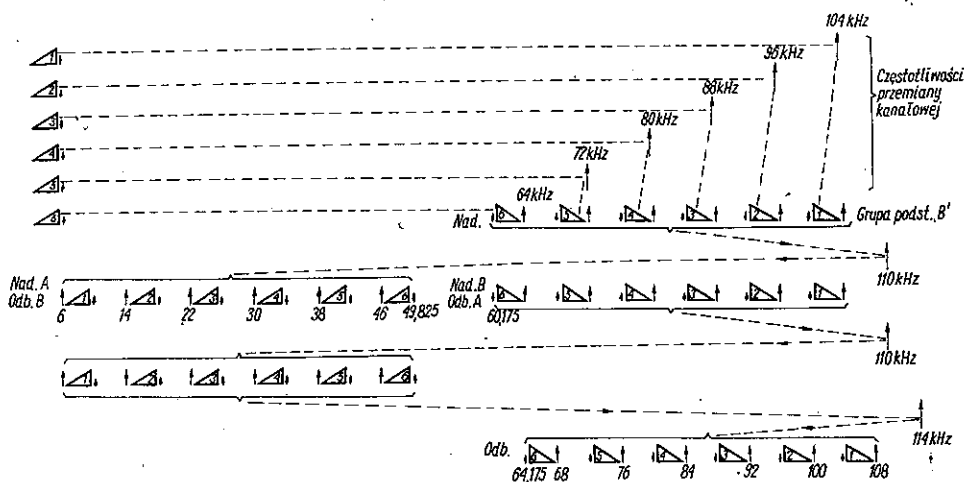
Rysunek 5 przedstawia koncepcję planu modulacji wariantu TN6b 6-krotnego systemu małego zasięgu.

W wariantcie TN6b jest tworzona identyczna jak dla wariantu TN6a

grupa podstawowa *B* obejmująca zakres  $64 \div 108$  kHz, która zostaje przesunięta do położenia w pasmie liniowym jednego kierunku transmisji obejmującego zakres  $6 \div 50$  kHz za pomocą częstotliwości nośnej, wynoszącej 114 kHz.

Pasma liniowe drugiego kierunku transmisji obejmujące zakres  $60 \div 104$  kHz jest realizowane za pomocą przesunięcia grupy podstawowej *B* najpierw do położenia obejmującego zakres  $6 \div 50$  kHz za pomocą częstotliwości nośnej przemiany grupowej 114 kHz, a następnie przesunięcia tej grupy do położenia obejmującego zakres  $60 \div 104$  kHz za pomocą częstotliwości nośnej wynoszącej 110 kHz.

Rysunek 6 przedstawia koncepcję planu modulacji dla wariantu TN6c systemu małego zasięgu.



Rys. 6. Plan modulacji dla realizacji wariantu TN6c rozmieszczenia pasm liniowych 6-krotnego systemu małego zasięgu

W wariantcie TN6c dla celów nadawania tworzona jest 6-kanałowa grupa podstawowa *B'* obejmująca zakres  $60 \div 104$  kHz, przy czym wykorzystywane są dolne wstęgi boczne powstające w wyniku działania modulatorów kanałowych.

Grupa podstawowa *B'* zajmuje bezpośrednio swoje położenie w pasmie liniowym jednego kierunku transmisji.

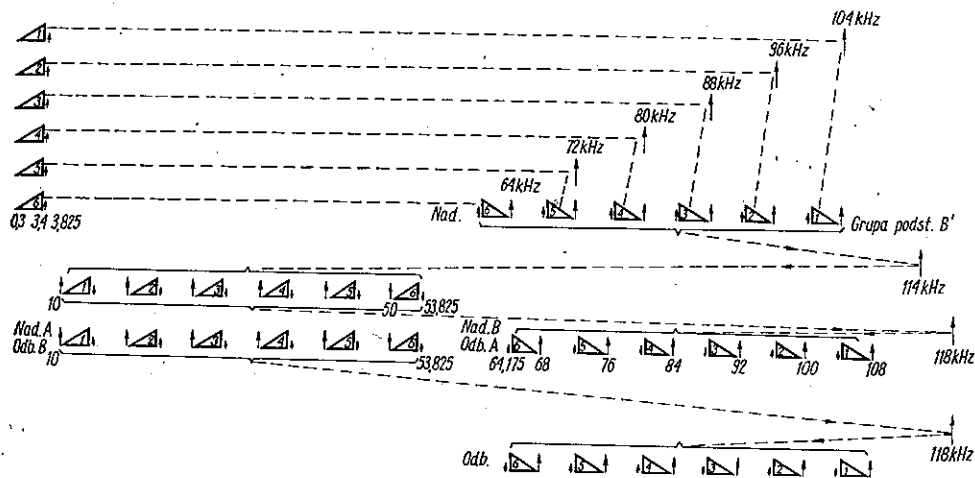
Pasma liniowe drugiego kierunku transmisji dla wariantu TN6c obejmujące zakres  $6 \div 50$  kHz jest uzyskiwane na drodze przesunięcia grupy podstawowej *B'* do tego położenia za pomocą częstotliwości nośnej wynoszącej 110 kHz.

Ponieważ filtry kanałowe w gałęziach odbiorczych zespołów przemiany kanałowej mają te same pasma przepustowe, jak dla wariantów TN6a

i TN6b, zatem konieczne jest przesunięcie pasm liniowych w części odbiorczej krotnic wariantu TN6c do położenia grupy podstawowej B obejmującej zakres  $64 \div 108$  kHz.

W tym celu grupa 6-kanałowa obejmująca w pasmie liniowym zakres  $6 \div 50$  kHz zostaje przesunięta do położenia, obejmującego zakres  $64 \div 108$  kHz za pomocą częstotliwości nośnej 114 kHz; natomiast grupa obejmująca w pasmie liniowym zakres  $60 \div 104$  kHz zostaje przesunięta najpierw do położenia, obejmującego zakres  $6 \div 50$  kHz za pomocą częstotliwości nośnej wynoszącej 110 kHz, a następnie do położenia obejmującego zakres  $64 \div 108$  kHz za pomocą częstotliwości nośnej wynoszącej 114 kHz.

Rysunek 7 przedstawia plan modulacji w celu realizacji wariantu TN6d systemu małego zasięgu.



Rys. 7. Plan modulacji dla realizacji wariantu TN6d rozmieszczenia pasm liniowych 6-krotnego systemu małego zasięgu

W wariantcie tym do celów nadawania jest tworzona 6-kanałowa grupa podstawowa B' identyczna jak dla wariantu TN6c.

Pasmo liniowe jednego kierunku transmisji obejmujące zakres  $10 \div 54$  kHz jest tworzone na drodze przesunięcia grupy podstawowej B' przy zastosowaniu częstotliwości nośnej wynoszącej 114 kHz.

Pasmo liniowe drugiego kierunku transmisji, obejmujące zakres  $64 \div 108$  kHz jest tworzone dzięki przesunięciu grupy podstawowej B' najpierw do położenia, obejmującego zakres  $10 \div 54$  kHz za pomocą częstotliwości nośnej 114 kHz, a następnie przesunięcia grupy obejmującej zakres  $10 \div 54$  kHz do położenia w pasmie liniowym za pomocą częstotliwości nośnej wynoszącej 118 kHz.

Część odbiorcza zespołów przemiany kanałowej wariantu TN6d zawiera filtry tych samych typów, jakie są stosowane w wariantach TN6a, TN6b i TN6c.

Omówione plany modulacji są łatwe do realizacji, zwłaszcza dzięki zastosowaniu modulatorów dwufazowych w układach przemiany kanałowej, gdzie wytłumienie dolnej lub górnej wstęgi bocznej w zależności od potrzeby jest osiąganę przez bezpośrednią zamianę położenia przesuwników fazowych.

## **5. DYSKUSJA PODSTAWOWYCH PARAMETRÓW URZĄDZEŃ TRAKTU LINIOWEGO DLA SYSTEMU TELEFONII NOŚNEJ MAŁEGO ZASIĘGU**

### **5.1. Urządzenia napowietrznego traktu liniowego**

#### **5.1.1. Podział mocy szumów**

Zgodnie z proponowanym w rozdz. 3 podziałem mocy szumów w łączu, psfometryczna moc szumów w punkcie o zerowym poziomie względnym na końcu łącza, utworzonego za pomocą systemu telefonii nośnej małego zasięgu, pochodząca od urządzeń traktu liniowego nie powinna przekraczać następujących wartości:

— 1600 pW dla łączy małego zasięgu, które mogą wchodzić w zestawy łączy międzynarodowych,

— 2800 pW dla łączy małego zasięgu, które mogą wchodzić tylko w zestawy łączy krajowych.

Według zaleceń CCITT psfometryczna moc szumów na końcu łącza odniesienia o długości 2500 km, pochodząca z urządzeń napowietrznego traktu liniowego, mierzona w punkcie o zerowym poziomie względnym, nie powinna przekroczyć wartości 17 500 pW [12].

Ścisłe stosowanie się do zaleceń CCITT odnośnie podziału mocy szumów od traktu liniowego dla napowietrznych łączy nośnych małego zasięgu nie wydaje się konieczne.

Jeśli w łączu realizowanym w systemie małego zasięgu będą pracowały 4 wzmacniaki przelotowe z inwersją pasm liniowych, przy czym każdy ze wzmacniaków będzie wprowadzał moc szumów wynoszącą ok. 100 pW, wtedy podział mocy szumów pochodzących od napowietrznego traktu liniowego dla łącza nośnego małego zasięgu przewidzianego do współpracy z łączami międzynarodowymi można zaproponować, jak następuje:

— szумы termiczne toru, szумы termiczne wzmacniaków, szумы od zniekształceń intermodu-

lacyjnych we wzmacniakach	—	400 pW
— szумы „zewnętrzne”	—	450 pW
— szумы od przesłuchów liniowych	—	750 pW
	Razem	1600 pW

Szумы „zewnętrzne” pochodzą od zakłóceń wywołanych wyładowaniami atmosferycznymi, wpływem obcych pól od linii energetycznych, wpływem obcych pól od radiostacji długofalowych itp. Jeśli założymy, że dopuszcza się w łączach nośnych małego zasięgu, przewidzianych do zastosowania wyłącznie w sieciach krajowych podwojenie mocy szumów „zewnętrzných” i szumów od przesłuchów liniowych, wtedy propozycja podziału mocy szumów pochodzących od urządzeń napowietrznego traktu liniowego dla tego rodzaju łączy przedstawia się jak następująco:

— szумы termiczne toru, szумы termiczne wzmacniaków, szумы termiczne od zniekształceń intermodulacyjnych we wzmacniakach	—	400 pW
— szумы „zewnętrzne”	—	900 pW
— szумы od przesłuchów liniowych	—	1500 pW
	Razem	2800 pW

### 5.1.2. Odstepy zdalnoprzesłuchowe

Pogląd na możliwość utrzymania mocy szumów od przesłuchów liniowych w przewidzianych granicach dla różnych przypadków wykorzystania napowietrznych systemów małego zasięgu uzyskuje się po ustaleniu wymagań na odstepy zdalnoprzesłuchowe między torami nośnymi.

Szумы od przesłuchów liniowych w przypadku stosowania wzmacniaków przelotowych z inwersją pasm liniowych można podzielić na dwie zasadnicze grupy:

- szумы pochodzące od przesłuchu zdalnego, uwarunkowane właściwościami konstrukcyjnymi linii,
- szумы od przesłuchu zbliżonego, powstające wskutek odbić między torem i wzmacniakiem przelotowym.

W niniejszej pracy zostanie przyjęty następujący podział mocy szumów od przesłuchów liniowych:

a) dla napowietrznych łączy nośnych małego zasięgu, przewidzianych do współpracy z łączami międzynarodowymi:

szумы od przesłuchu zdalnego	—	500 pW
szумы od przesłuchu zbliżonego	—	250 pW

b) dla napowietrznych łączy nośnych małego zasięgu, przewidzianych do współpracy z łączami krajowymi:

szumy od przesłuchu zdalnego — 1000 pW  
 szumy od przesłuchu zbliżonego — 500 pW

W oparciu o powyższe propozycje można będzie określić na drodze obliczeniowej odstęp zdalnopresłuchowe między torami nośnymi przy założeniu różnego usytuowania pasm liniowych systemu telefonii nośnej małego zasięgu dla którego rozmieszczenie pasm liniowych można realizować w czterech wariantach *a*, *b*, *c* i *d* zgodnie z rys. 3.

Obliczenia te umożliwią szacunkową ocenę korzyści, wynikających z możliwości uproszczenia konstrukcji transpozycji torów na nowo budowanych ewentualnie modernizowanych liniach napowietrznych, jak również dadzą pogląd na zakres zastosowań systemu małego zasięgu na liniach napowietrznych.

Aby obliczyć średni dla dowolnego kanału i dowolnego odcinka wzmacniakowego odstęp zdalnopresłuchowy  $A_{zd}$ , posłużymy się nieco zmodyfikowaną, w porównaniu do wzoru (1), zależnością:

$$p_z = p_{sr} + \frac{1}{2} \ln(S-1) + \frac{1}{2} \ln n - A_{zd} - \Delta p - G \quad (7)$$

gdzie:

- $p_z$  — bezwzględny poziom psfometrycznej mocy szumów od przesłuchu zdalnego w punkcie o zerowym poziomie względnym,
- $p_{sr}$  — wartość średnia bezwzględnego poziomu mocy prądów w kanale w godzinie dużego ruchu,
- $S$  — liczba torów nośnych,
- $n$  — liczba odcinków wzmacniakowych,
- $\Delta p$  — czynnik wyrażający zmniejszenie odstepu zdalnopresłuchowego dzięki stosowaniu różnych wariantów rozmieszczenia pasm liniowych,
- $G$  — zysk komparatora wyrażający zmniejszenie odstepu zdalnopresłuchowego dzięki stosowaniu komparatora.

Ustalimy najpierw odstepy zdalnopresłuchowe przy następujących założeniach:

— na wszystkich torach zakłócających pracują systemy z jednakowym rozmieszczeniem pasm liniowych, zatem  $\Delta p = 0$ ,

— bezwzględny poziom psfometrycznej mocy szumów od przesłuchu zdalnego w kanale zakłócanym  $p_z$ , pochodzący ze wszystkich kanałów zakłócających innych systemów wynosi

$$p_z = -7,25 \text{ NmOp (co odpowiada mocy szumów 500 pW),}$$

$$p_{sr} = -1,73 \text{ NmO,}$$

$$n = 5,$$

$$G = 2,6 \text{ N,}$$

$$S = 4, 8, 12, 16.$$

Wyniki obliczeń odstępów zdalnoprzęsłuchowych dla powyższego przypadku przy założeniu, że liczba torów nośnych w linii napowietrznej wynosi 4, 8, 12 lub 16 podaje tabl. 3.

Tablica 3

**Odstępy zdalnoprzęsłuchowe przy jednakowym rozmieszczeniu pasm liniowych systemów**

Liczba torów nośnych	4	8	12	16
Odstęp zdalnoprzęsłuchowy bez stosowania komparatorów $A_{zd}$ [N]	6,875	7,295	7,525	7,68
Odstęp zdalnoprzęsłuchowy przy zastosowaniu komparatorów $A_{zd}$ [N]	4,275	4,695	4,925	5,08

Wartości odstępów zdalnoprzęsłuchowych podane w tabl. 3 mogą być obniżone o 0,35 N w przypadku realizowania łączy nośnych małego zasięgu, wyłącznie dla potrzeb ruchu krajowego zgodnie z przyjętymi założeniami na podział szumów od przesłuchu liniowego.

Z kolei obliczymy odstępów zdalnoprzęsłuchowe przy założeniu, że stosuje się system małego zasięgu w dwóch wariantach rozmieszczenia pasm liniowych (TN6a i TN6b lub TN6c i TN6d według rys. 3).

Można przy tym rozpatrywać dwa przypadki:

— zakłada się, że psfometryczne moce szumów, pochodzących od przesłuchów zrozumiałych i niezrozumiałych są jednakowe, a wtedy odstępów zdalnoprzęsłuchowe wypadają różne,

— zakłada się taki podział mocy szumów, pochodzących od przesłuchów zrozumiałych i niezrozumiałych, że wymagany odstęp zdalnoprzęsłuchowy między torami nośnymi w dowolnej kombinacji jest jednakowy.

Aby obliczyć odstępów zdalnoprzęsłuchowe dla pierwszego przypadku, gdzie zakłada się, że moce szumów od przesłuchów zrozumiałego i niezrozumiałego są jednakowe, można posługiwać się wzorem (7), przy czym za wartość bezwzględnego poziomu mocy psfometrycznej szumów za-



równy od przesłuchu zrozumiałego jak i niezrozumiałego należy przyjmować wartość

$$p_z = -7,6 \text{ NmOp}$$

a za wartość  $\Delta p$  należy zgodnie z oceną dokonaną w rozdz. 4.5 niniejszego artykułu przyjmować wartość

$$\Delta p = 2,7 \text{ N}$$

przy czym czynnik  $\Delta p$  należy uwzględniać tylko przy obliczeniach odstępów zdalnopresłuchowych między torami nośnymi, na których pra-

Tablica 4

Odstępy zdalnopresłuchowe między torami nośnymi dla dwóch wariantów rozmieszczenia pasm liniowych systemu i przy jednakowych psfometrycznych mocach szumów pochodzących od przesłuchu zrozumiałego i niezrozumiałego

Ogólna liczba torów	4		8		12		16	
Liczba torów, z których pochodzi przesłuch zrozumiały	1	—	3	—	5	—	7	—
Liczba torów, z których pochodzi przesłuch niezrozumiały	—	2	—	4	—	6	—	8
Odstęp zdalnopresłuchowy między torami z przesłuchem zrozumiałym bez komandora $A_{zd}$ [N]	6,675	—	7,225	—	7,480	—	7,645	—
Odstęp zdalnopresłuchowy między torami z przesłuchem zrozumiałym z komandorem $A_{zd}$ [N]	4,075	—	4,625	—	4,880	—	5,045	—
Odstęp zdalnopresłuchowy między torami z przesłuchem niezrozumiałym bez komandora $A_{zd}$ [N]	—	4,325	—	4,675	—	4,875	—	5,015
Odstęp zdalnopresłuchowy między torami z przesłuchem niezrozumiałym z komandorem $A_{zd}$ [N]	—	1,725	—	2,075	—	2,275	—	2,415

cują systemy o różnym rozmieszczeniu pasm liniowych, zapewniających uzyskanie przesłuchów niezrozumiałych.

Wyniki obliczeń średnich wartości odstępów zdalnoprzesłuchowych między torami nośnymi przy jednakowych psfometrycznych mocach szumów od przesłuchów zrozumiałego i niezrozumiałego przy stosowaniu dwóch systemów o rozmieszczeniu pasm liniowych, zapewniających zmniejszenie odstepu zdalnoprzesłuchowego o wartość  $\Delta p = 2,7$  N i przy liczbie odcinków wzmacniakowych  $n = 5$  podaje tabl. 4.

Wartości odstępów zdalnoprzesłuchowych, podane w tabl. 4, mogą być obniżone o 0,35 N w przypadku realizowania łączy nośnych małego zasięgu wyłącznie dla potrzeb ruchu krajowego.

Z kolei interesujące będzie ustalenie odstępów zdalnoprzesłuchowych w taki sposób, aby były one jednakowe w dowolnych kombinacjach między torami nośnymi przy założeniu, że na linii współpracuje równolegle szereg systemów o dwóch różnych rozmieszczeniach pasm liniowych (np. TN6a i TN6b lub TN6c i TN6d wg rys. 3).

W tych warunkach do kanałów danego systemu zakłócanego przenikają sygnały zakłócające powodujące powstawanie przesłuchów zarówno zrozumiałych jak i też niezrozumiałych, przy czym zapewnienie jednakowych odstępów zdalnoprzesłuchowych dla wszystkich kombinacji między torami wymaga przyjęcia założenia, że moce szumów pochodzące od przesłuchów zrozumiałych i niezrozumiałych w rozpatrywanym kanale są różne.

Aby ustalić odstepy zdalnoprzesłuchowe przy powyższych założeniach, określimy najpierw bezwzględny poziom psfometrycznej mocy szumów w kanale pochodzących od przesłuchu niezrozumiałego  $p_{zn}$  oraz bezwzględny poziom psfometrycznej mocy szumów pochodzących od przesłuchu zrozumiałego  $p_{zz}$ , które można przedstawić w postaci następujących zależności:

$$p_{zn} = p_{sr} + \frac{1}{2} \ln n + \frac{1}{2} \ln S_n - A_{zd} - \Delta p \quad (8)$$

$$p_{zz} = p_{sr} + \frac{1}{2} \ln n + \frac{1}{2} \ln S_z - A_{zd} \quad (9)$$

gdzie:

$S_n$  — liczba torów, z których pochodzą przesłuchy niezrozumiałe,

$S_z$  — liczba torów, z których pochodzą przesłuchy zrozumiałe,

$p_{sr}$ ,  $n$ ,  $A_{zd}$ ,  $\Delta p$  — wielkości określone poprzednio przy definicji wzoru (7).

Jeśli dopuszczalna psfometryczna moc szumów od przesłuchu zdalnego w kanale zakłócanym wynosi  $P_z$  [pW], to związek między mocą  $P_z$  i poziomami  $p_{zn}$  i  $p_{zz}$  można wyrazić w następującej formie:

$$P_z = 10^{-3} [e^{2p_{zn}} + e^{2p_{zz}}] \quad (10)$$

Podstawiając do wzoru (10) wyrażenia (8) i (9) i zakładając, że  $A_{zd}$  jest w obu wyrażeniach jednakowy otrzymujemy:

$$A_{zd} = -\frac{1}{2} \left\{ \ln \frac{P_z}{10^{-3}} - \ln \left[ e^{2\left(p_{sr} + \frac{1}{2} \ln n + \frac{1}{2} \ln S_n - \Delta p\right)} + e^{2\left(p_{sr} + \frac{1}{2} \ln n + \frac{1}{2} \ln S_z\right)} \right] \right\} \quad (11)$$

Podstawiając do wzoru (11) wartości:

$$p_{sr} = -1,73 \text{ NmO,}$$

$$n = 5,$$

$$\Delta p = 2,7 \text{ N,}$$

$$S_n = S_z + 1,$$

przy czym całkowita liczba torów  $S$  spełnia zawsze zależność

$$S = S_n + S_z + 1$$

można łatwo określić wymagane odstępów zdalnopresłuchowe  $A_{zd}$  dla  $S = 4$ ,  $S = 8$ ,  $S = 12$ ,  $S = 16$ , przyjmując, że globalna psfometryczna moc szumów pochodzących od przesłuchu zdalnego wynosi  $P_z = 500$  pW.

Wyniki obliczeń odstępów zdalnopresłuchowych jednakowych we wszystkich kombinacjach dla danej liczby torów przy zastosowaniu dwóch systemów nośnych małego zasięgu na tych torach o różnym rozmieszczeniu pasm liniowych, zapewniającym zmniejszenie odstepu zdalnopresłuchowego o wartość  $\Delta p = 2,7$  N między torami, na których pracują te systemy, podaje tabl. 5.

Wartości odstępów zdalnopresłuchowych, podane w tabl. 5 mogą być obniżone o 0,35 N w przypadku realizowania łączy nośnych małego zasięgu wyłącznie dla potrzeb ruchu krajowego.

Z kolei rozważone zostaną odstępów zdalnopresłuchowe przy założeniu, że stosuje się system małego zasięgu w czterech wariantach rozmieszczenia pasm liniowych (TN6a, TN6b, TN6c i TN6d według rys. 3).

Analogicznie jak dla poprzednio rozważonego przypadku można obliczać odstępów zdalnopresłuchowe, gdy zakłada się, że psfometryczne moce szumów pochodzące od przesłuchów zrozumiałych i niezrozumiałych są jednakowe albo, gdy przyjmuje się, że psfometryczne moce szumów pochodzące od przesłuchów zrozumiałych i niezrozumiałych są różne i takie, że zapewniają uzyskanie jednakowych odstępów zdalnopresłuchowych w dowolnych kombinacjach między torami.

Przy obliczaniu odstępów zdalnopresłuchowych w przypadku wyko-

rzystywania systemu o czterech wariantach rozmieszczenia pasm liniowych wystąpią następujące rodzaje przesłuchów:

— przesłuch zrozumiały i „bezpośredni” (kanał zakłócający w tym samym położeniu co kanał zakłócany), zatem do obliczeń należy przyjmować wartość  $\Delta p = 0,0$  N,

Tablica 5

Odstępy zdalnopresłuchowe przy dwóch wariantach rozmieszczenia pasm liniowych systemu i różnych psfometrycznych mocach szumów, pochodzących od przesłuchu zrozumiałego i niezrozumiałego

Ogólna liczba torów	4	8	12	16
Liczba torów, z których pochodzi przesłuch niezrozumiały	2	4	6	8
Liczba torów, z których pochodzi przesłuch zrozumiały	1	3	5	7
Odstęp zdalnopresłuchowy między torami bez stosowania kompandorów $A_{zd}$ [N]	6,329	6,878	7,132	7,296
Odstęp zdalnopresłuchowy między torami przy stosowaniu kompandorów $A_{zd}$ [N]	3,729	4,278	4,532	4,696

— przesłuch zrozumiały i „niebezpośredni” (pasmo kanału zakłócającego przesunięte o 4 kHz względem zakłócanego, jak np. w systemach TN6a i TN6c wg rys. 3), zatem zgodnie z oceną dokonaną w rozdz. 4.5: niniejszej pracy można przyjmować do obliczeń wartość  $\Delta p = 0,7$  N,

— przesłuch niezrozumiały i „bezpośredni” (kanał zakłócający w tym samym położeniu co kanał zakłócany, ale z odwróconym porządkiem częstotliwości, jak np. w systemach TN6b i TN6c wg rys. 3), zatem do obliczeń można przyjmować wartość  $\Delta p = 0,9$  N,

— przesłuch niezrozumiały i „niebezpośredni” (pasmo kanału zakłócającego przesunięte względem zakłócanego o 4 kHz i z odwróconym porządkiem częstotliwości, jak np. w systemach TN6a i TN6b wg rys. 3), zatem do obliczeń można przyjmować wartość  $\Delta p = 2,7$  N.

Pojęcia przesłuchów „bezpośredniego” i „niebezpośredniego” zostały

wprowadzone umownie wyłącznie w celu odróżnienia położenia pasm liniowych kanału zakłócającego względem zakłócanego i nie mają poza tym innego znaczenia.

Zakładając jednakowy podział mocy sygnałów zakłócających pochodzących od różnego rodzaju przesłuchów, można w oparciu o wzór (7) i przytoczone powyżej wartości  $\Delta p$ , wyrażające zmniejszenie odstepu zdalnopresłuchowego, wyznaczyć wartości odstepu zdalnopresłuchowego w dowolnych kombinacjach torów nośnych.

Tablica 6 podaje wyniki obliczeń odstepów zdalnopresłuchowych mię-

Tablica 6

**Odstępy zdalnopresłuchowe dla czterech wariantów rozmieszczenia pasm liniowych systemu przy jednakowych psfometrycznych mocach szumów pochodzących od przesłuchu zrozumiałego i niezrozumiałego**

Globalna liczba torów nośnych	4				8				12				16			
Liczba torów, z których pochodzi przesłuch zrozumiały i „bezpośredni”	—	—	—	—	1	—	—	—	2	—	—	—	3	—	—	—
Liczba torów, z których pochodzi przesłuch zrozumiały i „niebezpośredni”	—	1	—	—	—	2	—	—	—	3	—	—	—	4	—	—
Liczba torów, z których pochodzi przesłuch niezrozumiały i „bezpośredni”	—	—	1	—	—	—	2	—	—	—	3	—	—	—	4	—
Liczba torów, z których pochodzi przesłuch niezrozumiały i „niebezpośredni”	—	—	—	1	—	—	—	2	—	—	—	3	—	—	—	4
Odstęp zdalnopresłuchowy między torami, na których pracują systemy z jednakowym rozmieszczeniem pasm liniowych bez komparatorów $A_{zd}$ [N]	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
					4,425					4,775				4,975		
Odstęp zdalnopresłuchowy między torami, na których pracują systemy z jednakowym rozmieszczeniem pasm liniowych z komparatorami $A_{zd}$ [N]	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tablica 6 (cd.)

Globalna liczba torów nośnych	4		8		12		16	
Odstęp zdalnoprzęsłuchowy między torami, na których pracują systemy z rozmiesz- czeniem pasm liniowych w wariantach a i c lub b i d bez komparatorów $A_{zd}$ [N]	-	6,175	-	-	6,675	-	-	7,025
Odstęp zdalnoprzęsłuchowy między torami, na których pracują systemy z rozmiesz- czeniem pasm liniowych w wariantach a i c lub b i d z komparatorami $A_{zd}$ [N]	-	3,575	-	-	4,075	-	-	4,425
Odstęp zdalnoprzęsłuchowy między torami, na których pracują systemy z rozmiesz- czeniem pasm liniowych w wariantach a i d lub b i c bez komparatorów $A_{zd}$ [N]	-	-	-	5,975	-	-	6,675	-
Odstęp zdalnoprzęsłuchowy między torami, na których pracują systemy z rozmiesz- czeniem pasm liniowych w wariantach a i d lub b i c z komparatorami $A_{zd}$ [N]	-	-	3,375	-	-	3,875	4,075	4,225
Odstęp zdalnoprzęsłuchowy między torami, na których pracują systemy z rozmiesz- czeniem pasm liniowych a i b lub c i d bez komparatorów $A_{zd}$ [N]	-	-	-	4,175	-	-	4,675	-
Odstęp zdalnoprzęsłuchowy między torami, na których pracują systemy z rozmiesz- czeniem pasm liniowych a i b lub c i d z komparatorami $A_{zd}$ [N]	-	-	-	1,575	-	2,075	-	2,425

dzy torami nośnymi przy założeniu, że globalna dopuszczalna psofometryczna moc szumów od przesłuchu zdalnego w danym kanale zakłócanym wynosi  $P_z = 500$  pW, moce zakłóceń pochodzące od każdego z torów sąsiednich są jednakowe, liczba odcinków wzmacniakowych wynosi  $n = 5$ , tory są zwielokrotnione systemami nośnymi o rozmieszczeniach pasm liniowych jak w wariantach TN6a, TN6b, TN6c i TN6d wg rys. 3 oraz liczba torów może wynosić  $S = 4$ ,  $S = 8$ ,  $S = 12$  lub  $S = 16$ .

Wartości odstępów zdalnopresłuchowych, podane w tabl. 6, mogą być obniżone o 0,35 N w przypadku realizowania łączy nośnych małego zasięgu wyłącznie dla potrzeb ruchu krajowego.

Na koniec obliczone zostaną odstępów zdalnopresłuchowe przy założeniu, że przy dysponowaniu czterema wariantami pasm liniowych systemu odstępów te pozostają jednakowe przy dowolnych kombinacjach między torami dla danej liczby torów.

W takich warunkach moce szumów od przesłuchu zdalnego, pochodzące z torów zakłócających mogą być różne, ale bilans tych mocy jest identyczny jak dla poprzednio rozpatrzonych przypadków, tzn. psofometryczna moc zakłóceń od przesłuchu zdalnego na końcu łączy wynosi  $P_z = 500$  pW.

Przeprowadzając podobne rozumowanie jak dla przypadku, gdy dysponuje się dwoma wariantami pasm liniowych, dochodzimy do wzoru na odstęp zdalnopresłuchowy  $A_{zd}$  w postaci:

$$A_{zd} = \frac{-\ln \frac{P_z}{10^{-3}} + \ln \left[ e^{2\left(p_{sr} + \frac{1}{2} \ln n + \frac{1}{2} \ln S_z\right)} + e^{2\left(p_{sr} + \frac{1}{2} \ln n + \frac{1}{2} \ln S'_z - \Delta p'_z\right)} + e^{2\left(p_{sr} + \frac{1}{2} \ln n + \frac{1}{2} \ln S'_n - \Delta p'_n\right)} + e^{2\left(p_{sr} + \frac{1}{2} \ln n + \frac{1}{2} \ln S_n - \Delta p_n\right)} \right]}{2} \quad (12)$$

gdzie:

- $P_z$  — globalna moc zakłóceń od przesłuchu zdalnego, wynosząca 500 pW,
- $p_{sr}$  — wartość średnia bezwzględnego poziomu mocy prądów w kanale,
- $n$  — liczba odcinków wzmacniakowych,
- $S_z$  — liczba torów, z których pochodzą przesłuchy zrozumiałe i „bezpośrednie”,
- $S'_z$  — liczba torów, z których pochodzą przesłuchy zrozumiałe i „niebezpośrednie”,
- $S'_n$  — liczba torów, z których pochodzą przesłuchy niezrozumiałe i „bezpośrednie”,
- $S_n$  — liczba torów, z których pochodzą przesłuchy niezrozumiałe i „niebezpośrednie”.

- $\Delta p'_z$  — czynnik wyrażający zmniejszenie odstepu zdalnoprzęsłuchowego przy współpracy dwóch systemów z rozmieszczeniem pasm liniowych, zapewniającym powstawanie przesłuchów zrozumiałych, ale „niebezpośrednich”,
- $\Delta p'_n$  — czynnik wyrażający zmniejszenie odstepu zdalnoprzęsłuchowego przy współpracy dwóch systemów z rozmieszczeniem pasm liniowych, zapewniającym powstawanie przesłuchów niezrozumiałych, ale „bezpośrednich”,
- $\Delta p_n$  — czynnik wyrażający zmniejszenie odstepu zdalnoprzęsłuchowego przy współpracy dwóch systemów z rozmieszczeniem pasm liniowych, zapewniającym powstawanie przesłuchów niezrozumiałych i „niebezpośrednich”.

Podstawiając do wzoru (12) wartości:

$$p_{sr} = -1,73 \text{ NmO},$$

$$n = 5,$$

$$\Delta p'_z = 0,7 \text{ N},$$

$$\Delta p'_n = 0,9 \text{ N},$$

$$\Delta p_n = 2,7 \text{ N}$$

oraz odpowiednie wartości  $S_z$ ,  $S'_z$ ,  $S'_n$  i  $S_n$  można łatwo obliczyć odstepy zdalnoprzęsłuchowe.

Globalna liczba torów  $S$ , dla której każdorazowo oblicza się odstepy  $A_{zd}$ , wynosi:

$$S = S_z + 1 + S'_z + S'_n + S_n \quad (13)$$

Wyniki obliczeń odstepów zdalnoprzęsłuchowych, które dla danej liczby torów są jednakowe przy globalnej liczbie torów  $S = 4$ ,  $S = 8$ ,  $S = 12$  i  $S = 16$  i przy stosowaniu systemu z czterema wariantami pasma liniowego podaje tabl. 7.

Wartości odstepów zdalnoprzęsłuchowych, podane w tabl. 7, mogą być obniżone o 0,35 N w przypadku wykorzystywania torów przez systemy nośne małego zasięgu przeznaczone wyłącznie dla potrzeb ruchu krajowego.

Jak było do przewidzenia, najłatwiejsze do spełnienia są wymagania na odstepy zdalnoprzęsłuchowe w przypadku wykorzystywania czterech wariantów rozmieszczenia pasm liniowych w systemie telefonii nośnej małego zasięgu, np. według propozycji podanej na rys. 3.

Powstaje jedynie problem, czy należy dokonywać transpozycji torów napowietrznych w taki sposób, aby odstepy zdalnoprzęsłuchowe były jednakowe dla dowolnych kombinacji między torami czy też, aby były one różne.



Porównując wyniki obliczeń dla obu przypadków podane w tabl. 6 i 7 można przypuszczać, że przypadek przewidujący różne wartości odstępów zdalnoprzęsłuchowych jest korzystniejszy, ponieważ można lepiej wysymetryzować dalej położone od siebie tory, a nieco gorzej bliżej siebie le-

Tablica 7

Odstępy zdalnoprzęsłuchowe przy czterech wariantach rozmieszczenia pasm liniowych systemu i różnych psfometrycznych mocach szumów pochodzących od przesłuchu zrozumiałego i niezrozumiałego

Ogólna liczba torów $S$	4	8	12	16
Liczba torów, z których pochodzą przesłuchy zrozumiałe, ale „niebezpośrednie” $S'_z$	1	2	3	4
Liczba torów, z których pochodzą przesłuchy zrozumiałe i „bezpośrednie” $S_z$	0	1	2	3
Liczba torów, z których pochodzą przesłuchy niezrozumiałe, ale „bezpośrednie” $S'_n$	1	2	3	4
Liczba torów, z których pochodzą przesłuchy niezrozumiałe i „niebezpośrednie” $S_n$	1	2	3	4
Odstęp zdalnoprzęsłuchowy bez stosowania komparatorów $A_{zd}$ [N]	5,888	6,628	6,916	7,097
Odstęp zdalnoprzęsłuchowy przy stosowaniu komparatorów $A_{zd}$ [N]	3,288	4,028	4,316	4,497

zące tory, na których można stosować systemy umożliwiające największe złagodzenie wymagań odstępów zdalnoprzęsłuchowych.

Nowoczesne metody transpozycji zapewniają uzyskanie odstępów zdalnoprzęsłuchowych rzędu 7,0 N w zakresie do 150 kHz, zatem wydaje się możliwe maksymalne zwielokrotnienie istniejących torów linii napowietrznych, zawierających 4 poprzeczники po 4 tory na każdym, i uzyska-

nie 96 łączy nośnych małego zasięgu dzięki zastosowaniu systemu telefonii nośnej o krotności 6 w czterech wariantach rozmieszczenia pasm liniowych.

W przypadku potrzeby równoległej współpracy torów nośnych o przewodach brązowych i stalowych na jednej podbudowie słupowej należy stosować systemy z dwoma rozmieszczeniami pasm liniowych, zapewniającymi największe dopuszczalne zmniejszenie odstępów zdalnoprzęsłuchowych i przesłuch niezrozumiały oraz wyposażyć kanały systemu wykorzystującego tory stalowe w urządzenia komparatorowe.

### 5.1.3. Tłumiennosc odcinków wzmacniakowych i dopuszczalne zasięgi

Podstawą do ustalenia tłumienności odcinków wzmacniakowych dla systemu napowietrznego jest określenie takiego dopuszczalnego poziomu wejściowego na końcu odcinka wzmacniakowego, który zapewniłby uzyskanie zadanego odstepu od poziomu szumów, występujących na końcu tego odcinka. Na szumy te składają się szumy termiczne toru, szumy termiczne i szumy od zniekształceń intermodulacyjnych wzmacniaka umieszczonego na początku rozważanego odcinka, szumy od przesłuchów liniowych i szumy „zewnątrzne”, wywołane zakłóceniami od wyładowań atmosferycznych, obcych pól od linii energetycznych, obcych pól od radiostacji długofalowych itp.

Przy badaniu linii napowietrznej okazuje się, że szumy termiczne toru są do pominięcia w porównaniu do szumów „zewnątrznych”, zatem znajomość poziomu mocy szumów „zewnątrznych” i stosunku globalnej mocy szumów od urządzeń traktu liniowego do mocy szumów „zewnątrznych” wystarcza do określenia poziomu szumów, występujących na końcu odcinka wzmacniakowego zgodnie z zależnością

$$p_s = p_{sz} + \frac{1}{2} \ln \frac{P_s}{P_{sz}} \quad (14)$$

gdzie:

$p_s$  — bezwzględny poziom globalnej mocy szumów na końcu odcinka,  
 $p_{sz}$  — bezwzględny poziom mocy szumów „zewnątrznych” na końcu odcinka,

$P_s$  — psfometryczna globalna moc szumów,  
 $P_{sz}$  — psfometryczna moc szumów „zewnątrznych”.

Szumy „zewnątrzne” nie występują w sposób ciągły. Wydaje się, że najgroźniejsze dla pracy kanałów telefonicznych są szumy pochodzące od pól wytwarzanych przez radiostacje długofalowe pracujące dla potrzeb komunikacji telegraficznej.

Proponuje się przyjąć do rozważań na podstawie szacunkowej oceny wyników pomiarów poziomu zakłóceń pochodzących od radiostacji długofalowych pracujących dla potrzeb komunikacji telegraficznej, że wartość bezwzględnego poziomu mocy szumów „zewnętrznych”  $p_{sz}$ , jakie mogą wystąpić w kanale na końcu odcinka wzmacniakowego, nie przekracza wartości:

$$p_{sz} = -9,2 \text{ Nm}$$

Znając wartość  $p_{sz}$ ,  $P_s$  i  $P_{sz}$  (na podstawie założeń przyjętych w rozdz. 5.1.1.) można przyjąć, że bezwzględny poziom mocy szumów  $p_s$  na końcu odcinka wzmacniakowego wynosi

$$p_s = -8,565 \text{ Nm}$$

Przyjęta do dalszych rozważań wartość  $p_s$  jest znacznie większa od wartości na ogół przyjmowanych do obliczeń tłumienności odcinków wzmacniakowych napowietrznych systemów dalekosieżnych [9], gdzie przyjmuje się, że wartość

$$p_s \cong -9,5 \text{ Nm}$$

Związek między odstępem od poziomu szumów pochodzących od urządzeń traktu liniowego na końcu łącza  $\Delta p_s$ , bezwzględnym poziomem mocy szumów występujących na końcu odcinka wzmacniakowego  $p_s$ , liczbą odcinków wzmacniakowych  $n$ , poziomem wejściowym  $p_{we}$  na końcu odcinka wzmacniakowego oraz zyskiem komparatora  $G$  można przedstawić w postaci:

$$p_{we} = p_s + \Delta p_s + \frac{1}{2} \ln n - G \text{ [Nr]} \quad (15)$$

Zysk komparatora  $G$  wyraża poprawę odstepu od poziomu szumów w momentach przerw w czasie rozmowy.

Za wartość  $G$  przyjmuje się 2,6 N [7].

Przyjmując zgodnie z 5.1.1., że psfometryczna moc szumów, pochodzących od urządzeń traktu liniowego na końcu łącza w punkcie o zerowym poziomie względnym wynosi 1600 pW, otrzymuje się następującą wartość odstepu poziomu użytecznego od poziomu szumów

$$\Delta p_s = 6,66 \text{ N}$$

Podstawiając do wzoru (15) przyjęte wartości  $p_s$ ,  $\Delta p_s$  i  $G$  otrzymujemy wyrażenie na dopuszczalny poziom wejściowy  $p_{we}$  w postaci:

$$p_{we} = -4,5 + \frac{1}{2} \ln n \quad (16)$$

Tablica 8 podaje dopuszczalne poziomy  $p_{we}$  na końcu odcinka wzmacniakowego w funkcji liczby odcinków wzmacniakowych dla systemów bez komandora i z komandorem.

Jak widać z tablicy 8, wprowadzenie komandorów umożliwia pracę wzmacniaków przelotowych z obniżonymi poziomami wejściowymi, co zdecydowanie łagodzi wymagania na moc użytkową tranzystorów, pracujących w stopniach końcowych wzmacniaczy grupowych, stosowanych w krotnicach i urządzeniach przelotowych.

Tablica 8

## Dopuszczalne poziomy wejściowe

Liczba odcinków $n$	Dopuszczalny poziom wejściowy $p_{we}$ [Nr]	
	bez komandora	z komandorem
1	-1,9	-4,5
2	-1,55	-4,15
3	-1,35	-3,95
4	-1,2	-3,8
5	-1,1	-3,7

Tablica 9

## Tłumienności odcinków wzmacniakowych

Liczba odcinków wzmacniakowych $n$	Tłumienność odcinka $A_t$
1	4,5
2	4,15
3	3,95
4	3,8
5	3,7

Proponuje się z kolei przyjąć, aby względny poziom mocy przebiegu nośnego w dowolnym kanale na wyjściu po stronie liniowej w urządzeniach końcowych i przelotowych napowietrznego systemu małego zasięgu wynosił +1 Nr, natomiast względny poziom mocy sygnału użytecznego transmitowanej wstęgi bocznej wynosił 0 Nr.

W tych warunkach tłumienność odcinka wzmacniakowego  $A_t$  przy względnym poziomie mocy sygnału użytecznego 0 Nr można łatwo wyznaczyć z zależności:

$$A_t = p_{wy} - p_{we} = -p_{we} \quad (17)$$

Tablica 9 przedstawia dopuszczalne tłumienności odcinków wzmacniakowych ( $A_t$  w funkcji liczby odcinków wzmacniakowych  $n$ ) napowietrznego traktu liniowego dla systemu małego zasięgu przy założeniu, że kanały tego systemu są objęte działaniem urządzeń komandorowych.

Znając dopuszczalne tłumienności odcinków wzmacniakowych podane w tabl. 9 można łatwo wyznaczyć dopuszczalne długości odcinków wzmacniakowych dla torów stalowych i brązowych w różnych warunkach klimatycznych.

Tablice 10, 11 i 12 podają dopuszczalne długości odcinków wzmacniakowych w zależności od liczby odcinków przy suchej pogodzie i temperaturze  $-20^{\circ}\text{C}$  oraz przy sadzi 15 mm, jak również proponowane długości znamionowe dla torów napowietrznych z przewodami ze skorodowanej

Tablica 10

Długości odcinków wzmacniakowych dla linii o przewodach stalowych i średnicy 3 mm

Rodzaj toru	Liczba odcinków wzmacniakowych $n$	Dopuszczalne długości odcinków wzmacniakowych dla warunków [km]		Proponowane znamionowe długości odcinków wzmacniakowych [km]
		$-20^{\circ}\text{C}$ sucho	sadź 15 mm	
Skorodowany przewód stalowy ocynkowany Fe 3 mm	1	11,9	9,22	9,5
	2	11,0	8,50	8,8
	3	10,45	8,10	8,4
	4	10,05	7,77	8,1
	5	9,8	7,57	7,9

Tablica 11

Długości odcinków wzmacniakowych dla linii o przewodach stalowych i średnicy 4 mm

Rodzaj toru	Liczba odcinków wzmacniakowych $n$	Dopuszczalne długości odcinków wzmacniakowych dla warunków [km]		Proponowane znamionowe długości odcinków wzmacniakowych [km]
		$-20^{\circ}\text{C}$ sucho	sadź 15 mm	
Skorodowany przewód stalowy ocynkowany Fe 4 mm	1	15,20	11,62	12,0
	2	14,00	10,72	11,0
	3	13,35	10,20	10,6
	4	12,82	9,80	10,3
	5	12,50	9,55	10,0

stali ocynkowanej o średnicy 3 mm, z przewodami ze skorodowanej stali ocynkowanej o średnicy 4 mm oraz z przewodami z brązu o średnicy 3 mm.

Proponowane długości znamionowe odcinków wzmacniakowych dla torów z przewodami ze stali obliczono w oparciu o założenie, że przy sadzi

15 mm dopuszcza się zmniejszenie odstepu poziomu sygnału użytecznego od poziomu szumów nie więcej niż o 0,2 N w stosunku do odstepu przyjętego na wstępie za znamionowy.

Tablica 12

Długości odcinków wzmacniakowych dla linii o przewodach brązowych i średnicy 3 mm

Rodzaj toru	Liczba odcinków wzmacniakowych <i>n</i>	Dopuszczalna tłumienność odcinka linii napowietrznej [N]	Dopuszczalna tłumienność wstawek kablowych [N]	Dopuszczalne długości odcinków napowietrznej linii brązowej dla warunków		Dopuszczalna długość wstawek kablowych [km]	Proponowane długości znamionowe [km]	
				-20°C sucho	sadź 15 mm		odcinka linii napowietrznej 3 mm brąz	odcinka traktu liniowego z uwzględnieniem wstawek kablowych
Tor napowietrzny o przewodach brązowych i średnicy 3 mm + 2 wstawki kablowe 1,2 Cu	1	3,4	1,1	202,0	47,2	5	52,0	57,0
	2	3,05	1,1	181,5	42,4	5	47,2	52,2
	3	2,85	1,1	169,5	39,6	5	44,5	49,5
	4	2,70	1,1	161,0	37,5	5	42,4	47,4
	5	2,60	1,1	154,0	36,1	5	41,0	46,0

Proponowane długości znamionowe odcinków wzmacniakowych dla torów z przewodami brązowymi obliczono przy założeniu, że przy sadzi 15 mm dopuszcza się zmniejszenie odstepu poziomu sygnału użytecznego od poziomu szumów nie więcej niż o 0,35 N w stosunku do odstepu przyjętego za znamionowy.

Obliczenia zasięgów wykonano w oparciu o jednostkowe tłumienności falowe torów przy częstotliwości 108 kHz, ponieważ pasma liniowe wszystkich wariantów systemu małego zasięgu obejmują zakresy 6÷104 kHz lub 10÷108 kHz.

Należy przy tym zaznaczyć, że przy obliczeniach długości odcinków wzmacniakowych napowietrzego traktu liniowego z torami o przewodach brązowych przyjęto założenie, że każdy z odcinków tego traktu zawiera dwie wstawki kablowe, których łączna długość wynosi 5 km, przy czym wstawki te są wykonane za pomocą odcinków kabli okrągłych o średnicy żył 1,2 mm, skręcie gwiazdowym i pojemności jednostkowej

torów 26,5 nF/km; tłumienność  $A_w$  obu odcinków wstawek kablowych wynosi przy częstotliwości 108 kHz  $A_w = 1,1$  N.

Należy przy tym zauważyć, że wprowadzenie komparatorów jest konieczne tylko w przypadku, gdy w wyniku oceny pomiarów zakłóceń na linii, poziom szumów „zewnętrznych” w liniowym pasmie częstotliwości danego kanału osiąga wartość podaną na wstępie.

Jeśli poziom szumów „zewnętrznych” w pasmie liniowym danego kanału osiąga wartości znacznie niższe niż przyjęto do obliczeń, wtedy można zrezygnować z wyposażenia danego kanału w urządzenia komparatorowe pod warunkiem, że odstęp zdalnoprzęsłuchowe między torami tej linii zapewniają spełnienie wymagań na szумы od przesłuchu liniowego.

Porównując wyniki obliczeń tłumienności odcinków wzmacniakowych, przeprowadzone w oparciu o założenie, że bezwzględny poziom mocy szumów „zewnętrznych” w kanale na końcu odcinka wzmacniakowego wynosi  $p_s = -9,2$  Nm, z nominalnymi wartościami tłumienności, długości odcinków wzmacniakowych i poziomów wyjściowych, przyjmowanych w istniejących systemach małego zasięgu można stwierdzić, że są one znacznie do siebie zbliżone.

Tytułem przykładu można podać, że w amerykańskim napowietrznym abonenckim systemie P1 [3], przewidzianym do pracy zwłaszcza na liniach o torach stalowych, nominalna wartość tłumienności odcinka wzmacniakowego wynosi 30 dB, podobnie jak we francuskim napowietrznym systemie małego zasięgu 7TR001 [6], przewidzianym do pracy na liniach o torach brązowych.

Dowodzi to, że przy projektowaniu długości odcinków wzmacniakowych dla napowietrznych systemów małego zasięgu można posługiwać się opisaną w tym rozdziale metodą.

#### 5.1.4. Zakresy automatycznej regulacji wzmocnienia w kanałowych i grupowych wzmacniaczach odbiorczych

W omawianym systemie telefonii nośnej małego zasięgu w wersji napowietrznej można przewidywać wykorzystanie prądów nośnych dla potrzeb automatycznej regulacji wzmocnienia zarówno kanałowych wzmacniaczy odbiorczych w urządzeniach końcowych, jak i grupowych wzmacniaczy odbiorczych w urządzeniach przelotowych i końcowych, podobnie jak to zrealizowano w systemie Z6NC [7].

W układach wzmacniaczy kanałowych i grupowych wystarczy zastosować jedynie automatyczną płaską regulację wzmocnienia, ponieważ wykorzystanie przebiegów nośnych do sterowania układami automatycznej regulacji kanałowych i grupowych wzmacniaczy odbiorczych oraz zastosowanie inwersji pasm liniowych w urządzeniach przelotowych czyni

zbędnym zastosowanie układów automatycznej regulacji wzmocnienia nachyleniowo-płaskiej przy pomocy odrębnych częstotliwości pilotujących we wzmacniaczach grupowych, jak to ma miejsce w systemach z transmisją jednej wstęgi bocznej.

Przed wszystkim określimy zakres automatycznej płaskiej regulacji wzmocnienia kanałowych wzmacniaczy odbiorczych za pomocą transmitowanego w kanale przebiegu nośnego przy założeniu, że grupowe wzmacniacze odbiorcze w urządzeniach przelotowych są wyposażone w układy do płaskiej automatycznej regulacji wzmocnienia za pomocą sumarycznej mocy wszystkich przebiegów nośnych oraz, że w urządzeniach przelotowych nie stosuje się inwersji pasm liniowych.

W tych warunkach zakres automatycznej regulacji wzmocnienia kanałowych wzmacniaczy odbiorczych  $\Delta S_k$  pokrywający zakres zmian tłumienności toru od wartości minimalnej do maksymalnej może być wyznaczony z zależności:

$$\Delta S_k = (n-1)l[(\alpha_{f_{max} \text{ sadz}} - \alpha_{f_{max} \text{ sucho}}) - (\alpha_{f_{min} \text{ sadz}} - \alpha_{f_{min} \text{ sucho}})] + l(\alpha_{f_{max} \text{ sadz}} - \alpha_{f_{max} \text{ sucho}}) \quad (18)$$

We wzorze (18) przyjęte symbole oznaczają:

- $n$  — liczba odcinków wzmacniakowych,
- $l$  — długość toru napowietrznego w km,
- $\alpha_{f_{max} \text{ sadz}}$  — tłumienność jednostkowa toru przy sadzi 15 mm dla najwyższej częstotliwości nośnej, występującej w pasmie liniowym danego kierunku transmisji,
- $\alpha_{f_{max} \text{ sucho}}$  — tłumienność jednostkowa toru w temperaturze  $-20^\circ\text{C}$  i przy suchej pogodzie dla najwyższej częstotliwości nośnej, występującej w pasmie liniowym danego kierunku transmisji,
- $\alpha_{f_{min} \text{ sadz}}$  — tłumienność jednostkowa toru przy sadzi 15 mm dla najniższej częstotliwości nośnej, występującej w pasmie liniowym danego kierunku transmisji,
- $\alpha_{f_{min} \text{ sucho}}$  — tłumienność jednostkowa toru w temperaturze  $-20^\circ\text{C}$  i przy suchej pogodzie dla najniższej częstotliwości nośnej występującej w pasmie liniowym danego kierunku transmisji.

Do obliczeń zakresu  $\Delta S_k$  można przyjąć, zgodnie z planem rozmieszczenia pasm liniowych dla systemu małego zasięgu, następujące częstotliwości:

$$f_{max} = 104 \text{ kHz}, \quad f_{min} = 64 \text{ kHz}$$

Wyliczone według zależności (18) zakresy regulacji  $\Delta S_k$  w funkcji liczby odcinków wzmacniakowych  $n$  dla traktów liniowych z torami o prze-



wodach ze skorodowanej stali ocynkowanej i średnicach 3 mm i 4 mm oraz dla traktów liniowych z torami o przewodach z brązu i średnicy 3 mm podaje tabl. 13.

Tablica 13

**Zakresy regulacji kanałowych wzmacniaczy odbiorczych w przypadku nie stosowania inwersji pasm w urządzeniach przelotowych i końcowych**

Liczba odcinków wzmacniakowych	Zakres regulacji kanałowych wzmacniaczy odbiorczych $\Delta S_k$ [N] dla następujących typów torów			
	$n$	stal 3 mm	stal 4 mm	brąz 3 mm
1		1,015	1,068	1,874
2		1,415	1,632	2,672
3		1,815	2,196	3,470
4		2,215	2,760	4,268
5		2,615	3,324	5,066

Wyliczone i podane w tabl. 13 zakresy regulacji wzmocnienia zostały wyznaczone dla następujących długości  $l$  torów napowietrznych:

- dla torów o przewodach stalowych i średnicy 3 mm — 9,5 km,
- dla torów o przewodach stalowych i średnicy 4 mm — 12,0 km,
- dla torów o przewodach brązowych i średnicy 3 mm — 35 km.

Z kolei określimy zakres automatycznej płaskiej regulacji wzmocnienia we wzmacniaczach grupowych.

Wzmocnienie wzmacniacza grupowego  $S_g$  może być regulowane sumą mocy transmitowanych w pasmie liniowym przebiegów nośnych dla danego kierunku transmisji według zasady:

$$S_g = \frac{1}{2} \ln \frac{\sum_{k=1}^{k=n} \Delta A_k}{n} \quad (19)$$

gdzie:

$n$  — liczba transmitowanych przebiegów nośnych

$\Delta A_{k=1} \dots \Delta A_{k=n}$  — przyrosty tłumienności toru dla poszczególnych częstotliwości nośnych, liczone od stanu  $-20^\circ\text{C}$  (sucho) do stanu przy sady 15 mm.

Można przyjąć w przybliżeniu, że zakres regulacji wzmocnienia  $\Delta S_g$  dla grupowego wzmacniacza odbiorczego jest równy przyrostowi tłumienności toru dla środkowej częstotliwości  $f_{sr}$  w górnym pasmie liniowym transmitowanych częstotliwości zgodnie z zależnością:

$$\Delta S_g \cong l (\alpha_{f_{sr} \text{ sadz}} - \alpha_{f_{sr} \text{ sucho}}) \quad (20)$$

gdzie:

- $l$  — długość napowietrznego toru liniowego,  
 $\alpha_{f_{sr} \text{ sadz}}$  — tłumienność jednostkowa dla częstotliwości  $f_{sr}$  przy sadzi 15 mm,  
 $\alpha_{f_{sr} \text{ sucho}}$  — tłumienność jednostkowa dla częstotliwości  $f_{sr}$  w warunkach  $-20^\circ\text{C}$ , sucho.

Dla systemu małego zasięgu o pasmie liniowym  $6 \div 104$  kHz lub  $10 \div 108$  kHz jako  $f_{sr}$  można przyjąć 88 kHz.

Wyliczone wg wzoru (20) wartości  $\Delta S_g$  dla napowietrznych torów stalowych i brązowych przy długościach identycznych jak dla obliczeń zakresu regulacji kanałowych wzmacniaczy odbiorczych podaje tabl. 14.

Tablica 14

Zakres regulacji wzmocnienia grupowych wzmacniaczy odbiorczych

Rodzaj toru	Zakres regulacji $\Delta S_g$ [N]
Stal 3 mm	0,855 N
Stal 4 mm	0,960 N
Brąz 3 mm	1,54 N

Tablica 15

Zakres regulacji kanałowych wzmacniaczy odbiorczych w przypadku stosowania inwersji pasm we wzmacniaczach grupowych

Rodzaj toru	Zakres regulacji kanałowych wzmacniaczy odbiorczych $\Delta S_{ki}$ [N]
Stal 3 mm	0,505
Stal 4 mm	0,564
Brąz 3 mm	0,800

Przyjmując założenie, że urządzenia przelotowe i końcowe systemu małego zasięgu zawierają wzmacniacze grupowe z inwersją pasm liniowych i automatyczną płaską regulacją wzmocnienia, wymagania na zakres automatycznej regulacji wzmocnienia  $\Delta S_{ki}$  kanałowych wzmacniaczy odbiorczych bardzo się upraszczają.

Zakres ten można łatwo wyznaczyć w zależności:

$$\Delta S_{ki} = l [(\alpha_{f_{max} \text{ sadz}} - \alpha_{f_{max} \text{ sucho}}) - (\alpha_{f_{min} \text{ sadz}} - \alpha_{f_{min} \text{ sucho}})] \quad (21)$$

Podstawiając do wzoru (21) wartości liczbowe przyjmowane za podstawę do obliczeń zakresu regulacji  $\Delta S_k$  wg wzoru (18) otrzymujemy zakresy regulacji kanałowych wzmacniaczy odbiorczych  $\Delta S_{ki}$  w systemie małego zasięgu dla torów stalowych i brązowych.

Wyniki obliczeń  $\Delta S_{ki}$  przedstawione są w tabl. 15.

Należy zaznaczyć przy tym, że wymagane zakresy regulacji kanałowych wzmacniaczy odbiorczych dotyczą przypadku nieparzystej liczby odcinków traktu liniowego, ponieważ przy stosowaniu inwersji pasm liniowych przy parzystej liczbie odcinków, kompensacja zniekształceń tłumieniowych następuje wyłącznie dzięki stosowaniu wzmacniaczy grupowych z automatyczną regulacją wzmocnienia.

Jak widać z wyników obliczeń podanych w tabl. 14 i 15, przyjęcie skróconych odcinków wzmacniakowych prowadzi do znacznego zmniejszenia zakresów regulacji wzmocnienia w porównaniu z zakresami regulacji wymaganymi dla urządzeń przelotowych systemów dalekosieżnych, a dzięki temu prowadzi do znacznego uproszczenia rozwiązania konstrukcyjnego układów automatycznej regulacji wzmocnienia w urządzeniach systemów małego zasięgu.

#### 5.1.5. Celowość wprowadzenia inwersji pasm liniowych we wzmacniakach przelotowych

Zakładając, że urządzenia uproszczonego systemu telefonii nośnej małego zasięgu w wersji napowietrznej powinny być możliwie proste, a w związku z tym zakres automatycznej płaskiej regulacji wzmocnienia kanałowych wzmacniaczy odbiorczych nie powinien przekraczać wartości  $2,2 N$ , można na podstawie danych liczbowych z tabl. 13 wyciągnąć wniosek, że możliwa jest praca bez inwersji pasm liniowych we wzmacniakach przelotowych systemu małego zasięgu o pasmie liniowym obejmującym zakres  $6 \div 108$  kHz dla następujących traktów liniowych:

- trakty liniowe o torach z przewodów stalowych o średnicy 3 mm, zawierające co najwyżej 4 odcinki wzmacniakowe,
- trakty liniowe o torach z przewodów stalowych i średnicy 4 mm, zawierające co najwyżej 3 odcinki wzmacniakowe,
- trakty liniowe o torach z przewodów brązowych i średnicy 3 mm, zawierające jeden odcinek wzmacniakowy (bez wzmacniaków przelotowych).

Rozpatrując powyższe przypadki można stwierdzić, że niestosowanie inwersji pasm liniowych we wzmacniakach przelotowych ogranicza praktycznie zakres stosowania systemu małego zasięgu do zasięgów sieci okręgowych (rzędu  $35 \div 40$  km).

Praca na zasięgi rzędu 150 km na torach brązowych wymaga zatem wprowadzenia inwersji pasm liniowych we wzmacniakach przelotowych i stosowania wzmacniaczy grupowych w urządzeniach końcowych dla rozpatrywanego systemu.

Wprowadzenie inwersji pasm liniowych nie tylko znacznie łagodzi wymagania na zakres automatycznej regulacji wzmocnienia kanałowych

wzmacniaczy odbiorczych, co widać z danych liczbowych tabl. 15, ale przynosi również następujące korzyści dodatkowe:

- usunięcie przesłuchów przez tory trzecie,
- złagodzenie wymagań na odstępach zdalnoprzesyłowych w przypadku współpracy dwóch wariantów systemu małego zasięgu na wspólnej podbudowie słupowej, gdy jeden z tych systemów, np. w wariancie *a*, pracuje na torach z przewodami ze stali, a drugi z tych systemów, np. w wariancie *b*, pracuje na torach o przewodach z brązu.

## 5.2. Urządzenia kablowego traktu liniowego

### 5.2.1. Rozkład szumów liniowych

Zgodnie z podaną w rozdz. 3 propozycją podziału szumów w łączu, psfometryczna moc szumów w punkcie o zerowym poziomie względnym na końcu łącza, utworzonego za pomocą uproszczonego systemu telefonii nośnej małego zasięgu, pochodząca od urządzeń kablowego traktu liniowego, nie powinna przekraczać wartości 1000 pW w przypadku łączy nośnych przeznaczonych dla ruchu międzynarodowego oraz nie powinna przekraczać wartości 2800 pW w przypadku łączy nośnych przeznaczonych wyłącznie dla ruchu krajowego.

Proponuje się przyjąć do rozważań następujący podział mocy szumów, pochodzących od urządzeń kablowego traktu liniowego, dla łącza nośnego małego zasięgu przewidzianego do współpracy z łączami międzynarodowymi:

— szумы termiczne toru, szумы termiczne wzmacniaków, szумы od zniekształceń intermodulacyjnych we wzmacniakach	250 pW
— szумы od przesłuchów liniowych	750 pW
	razem 1000 pW

Jeśli założymy, że w łączach nośnych małego zasięgu realizowanych na liniach kablowych bądź napowietrznych, przewidzianych do pracy wyłącznie w ruchu krajowym, dopuszcza się identyczne psfometryczne moce szumów od urządzeń traktu liniowego, wtedy można przyjąć do rozważań następujący podział mocy szumów pochodzących od urządzeń kablowego traktu liniowego:

— szумы termiczne toru, szумы termiczne wzmacniaków, szумы od zniekształceń intermodulacyjnych we wzmacniakach	250 pW
— szумы od przesłuchów liniowych	2550 pW
	razem 2800 pW

Podstawą do powyższych założeń jest przyjęcie zasady, że jakość urządzeń przelotowych stosowanych na liniach kablowych jest identyczna zarówno w przypadku realizacji traktów liniowych dla potrzeb ruchu międzynarodowego, jak też i krajowego, natomiast jakość eksploatowanych linii może być różna i dopuszcza się złagodzenie wymagań na szумы od przesłuchów liniowych, wynikające z właściwości konstrukcyjnych linii w przypadku realizacji łączy nośnych małego zasięgu wyłącznie dla potrzeb ruchu krajowego.

Odmienne niż dla napowietrznych traktów liniowych podział szumów w kablowych traktach liniowych wynika przede wszystkim z możliwości obniżenia mocy szumów pochodzących od wzmacniaków przelotowych ze względu na ich ograniczone wzmocnienie i obniżony bezwzględny wyjściowy poziom mocy w porównaniu ze wzmacniakami przelotowymi dla linii napowietrznych oraz z możliwości pominięcia w bilansie szumów zakłóceń „zewnętrznych”.

### 5.2.2. Odstępy zdalno-przesłuchowe

Podział szumów od przesłuchów liniowych dla linii kablowych należy rozpatrywać inaczej, niż dla linii napowietrznych.

Wynika to przede wszystkim z faktu, że we wzmacniakach przelotowych przewidzianych do pracy na liniach kablowych w sieciach wewnętrznych i wewnątrzwojewódzkich nie występuje potrzeba stosowania inwersji pasm liniowych ze względu na ich ograniczone wzmocnienie, a to w konsekwencji prowadzi do powstawania przesłuchów przez tory trzecie.

Do dalszych rozważań zostanie przyjęty następujący podział mocy szumów od przesłuchów liniowych:

— dla kablowych łączy nośnych małego zasięgu, przewidzianych do współpracy z łączami międzynarodowymi

— szумы od przesłuchu zdalnego	375 pW
— szумы od przesłuchu zbliżonego	225 pW
— szумы od przesłuchów przez tory trzecie	150 pW
	<hr/>
	razem 750 pW

— dla kablowych łączy nośnych małego zasięgu, przewidzianych do pracy wyłącznie w ruchu krajowym

— szумы od przesłuchu zdalnego	1500 pW
— szумы od przesłuchu zbliżonego	600 pW
— szумы od przesłuchów przez tory trzecie	450 pW
	<hr/>
	razem 2550 pW

Powyższa propozycja podziału szumów od przesłuchów liniowych oparta jest o szacunkową ocenę wpływu przesłuchów przez tor trzeci przy założeniu stosowania cewek odsprzęgających oraz o szacunkową ocenę możliwości dopasowania wzmacniaków przelotowych do toru.

W oparciu o powyższy podział szumów od przesłuchów liniowych można będzie obliczyć odstęp zdalnopresłuchowe między torami nośnymi przy założeniu, że dysponuje się systemem telefonii małego zasięgu, dla którego rozmieszczenie pasm liniowych można zrealizować w czterech wariantach TN6a, TN6b, TN6c i TN6d zgodnie z rys. 3.

Obliczenia te umożliwią szacunkową oceną korzyści, wynikających z możliwości zastosowania systemu małego zasięgu o czterech wariantach rozmieszczenia pasm liniowych zarówno na istniejących, jak też nowo budowanych liniach kablowych.

Aby obliczyć odstęp zdalnopresłuchowy  $A_{zd}$ , średni dla dowolnego kanału i dowolnego odcinka wzmacniakowego, będziemy posługiwali się wzorem (7) omówionym bliżej w rozdz. 5.1.2. niniejszego artykułu.

W pierwszej kolejności w oparciu o wzór (7) zostaną obliczone odstęp zdalnopresłuchowe zakładając, że dysponuje się systemami małego zasięgu z jednakowym rozmieszczeniem pasm liniowych.

Dla tego przypadku zostaną przyjęte do wzoru obliczeniowego następujące dane:

- bezwzględny poziom mocy psfometrycznej szumów od przesłuchu zdalnego w kanale zakłócanym, pochodzących ze wszystkich kanałów zakłócających innych systemów, wynosi  $p_z = -7,4$  NmOp (co odpowiada mocy szumów 375 pW),

- wartość średnia bezwzględnego poziomu mocy prądów w kanale w godzinie dużego ruchu  $p_{sr} = -1,73$  NmO,

- liczba odcinków wzmacniakowych  $n = 12$ ,

- liczba sąsiednich torów nośnych, z których pochodzą zakłócenia wynosi  $S = 7$ ,  $S = 15$ ,  $S = 31$  oraz  $S = 63$ ,

- zysk komandora  $G = 2,6$  N,

- czynnik wyrażający zmniejszenie odstepu zdalnopresłuchowego  $\Delta p = 0$ .

Wyniki obliczeń odstępów zdalnopresłuchowych dla rozpatrywanego przypadku w założeniu, że globalna liczba torów nośnych w kablu wynosi 8, 16, 32 lub 64 podaje tabl. 16.

Jak widać z wyników obliczeń, stosowanie uproszczonych systemów nośnych z jednakowym rozmieszczeniem pasm liniowych na liniach kablowych na zasięgi rzędu 150 km (założona liczba odcinków wzmacniakowych  $n = 12$ ) może napotkać pewne trudności, zwłaszcza przy potrzebie wielokrotnego wykorzystania znacznej liczby torów na istniejących depupinizowanych kablach symetrycznych typu mieszanego.

Sytuację ratuje w radykalny sposób możliwość zastosowania urządzeń komparatorowych, tym niemniej jest to rozwiązanie dość kosztowne i w miarę możliwości należałoby dążyć do jego uniknięcia.

Wykorzystywanie systemu uproszczonego dla realizacji łączy nośnych małego zasięgu wyłącznie dla potrzeb ruchu krajowego umożliwia obniżenie odstępów zdalnoprzesłuchowych o 0,7 N zgodnie z przyjętymi założeniami na podział szumów od przesłuchów liniowych.

Tablica 16

**Odstępy zdalnoprzesłuchowe przy jednakowym rozmieszczeniu pasm liniowych systemów**

Liczba torów nośnych	8	16	32	64
Odstęp zdalnoprzesłuchowy bez stosowania komparatorów $A_{zd}$ [N]	7,88	8,26	8,63	8,98
Odstęp zdalnoprzesłuchowy przy zastosowaniu komparatorów $A_{zd}$ [N]	5,28	5,66	6,03	6,38

Z kolei zostaną obliczone odstępów zdalnoprzesłuchowe przy założeniu, że stosuje się system małego zasięgu na liniach kablowych w czterech wariantach rozmieszczenia pasm liniowych (TN6a, TN6b, TN6c i TN6d wg rys. 3).

Analogicznie jak dla linii napowietrznych można obliczać odstępów zdalnoprzesłuchowe bądź przy założeniu, że psfometryczne moce szumów pochodzące od przesłuchów liniowych z każdego zakłócającego toru są jednakowe, a wtedy odstępów zdalnoprzesłuchowe wypadają różne w zależności od rodzaju rozmieszczenia pasm liniowych zakłócającego systemu, bądź też przy założeniu, że odstępów zdalnoprzesłuchowe są we wszystkich kombinacjach między torami jednakowe, a wtedy psfometryczne moce szumów od przesłuchów liniowych pochodzące z torów zakłócających są różne w zależności od rodzaju wariantu systemu zakłócającego.

Aby obliczyć odstępów zdalnoprzesłuchowe przy wykorzystaniu w kablu systemu o czterech wariantach rozmieszczenia pasm liniowych przy założeniu, że psfometryczne moce szumów pochodzące z każdego toru zakłócającego są równe, posłużymy się identyczną metodą jak przy rozpatrywaniu analogicznego przypadku dla linii napowietrznych.

Zakładając, że w wyniku bilansu mocy szumów na końcu łącza w punk-

cie o zerowym poziomie względnym psfometryczna moc szumów od przesłuchu zdalnego nie powinna przekroczyć wartości 375 pW, można przyjąć, że moce szumów pochodzące od przesłuchów z każdego rodzaju systemu są jednakowe i wynoszą  $\frac{375}{4}$  pW (co odpowiada bezwzględnemu poziomowi mocy psfometrycznej  $p_z = -8,1$  NmOp), przy czym wartości czynników określających możliwość zmniejszenia odstępów zdalnopresłuchowych  $\Delta p$  wynoszą:

- dla systemów, z których pochodzi przesłuch zrozumiały i „bezpośredni”  $\Delta p = 0$ ,
- dla systemów, z których pochodzi przesłuch zrozumiały, ale „niebezpośredni”  $\Delta p = 0,7$  N,
- dla systemów, z których pochodzi przesłuch niezrozumiały, ale „bezpośredni”  $\Delta p = 0,9$  N,
- dla systemów, z których pochodzi przesłuch niezrozumiały i „niebezpośredni”  $\Delta p = 2,7$  N.

Podstawiając do wzoru (7) wartości  $p_{sr} = -1,73$  NmO,  $n = 12$  i odpowiednie wartości  $S$  i  $\Delta p$  uzyskuje się poszukiwane wartości odstępów zdalnopresłuchowych w różnych kombinacjach między torami nośnymi.

Wyniki obliczeń odstępów zdalnopresłuchowych z uwzględnieniem możliwości stosowania komparatorów dla rozpatrywanego przypadku zakładając kolejno, że globalna liczba torów nośnych wynosi  $S = 8$ ,  $S = 16$ ,  $S = 32$  i  $S = 64$  podaje tabl. 17.

Zastosowanie uproszczonego systemu z czterema wariantami rozmieszczenia pasm liniowych wyłącznie dla potrzeb ruchu krajowego umożliwi, przy poprzednio przyjętych założeniach na złagodzenie wymagań na szumy od przesłuchu liniowego, obniżenie wartości odstępów zdalnopresłuchowych, podanych w tabl. 17 o 0,7 N.

Porównując wyniki obliczeń odstępów zdalnopresłuchowych, podanych w tabl. 16 i 17, widać, że wprowadzenie czterech wariantów rozmieszczenia pasm liniowych znacznie łagodzi wymagania na te odstęp.

Należy przy tym podkreślić, że zdecydowane złagodzenie wymagań na odstęp zdalnopresłuchowe między parami w czwórkach dzięki stosowaniu dwóch wariantów rozmieszczenia pasm liniowych zapewniających przesłuch niezrozumiały i „niebezpośredni” znacznie ułatwia symetryzację przy modernizacji istniejących depupinizowanych kabli symetrycznych typu mieszanego, a stosowanie systemów o czterech wariantach rozmieszczenia pasm liniowych na parach dwóch sąsiednich czwórek kablowych jeszcze bardziej upraszcza problem symetryzacji kabli.

Na podstawie wyników obliczeń odstępów zdalnopresłuchowych, przytoczonych w tabl. 17, można przypuszczać, że będzie możliwe szerokie zastosowanie uproszczonego systemu, dla którego zakres pasma liniowego



wynosi np. 6÷108 kHz na liniach kablowych o długościach do 150 km nawet bez zastosowania komparatorów, przy czym możliwe będzie wielokrotne wykorzystanie co najmniej 16, a nawet przy starannej symetryzacji 32 torów.

Zmniejszenie długości linii kablowej do ok. 50 km i zmniejszenie liczby odcinków wzmacniakowych do  $n = 5$  umożliwia złagodzenie wymagań na odstępów zdalno-przesłuchowe o wartość wynoszącą ok. 0,44 N, co rokuje wielokrotne wykorzystanie torów symetrycznych kabli okręgowych w szerokim zakresie za pomocą rozważanego systemu.

Dalsze złagodzenie wymagań na odstępów zdalno-przesłuchowe o 0,7 N uzyskuje się w przypadku założenia, że system uproszczony będzie realizował łącza nośne małego zasięgu przeznaczone wyłącznie do pracy dla potrzeb ruchu krajowego.

Można jeszcze obliczyć odstęp zdalno-przesłuchowy przy założeniu, że dla wszystkich kombinacji między torami nośnymi kabla odstęp ten powinien być jednakowy przy stosowaniu uproszczonego systemu o czterech wariantach pasm liniowych.

Posługując się wzorem (12) i przyjmując znane wartości  $\Delta p'_z$ ,  $\Delta p'_n$ ,  $\Delta p_n$  i  $p_{st}$  oraz podstawiając do tego wzoru wartości:  $P_z = 375$  pW (co odpowiada bezwzględnemu poziomowi mocy psfometrycznej szumów  $p_z = -7,4$  NmOp)  $S'_n = 8$ ,  $S_n = 8$ ,  $n = 12$ ,  $S_z = 7$ ,  $S'_z = 8$ , otrzymujemy dla globalnej liczby torów  $S = 32$  poszukiwaną wartość odstepu zdalno-przesłuchowego  $A_{zd} = 7,93$  N.

Porównując wyniki obliczeń odstepów zdalno-przesłuchowych, identycznych dla wszystkich kombinacji torów nośnych w kablu przy liczbie torów nośnych  $S = 32$  dla przypadku, gdy wykorzystuje się system uproszczony z jednym wariantem rozmieszczenia pasm liniowych i dla przypadku, gdy wykorzystuje się system uproszczony z czterema wariantami rozmieszczenia pasm liniowych, widać, że wprowadzenie czterech wariantów rozmieszczenia pasm liniowych umożliwi obniżenie wymagań na odstepy zdalno-przesłuchowe o wartość 0,68 N.

Wydaje się jednak, że bardziej korzystne z punktu widzenia symetryzacji torów kablowych jest przyjęcie zasady jednakowego podziału mocy szumów od przesłuchów liniowych, pochodzących od kanałów każdego wariantu systemu, ponieważ wymagane wtedy odstepy zdalno-przesłuchowe nie są co prawda jednakowe dla wszystkich kombinacji torów nośnych, ale są znacznie niższe w obrębie par, przynależnych do jednej czwórki kablowej.

Przeprowadzone rozważania dotyczące odstepów zdalno-przesłuchowych między torami nośnymi symetrycznych kabli mieszanych miały na celu przede wszystkim wykazanie korzyści ze stosowania uproszczonego systemu małego zasięgu, realizowanego w czterech wariantach, z punktu widze-

Tablica 17  
 Odstęp zdalnoprzęsłuchowe między torami nośnymi, uwielokrotnionymi systemem z czterema wariantami pasm liniowych przy założeniu jednakowych psfometrycznych mocy szumów od przesłuchów zrozumiałych i niezrozumiałych

	8		16		32		64	
	1	2	3	4	7	8	15	16
Globalna liczba torów nośnych								
Liczba torów, z których pochodzą przesłuch zrozumiałe i „bezpśredni”	7,61		8,12		8,58		8,96	
Liczba torów, z których pochodzi przesłuch zrozumiały, ale „niebezpśredni”		2		4		8		16
Liczba torów, z których pochodzi przesłuch niezrozumiały i „bezpśredni”								16
Liczba torów, z których pochodzi przesłuch niezrozumiały i „niebezpśredni”				4				
Odstęp zdalnoprzęsłuchowy między torami, na których pracują systemy z jednakowym rozmieszczeniem pasm liniowych bez komparatorów <i>A<sub>zd</sub></i> [N]	5,01		5,52		5,98		6,36	
Odstęp zdalnoprzęsłuchowy między torami, na których pracują systemy z pasmami liniowymi w wariantach a i c lub b i d bez komparatorów <i>A<sub>zd</sub></i> [N]		7,61		7,96		8,31		8,66



nia możliwości symetryzacji kabli okręgowych i wewnątrzwojewódzkich przy założeniu masowego stosowania systemów uproszczonych na tych kablach.

Można przypuszczać, że symetryzacja kabli okręgowych w zakresie do 108 kHz przy założonej krotności systemu równej 6 powinna umożliwić wielokrotne wykorzystanie przynajmniej 32, a nawet i więcej torów, co zapewniłoby realizację co najmniej 192 łączy nośnych przy długości linii kablowej nie przekraczającej 150 km bez potrzeby stosowania urządzeń komparatorowych.

### 5.2.3. Tłumiennność odcinków wzmacniakowych i osiągalne zasięgi

Podstawą do ustalania osiągalnych długości odcinków wzmacniakowych jest przyjęcie założenia, że w kablowym trakcie liniowym dla systemu małego zasięgu nie stosuje się wzmacniaków przelotowych z inwersją pasm liniowych i praca systemu odbywa się w układzie jednotorowym różnokanałowym.

Rezygnacja z inwersji pasm liniowych prowadzi do ograniczenia wzmocnienia wzmacniaków przelotowych ze względu na ujawniający się wówczas szkodliwy wpływ przesłuchu przez tory trzecie.

Przy wyborze typu wzmacniaka przelotowego dla uproszczonego systemu małego zasięgu należy oprzeć się na już istniejących rozwiązaniach. Jeśli założymy, że krotność systemu będzie wynosiła 6 i pasmo liniowe będzie obejmowało zakres 6÷108 kHz, wtedy powstaje możliwość stosowania dla tego systemu już opracowanych stranzystoryzowanych wzmacniaków przelotowych, np. typu SWNT1P, przewidzianych do zastosowania w kablowych traktach liniowych klasycznego systemu 12-krotnego z odstępem 4 kHz między częstotliwościami nośnymi, dla którego pasmo liniowe obejmuje zakres 6÷108 kHz.

Przy takim założeniu zostaje automatycznie narzucony warunek na maksymalną tłumienność odcinka wzmacniakowego  $A_t$  przy częstotliwości 108 kHz, a mianowicie:

$$A_t \cong 3,3 \text{ N}$$

Analiza odległości między naziemnymi obiektami teletransmisyjnymi lub pocztowymi w sieciach wewnątrzstrefowych wykazuje, że nie występuje potrzeba stosowania dłuższych odcinków wzmacniakowych niż pozwala na to wzmocnienie wzmacniaków przelotowych typu SWNT1P, zatem ten typ wzmacniaka może być przyjęty dla kablowych traktów liniowych systemu uproszczonego.

Ponieważ wzmacniak przelotowy typu SWNT1P wymaga stosowania niskiego poziomu wyjściowego [ $-1,5 \text{ Nr}/150 \text{ } \Omega$ ] zatem wzmacniacze gru-

powe w krotnicach systemu małego zasięgu dostosowane do współpracy z traktem liniowym wyposażonym we wzmacniaki przelotowe typu SWNT1P powinny pracować również przy niskich poziomach wejściowych i wyjściowych.

W tych warunkach proponuje się przyjąć dla grupowych wzmacniaczy nadawczych w krotnicach systemu małego zasięgu następujące względne poziomy mocy:

— w przypadku pracy systemu małego zasięgu z transmisją przebiegu nośnego i jednej wstęgi bocznej względny poziom mocy przy nadawaniu dla przebiegu nośnego wynosi  $-1,5 \text{ Nr}/150 \text{ } \Omega$ ,

— względny poziom mocy przy nadawaniu dla transmitowanej wstęgi bocznej wynosi  $-2,5 \text{ Nr}/150 \text{ } \Omega$ ,

— w przypadku pracy systemu małego zasięgu z transmisją jednej wstęgi bocznej względny poziom mocy przy nadawaniu dla transmitowanej wstęgi bocznej wynosi  $-1,5 \text{ Nr}/150 \text{ } \Omega$ .

Potrzeba stosowania systemu małego zasięgu z transmisją przebiegu nośnego i jednej wstęgi bocznej wynika między innymi z konieczności zapewnienia pracy tego systemu na mieszanych kablowo-napowietrznych traktach liniowych, podczas gdy przy pracy na czysto kablowych traktach liniowych można stosować system małego zasięgu z transmisją tylko jednej wstęgi bocznej w pasmach liniowych poszczególnych kanałów.

Tablica 18

Osiągalne długości odcinków wzmacniakowych dla kabli typu okręgowego

Średnica żył toru kabla typu okręgowego [mm]	Osiągalna długość odcinka wzmacniakowego [km]
0,7	8,8
0,8	10,4
0,9	11,6
1,0	12,6
1,2	14,5

Po wyborze typu wzmacniaka przelotowego dla kablowych traktów liniowych systemu małego zasięgu można ustalić bez trudności maksymalne długości odcinków wzmacniakowych przy założeniu, że maksymalna tłumienność tych odcinków nie może przekroczyć wartości 3,3 N przy częstotliwości 108 kHz.

Tytułem przykładu są podane w tabl. 18 osiągalne długości odcinków wzmacniakowych dla różnych średnic żył kabli typu okręgowego o czwórkach jednoskrętnych i pojemności jednostkowej 26,5 nF/km.

Jak widać z tablicy 18, przyjęcie założenia, że wzmocnienie wzmacniaka przelotowego osiąga wartość rzędu 3,3 N przy częstotliwości 108 kHz zapewnia w zdecydowanej większości przypadków spełnienie wymagań na maksymalne długości odcinków wzmacniakowych, jakie mogą wystąpić w sieciach okręgowych na kablowych traktach liniowych bez potrzeby stosowania zdalnego zasilania tych wzmacniaków.

## 6. WNIOSKI

Jak wynika z przeprowadzonych rozważań, odnośnie rozwiązania krotnic uproszczonego systemu telefonii nośnej małego zasięgu oraz z dyskusji wyboru podstawowych parametrów dla urządzeń traktów liniowych tego systemu, przedstawiona koncepcja uproszczonego systemu małego zasięgu może zapewnić spełnienie wszystkich podstawowych założeń na taki system, wynikających z potrzeb eksploatacji, przedstawionych w rozdz. 3 niniejszego artykułu.

Względy eksploatacyjne narzucają następujące zalecenia przy rozpatrywaniu wyboru koncepcji systemu małego zasięgu:

— pasmo liniowe systemu uproszczonego powinno obejmować zakres  $6 \div 108$  kHz zarówno ze względu na konieczność współpracy tego systemu z istniejącymi systemami 12-krotnymi na kablowych traktach liniowych, jak też ze względu na możliwość eksploataowania systemu uproszczonego na liniach napowietrznych, gdzie ograniczenie pasma liniowego jest pożądane ze względu na zasięgi i zakresy automatycznej regulacji wzmocnienia,

— odstęp między częstotliwościami nośnymi w systemie małego zasięgu powinien wynosić 8 kHz, co umożliwi uzyskanie krotności 6 przy pasmie liniowym  $6 \div 108$  kHz, zapewnia realizację czterech odrębnych wariantów rozmieszczenia pasm liniowych tego systemu i w konsekwencji prowadzi do znacznego złagodzenia wymagań na odstępy zdalnoprzęsłowe między torami nośnymi,

— możliwość współpracy kilku systemów na wspólnej podbudowie słupowej linii napowietrznej, z których jedne pracują na torach o przewodach brązowych, a inne na torach o przewodach stalowych, wymaga stosowania zarówno komparatorów, jak też takich rozmieszczeń pasm liniowych dla tych systemów, że pasma liniowe kanałów jednego systemu mieszczą się w lukach między pasmami liniowymi kanałów drugiego systemu, a przesłuch między kanałami tych systemów jest niezrozumiały.

Rozważania natury konstrukcyjnej prowadzą z kolei do następujących wniosków:

— wydaje się celowe przyjęcie zasady transmisji prądu nośnego i jednej wstęgi bocznej, ponieważ prądy nośne mogą być wykorzystane zarówno dla realizacji automatycznej płaskiej regulacji wzmocnienia w kanałowych i grupowych wzmacniaczach odbiorczych, jak też dla potrzeb sygnalizacji zewowo-wybiezycznej i zdalnej sygnalizacji uszkodzeń, a jednocześnie wymagania na stałość częstotliwości nośnych mogą być znacznie złagodzone,

— wydaje się celowe przyjęcie zasady stosowania inwersji pasm liniowych we wzmacniakach przelotowych dla linii napowietrznych, ponieważ dzięki stosowaniu inwersji pasm liniowych i automatycznej regulacji wzmocnienia kanałowych wzmacniaczy odbiorczych w krotnicach możliwe jest uniknięcie stosowania automatycznej regulacji wzmocnienia nachyleniowo-płaskiej w grupowych wzmacniaczach odbiorczych krotnic i urządzeń przelotowych, a wystarczy zastosować automatyczną płaską regulację wzmocnienia przy pomocy sumy transmitowanych przebiegów nośnych,

— urządzenia przemiany kanałowej w krotnicach powinny być wyposażone w układy modulatorów dwufazowych, zapewniających wytłumienie niepożądanego wstęgi bocznej o ok. 3,0 N, co czyni zbędnym stosowanie kanałowych filtrów nadawczych,

— urządzenia przemiany grupowej w krotnicach powinny być tak zaprojektowane, aby dla wszystkich realizowanych wariantów rozmieszczenia pasm liniowych kanałowe pasmowo-przepustowe filtry odbiorcze pozostawały niezmiennione,

— urządzenia generacyjne w krotnicach powinny być tak zaprojektowane, aby częstotliwości przebiegów nośnych transmitowanych w tor liniowy pokrywały się z wirtualnymi częstotliwościami nośnymi klasycznego kablowego systemu 12-krotnego, dla którego pasmo liniowe wynosi  $6 \div 108$  kHz, przy czym częstotliwości nośne przemiany kanałowej dla systemu uproszczonego powinny stanowić wielokrotność 8 kHz.

Przyjęcie powyższych zasad powinno doprowadzić do znacznego uproszczenia rozwiązań konstrukcyjnych krotnic i urządzeń przelotowych uproszczonego systemu napowietrznego w porównaniu do analogicznych urządzeń istniejących dalekosiężnych systemów napowietrznych.

W przypadku rozpatrywania wersji kablowej uproszczonego systemu małego zasięgu można zrezygnować ze stosowania transmisji przebiegów nośnych w tor liniowy, ponieważ nie występuje potrzeba stosowania układów automatycznej regulacji wzmocnienia.

## WYKAZ LITERATURY

1. *Ferguson, Harp, Gilmore, Griffith, Tuck, Melvin, Cool, Walker*: The 81-A Exchange Trunk Carrier System. *Comm. and Electronics* styczeń 1962, nr 58.
2. Dokument roboczy CCITT APIII/46 z dn. 15.IV.1964.
3. *Boyd, Smith, Eberhart, Hallenbeck, Perkins, Howard jnr*: The type — P1 Carrier System. *Comm. and Electronics*, maj 1956, nr 24.
4. Apparatura KRR — informacyjny zbornik: *Technika swiazi. Gosudarstwiennoje izdatielstwo literatury po woprosom swiazi i radio. Moskwa 1963.*
5. *Lhotek, Martok*: Zarizeni Tesla KNK6 pro mnohonasobnou telefonii nosnymi proudou na kratke vzdalenosti. *Sdelovaci Technika 1960*, nr 9.
6. *Ducamus, Tarasoff*: Short haul and rural telephone system type 7TR001 with ten stackable channels. *Philips Telecommunication Review*, t. 25, lipiec 1964, nr 1.
7. *Buchholtz, Christiansen und Zaiser*: Das sechskanal — Kommandersystem Z6NC für den Fernsprechnahverkehr. *FTZ*, wrzesień 1955, nr 9.
8. *Kawka W.* Przegląd systemów nośnych na małe odległości. *Przegląd Zagadnień Łączności*, 1963 r., nr 4.
9. *Blocki F., Skarbiński Z.*: Systemy wielokrotne w telekomunikacji, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne.
10. Dokument CCITT APIII/51-E z dn. 27.IV.1964 r. Zalecenie G. 1222 — ter.
11. Dokument CCITT. II Zebr. Plenarne New Delhi 8—16 grudnia 1960 r. Księga Czerwona, t. VI. Sygnalizacja i Kómutacja Telefoniczna. Załącznik 1 do zalecenia Q 21.
12. Dokument CCITT II-nd Plenary Assembly. New Delhi 8—16. December 1960. Red Book. Volume VII. Zalecenie G. 311.
13. CCITT. Red Book. Volume III, Annex 15.

3. *Большаков*

**КОНЦЕПЦИЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВЧ ТЕЛЕФОНИРОВАНИЯ  
НА КОРОТКИЕ РАССТОЯНИЯ ДЛЯ ВНУТРИОБЛАСТНЫХ  
И ВНУТРИРАЙОННЫХ СЕТЕЙ**

## Резюме

Предметом статьи является система высокочастотного телефонирования на короткие расстояния, предусмотренная для применения во внутриобластных и внутрирайонных сетях на воздушных или кабельных линиях. Представлены общие черты метода проектирования системы на базе заранее заданных эксплуатационных показателей и приведена концепция системы, соблюдающей эти условия. Проведен анализ проектированных показателей системы с особым учетом требуемых допустимых уровней переходных разговоров на дальнем конце при заданных шумах, происходящих от линейных переходных разговоров, для предлагаемого расположения линейных полос системы по четырем отдельным вариантам.



Z. Bolszakow

THE CONCEPTION OF A TELEPHONE CARRIER SYSTEM FOR SHORT-HAUL  
REGION AND DISTRICT CIRCUITS

Summary

The article deals with a telephone short-haul carrier system, designed for use in region and district circuits on open-wire lines or cables. The general outlines of the system design method, basing on prefixed exploitation objectives are shown and the system conception fulfilling these objectives is given. A discussion is carried out on the proposed parameters of the system with particular regard to the required signal-to-crosstalk ratios with assumed line crosstalk noise, for proposed four separate variants of line frequency plans.

Z. Bolszakow

CONCEPTION D'UN SYSTÈME TÉLÉPHONIQUE À COURANTS PORTEURS  
POUR COURTES DISTANCES POUR LES RÉSEAUX DÉPARTEMENTAUX  
ET RÉGIONAUX

Résumé

L'objet de cet article est un système téléphonique à courants porteurs pour courtes distances, prévu pour être appliqué dans les réseaux départementaux et régionaux sur lignes en fils aériens ou sur câbles. On présente une méthode générale pour effectuer un projet du système en se basant sur des paramètres d'exploitation fixés d'avance et on donne la conception d'un système remplissant ces conditions. Les paramètres projetés du système sont discutés en tenant particulièrement compte des écarts exigés de télédiaphonie, en présence des bruits fixés d'avance dus à la diaphonie de ligne pour quatre variantes distinctes de la répartition des fréquences transmises en ligne.

Z. Bolszakow

DIE AUFFASSUNG EINES UNIVERSALEN TRÄGERFREQUENZNAHVERKEHR-  
SYSTEM FÜR KREIS UND BEZIRKSNETZE

Zusammenfassung

Die Auffassung eines universalen Trägerfrequenznahverkehrsystem für Kreis und Bezirksnetze wird beschrieben. An Hand der vorausgegebenen Betriebsparameter werden die allgemeinen Umriss des Entwurfsverfahrens und die Auffassung des Systems erläutert.

Die Diskussion der geplanten Systemparameter wird, mit besonderer Berücksichtigung der erforderlichen Fernnebensprechen-Abstände mit vorausgegebenen durch Leitungsnebensprechen verursachten Rauschen, für die Übertragungslage des „Hoch und Tiefbandes“ des Systems, in vier besonderen Varianten, durchgeführt.