

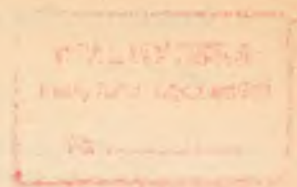
INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
WARSZAWA-MIEDZESZYN

PROBLEMY

ŁĄCZNOŚCI

74

1972



PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

ROK 12

WARSZAWA 1972

NR 74

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Redakcja Problemów Łączności

Redaktor Naczelny - mgr inż. Jerzy Rutkowski

Redaktorzy działów:

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

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH RĘKOPISU

Redaktor: J. Borkowska

Montaż tekstu: B. Drabik

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 630. Wpłynęło do
Działu Wydawniczego 17.11.1971 r.
Druk ukończono w lutym 1972 r.

PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

Opracowania tłumaczeń

SYSTEMY SIECI ZBIOROWYCH LĄDOWEJ RADIOKOMUNIKACJI RUCHOMEJ

SPIS TREŚCI

	Str.
1. R. Zienkiewicz - Wprowadzenie	1
2. Ralew S.: Nowoczesne systemy w służbie lądowej radiokomunikacji ruchomej - Opracował T. Lange	8
3. Publikacja węgierska: System typu MRMB ruchomej łączności radiotelefonicznej z jedną wielokanałową stacją bazową wykorzystywaną w sposób grupowy - Opracował B. Wojtyński	28
4. Jacobsen M.: Ruchoma służba lądowa łączności radiotelefonicznej użytku publicznego w Danii - Opracował Z. Kossakowski	41
5. Strunz G.: Wybrane zagadnienia dotyczące ruchomych służb lądowych w NRF; radiotelefonicznych resortowych i publicznych oraz służby przywoławczej - Opracował J. Derski	58
6. Wey E.: Szwajcarski system automatycznej ruchomej łączności radiotelefonicznej - Opracował Z. Derulski	93

7. R. Zienkiewicz - Wprowadzenie do zagadnienia 121
8. Behrend W.L.: Wykorzystanie fali nośnej stacji radiofonicznej FM do nadawania wielokrotnionych sygnałów radiokomunikacji ruchomej - Opracował A. Rudziński 124

Ryszard Zienkiewicz

SYSTEMY SIECI ZBIOROWYCH
ŁĄDOWEJ RADIOKOMUNIKACJI RUCHOMEJ

WPROWADZENIE

Radiowa lądowa łączność ruchoma jest obecnie w świecie bardzo szeroko rozwinięta i wykorzystywana prawie we wszystkich dziedzinach życia gospodarczego. Pomimo tego obserwuje się dalszy bardzo duży wzrost liczby eksploatowanych sieci i urządzeń. Na przykład w NRF w przeciągu 1970 r. liczba eksploatowanych urządzeń lądowej radiokomunikacji ruchomej wzrosła o około 20%, osiągając przy końcu tego roku liczbę ćwierć miliona. Podobny wzrost, choć przy różnych bezwzględnych liczbach urządzeń jest obserwowany w wielu innych krajach, do których należy również Polska. Wspomniany rozwój jest związany głównie z ciągłym odkrywaniem i wprowadzaniem coraz to nowych możliwości powiększania wydajności pracy przez szybkie przekazywanie informacji i poleceń do i od różnych operatorów pojazdów względnie innych osób znajdujących się w ruchu. Praktyczne korzyści wynikające ze stosowania ruchomej łączności radiowej są na tyle duże, że na przykład zdaniem specjalistów amerykańskich przemysł USA bez tej łączności nie mógłby sprzedawać swoich towarów na rynkach światowych po cenach konkurencyjnych.

Na podstawie danych dotyczących doświadczeń

światowych należy wnioskować, że przewidywany wzrost stopy życiowej w Polsce nie będzie mógł być osiągnięty między innymi bez odpowiednio szybkiej rozbudowy w kraju nowoczesnych sieci lądowej łączności ruchomej. W istniejących warunkach, przy ponad 30 000 urządzeń ruchomych już eksploatowanych w krajowych służbach cywilnych, dalszy rozwój radiokomunikacji ruchomej w Polsce będzie wymagał spełnienia szeregu postulatów [1]. Większość z tych postulatów jest związana z dwoma podstawowymi faktami:

- na obszarach przemysłowych, gdzie występuje największe zapotrzebowanie na łączność ruchomą, już obecnie brakuje wolnych kanałów częstotliwościowych,
- zakres usług zapewnianych przez proste sieci indywidualne dla wielu użytkowników jest niewystarczający - wśród różnych nowych usług, które może zapewnić łączność radiowa, najczęściej występuje potrzeba przekazywania informacji pomiędzy abonentami ruchomymi i abonentami publicznej sieci telefonicznej.

Pierwsze z powyższych stwierdzeń narzuca konieczność wprowadzenia zbiorowych sieci resortowych zapewniających możliwie najlepsze wykorzystanie kanałów radiowych, natomiast drugie postuluje wprowadzenie w kraju sieci ruchomej użytku publicznego.

W związku z tym, że przy budowie obu wymienionych rodzajów sieci, to jest zbiorowych sieci resortowych i sieci otwartej użytku publicznego, występuje konieczność rozwiązania wielu zagadnień stosunkowo mało znanych w

kraju, a często podobnych dla obu sieci. W niniejszym zeszycie w kilku opracowaniach wykonanych na podstawie wybranych pozycji z obszernej literatury światowej przedstawiono najważniejsze z tych zagadnień.

Pierwszy z artykułów: "Nowoczesne systemy w służbie lądowej radiokomunikacji ruchomej" podaje wyniki przeprowadzonej w NRD analizy różnych możliwości budowy wielokanałowych sieci lądowej radiokomunikacji ruchomej z punktu widzenia wykorzystania tego samego sprzętu i rozwiązań do realizacji radiotelefonicznej sieci otwartej (użytku publicznego), jak i dużych wielokanałowych sieci resortowych. W drugim artykule zatytułowanym: "Wielokanałowy system typu MRKB..." jest opisany zautomatyzowany system łączności ruchomej niedawno opracowany na Węgrzech, umożliwiający tworzenie dużych zautomatyzowanych sieci resortowych o grupowym wykorzystaniu kilku (do 8) kanałów.

Dalsze 3 artykuły są poświęcone głównie różnym możliwościom rozwiązania ogólnokrajowych sieci otwartych łączności ruchomej i innym zagadnieniom związanym z budową i eksploatacją tych sieci.

W pracy: "Ruchoma służba lądowa łączności radiotelefonicznej użytku publicznego w Danii" opisano bardzo prostą i stosunkowo prymitywnie wyposażoną sieć oraz pozytywne wyniki jej wieloletniej eksploatacji. Następny artykuł: "Wybrane zagadnienia dotyczące ruchomych służb lądowych w NRF: radiotelefonicznych resortowych i publicznych oraz służby przywoławczej" wyjaśnia zasady pracy dwóch nowych, całkowicie zautomatyzowanych sieci

radiotelefonicznych użytku publicznego, tzw. sieci B i C, które w najbliższym czasie mają być budowane na terenie NRF w celu uzupełnienia dotychczas pracującej sieci z obsługą ręczną, tzw. sieci A ¹⁾. Równocześnie we wspomnianej pracy podano ciekawe wiadomości o systemach: wywołania selektywnego i identyfikacji stosowanych w sieciach resortowych w NRF oraz podstawowe informacje na temat tzw. europejskiej sieci przywoławczej, która zgodnie z porozumieniem administracji łączności krajów zachodnioeuropejskich w niedługim czasie ma objąć swym zasięgiem znaczną część Europy.

Artykuł: "Szwajcarski system automatycznej łączności radiotelefonicznej" opisuje zasady działania obecnie realizowanej sieci użytku publicznego, która po pełnej rozbudowie ma objąć swym zasięgiem całą Szwajcarię. Jedną z oryginalnych cech tego systemu, na którą warto zwrócić szczególną uwagę, jest automatyczne dostrajanie się nadajnika i odbiornika abonenta ruchomego do kanału radiowego, zapewniającego dobrą jakość transmisji, mogące zachodzić również w czasie prowadzenia rozmowy, bez zauważalnego jej przerywania.

Ostatnia z zamieszczonych prac: "Wykorzystanie fali nośnej stacji radiofonicznej FM do nadawania zwielokrotnionych sygnałów radiokomunikacji ruchomej" przedstawia wyniki badań wykonanych w USA nad możliwością wykorzystania już pracujących stacji radiofonicznych do transmisji

¹⁾ Sieć A jest opisana między innymi w pracy "Radiotelefoniczne publiczne sieci ruchome" [4].

sygnałów lądowej radiokomunikacji ruchomej. Zaproponowany sposób transmisji jest szczególnie interesujący z punktu widzenia budowy sieci przywoławczej o zasięgu ogólnokrajowym.

Ze względu na ograniczoną objętość tego zeszytu pominięto w nim wiele ciekawych i cennych pozycji bogatej literatury światowej, dotyczącej rozpatrywanego tematu. Niektóre z tych pozycji były pominięte celowo, ponieważ zawarte w nich informacje są już dostępne w literaturze krajowej. W szczególności można polecić zainteresowanym czytelnikom poprzednio wydane numery Przeglądu Zagadnień Łączności poświęcone tematyce lądowej radiokomunikacji ruchomej (nr 2 - 4) oraz opis radzieckiego systemu ALTAJ w Wiadomościach Telekomunikacyjnych (nr 5 - 6).

WYKAZ LITERATURY

1. Zienkiewicz R.: Ruchoma radiokomunikacja lądowa i główne problemy związane z jej rozwojem w Polsce. Wiadomości Telekomunikacyjne 1970 t. 10 nr 6, s.34-44.
2. Cole A.W., Telford M.: The future of radio communications. Point to Point Telecomm. 1962 t. 6 nr 2, s.4-23. Oprac. polskie Kalita H.: Perspektywy rozwojowe telekomunikacji. Przegl. Zagadnień Łączności 1962 t.2 nr 12/15/, s. 1-26.
3. Bailey Austin: Future developments in vehicular communications. PIRE 1962 t. 50 nr 5, s. 1415-1420. Oprac. polskie Kossakowski Z.: Przyszły rozwój radiokomuni-

- kacji ruchomej. Przegl. Zagadnień Łączności 1962 t.2 nr 12/15/, s. 27-50.
4. Kleimeier H.: Gedanken zur Entwicklung des beweglichen Betriebsfunks in der Bundesrepublik Deutschland. Fernmelde-Prax. 1963 t. 40 nr 8, s. 329-341. Oprac. polskie Kossakowski Z.: Stan i perspektywy rozwoju radiokomunikacji ruchomej w służbach lądowych w NRF.
 5. Howard H., Rice: Choosing a two-way radio system. Electronics World 1963 cz. I, s. 50-52 i 1963 cz. II, s. 52-53 i 58. Opracowanie polskie Kossakowski Z.: Czynniki wpływające na wybór systemu sieci radiokomunikacji ruchomej. Przegl. Zagadnień Łączności 1964 t. 4 nr 5/32/, s. 24-51.
 6. Nylund H.W. i Swanson R.M.: Bell Telephone Laboratories. New Jersey. An improved mobile dial telephone system. IEEE Trans. Vehicular Comm. 1963 t. 12 nr 1, s. 32-38. Oprac. polskie Derulski Z.: Ulepszony system automatycznego wybierania w wielokanałowej ruchomej sieci radiotelefonicznej. Przegl. Zagadnień Łączności 1964 t. 4 nr 5/32/, s. 51-76.
 7. Herbert A., Schneider: Bell telephone laboratories. New Jersey. An approach to multichannel access for the 150 and 450 Mc/s mobile bands. IEEE Trans. Vehicular Comm. 1963 t. 12 nr 1, s. 22-27. Oprac. polskie Derulski Z.: Zagadnienie ekonomicznego powiększenia liczby kanałów w radiotelefonicznych urządzeniach ruchomych w zakresach częstotliwości 150 i 450 MHz. Przegl. Zagadnień Łączności 1964 t.4 nr 5/32/ s.76-95.

8. Kühler M.: UKW-Sprechfunkgeräte in Dienste von Industrie, Wirtschaft und Verkehr. RFT Mitt. Nachrichten u. Messtechnik 1965 t. 3 nr 2, s. 1-4. Oprac. polskie Zienkiewicz R.: Łączność ultrakrótkofalowa dla potrzeb przemysłu, gospodarki i komunikacji. Przegl. Zagadnień Łączności 1966 t. 6 nr 1/52/, s. 1-20.
9. Pogrzeba H.: Öffentliche bewegliche Funknetze SEL-Nachrichten 1962 t. 10 nr 3, s. 169-177. Oprac. polskie Derski J. i Kossakowski Z.: Radiotelefonische publiczne sieci ruchome. Przegl. Zagadnień Łączności 1966 t. 6 nr 1/52/, s. 20-57.
10. Konrad R.B.: Mobile communications system. IEEE Trans. 1964 t. 13 nr 1, s. 19-23. Oprac. polskie Kossakowski Z.: System radiotelefonicznej sieci ruchomej współpracującej z federalną siecią telekomunikacyjną w USA. Przegl. Zagadnień Łączności 1966 t. 6 nr 1/52/, s. 57-75.
11. Douglas V.A.: The MJ mobile radio telephone system. Bell Labor. Rec. 1964 t. 42 nr 11, s. 383-389. Oprac. polskie Derulski Z. i Kossakowski Z.: Nowy system łączności radiotelefonicznej MJ dla służb ruchomych. Przegl. Zagadnień Łączności 1966 t. 6 nr 1/52/, s. 75-94.
12. Uitemark G.M.: Eine neue Dienstleistung der holländischen Post: das Simofoon. Fernmelde-Prax. 1963 t. 40 nr 8, s. 345-360. Oprac. polskie Dumania E. i Zien-

kiewicz R.: "Simofoon" - nowy rodzaj usług wprowadzony przez pocztę holenderską (sieć przywoławczą). Przegł. Zagadnień Łączności 1966 t. 6 nr 1/52/, s. 94-124.

13. Rüster H.: Ortsfeste Überleitungseinrichtung für bewegliche UKW-Funkdienste. RFT Mitt. Nachrichten. u. Messtechnik 1965 t. 3 nr 2, s. 14-19. Oprac. polskie Zienkiewicz R.: Zakończenie radiotelefoniczne dla ultrakrótkofalowych sieci służb ruchomych. Przegł. Zagadnień Łączności 1966 t. 6 nr 1/52/, s. 124-147.

621.396.931

NOWOCZESNE SYSTEMY W SŁUŻBIE LĄDOWEJ RADIOKOMUNIKACJI RUCHOMEJ

Opracował T. Lange na podstawie artykułu: Ralew S.: Moderne systemgestaltung im beweglichen Landfunkdienst. Technische Mitteilungen des RFZ 1970 t. 14 nr 3, s. 115-118.

1. WSTĘP

We wszystkich wysoko uprzemysłowionych krajach stale wzrastają potrzeby w zakresie lądowej radiokomunikacji ruchomej. Również w Niemieckiej Republice Demokratycznej roczny wzrost liczby urządzeń radiowych sięga 20-25%. Wzrastające jednocześnie potrzeby w zakresie przydziałów częstotliwości, ze względu na ograniczone szerokości dysponowanych pasm, wymagają przedsięwzięcia szczególnych

środków zapewniających optymalne wykorzystanie tych pasm częstotliwości. Optymalne wykorzystanie częstotliwości można osiągnąć przez:

- zmniejszenie odstępu międzykanałowego,
- zastosowanie planów rozdziału kanałów i zawarcie międzynarodowych umów, zapewniających możliwie częste użytkowanie każdego z dysponowanych kanałów,
- stosowanie odpowiednich systemów radiowych.

Pierwsze dwie możliwości same nie przyniosą perspektywistycznego rozwiązania problemu częstotliwościowego, ponieważ zakres ich wprowadzania jest ograniczony, a osiągalne korzyści są już w znacznej mierze wyczerpane. Z tego względu należy poświęcić wiele uwagi stosowaniu systemów zapewniających ekonomię częstotliwości.

W ogólności ruchome służby radiokomunikacji ruchomej dzieli się na resortowe (niepubliczne) i publiczne. Publiczne ruchome służby radiokomunikacji ruchomej dzieli się na służbę radiotelefoniczną i służbę przywoławczą.

2. SYSTEMY ZAPEWNIAJĄCE EKONOMICZNE WYKORZYSTANIE CZĘSTOTLIWOŚCI RADIOWYCH

2.1. Wiadomości ogólne

Powszechnie wiadomo, że dotychczasowe indywidualne użytkowanie kanałów częstotliwości w sieciach radiotelefonicznych jest nieekonomiczne. Tylko w rzadkich przypadkach kanały częstotliwościowe w sieciach indywidualnych

są w pełni wykorzystane. Z tego względu należy dążyć do wspólnego (zbiorowego) użytkowania kanałów przez możliwie dużą liczbę użytkowników. Zbiorowe użytkowanie jednego kanału jest najprostszą metodą ekonomicznego wykorzystania częstotliwości. Przy tym sposobie pracy wielu użytkowników ruchu radiowego w tej samej miejscowości przydziela się ten sam kanał częstotliwościowy. W krajach gdzie ten sposób pracy już się stosuje, na jeden kanał radiowy przypada 80 - 100 stacji ruchomych (niekiedy nawet więcej). Ze względów technicznych i ekonomicznych oraz z uwagi na potrzebę uporządkowania nawiązywania i prowadzenia rozmów jest celowe tworzenie i eksploataowanie na danym terenie jednej wspólnej stacji stacjonarnej. Dopuszczając długi czas oczekiwania w godzinie największego ruchu, teoretycznie można uzyskać bardzo dobre wykorzystanie kanału w przypadku zbiorowych sieci jednokanałowych, wyposażonych w układy oczekiwania umożliwiające zgłaszanie zapotrzebowania na rozmowy w czasie zajętości sieci i późniejszą kolejną realizację tych zgłoszeń. Jednak w służbach ruchomych długie czasy oczekiwania są niewskazane, a często nawet niedopuszczalne.

W systemach wielokanałowych, w których eksploatuje się wspólnie grupę (wiązkę) kanałów, można uzyskać dobre wykorzystanie każdego z kanałów również w przypadku, gdy dopuszcza się tylko krótkie czasy oczekiwania. W sieciach zbiorowych wielokanałowych wiązka kanałów jest przydzielana określonej liczbie abonentów ruchomych w taki sposób, że każdy z tych abonentów za pośrednictwem automatycznego przełącznika kanałów ma dostęp do każde-

go kanału danej sieci. Przy takim samym natężeniu ruchu, przypadającego na każdego abonenta, do sieci zbiorowej wykorzystującej grupę kanałów można dołączyć znacznie większą liczbę abonentów niż do sieci jednokanałowych, wykorzystujących tę samą liczbę kanałów. Konkretnie przykłady takich przypadków znane są z literatury. Teoretycznie wraz ze wzrostem liczby kanałów w grupie wzrasta stopień wykorzystania tych kanałów, jednak w warunkach praktycznych stopień wykorzystania kanałów jest ograniczony ze względu na straty czasu występujące w każdym systemie związane z jego funkcjonowaniem. Na te straty czasu składa się czas wysyłania sygnałów niezbędnych do realizacji połączenia, jak sygnałów selektywnego wywołania oraz czas wyszukiwania kanału przez odpowiednie przełączniki. Wspomniane straty czasu zmniejszają stopień wykorzystania kanału wraz ze wzrostem liczby kanałów w grupie. W rezultacie przy przyjętym ustalonym natężeniu ruchu, prawdopodobieństwie strat (niezrealizowanych połączeń) i określonych stratach czasu, istnieje pewna liczba kanałów w grupie, odpowiadająca maksymalnemu wykorzystaniu każdego z kanałów. Przy zbyt dużej liczbie kanałów w grupie wykorzystanie każdego z nich jest również mniejsze. Suma wszystkich strat czasu w danym systemie odniesiona do liczby połączeń rozmównych zależy od właściwości tego systemu, w związku z czym współrzędne maksymalnego stopnia wykorzystania kanałów w różnych systemach wielokanałowych mogą być różne - patrz rys. 1.

Obok sieci radiotelefonicznych coraz większe znaczenie uzyskują sieci przywoławcze, ponieważ dzięki przenoszeniu informacji w szczególnie skoncentrowanej formie, zajmują one bardzo wąskie pasma częstotliwości. Sieć przywoławcza służy do jednostronnej łączności od stałego nadajnika do odbiorników ruchomych, przy czym nadajnik wysyła zakodowane informacje w postaci selektywnych sygnałów wywoławczych. Odbiór sygnału skierowanego do danego odbiornika ruchomego po dokładnym rozpoznaniu uruchamia sygnał akustyczny lub optyczny, na podstawie którego abonent ruchomy może stwierdzić, że został wywołany. Przeniesienie informacji na tej drodze jest możliwe tylko wtedy, gdy odbiorowi sygnału wywołania jest przyporządkowane, uprzednio uzgodnione znaczenie, na przykład abonent ruchomy wie, że po odebraniu wywołania powinien się połączyć z określonym abonentem publicznej sieci telefonicznej.

W przypadku tworzenia nowoczesnych systemów łączności ruchomej, obok wymagania narzucającego ekonomiczne wykorzystanie kanałów radiowych, należy jeszcze uwzględnić:

- daleko idącą automatyzację przebiegu zestawiania połączeń w celu zaoszczędzenia kosztów osobowych związanych z eksploatacją,
- możliwość realizacji rozmów pomiędzy abonentami sieci radiowej a abonentami publicznej przewodowej sieci telefonicznej,

- szerokie zaspokojenie życzeń różnych użytkowników określających potrzebne im zasięgi łączności radiowej.

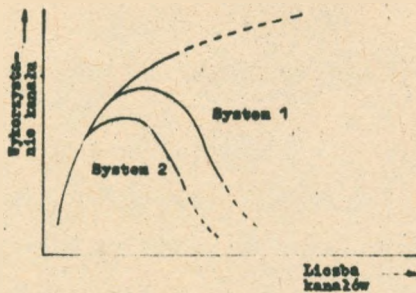
2.2. Zbiorowe sieci jednokanałowe

Ze względu na to, że zastosowanie urządzeń wielokanałowych jest w pełni uzasadnione tylko tam, gdzie istnieją dostatecznie duże potrzeby łączności radiowej, również w przyszłości sieci jednokanałowe powinny być stosowane, przy czym przydziały kanałów dla tych sieci powinny być dokonywane na podstawie planu przewidującego objęcie całego kraju odpowiednią siatką rombowa. Tworząc sieci jednokanałowe, należy dążyć do budowy stacji bazowych wykorzystywanych zbiorowo przez wielu użytkowników, jednak budowa takich stacji nie powinna być warunkiem koniecznym.

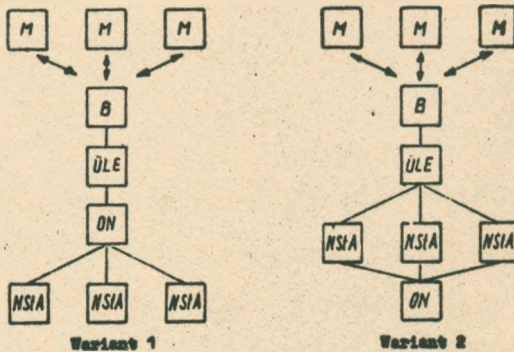
Zbiorowa sieć jednokanałowa może pracować bez zakłóceń, jeżeli będą spełnione następujące warunki:

- urządzenia radiowe będą wyposażone w blokadę uniemożliwiającą rozpoczynanie rozmowy radiowej dopóki kanał jest zajęty przez inną rozmowę,
- w celu wzajemnego rozgraniczenia pracy różnych użytkowników sieci będzie zastosowane selektywne wywołanie indywidualne lub przynajmniej grupowe,
- będzie zapewniona zgodna współpraca użytkowników eksploatujących sieć i krótkie czasy prowadzonych rozmów.

Stacja bazowa zbiorowej sieci jednokanałowej musi być wyposażona w urządzenie automatycznie ograniczające



Rys. 1. Stopień wykorzystania kanału w sieciach z automatycznym wybieraniem kanałów (straty czasu związane z funkcjonowaniem systemu w przypadku systemu 1 są mniejsze niż w przypadku systemu 2)



Rys. 2. Warianty wielokanałowych zbiorowych sieci resortowych
 M - stacja ruchoma, B - stacja bazowa, ULE - centrala radiotelefoniczna, NSIA - telefoniczna centrala abonencka, ON - telefoniczna publiczna sieć miejscowa

czas rozmowy oraz w urządzenie rejestrujące zgłoszenia w czasie zajętości sieci i następnie zapewniające realizację tych rozmów w takiej kolejności, w jakiej zostały one zgłoszone. W razie potrzeby, w celu sprawiedliwego podziału kosztów eksploatacji, może być stosowane urządzenie rejestrujące czas zajętości stacji bazowej przez poszczególnych użytkowników. Na ogół powinno być dopuszczone prowadzenie rozmów przez abonentów sieci radiowej z abonentami publicznej sieci telefonicznej.

Przy przydzielaniu częstotliwości dla sieci zbiorowych istnieje możliwość bardziej starannego planowania częstotliwości i sieci. Można przy tym uwzględniać życzenia różnych użytkowników, dotyczące powiększenia zasięgu pracy ich sieci, przez umożliwienie im łączności radiowej za pośrednictwem wielu stacji stałych, pracujących w różnych sieciach zbiorowych obsługujących sąsiadujące tereny. Może to być realizowane bez dużych nakładów technicznych przez taki rozdział kanałów częstotliwościowych pomiędzy sąsiadujące węzły siatki częstotliwości, aby leżały one wewnątrz pasma przełączania urządzenia radiotelefonicznego.

2.3. Sieci wielokanałowe

Sieci wielokanałowe były dotychczas przeważnie stosowane w przypadku publicznych lądowych sieci radiotelefonicznych. Zastosowaniu sieci wielokanałowych w radiotelefonicznych służbach resortowych stoją na przeszkodzie zbyt duże nakłady techniczne. Ze względu jednak na

to, że główna potrzeba ruchomych lądowych połączeń radiowych występuje w sieciach resortowych, przyszły rozwój ruchomych służb radiowych związany z racjonalnym wykorzystaniem częstotliwości uzasadnia, a nawet wymaga zastosowania pracy wielokanałowej również w sieciach resortowych. W Związku Radzieckim opracowano radiotelefoniczny wielokanałowy system "ALTAJ", który jest już z powodzeniem stosowany zarówno w publicznych, jak i w resortowych sieciach radiotelefonicznych. Również w NRD, w miejscach gdzie występują duże potrzeby łączności ruchomej, powinno się w przyszłości wprowadzać resortowe sieci wielokanałowe o grupowym wykorzystaniu kanałów, które powinny zaspokajać główną część wspomnianych potrzeb na terenie ich działania.

W oparciu o urządzenia stosowane w wielokanałowych sieciach resortowych powinna być budowana publiczna ruchoma sieć radiotelefoniczna, w związku z czym powinna ona być tak zaprojektowana, aby urządzenia wielokanałowe tej sieci ściśle odpowiadały urządzeniom wielokanałowym sieci resortowych; dopuszcza się jedynie stosowanie nielicznych urządzeń dodatkowych lub nieznaczne różnice w konstrukcji urządzeń podstawowych. Budowa złożonego systemu resortowo-publicznego nie może być realizowana, ponieważ sieć publiczna powinna mieć zasięg ogólnokrajowy. Ukształtowanie systemu wielokanałowego w znacznym stopniu zależy od zastosowanego sposobu wybierania kanałów. Dlatego poniżej będą rozpatrzone różne znane sposoby wybierania kanałów.

Zgodnie z pierwszym sposobem wybierania kanałów, jeden z kanałów wykorzystywanej wiązki jest chwilowo oznakowany przez centralę radiotelefoniczną sygnałem dostępności (wolnego kanału). Wszystkie wolne (nie zajęte) stacje ruchome szukają tego kanału i destrykują się do niego, aby móc odbierać sygnały radiowe przesyłane z centrali radiotelefonicznej i w razie potrzeby zrealizować połączenie z tą centralą. Po skutecznym nawiązaniu połączenia przez ten kanał staje się on kanałem rozmównym, a centrala radiotelefoniczna nadaje sygnał dostępności na innym wolnym kanale, który z kolei jest wyszukiwany przez wszystkie nie zajęte stacje ruchome.

Zgodnie z drugim sposobem wszystkie wolne kanały w wiązce kanałowej są oznakowane sygnałem dostępności (wolnego kanału). Każdy sygnał wywołania od centrali do stacji ruchomej jest wypromieniowywany na wszystkich wolnych kanałach. Dzięki temu stacje ruchome dostrojone do różnych wolnych kanałów mogą odbierać sygnały wywołania i mogą same inicjować rozmowy.

Zgodnie z trzecim sposobem, na którym jest oparty radziecki system "ALTAJ", wszystkie wolne kanały podobnie jak poprzednio są oznakowane sygnałem dostępności. Sygnał wywołania od centrali do stacji ruchomych jest jednak wypromieniowywany tylko przez jeden z wolnych kanałów. Przełączniki kanałów na stacjach ruchomych są w ciągłym ruchu, który umożliwia kolejne analizowanie wolnych kanałów, zapewniając skuteczny odbiór sygnału wywołania skierowanego do danej stacji ruchomej. W systemie "ALTAJ" do wywołania od centrali radiotelefonicznej

do stacji ruchomej został zastosowany system selektywnego wywołania o kodzie częstotliwościowym ($\binom{30}{3}$), przy którym 3 odpowiednio wybrane z 30 częstotliwości akustycznych są wypromieniowywane równocześnie, przy czym czas trwania takiego sygnału wywołania zapewnia dwukrotne przeanalizowanie kanałów przez przełącznik kanałowy w odbiorniku ruchomym.

Zgodnie z czwartym sposobem jeden z kanałów sieci jest oznakowany odpowiednim sygnałem jako kanał wolny, a drugi z kanałów sieci jest równocześnie oznakowany innym sygnałem jako tzw. kanał odniesienia. Kanał wolny służy do ruchu od centrali do stacji ruchomej. Do tego kanału są dostrojone wszystkie wolne stacje ruchome, by w razie potrzeby móc przyjąć wywołanie z centrali radiotelefonicznej. Kanał odniesienia służy do ruchu od stacji ruchomej do centrali. Jest on wyszukiwany przez stację ruchomą w przypadku nawiązywania rozmowy przez abonenta ruchomego.

Zgodnie z piątym sposobem stosuje się prócz grupy kanałów rozmównych jeden stały kanał wywoławczy, służący wyłącznie do transmisji sygnałów wywołania od centrali do stacji ruchomych. Każda nie zajęta stacja ruchoma jest dostrojona do tego kanału wywoławczego i opuszcza go po odebraniu sygnału wywołania w celu znalezienia albo określonego kanału rozmównego, który został wskazany przez sygnał wywołania, albo dowolnego wolnego kanału rozmównego, przez który potem zostaje zestawione połączenie rozmówne. W tym systemie stacja ruchoma szuka wolnego kanału rozmównego również wtedy, gdy rozmowa

ma być prowadzona z inicjatywy tej stacji.

Przedstawione sposoby wybierania kanałów mają zależnie od celu zastosowania zalety i wady, które należy z sobą porównać, by w danych warunkach znaleźć rozwiązanie optymalne. Głównymi kryteriami powinny być przy tym: wykorzystanie kanałów i przydatność rozpatrywanego sposobu wybierania zarówno do zastosowania w publicznej sieci radiotelefonicznej, jak i do wielokanałowych sieci resortowych. Należy przy tym wyjść z założenia, że wielokanałowe sieci resortowe będą pracowały z reguły niezależnie od siebie i że w tych sieciach są wymagane wywołania grupowe. Natomiast w przypadku publicznej sieci radiotelefonicznej powinna być możliwa budowa sieci obejmującej swym zasięgiem obszar całego kraju.

W zastosowaniu do wielokanałowych radiotelefonicznych sieci resortowych najlepszy jest czwarty sposób wybierania kanałów z oznakowanymi: wolnym kanałem i kanałem odniesienia, a w zastosowaniu do publicznych sieci radiotelefonicznych - sposób pierwszy z kanałem dostępności oznakowanym jako wolny. Urządzenia dla obu wymienionych sposobów wybierania kanałów (1 i 4) przy odpowiedniej realizacji mogą się różnić tylko stosunkowo nieznacznie. Czwarty sposób ma mniejsze straty czasu niż pierwszy, ponieważ połączenia rozmówne mogą być w nim zestawiane równocześnie w obydwu kierunkach (centrala - stacja ruchoma i odwrotnie). Nie jest jednak racjonalne stosowanie tego sposobu również w publicznej ruchomej sieci radiotelefonicznej z powodu obecnie stosunkowo małej liczby kanałów, w które mogą być wyposażone urządzenia tej

sieci, co jest istotne ze względu na dodatkowy podział kanałów na: lokalne i ogólnokrajowe. Drugi sposób wybierania kanałów nie nadaje się do zastosowania w sieciach resortowych z powodu wymaganego tam wywołania grupowego. Trzeci sposób wybierania kanałów nadaje się zarówno dla urządzeń wielokanałowych sieci resortowych jak i dla urządzeń wielokanałowych sieci publicznej, może on jednak być realizowany w sposób prosty tylko przy stosowaniu systemu selektywnego wywołania o kodzie częstotliwościowym¹⁾. Piąty sposób wybierania kanałów nadaje się bardzo dobrze do realizacji publicznej ruchomej sieci radiotelefonicznej, ponieważ umożliwia wywoływanie stacji ruchomych na dużych obszarach, jeżeli na każdym z tych obszarów będzie używany wspólny kanał wywoławczy. Należy jednak uwzględnić, że w tym przypadku będzie wymagana duża liczba stałych połączeń przewodowych pomiędzy wspólną centralą radiotelefoniczną i dużą liczbą współpracujących z nią stacji bazowych oraz pomiędzy poszczególnymi stacjami bazowymi a nadajnikami wywoławczymi. Te połączenia mogłyby znacznie zwiększyć koszt budowy ruchomej sieci publicznej.

W przypadku wielokanałowych sieci resortowych, przeważnie pracujących niezależnie od siebie, stały kanał wywoławczy jest nieekonomiczny z punktu widzenia gospodarki falowej.

¹⁾ Realizacja kodów częstotliwościowych o dużych liczbach numerów jest związana z dużymi trudnościami technicznymi (jest droga).

Budowa wielokanałowej resortowej ruchomej sieci radiotelefonicznej jest możliwa w dwóch wariantach przedstawionych na rys. 2.

W pierwszym wariacie telefoniczne centrale abonenckie poszczególnych użytkowników sieci są połączone z łącznicą (centralą) radiotelefoniczną przez sieć miejską. Zaletą tego układu jest małe zapotrzebowanie na dodatkowe przewody; centrala radiotelefoniczna jest dołączona do sieci miejscowej podobnie jak centrala abonencka, wskutek czego użytkownik centrali abonenckiej nie ponosi żadnych dodatkowych kosztów. Wadą tego rozwiązania jest konieczność korzystania przy każdej rozmowie z publicznej sieci telefonicznej związana z koniecznością zaliczania rozmów, wskutek czego techniczne nakłady przy tym wariacie w zasadzie odpowiadają nakładom występującym przy budowie radiotelefonicznej ruchomej sieci publicznej.

W drugim wariacie każda z abonenckich central telefonicznych jest połączona z centralą radiotelefoniczną za pomocą wydzielonej linii przewodowej. W tym przypadku połączenia rozmówne od stacji ruchomych do publicznej sieci telefonicznej ze względów taryfikacyjnych mogłyby być zestawiane tylko przez telefoniczną centralę abonencką danego użytkownika.

W zakresie techniki budowy urządzeń wielokanałowych należy zauważyć, że selektywne wywołanie jest wymagane w obydwu kierunkach łączności, przy czym w kierunku do stacji ruchomych powinny być możliwe wywołania grupowe. W sieciach powinna być stosowana praca semiduplexowa,

przy czym połączenia powinny być zestawiane automatycznie po wybraniu odpowiedniego numeru przez abonenta; dotyczy to również abonentów ruchomych.

Siatka częstotliwości dla wielokanałowych sieci resortowych powinna być oparta na siatce rombowej. Zasięgi użyteczne poszczególnych stacji bazowych powinny być przystosowane do potrzeb eksploatacyjnych użytkowników korzystających z danej sieci, jednakże korzyści związane z lepszym wykorzystaniem częstotliwości w zbiorowych sieciach wielokanałowych nie powinny być tracone przez nadmierne powiększenie zasięgów w porównaniu do zasięgów obecnie stosowanych. W szczególnych przypadkach stacje ruchome powinny mieć możliwość nawiązywania łączności na obszarach objętych zasięgami wielu stacji bazowych.

Publiczna ruchoma sieć radiotelefoniczna powinna obejmować cały kraj, tak, aby abonent ruchomy, znajdujący się w każdym dowolnym punkcie kraju, mógł być wywoływany i mógł sam inicjować połączenie oraz przeprowadzać rozmowę za pośrednictwem publicznej sieci telefonicznej. W najprostszym przypadku sieci ogólnokrajowej stacje ruchome powinny być przystosowane do pracy na wszystkich kanałach radiowych, które zostały wykorzystane w różnych miejscach kraju dla publicznej ruchomej sieci radiotelefonicznej. Z powodu ograniczenia szerokości pasma przełączanie kanałów w ruchomych urządzeniach radiowych, przy założeniu stosowania tylko kanałów wolnych od zakłóceń intermodulacyjnych 3 rzędu, można ten wariant sieci zrealizować tylko przy zastosowaniu sto-

sunkowo małej ogólnej liczby kanałów radiowych. Jeżeli w ośrodkach dużego ruchu mają być zastosowane urządzenia o co najmniej 8 kanałach, to ten prosty sposób budowy sieci okazuje się niewystarczający. Występuje jednak możliwość wydzielenia już obecnie jednego lub dwóch kanałów w każdej wielokanałowej stacji bazowej dla służby ogólnokrajowej. Jest celowe, aby tak wydzielone kanały ogólnokrajowe w godzinach największego ruchu mogły być wykorzystywane również dla ruchu lokalnego. Odpowiednio do podziału na kanały miejscowe i ogólnokrajowe można zapewnić abonentom ruchomym udział w ruchu miejscowym albo w sieci ogólnokrajowej. Przy takim podziale stacje ruchome przewidziane do pracy w sieci ogólnokrajowej powinny mieć również możliwość prowadzenia rozmów przez miejscowe kanały macierzystej stacji bazowej.

Transmisja sygnału wywołania od centrali radiotelefonicznej do stacji ruchomej może być realizowana w sposób szczególnie prosty technicznie i korzystny ekonomicznie, jeżeli przejmie się założenie, że każde wywołanie może być transmitowane tylko przez jedną stację bazową. Zgodnie z tym założeniem abonent publicznej sieci telefonicznej albo powinien wiedzieć, w zasięgu której stacji bazowej znajduje się żądana stacja ruchoma, albo też powinien wywoływać ją kolejno za pośrednictwem wielu stacji bazowych. Przy tym założeniu można zrealizować takie same urządzenia dla radiotelefonicznej sieci publicznej i dla wielokanałowych sieci resortowych.

Poza tym zachodzi również możliwość stosunkowo łatwej budowy etapowej. Wada polegająca na konieczności w pewnych warunkach wielokrotnego wywołania ruchomego abonenta przez różne stacje bazowe wydaje się mieć małe znaczenie w porównaniu z wymienionymi zaletami, zwłaszcza, gdy się weźmie pod uwagę, że zgodnie z doświadczeniami międzynarodowymi 80% wszystkich połączeń w publicznej ruchomej sieci radiotelefonicznej jest realizowane w ruchu miejscowym. W celu znalezienia abonenta ruchomego, poruszającego się na szczególnie dużych obszarach, można dodatkowo korzystać z publicznej ruchomej sieci przywoławczej.

Zaleca się, aby do selektywnego wywoływania abonentów w obu kierunkach był stosowany kod impulsowy. Z powodu możliwości zastosowania tego kodu w resortowych sieciach radiotelefonicznych powinien on być przystosowany do tworzenia różnych pojemności numerycznych (maksymalnych liczb numerów wywoławczych). Zestawienie połączenia od sieci telefonicznej do stacji ruchomej i odwrotnie powinno następować automatycznie po wybraniu numeru odpowiedniego abonenta. Sieć powinna pracować w sposób duplexowy. W centrali radiotelefonicznej powinny być urządzenia zaliczające rozmowy inicjowane przez abonentów ruchomych. Dla ruchu miejscowego do zaliczania rozmów powinny być wykorzystywane liczniki, przy czym każdy abonent sieci miejscowej powinien mieć indywidualny licznik opłat. Opłaty za rozmowy inicjowane przez abonentów w innych obszarów macierzystych powinny być rejestrowane przez drukarkę opłat. W celu pra-

widłowego zaliczenia każdej opłaty za rozmowę przed rozpoczęciem rozmowy powinna nastąpić identyfikacja stacji ruchomej.

2.4. Publiczna ruchoma sieć przywoławcza

Radiowa sieć przywoławcza może być zrealizowana w różny sposób. Na przykład można zbudować sieci podobne do stosowanych w Holandii lub Szwajcarii. Te systemy są stosunkowo drogie, ponieważ posługują się własną nadawczą siecią przywoławczą. Bardziej korzystna ekonomicznie wydaje się kombinacja publicznej sieci przywoławczej z publiczną ruchomą siecią radiotelefoniczną. Ta ostatnia wersja jest jednak tylko wtedy racjonalna, gdy w publicznej sieci radiotelefonicznej są wydzielone specjalne nadajniki o większych zasięgach, transmitujące tylko sygnały wywołań. Wersja ta jest nieaktualna, jeżeli w publicznej sieci radiotelefonicznej, analogicznie jak w wielokanałowych sieciach resortowych, wywołania są transmitowane tylko przez jedną stację bazową. Przy tym założeniu, ze względów technicznych i ekonomicznych, jest szczególnie korzystna budowa radiowej sieci przywoławczej, wykorzystującej sieć nadajników radiofonicznych o modulacji FM. Radiofoniczne nadajniki FM zapewniają dobre pokrycie terenowe, mogą być modulowane do częstotliwości około 100 kHz, przy czym zakres częstotliwości modulujących powyżej pasma stereofonicznego (53 kHz) jest dotychczas nie używany. We wspomnianym zakresie częstotliwości modulujących powy-

żej pasma stereofonicznego istnieje możliwość transmisji radiowych sygnałów przywoławczych przy małej dewiacji¹⁾.

Nadawanie sygnałów przywoławczych powinno być możliwe zarówno w skali ogólnokrajowej, jak i w skali jednego okręgu. Nadawanie sygnałów przywoławczych w skali ogólnokrajowej powinno następować za pośrednictwem jednej centrali przywoławczej, podczas gdy w celu nadawania sygnałów przywoławczych w skali okręgu, każdy okręg przywoławczy powinien otrzymać własną centralę przywoławczą. Wybranie dowolnej centrali przywoławczej oraz numeru wywoływanego abonenta ruchomego powinno być dokonywane w sposób automatyczny z dowolnego aparatu telefonicznego dołączonego do publicznej sieci telefonicznej. Sygnały wywołania powinny być doprowadzone do nadajnika radiofonicznego UKF, znajdującego się najbliżej danej centrali przywoławczej, za pomocą linii przewodowej lub radiowej. Doprowadzenie sygnałów modulujących do pozostałych nadajników danego obszaru przywoławczego mogłoby być dokonywane przez retransmisję tych sygnałów.

Zastosowany system selektywnego wywołania powinien posiadać szczególnie dużą niezawodność wywołania i bardzo małe prawdopodobieństwo błędów, tak aby można było zaniechać potwierdzania odbioru sygnału przez stację ruchomą. Ponadto system ten powinien umożliwiać transmisję

¹⁾ Zagadnienie to jest szeroko przedstawione w pracy: "Wykorzystanie fali nośnej stacji radiofonicznej FM do nadawania zwielokrotnionych sygnałów radiokomunikacji ruchomej" w dalszej części niniejszego zeszytu.

znacznej liczby informacji dodatkowych za pomocą sygnałów selektywnego wywołania. Rejestr sygnałów wywołania w centrali przywoławczej powinien zapewnić równomierne obciążenie nadajników sygnałami wywoławczymi. Może być potrzebne wprowadzenie opłaty za każde wywołanie.

WYKAZ LITERATURY

1. Grinev G.A.: Methoden zur Organisation der automatischen Funktelefonie in UKW-Systemen der automatischen Funktelefonie mit frequenzmässiger Aufteilung der Kanäle. Elektrosvjaz 1964 t. 18 nr 7, s. 60-66.
2. Muller J.J.: STAMP - ein automatisches Mobilfunksystem für den öffentlichen Dienst. Elekt. Nachrichtenwes. 1968 t. 43 nr 4, s. 359-371.
3. Malachov V.: ALTAI - novaja sistema podvishnoi radio-svjazi. RADIO 1967 nr 7, s. 15-16.
4. Douglas: The MJ Mobile Telephone System. Bell Lab. Rec. 1964. t. 42 nr 11, s. 383-389.
5. Strunz G.: Der Übl. der Deutschen Bundespost. Funkschau 1969 t. 41 nr 11, s. 327-330.
6. Ruppel A.E.: Direct dispatching for mobile telephone. Bell Lab. Rec. 1956 t. 34 nr 3, s. 86-89.

SYSTEM TYPU MRKB RUCHOMEJ ŁĄCZNOŚCI
RADIOTELEFONICZNEJ Z JEDNĄ WIELOKANALOWĄ
STACJĄ BAZOWĄ WYKORZYSTYWANĄ W SPOSÓB GRUPOWY¹⁾

Opracował B. Wojtyński na podstawie publikacji węgierskiej w języku rosyjskim, zatytułowanej: "Podwiznaja sistema radiotelefonnoj swiazi ti-pa MRKB, imiejuszczaja obszczuju bazowuju stancju"...

1. PRZEZNACZENIE SYSTEMU

System typu MRKB zapewnia możliwość budowy ruchomej sieci łączności radiotelefonicznej, mającej wspólną stację bazową, wykorzystywaną przez wielu niezależnych od siebie abonentów ruchomych. Sieć ta zapewnia łączność radiotelefoniczną pomiędzy stałymi stacjami dyspozytorskimi i ruchomymi stacjami abonenckimi oraz w pewnych warunkach pomiędzy abonentami publicznej sieci telefonicznej i ruchomymi stacjami abonenckimi, pracującymi w omawianej sieci.

2. PODSTAWOWE PARAMETRY SYSTEMU

W celu zapewnienia lepszego wykorzystania kanałów radiowych oraz ograniczenia czasu oczekiwania na połącze-

¹⁾ System MRKB został opracowany w Węgierskiej Republice Ludowej.

nie w omówionym systemie zastosowano automatyczne wyszukiwanie wolnego kanału. Dzięki temu każda stacja pracująca w sieci może wykorzystywać do nawiązania i realizacji łączności różne kanały radiowe. Zestawienie połączenia pomiędzy dowolnymi abonentami odbywa się przy wykorzystaniu tego kanału, który był wolny w chwili inicjowania połączenia przez jednego z abonentów. Podstawowym warunkiem do nawiązania łączności w sieci bez oczekiwania jest istnienie w tej sieci co najmniej jednego kanału radiowego, wolnego w chwili inicjowania połączenia. Zastosowany system wyszukiwania wolnego kanału może obejmować dwa, cztery, sześć bądź osiem kanałów radiowych. Liczba stacji ruchomych, pracujących w sieci przy maksymalnej liczbie wykorzystywanych kanałów równej osiem z uwzględnieniem dopuszczalnego czasu oczekiwania, może być równa około 500.

Do systemu można dołączyć następujące stacje dyspozytorskie i linie telefoniczne:

- 12 stacji dyspozytorskich typu D, z których każda ma dołączoną do niej jedną miejską linię telefoniczną;
- 1 stację dyspozytorską typu M z dołączonymi do niej czterema miejskimi liniami telefonicznymi;
- 2 linie telefoniczne, niezależnie od stacji dyspozytorskich, które są połączone z blokiem centralnej automatyki stacji bazowej.

W przypadku gdy w sieci nie przewiduje się zastosowania stacji dyspozytorskiej typu M, wówczas liczba stacji dyspozytorskich typu D może być zwiększona do 16.

3. URZĄDZENIA WCHODZĄCE W SKŁAD SIECI TYPU MRKB

3.1. Stacja bazowa

Nadawczo-odbiorcza stacja bazowa składa się z kilku (do ośmiu) nadawczo-odbiorczych w pełni stranzystoryzowanych urządzeń radiotelefonicznych. Moc nadajnika jest równa 25 W lub 15 W w zależności od wykorzystywanego zakresu częstotliwości 160 MHz bądź 450 MHz.

Stacje dyspozytorskie typu D lub M są dołączone do łącznicy radiotelefonicznej (bloku centralnej automatyki) za pośrednictwem dwuprzewodowych linii telefonicznych. Oprócz tego do tej samej łącznicy są dołączone dwie linie telefoniczne miejskiej automatycznej sieci telefonicznej, za pomocą których stacje ruchome mogą realizować połączenia z dowolnymi abonentami wspomnianej sieci miejskiej.

Istnieje możliwość pracy radiotelefonicznych urządzeń nadawczo-odbiorczych stacji bazowej w postaci rozdzielonej, tzn. można realizować sieć mającą różne miejsca zainstalowania urządzeń nadawczych i odbiorczych. W takim przypadku wspomniane urządzenia są połączone z łącznicą radiotelefoniczną za pomocą czteroprzewodowego toru kablowego, przy czym tłumienność tego toru nie może być większa niż 10 dB.

3.2. Stacja dyspozytorska typu D

Stacja dyspozytorska typu D może nawiązywać łączność ze wszystkimi stacjami ruchomymi, pracującymi w

sieci. Dodatkowy zespół wchodzący w skład stacji dyspozytorskiej typu D zapewnia możliwość nawiązania za pośrednictwem dyspozytora łączności pomiędzy stacją ruchomą a dowolnym abonentem sieci telefonicznej. Zestawienie tego rodzaju połączenia jest wykonywane przez dyspozytora w sposób ręczny. W tym celu do dodatkowego zespołu jest dołączona linia telefoniczna umożliwiająca takie połączenia.

3.3. Stacja dyspozytorska typu M

Dzięki zastosowaniu w sieci zespołu dyspozytorskiego typu M można eksploatować sieć i kierować jej pracą w sposób centralny. Stacja dyspozytorska typu M jest dołączona do stacji bazowej za pomocą czterech linii telefonicznych, dalsze cztery linie telefoniczne mogą łączyć tę stację z miejską siecią telefoniczną. Te ostatnie linie umożliwiają dyspozytorom wykonywanie w sposób ręczny komutacji połączeń pomiędzy liniami abonentów miejskiej sieci telefonicznej i stacjami ruchomymi.

3.4. Stacja ruchoma

A. Urządzenia nadawczo-odbiorcze

Urządzenia nadawczo-odbiorcze są zbudowane całkowicie w oparciu o półprzewodniki. Dane techniczne tych urządzeń odpowiadają wymaganiom Administracji Łączności WRL. System łączności omawiany w niniejszym artykule może być przystosowany zarówno do pracy w zakresie często-

tliwości 160 MHz, jak i w zakresie częstotliwości 450 MHz bez zmiany świadczonych usług, z tym że w zależności od zakresu częstotliwości muszą być stosowane różne urządzenia radiotelefoniczne.

B. Manipulator typu podstawowego

Manipulator umożliwia wywołanie własnego dyspozytora (typu D) za pomocą naciśnięcia odpowiedniego przycisku lub też dyspozytora typu M przez naciśnięcie innego przycisku.

C. Manipulator umożliwiający nawiązywanie połączeń z abonentami sieci telefonicznej

Manipulator umożliwia, oprócz zapewnienia usług typu podstawowego, tzn. nawiązywania łączności ze stacją dyspozytorską, nawiązanie łączności z dowolnym abonentem sieci telefonicznej. Jest to możliwe dzięki połączeniu bloku automatyki stacji bazowej z miejską siecią telefoniczną. Zastosowanie odpowiednich rozwiązań w omawianym manipulatorze umożliwia wykonywanie połączeń w sposób automatyczny.

D. Manipulator umożliwiający połączenia pomiędzy dwoma stacjami ruchomymi

Manipulator zapewnia wykonywanie usług typu podstawowego, tzn. nawiązywanie łączności pomiędzy stałą stacją dyspozytorską a stacją ruchomą, oraz umożliwia realizację rozmów pomiędzy dwoma stacjami ruchomymi za po-

średnictwem stacji bazowej, pracującej jako stacja retransmisyjna (przekaznikowa). W zależności od zastosowanej wersji rozwiązania tego manipulatora, wspomniana łączność może być prowadzona w sposób semiduplexowy bądź duplexowy. Oprócz tego manipulator ten może być wykorzystywany do równoczesnego wywoływania wszystkich dyspozytorskich stacji stałych, z wyjątkiem stacji własnego dyspozytora.

E. Manipulator uniwersalny

Manipulator zapewnia wszystkie usługi, które mogą dawać poprzednio wymienione manipulatory.

Każdy manipulator można uzupełnić specjalną przystawką, za pomocą której istnieje możliwość grupowego wywołania określonej grupy stacji ruchomych.

Każda stacja ruchoma, niezależnie od urządzenia nadawczo-odbiorczego, zawiera w oddzielonej obudowie: obwody automatycznego wybierania wolnego kanału, blok automatyki, generatory niezbędne do wywołań, a także odbiornik sygnałów wywołania selektywnego.

4. USŁUGI ZAPEWNIANE PRZEZ SYSTEM I REALIZACJA POŁĄCZEŃ

4.1. Wywołanie inicjowane przez stację dyspozytorską typu D

4.1.1. Wywołanie stacji ruchomej

Wywołanie stacji ruchomej i połączenie z nią realizuje się tak, jak realizuje się połączenia w automatycznej sieci telefonicznej. Dyspozytor po podniesieniu mikrotelefonu i uzyskaniu sygnału zgłoszenia stacji bazowej wybiera 4-cyfrowy numer żądanej stacji ruchomej. Rozmowy prowadzi się w sposób dwukierunkowy. Rozłączenie następuje w chwili, gdy dyspozytor odłoży mikrotelefon na widełki.

Operator wywoływanego urządzenia ruchomego jest zawiadamiany o istnieniu wywołania w sposób optyczny przez lampkę sygnalizacyjną oraz w sposób akustyczny. W przypadku gdy stacja ruchoma nie zgłasza się, po upływie czasu 30 sek połączenie zostaje przerwane w sposób automatyczny.

4.1.2. Wywołanie grupy stacji ruchomych

Dyspozytor wybiera 4-cyfrowy numer odpowiadający wywołaniu grupowemu. Stacje ruchome sygnalizują istniejące wywołanie grupowe w sposób optyczny przez zapalenie się lampki wywołania grupowego oraz w sposób akustyczny,

przy czym wysokość tonu jest różna od wysokości tonów innych sygnałów akustycznych wykorzystywanych w sieci. Rozłączenie następuje w chwili odłożenia przez dyspozytora mikrotelefonu na swoje miejsce.

4.1.3. Połączenie abonenta telefonicznej sieci przewodowej ze stacją ruchomą

W przypadku wywołania przychodzącego do dyspozytora od strony sieci telefonicznej powinien on wywołać żądaną stację ruchomą w sposób opisany wyżej, a następnie po zgłoszeniu się tej stacji zestawić połączenie za pomocą klucza telefonicznego łączącego odpowiednie linie. O zakończeniu rozmowy dyspozytor jest zawiadamiany za pośrednictwem sygnału akustycznego.

4.2. Wywołania inicjowane przez stację dyspozytorską typu M

Dyspozytor obsługujący stację typu M może zestawić jednocześnie 4 tory rozmówne pomiędzy abonentami sieci telefonicznej i stacjami ruchomymi. W przypadku retransmisji, tj. połączeń pomiędzy stacjami ruchomymi, dyspozytor może zestawić tylko dwa tory rozmówne z udziałem 4 stacji ruchomych (2x2 stacje ruchome).

4.2.1. Wywołanie stacji dyspozytorskiej typu M przez abonenta sieci telefonicznej

Do stacji dyspozytorskiej typu M można dołączyć 4 miejskie lub zakładowe linie telefoniczne. Dowolny abonent sieci telefonicznej miejskiej lub zakładowej może wywołać dyspozytora i przeciwnie.

4.2.2. Wywołanie stacji ruchomej lub grupy stacji przez stację dyspozytorską typu M

Stacja typu M jest połączona z blokiem centralnej automatyki za pomocą czterech linii. Dyspozytor typu M może łączyć się z dowolną stacją ruchomą bądź grupą takich stacji przy wykorzystaniu dowolnej ze wspomnianych wyżej linii, oczywiście wtedy, gdy w danym momencie jest ona wolna. Wywołanie odbywa się w sposób analogiczny, jak wyżej opisano w przypadku stacji dyspozytorskiej typu D.

4.2.3. Połączenie abonenta telefonicznego ze stacją ruchomą

Dyspozytor może połączyć abonenta sieci telefonicznej z dowolną stacją ruchomą. Zestawienie połączenia i rozłączenie wykonuje on w taki sam sposób, jak opisano wyżej w przypadku dyspozytora typu D.

4.2.4. Połączenie retransmisyjne pomiędzy dwoma stacjami ruchomymi

Dyspozytor po zgłoszeniu się stacji ruchomej inicjującej rozmowę wykorzystuje drugą linię łączącą go ze stacją bazową do wywołania żądanej stacji ruchomej. Następnie za pomocą swego wyposażenia komutacyjnego łączy się. Zakończenie rozmowy jest sygnalizowane w sposób akustyczny.

4.3. Połączenia inicjowane przez stację ruchomą

Możliwości nadawania sygnałów wywołania przez stację ruchomą zależą od zastosowanego typu manipulatora. Niżej zostanie opisany sposób inicjowania i nawiązywania połączenia przez stację ruchomą przy wykorzystaniu manipulatora uniwersalnego, zapewniającego najszerszy zakres usług.

4.3.1. Wywołanie stacji dyspozytorskiej typu D

Po podniesieniu mikrotelefonu i uzyskaniu sygnału "kanał wolny" można wywołać dyspozytora przez naciśnięcie przycisku oznaczonego literą "D". W odpowiedzi stacja ruchoma otrzyma bądź sygnał kontrolny wysyłanego wywołania, bądź też sygnał zajętości. Rozmowa jest prowadzona w sposób duplexowy. Po zakończeniu rozmowy i odłożeniu mikrotelefonu na swoje miejsce następuje rozłączenie.

4.3.2. Wywołanie dyspozytora typu M

Połączenie zestawia się w sposób analogiczny, jak opisano w poprzednim rozdz., z tą tylko różnicą, że należy nacisnąć przycisk oznaczony literą "M".

4.3.3. Automatyczne wywołanie abonenta przewodowej sieci telefonicznej

Po podniesieniu mikrotelefonu i uzyskaniu sygnału "kanał wolny" operator stacji ruchomej naciska przycisk oznaczony literą "T". Jeżeli w danej chwili jest wolna jedna z dwóch linii dołączonych do bloku automatyki stacji bazowej, to otrzymuje on sygnał zgłoszenia się centrali telefonicznej. Odbiór sygnału zgłoszenia jest sygnałem do rozpoczęcia wybierania numeru żądanego abonenta telefonicznego. Po zakończeniu rozmowy i położeniu mikrotelefonu następuje rozłączenie.

4.3.4. Połączenia retransmisyjne

Operator stacji ruchomej inicjującej połączenie po podniesieniu mikrotelefonu i otrzymaniu sygnału "kanał wolny" naciska na przycisk oznaczony literą "N" i następnie wybiera numer żądanej stacji ruchomej. W zależności od zastosowanego sposobu retransmisji rozmowa może być prowadzona w sposób semiduplexowy lub duplexowy.

4.3.5. Wywołanie obcego dyspozytora

W tym przypadku połączenie jest realizowane w taki sam sposób, jak opisano wyżej w rozdz. 4.3.4.

4.3.6. Odbiór sygnału wywołania grupowego na stacji ruchomej

Wywołanie grupowe jest sygnalizowane w sposób akustyczny i w sposób optyczny przez lampkę sygnalizacyjną "wywołanie grupowe". Po podniesieniu mikrotelefonu operator stacji ruchomej może odbierać informacje. Włączenie nadajnika stacji ruchomej jest możliwe tylko w przypadku otrzymania pozwolenia od abonenta wywołującego.

4.3.7. Odbiór wywołania inicjowanego przez inną stację ruchomą

Wywołanie jest sygnalizowane zarówno w sposób akustyczny, jak i w sposób optyczny za pomocą lampki sygnalizacyjnej oznaczonej napisem "Wywołanie". Rozmowa w zależności od sposobu retransmisji zastosowanego na stacji bazowej może przebiegać w sposób semiduplexowy bądź duplexowy.

5. PODZIAŁ NUMERÓW WYWOŁAWCZYCH

Wszyscy abonenci pracujący w sieci mają indywidualne numery czterocyfrowe, przy czym poszczególne cyfry nume-

ru są transmitowane kolejno. Każdej z dziesięciu cyfr odpowiada jedna częstotliwość akustyczna. Przy ustalaniu numerów abonentów należy zwracać uwagę, aby ta sama cyfra nie występowała kolejno na dwóch miejscach wybranego numeru czterocyfrowego.

Numery wywoławcze stacji dyspozytorskich zawsze rozpoczynają się cyfrą zero.

Numery wywołania grupowego składają się również z czterech cyfr.

6. SYSTEM WYWOŁANIA

Przesyłanie sygnałów wywoławczych pomiędzy stanowiskami dyspozytorskimi a blokiem centralnej automatyki odbywa się za pomocą impulsów wybierczych stosowanych w łączności telefonicznej. Impulsy te są przekształcane w bloku centralnej automatyki na ciąg występujących po sobie sygnałów akustycznych, który jest przesyłany za pośrednictwem stacji bazowej do stacji ruchomych.

Wszystkie wywołania inicjowane przez stacje ruchome są realizowane również przy wykorzystaniu systemu kodowania kolejnego. W przypadku wywołania abonenta telefonicznej sieci miejskiej bądź zakładowej impulsy wybiercze są przekształcane w sygnał, składający się z dwóch różnych częstotliwości akustycznych, występujących po sobie w sposób okresowy, po czym sygnał ten jest nadawany przez stację ruchomą w kierunku stacji bazowej. Sygnały te na stacji bazowej są przekształcane na impulsy prądu stałego, stosowane w przewodowej sieci telefonicznej.

RUCHOMA SŁUŻBA LĄDOWA
ŁĄCZNOŚCI RADIOTELEFONICZNEJ UŻYTKU PUBLICZNEGO
W DANII

Opracował Z. Kossakowski na podstawie artykułu Jacobsen M.: The Public Land Mobile Radiotelephone service in Denmark. Teletechnik 1969 t. XIII nr 1-2, s. 25-31.

1. WSTĘP

W końcu 1963 r. została otwarta radiotelefoniczna ruchoma sieć użytku publicznego obsługująca obszar Wielkiej Kopenhagi. Znalazła ona duże zainteresowanie, co zdecydowało o szybkim rozszerzeniu służby na obszar całego kraju.

Nie była to pierwsza okazja, w której Poczta Duńska (PTT) przeprowadzała próby wprowadzenia ruchomej służby użytku publicznego; już w 1951 r. została zbudowana dość złożona technicznie sieć pokrywająca obszar Wielkiej Kopenhagi. W sieci tej każdy abonent mógł być wywoływany w sposób selektywny, co stanowiło pewną formę poufności prowadzonych rozmów. Sprzęt stanowiący wyposażenie stacji ruchomej był wypożyczany przez PTT i przez nią konserwowany, przy czym koszty z tym związane wynosiły kwartalnie 350 koron. Opłata za 1 minutę połączenia lokalnego wynosiła 30 öre. Sieć była eksploatowana przez 12 lat, jednak liczba abonentów w żadnym okresie tego czasu nie przekroczyła 20 i dlatego można

powiedzieć, że sieć ta była w pełni przedsięwzięciem nieudanym. Jednym z podstawowych powodów było to, oczywiście w odniesieniu do poziomu ówczesnej technologii, że sprzęt był zbyt skomplikowany, a tym samym trudny do utrzymania w stanie odpowiedniej gotowości eksploatacyjnej. Ponadto stosowane zestawy radiowe różniły się tak bardzo od radiotelefonów ruchomych produkowanych masowo dla potrzeb sieci resortowych, że koszty dotyczące eksploatacji omawianej sieci publicznej stwarzały bardzo poważne trudności.

Jak wiadomo, sieci na podobnym poziomie technicznym w innych krajach podlegały temu samemu losowi jak i sieć duńska i stało się oczywistym wnioskiem, że powinno się dążyć do dokonania próby wprowadzenia prostego systemu sieci opartego na zastosowaniu tego samego rodzaju sprzętu, jak sprzęt używany w sieciach resortowych. Również wystąpiło przekonanie, ażeby abonenci sami nabywali, instalowali i konserwowali sprzęt stacji ruchomych, który spełniałby wymagania określone przez Poczta Duńską. Bardzo dużą zaletą takiego rozwiązania jest to, że nakłady PTT zostają ograniczone jedynie do wyposażenia stacji bazowych i urządzeń dodatkowych, jak: niezbędne połączenia przewodowe, ręczna centrala radiotelefoniczna, stanowiska operatorów. Oczywiście było konieczne również poleganie na doświadczeniu producentów urządzeń radiotelefonicznych i na szczęście w tym zakresie w Danii nie było trudności.

W rezultacie w 1963 r. poprzednia skomplikowana sieć użytku publicznego została zastąpiona przez sieć uprosz-

czoną, której ogólne omówienie jest podane w niniejszym artykule.

2. WYMAGANIA DOTYCZĄCE STACJI RUCHOMYCH

Typ nadajników i odbiorników radiotelefonów powinien być zatwierdzony przez PTT zgodnie z przepisami oznaczonymi 1.T.-VHF/UHF 1-5, March 1963 ("Regulamin techniczny dla sprzętu w zakresie fal metrowych i decymetrowych"), w części dotyczącej zastosowania zakresu częstotliwości 146-174 MHz. Przepisy te między innymi zawierają następujące wymagania: odstęp międzykanałowy 25 kHz, maksymalna dewiacja częstotliwości ± 5 kHz, maksymalna moc promieniowana 25 W. Niezależnie od przepisów określonych w wyżej wspomnianym regulaminie, nadajniki ruchome powinny spełniać niżej omówione wymagania.

Przy uruchomieniu przycisku dzwonienia powinien być wysłany do stacji bazowej odpowiedni ton wywoławczy; wywołanie powinno być sygnalizowane na pulpicie sterującym operatora. Nadawanie tonu wywoławczego powinno trwać przez okres uruchomienia przycisku dzwonienia. Częstotliwość tonu powinna wynosić 2900 Hz $\pm 1\%$, mierzona w zakresie temperatur pomiędzy -15°C i $+50^{\circ}\text{C}$ i przy zmianach napięcia zasilającego rzędu 10% w stosunku do wartości nominalnej. Przy nadawaniu tego tonu dewiacja nadajnika powinna mieć wartość w granicach ± 3 i ± 5 kHz.

Przy inicjowaniu przez stację bazową wywołania stacji ruchomej jest wysyłany ton 2600 Hz przez okres około 1 sekundy. Ton ten może być wykorzystany do włączenia

głośnika w pojeździe. PTT uważa jako rzecz bardzo pożądaną, ażeby stosowany sprzęt był wyposażony w odbiornik tonu 2600 Hz włączający głośnik. Jeżeli sprzęt ma taki odbiornik, to powinny być spełnione niżej przytoczone wymagania.

Włączenie głośnika powinno następować przy odbiorze sygnału mającego SEM $2 \mu\text{V}$ na wejściu odbiornika radiowego, modulowanego tonem wywoławczym przy wartości dewiacji wynoszącej 3,4 kHz. W badaniach typu prowadzonych przez PTT włączanie odbiornika jest sprawdzane przy tonie $2600 \text{ Hz} \pm 1\%$ i w zakresie temperatur od -15°C do 50°C oraz przy zmianach napięcia zasilającego rzędu 10% w stosunku do napięcia nominalnego.

Stacje ruchome muszą być tak zbudowane, ażeby istniała możliwość szybkiego wstawienia oscylatorów kwarcowych dla co najmniej 12 kanałów. PTT zaleca jednak stosowanie stacji co najmniej 18-kanałowych.

Jest dopuszczalna praca simpleksowa stacji ruchomej, przy której abonent sieci telefonicznej nie może mówić (nie będzie słyszany) podczas nadawania po stronie stacji ruchomej, dzięki czemu jednak ułatwia się budowę tych stacji.

W przypadku powstania uszkodzenia w stacji ruchomej zgłoszenie potrzeby naprawy należy skierować do dostawcy urządzenia, a nie do PTT. W celu skutecznego wykorzystania stacji w sieci zaleca się, ażeby każdy abonent miał odpowiednią instrukcję obsługi stacji, dostarczoną przez producenta sprzętu.

Wymagania dotyczące liczby kanałów są podane niżej w rozdziale zatytułowanym "Wykorzystanie kanałów". W stacji ruchomej stosowanej w sieci ruchomej użytku publicznego nie wolno jest instalować oscylatorów kwarcowych przewidzianych do wykorzystania w sieciach innych służb.

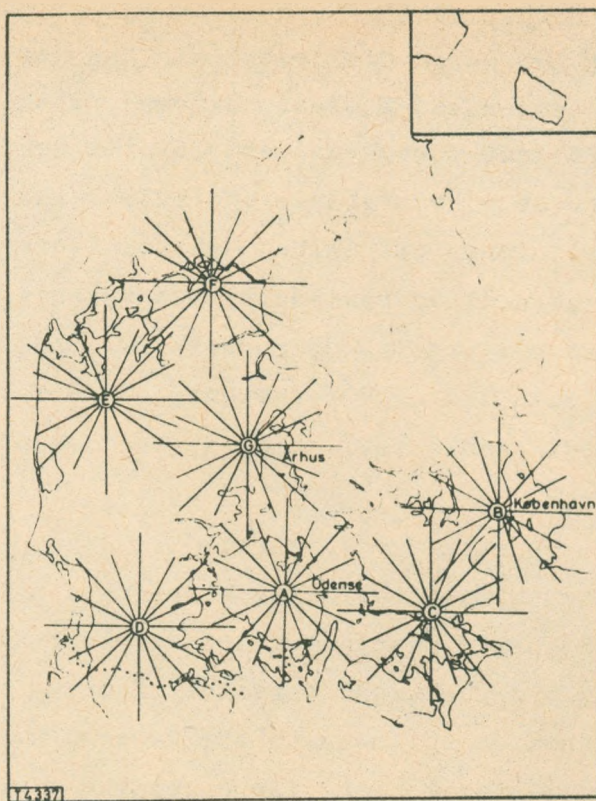
W celu zapewnienia optymalnej jakości łączności nakłada się na abonenta odpowiedzialność wykonywania właściwej konserwacji stacji. Operatorzy PTT mają prawo odmówić zestawienia żądanego połączenia, jeżeli w ich przekonaniu połączenie takie nie zapewni dobrej jakości łączności.

PTT zastrzega sobie prawo wprowadzić w każdym czasie zmiany organizacyjno-techniczne, które uzna za potrzebne. Wszystkie koszty związane z urządzeniami włączonymi do sieci mają być ponoszone przez użytkownika i nie mogą być kierowane do PTT żądania odszkodowań w wyniku przerwy w eksploatacji sieci lub w związku z wykonywaniem prac technicznych w sieci. PTT nie bierze odpowiedzialności finansowej za zakłócenia, uszkodzenia lub nieprawidłowości zachodzące w sieci czy to ze względów eksploatacyjnych czy też z innych przyczyn.

3. LOKALIZACJA I ZASIĘG STACJI BAZOWYCH

Rysunek 1 przedstawia lokalizację stacji bazowych. Należy zaznaczyć, że w chwili ukazania się niniejszej publikacji stacja w South Zealand nie była jeszcze uruchomiona, co miało nastąpić dopiero na jesieni 1969 r.

Stacje bazowe pracują w dupleksie i są zainstalowane



Rys. 1. Stacje bazowe obsługujące radiotelefoniczną sieć ruchomą użytku publicznego w Danii

- A. Funen (otwarta 1 marca 1967 r.)
- B. Kopenhaga: sieć A (otwarta w jesieni 1963 r.) i sieć B (otwarta 20 lutego 1969 r.)
- C. South Zealand (planowane otwarcie w jesieni 1969 r.)
- D. South Jutland (otwarta 27 sierpnia 1968 r.)
- E. West Jutland (otwarta 19 listopada 1968 r.)
- F. Ålborg (otwarta 1 listopada 1967 r.)
- G. Århus (otwarta 1 kwietnia 1966 r.)

Stacje A i D są obsługiwane z Odense, B i C z Kopenhagi, E, F i G z Århus.

na terenie stacji telewizyjnych ze względu na wykorzystanie wysokich masztów. Anteny nadawcze stacji bazowych są umieszczone na wysokości około 150 m, a anteny odbiorcze na wysokości około 195 m ponad poziomem otaczającego terenu. W Kopenhadze, gdzie aktualnie (tj. w 1969 r.) w eksploatacji jest wykorzystywane 15 kanałów, tylko odbiorniki są zlokalizowane na stacji telewizyjnej. Natomiast nadajniki są zainstalowane na najwyższej kondygnacji budynku wielopiętrowego położonego w odległości około 0,5 km od stacji telewizyjnej. Pomiędzy PTT i zarządem omawianego budynku wielopiętrowego istnieje porozumienie ustalające, że PTT jest jedynie uprawnione do umieszczania anten nadawczych na tym budynku, przy czym ustalona opłata jest regulowana w skali rocznej.

Jest rzeczą bardzo trudną określenie zasięgu poszczególnych stacji bazowych, ponieważ zależy to od terenu i od innych warunków lokalnych. Jednak obliczono, że każda stacja bazowa ma w przybliżeniu ten sam zasięg, jaki ma stacja telewizyjna w danym rejonie. Ocenia się, że przy stacjach podanych na rys. 1 około 95% terytorium Danii będzie pokryte zasięgiem ruchomej służby radiotelefonicznej użytku publicznego.

Obsługa eksploatacyjna stacji bazowych jest obecnie skoncentrowana w centralach specjalnych, zlokalizowanych w: Kopenhadze, Odense i Århus.

4. WYKORZYSTANIE KANAŁÓW CZĘSTOTLIWOŚCIOWYCH

W systemie radiotelefonicznej sieci ruchomej użytku publicznego ważną sprawą jest właściwe przydzielenie kanałów częstotliwościowych. Gdy nowa sieć ruchoma użytku publicznego została uruchomiona w Kopenhadze, jej wyposażenie kanałowe wynosiło: jeden kanał wywoławczy i dwa kanały rozmówne; jednak w miarę powiększania się liczby abonentów i wzrostu ruchu, liczba kanałów rozmównych musiała być stopniowo powiększana.

W prostym systemie sieci, takim jak system duński, kanał wywoławczy ma istotne znaczenie dla pracy sieci. Nasuwa się ważne pytanie, ile kanałów rozmównych może być obsłużonych przez jeden kanał wywoławczy? Doświadczenie wykazało, że jest możliwe zastosowanie 9 kanałów rozmównych na jeden kanał wywoławczy. W celu zapewnienia sprawnego ruchu przy takim przydziale kanałów korzystanie z kanału wywoławczego dla wywołań indywidualnych powinno być ograniczone do minimum. Wykonuje się to, między innymi, przenosząc część każdego z wywołań na kanały rozmówne, tak że tylko pierwszy kontakt jest nawiązywany na kanale wywoławczym. W początkowym okresie pracy sieci operatorzy zapowiadali rozmowę abonentowi stałemu słowami: "Wywołuje stacja ruchoma XXXX". Opuśczenie pierwszych trzech słów skróciło wywołanie o 1,5 - 2 sekund, wnosząc w czasie godziny największego ruchu zmniejszenie czasu zajętości kanału wywoławczego o około 200 sekund, co odpowiada wzrostowi stopnia wykorzystania sieci o 5 - 6%.

T a b l i c a 1

Wykorzystanie kanałów w ruchomej sieci radiotelefonicznej
użytku publicznego

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
A. Funen										(x)	x																		
B. Copenhagen, system A ...	(x)	x	x	x	x	x	x					x	x																
C. Copenhagen, system B ¹⁾ ..																													
D. South Zea- land ²⁾																	(x)	x	x										
E. South Jutland	x							(x)																					
F. West Jutland																													
G. Alborg	x	(x)	x						x		(x)																		
H. Arhus				x	x	x		(x)				x																	

1) Kanały od 25 do 29 włącznie będą wykorzystane później

2) Kanały do wykorzystania w jesieni 1969 r. Kanały oznaczone
(x) są wykorzystywane jako kanały wywoławcze

W celu utrzymania minimalnej ogólnej liczby kanałów, z punktu widzenia wykorzystania ich w stacjach ruchomych, te same kanały są używane na obszarach kilku stacji bazowych - patrz tabl. 1, która ilustruje wykorzystanie kanałów w systemie sieci ruchomej użytku publicznego. Na podstawie tablicy można również zauważyć, że w Kopenhadze istnieją w eksploatacji dwie sieci, a mianowicie: sieć A i sieć B.

Z wyjątkiem podanym niżej stacja ruchoma musi mieć dostęp do wszystkich kanałów stacji bazowej, przy której dana stacja ruchoma jest zarejestrowana według posiadanej licencji. Ponadto stacja ruchoma może być wyposażona, jeżeli jest to wymagane, w kanały innych stacji bazowych, jednak stacje ruchome sieci A w Kopenhadze i stacje należące do sieci prowincjonalnej nie są wyposażone w kanały sieci B Kopenhagi.

Stacje ruchome sieci A Kopenhaga, muszą być wyposażone w kanały wszystkich stacji bazowych tak dalece, jak tylko to jest możliwe technicznie. Należy się spodziewać, że abonenci wchodzący w skład sieci A, i których sprzęt nie jest wyposażony we wszystkie kanały tej sieci, będą niewątpliwie musieli długo oczekiwać na połączenie w czasie godziny największego ruchu.

Stacje sieci B w Kopenhadze powinny być wyposażone we wszystkie kanały eksploatowane w tej sieci (w 1969 r. - 5 kanałów). Planuje się powiększenie liczby kanałów tej sieci o dalsze 5. Należy zaznaczyć, że stacje sieci B, które mają również pracować poza Kopenhagą, są wyposażane w kanały wykorzystywane w sieci A (patrz

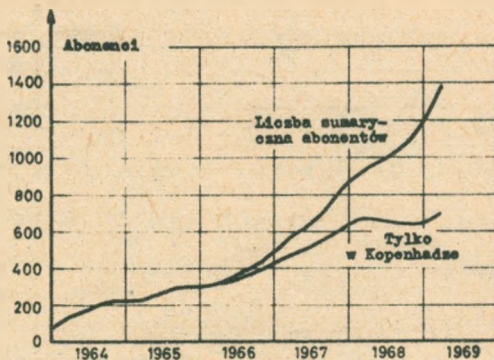
tabl. 1), z tym że kanały te nie powinny być przez te stacje używane na obszarze Kopenhagi.

5. ROZWÓJ EKSPLOATACJI SIECI

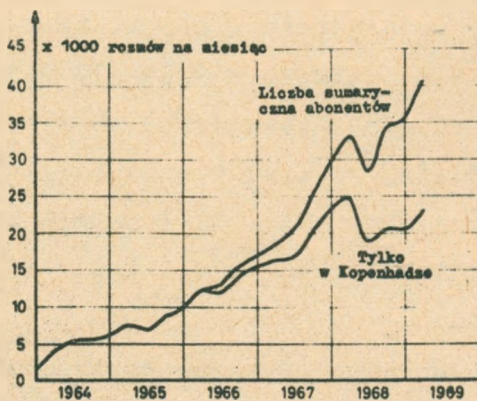
Na rysunku 2 przedstawiono wzrost liczby abonentów w okresie od 1964 do 1969 roku. Przebieg krzywej potwierdza sytuację eksploatacyjną, w wyniku której PTT uznała w dniu 1 stycznia 1968 r. za konieczne czasowe przerwanie powiększania liczby abonentów sieci w Kopenhadze; w tym czasie w sieci A było eksploatowanych 9 kanałów rozmównych i 1 kanał wywoławczy. Decyzja ta była spowodowana potrzebą zapewnienia w sieci właściwego ruchu bez zbyt dużych strat. Dopiero po czternastu miesiącach w lutym 1969 r. po otwarciu sieci B, wyposażonej w kanał wywoławczy i początkowo w 4 kanały rozmówne, PTT mogło przyjmować nowych abonentów na obszarze Kopenhagi. Stało się oczywiste, że sieć B w niedługim czasie, podobnie jak sieć A, rozwinie się i będzie wymagała dla swej eksploatacji wyposażenia w 1 kanał wywoławczy i 9 kanałów rozmównych.

Krzywa rozwoju ruchu (rys. 3) odpowiada wzrostowi liczby abonentów (rys. 2). Przeciętna liczba wywołań w miesiącu na jednego abonenta jest prawie stała i wynosi około 45. Rozpatrując krzywe dotyczące ruchu, łatwo jest zauważyć okres, w którym był ograniczony wzrost liczby abonentów, o czym wspomniano wyżej.

W tabelicy 2 przedstawiono dane dotyczące przeprowadzonych rozmów, w okresie od 1963 do 1968 r. Średni czas



Rys. 2. Wzrost liczby abonentów ruchomej sieci radiotelefonicznej użytku publicznego w okresie od 1 stycznia 1964 r. do 1 kwietnia 1969 r.



Rys. 3. Rozwój ruchu w sieci radiotelefonicznej użytku publicznego

T a b l i c a 2

Liczba rozmów przechodzących przez stacje bazowe ruchomej sieci radiotelefonicznej użytku publicznego

Rok	Od stacji ruchomych do stacji bazowych	Od stacji bazowych do stacji ruchomych	Pomiędzy stacjami ruchomymi	Łącznie rozmów
1963	2 853	1 911		4 764
1964	45 650	15 155		60 814
1965	70 156	22 618		92 774
1966	116 774	42 672	2 249	161 695
1967	194 721	65 943	5 852	266 516
1968	296 631	88 482	7 779	392 892

trwania jednej rozmowy wynosił około 1,8 minuty. Odpowiedni czas dla zwykłej rozmowy telefonicznej jest znacznie większy.

Pomierzone w warunkach eksploatacyjnych czasy zestawiania różnych rodzajów połączeń dały następujące wyniki:

- abonent ruchomy - abonent stały ok. 60 sek.
- abonent stały - abonent ruchomy ok. 130 sek.
- abonent ruchomy - abonent ruchomy ok. 130 sek.
- zapytanie "czy jest coś dla mnie" ok. 15 sek.

6. OPLATY

Oplata za rozmowę pomiędzy abonentem ruchomym i abonentem stałym w Danii wynosi obecnie 85 ore za każdą zaczęłą minutę. Za rozmowy poza terytorium Danii jest obliczana opłata dodatkowa, w zależności od kraju abonenta docelowego.

Za rozmowę pomiędzy dwoma abonentami ruchomymi na terytorium Danii obecna opłata wynosi 1,70 korony za każdą zaczęta minutę.

Opłaty za wyżej wymienione rozmowy zawierają już dopłatę specjalną.

Niezależnie od opłat za rozmowy PTT pobiera od każdej stacji ruchomej opłatę roczną wynoszącą 200 koron (w tej należności nie występuje już dopłata specjalna).

Jak już wspomniano wyżej, abonenci ruchomej służby użytku publicznego sami zakupują swoje stacje ruchome. Cena stacji waha się od 4.000 do 7.000 koron, w zależności (w zasadzie) od liczby kanałów, w które stacja ma być wyposażona.

7. ZAMAWIANIE ROZMÓW

Abonent ruchomy inicjujący rozmowę z abonentem stałym wywołuje stację bazową w kanale wywoławczym przez uruchomienie przycisku, co powoduje wysłanie tonu 2900Hz. Po zarejestrowaniu tego tonu przez stację bazową - stacja ta wysyła ton informujący, który jest słyszany w odstępach jednosekundowych aż do zgłoszenia się operatora.

Zamawiając rozmowę w przeciwnym kierunku, tj. od abonenta stałego do ruchomego, abonent telefoniczny wybiera numer 0020 i następnie w ruchu ręcznym otrzymuje połączenie z operatorem awiza "Mobile Radio". Operator zapisuje zamówiony numer czterocyfrowy żadanego abonenta ruchomego i informację, w jakim obszarze się on znajduje.

8. ALARMOWANIE Z RADIOTELEFONÓW RUCHOMYCH (WZYWANIE KARETKI POGOTOWIA, STRAŻY POŻARNEJ LUB POLICJI)

Przy wezwaniach, o których jest mowa w tytule, stacja bazowa jest wywoływana w zwykły sposób. Gdy operator się odezwie, abonent ruchomy zgłasza cel alarmu i podaje swój numer i miejsce pobytu. Operator następnie łączy abonenta ruchomego z żądanym centrum danej służby alarmowej w celu bezpośredniego podania okoliczności i powodu wezwania alarmowego.

9. ZEZWOLENIE NA EKSPLOATOWANIE STACJI RUCHOMEJ; RODZAJE ABONENTÓW

Zezwolenie na włączenie stacji ruchomej do eksploatacji w sieci radiowej użytku publicznego może być w ogólności udzielone każdemu zainteresowanemu. PTT wydaje zezwolenie po otrzymaniu odpowiedniego wystąpienia ze strony patentu i po stwierdzeniu dopełnienia przez niego zobowiązań określonych w regulaminie. Każdy abonent ruchomy otrzymuje numerację sieci, na przykład "Mobile radio 1102". Dla stacji ruchomych rejestrowanych w ramach poszczególnych stacji bazowych numeracja czterocyfrowa jest ujęta seriami, przy czym pierwsza cyfra określa lokalizację stacji bazowej.

Numery stacji ruchomych mogą być włączone do książki ze spisem telefonów.

Wśród abonentów sieci ruchomej użytku publicznego spotyka się przedstawicieli praktycznie wszystkich dziedzin przemysłu, handlowców dużych i małych przedsiębiorstw, dostawców materiałów pędnych i paliw. Należy również zwrócić uwagę na sporą liczbę różnych przedsiębiorstw, które korzystają z omawianej sieci, gdyż zapewnia ona łączność ruchomą z ich przedstawicielami rozproszonymi na terenie całego kraju; abonentom znajdującym się w ciągłym ruchu sieć ruchoma użytku publicznego, jaką ma Dania, oddaje niewątpliwie znaczne usługi.

10. UWAGI KONCOWE

Otwarta przez PTT w 1963 r. prosta sieć ruchoma użytku publicznego miała charakter eksperymentu i żywiono nadzieję, że sieć ta uzyska zainteresowanie, ale niewiele ludzi mogło przewidzieć, że sieć ta przez okres nieco dłuższy niż 5 lat rozwinie się tak bardzo, że pokryje większą część terytorium Danii. U źródeł tego sukcesu kryje się niewątpliwie przyjęte trafne założenie, że sieć powinna być nieskomplikowana technicznie i niekosztowna.

Niezależnie od istniejących elementów korzystnych stwierdzono występowanie pewnych niedogodności. Abonenci ruchomi uskarżają się w zasadzie na jedno utrudnienie, a mianowicie na konieczność stałego nasłuchu w oczekiwaniu na wywołanie. Usunięcie tej niedogodności może nastąpić tylko przez wprowadzenie wywołania selektywnego abonentów ruchomych, co jest obecnie przedmiotem ba-

dania przez PTT, przy czym rozważa się wprowadzenie tej nowości, w istniejącym systemie sieci, na zasadzie dobrowolności.

Oczywiście wprowadzenie wywołania selektywnego nie jest rozwiązaniem ostatecznym na długi okres czasu, ponieważ liczba dostępnych kanałów radiowych dla aktualnego systemu sieci nie pozwoli na nieograniczone powiększenie liczby abonentów. Należy również założyć, że w pewnym okresie wystąpi życzenie, ażeby w ruchomej sieci użytku publicznego zarządzić ruch ręczny. Dlatego skoro wystąpią możliwości techniczne, ekonomiczne i praktyczne, będzie trzeba się liczyć z potrzebą wprowadzenia w sieci użytku publicznego ruchu w pełni zautomatyzowanego. Oczywiście taki system automatyczny, który będzie mógł być zrealizowany dopiero za kilka lat będzie wymagał zastosowania dużej liczby kanałów zajmujących pokażną część widma radiowego. System ten będzie niewątpliwie również bardziej kosztowny dla użytkowników niż system obecnie stosowany. Z punktu widzenia potrzeb inwestycyjnych wprowadzenie wspomnianego systemu automatycznego będzie również kosztowne w tej części wyposażenia, za którą odpowiada PTT.

WYBRANE ZAGADNIENIA DOTYCZĄCE RUCHOMYCH SŁUŻB
LĄDOWYCH W NRF: RADIOTELEFONICZNYCH RESORTOWYCH
I PUBLICZNYCH ORAZ SŁUŻBY PRZYWOŁAWCZEJ

Opracował J. Derski na podstawie artykułu
Strunz G.: Entwicklung, Technik und Aufgaben
der Beweglichen Landfunkdienste in der Bundes-
republik Deutschland. Jahrbuch des elektri-
schen Fernmeldewesens 1970 t. 21 s. 301-347.

1. RUCHOME SŁUŻBY RESORTOWE
LĄDOWEJ ŁĄCZNOŚCI RADIOTELEFONICZNEJ

Kolejność rozwoju ruchomych lądowych radiotelefonicz-
nych sieci resortowych odpowiadała stopniom ważności u-
żytkowników sieci ze względu na ich przydatność dla spo-
łeczeństwa. Rozwijały się one kolejno:

- sieci służące celom publicznym;
- sieci, których praca służy celom ogólnym lub intere-
som gospodarki narodowej;
- inne sieci względnie urządzenia.

Sieci wymienione powyżej na pierwszej pozycji nie są
sieciami radiotelefonicznej służby publicznej, niemniej
służą celom publicznym. Są to na przykład sieci służące
bezpieczeństwu publicznemu /sieci policyjne/, różnym
przedsiębiorstwom energetycznym i innym podobnym użytecz-

ności publicznej lub potrzebom transportu publicznego.

Tablica 1 zawiera dane o liczbach urządzeń radiotelefonicznych stałych i ruchomych eksploatowanych w NRF do 1968 r. w służbach publicznych i resortowych.

Z tablicy 1 wynika, że wspomniane wyżej sieci służące celom publicznym osiągnęły stosunkowo wcześniej wysoki stopień rozwoju. Tak było na przykład w sieci policji /punkt 2.2. tabl. 1/, która w końcu 1959 r. liczyła więcej niż połowę urządzeń radiowych istniejących i zarejestrowanych w dniu 31.12.1968 r. Dla urządzeń kolei NRF ten stosunek wynosi około 0,36. Znacznie później rozwinęły się sieci, które zostały wprowadzone wyłącznie lub przede wszystkim na podstawie rozważań ekonomicznych. Typowym przykładem ilustrującym wzrost tych sieci mogą być dane dotyczące urządzeń radiotelefonicznych pracujących na wspólnych częstotliwościach - ich liczba od końca 1959 r. do końca 1968 r. wzrosła więcej niż czterdziestokrotnie.

Przedstawione tendencje rozwojowe sieci resortowych radiotelefonicznych służb ruchomych prawdopodobnie utrzymają się jeszcze w następnych latach. Oznacza to, że liczba urządzeń radiowych instalowanych w różnych przedsiębiorstwach dla poprawienia ich rentowności będzie nadal znacznie wzrastać. Wydaje się nieprawdopodobne, aby rozwój przybrał inny kierunek niż przewidywany, ponieważ możliwość obniżenia kosztów przez stosowanie urządzeń radiowych z pewnością będzie musiała być w pełni wykorzystywana przez przemysł, handel i rzemiosło ze względu na wzrost kosztów osobowych i stale wzma-

jącą się walkę konkurencyjną. Ponieważ w sieciach już pracuje duża liczba urządzeń radiowych, wzrastająca coraz wolniej /roczny procentowy przyrost urządzeń wynosił w 1963 r. jeszcze 40%, w 1964 r. - 27,2%; w 1965 r. - 29%, w 1966 r. - 21%, w 1967 r. - 16,4% i w 1968 r. - 15,8%, należy przewidywać, że w przyszłości procentowy wzrost liczby urządzeń będzie jeszcze mniejszy^{1/}. Mimo to nie będzie łatwo zapewnić potrzebne liczby kanałów dla powiększającej się liczby eksploatowanych urządzeń. Będzie to tym trudniejsze, że już wprowadzono szereg posunięć służących do poprawy ekonomii częstotliwości, takich jak: zmniejszenie odstępów sąsiednikanałowych, zmniejszenie zasięgów nadajników i zastosowanie planowego przydzielania częstotliwości. Dalsze możliwości skutecznego wykorzystania istniejącego widma częstotliwości są opisane w ostatnim rozdziale niniejszej pracy.

W resortowych lądowych służbach ruchomych przeważnie stosuje się urządzenia simpleksowe o mocy 6 W, 1 W i 0,1 W. Wywołanie selektywne jest i będzie stosowane rzadko, natomiast częściej spotyka się proste wywołanie tonem, w którym dla zwrócenia uwagi jest wykorzystywany sygnał akustyczny słyszany w głośniku.

^{1/} Zgodnie z danymi uzupełnionej tablicy 1 wzrost liczby urządzeń eksploatowanych w sieciach resortowych w roku 1969 wynosił 16,8% i w roku 1970 - 20,5%. Tym samym mniejszy wzrost w latach 1967-69 mógł być tylko zjawiskiem chwilowym, związanym z przejściem w tym czasie w NRF ze stosowania odstępu międzykanałowego 50 kHz na nowy odstęp 20 kHz - przypisek autora opracowania polskiego.

W ostatnich latach osiągnęła znaczenie metoda automatycznej identyfikacji ruchomych stacji radiotelefonicznych. Metoda ta została opracowana w końcu 1965 r. przez grupę roboczą "Zagadnienia identyfikacji i wywołania alarmowego w ruchomym ruchu radiotelefonicznym" przy Centralnym Stowarzyszeniu Przemysłu Elektrycznego,

Zgodnie z tą metodą sygnały identyfikacji pojazdu zostają wysłane automatycznie po każdym uruchomieniu przycisku "nadawanie". Sygnały te są odbierane w stacji stałej i wyświetlane w postaci numerów identyfikacyjnych. Wysyłanie sygnału identyfikacji zastępuje wymagane przez przepisy /i czasami konieczne ze względów eksploatacyjnych/ ustne zgłaszanie nazwy wywoławczej danej stacji. Dzięki wspomnianej metodzie można zmniejszyć czas zajęcia kanału, niezbędny do identyfikacji nadającej radiostacji, z 3-4 sekund do 0,5 sekundy. Automatyczne nadawanie sygnałów identyfikacji poprawia dyscyplinę rozmów, co również odbija się korzystnie na obciążeniu kanału radiowego.

Opisana niżej metoda kodowania numeru identyfikacji jest również przewidziana do zastosowania z niewielkimi zmianami w europejskiej służbie przywoławczej /omówionej niżej w rozdz. 3/. Sygnał identyfikacji składa się z 4 nadawanych kolejno elementów, z których każdy jest tworzony przez sygnał o odpowiednio wybranej częstotliwości akustycznej. Ogólnie wykorzystuje się 11 częstotliwości akustycznych leżących pomiędzy 1060 Hz i 2606 Hz i tworzących w przybliżeniu szereg geometryczny o postępie 1,094. W celu wyeliminowania błędnych wy-

wołań wspomniany szereg jest tak wybrany, że drugie harmoniczne mniejszych częstotliwości akustycznych trafiają możliwie pośrodku pomiędzy większymi częstotliwościami akustycznymi, wykorzystywanymi do tworzenia sygnału identyfikacji.

Częstotliwościom akustycznym $f_1 \dots f_9$ podporządkowano cyfry 1...9, a częstotliwości f_{10} - cyfrę 0. Częstotliwość f_{11} jest wysyłana zamiast powtarzającej się częstotliwości odpowiadającej drugiej cyfrze, w przypadku dwóch jednakowych kolejno następujących cyfr. I tak na przykład numer identyfikacji 0334 będzie odpowiadał następującym po sobie częstotliwościom: $f_{10} - f_3 - f_{11} - f_4$, a numer 2222 - częstotliwościom: $f_2 - f_{11} - f_2 - f_{11}$. W ten sposób mogą zostać zakodowane wszystkie numery identyfikacji od 0000 do 9999, co oznacza, że w sumie można odtwarzać 10^4 różnych sygnałów identyfikacji. Ponieważ czas trwania jednego elementu sygnału wynosi 70 msek + 15 msek, a przerwa pomiędzy elementami trwa do 15 msek, zatem maksymalny czas trwania całego sygnału identyfikacji wynosi 400 msek. Dalsze szczegóły systemu kodowania czasowo-częstotliwościowego są podane w literaturze^{1/}.

Opisany system identyfikacji znalazł już zastosowanie w sieciach radiotelefonicznych pracujących dla przedsiębiorstw taksówkowych, gdzie ze względu na typowe dla

^{1/}Obszerny wykaz literatury podany w oryginalnej pracy, w opracowaniu polskim został pominięty ze względu na ograniczoną objętość niniejszego zeszytu.

tych sieci częste i krótkie rozmowy przyczynia się do istotnego odciążenia kanałów. Należy tu zaznaczyć, że ten system może być łączony z systemem automatycznego alarmowania. Częstotliwość alarmowa wysłana w połączeniu z sygnałem identyfikacji umożliwia w centrali radiotelefonicznej natychmiastową identyfikację pojazdu, który znalazł się w niebezpieczeństwie. Używanie urządzeń sygnalizacji alarmu ma z dobrze znanych powodów wielkie znaczenie dla taksówek.

2. PLANOWANE SIECI RADIOTELEFONICZNE PUBLICZNYCH RUCHOMYCH SŁUŻB LĄDOWYCH Z CAŁKOWITĄ AUTOMATYZACJĄ POŁĄCZEŃ

Mimo że poziom techniczny istniejących publicznych ruchomych lądowych sieci radiotelefonicznych jak i ich eksploatacja okazały się zadowalające, to jednak od kilku lat zaistniała konieczność zaplanowania i wybudowania nowych sieci, które by odpowiadały obecnemu stanowi możliwości technicznych. Od początku było też oczywiste, że ręczne łączenie będzie zastępowane przez łączenie automatyczne i wybieranie abonenta w obu kierunkach, a to z uwagi na obniżkę kosztów eksploatacyjnych i skrócenie czasu łączenia, co jest związane z poprawą wykorzystania kanałów. Realizacja tych planów okazała się trudna. W toku prac szczególne znaczenie miało rozwiązanie trzech problemów związanych z ustaleniem:

1/ metody kodowania sygnałów nadawanych przez abonenta publicznej ruchomej lądowej sieci radiotelefonicznej

przy wybieraniu numeru sieci miejscowej i numeru abonenta telefonicznego;

2/ metody zaliczania opłat za rozmowy należnych od abonenta publicznej ruchomej lądowej sieci radiotelefonicznej;

3/ metody automatycznego wyboru kanału przy realizacji rozmów w kierunku do abonenta ruchomego.

Przy opracowywaniu pierwszego problemu musiano uwzględnić, że metoda musi zapewnić kodowanie dowolnej 14-cyfrowej liczby określonej w układzie dziesiętnym. Sygnały kodu musiały być tak wybrane, aby w warunkach odbioru odpowiadających dostatecznej jakości rozmowy było zapewnione wystarczająco pewne przenoszenie sygnałów wybierczych. Błędy powstające w układzie kodowania musiały być w miarę możliwości całkowicie wyeliminowane, ponieważ ich obecność mogłaby być przyczyną błędnych połączeń.

Zaliczanie rozmów prowadzonych przez abonentów publicznej ruchomej sieci radiotelefonicznej jest szczególnie trudne, ponieważ każdy z tych abonentów, zależnie od chwilowego miejsca pobytu, może inicjować rozmowy za pośrednictwem wielu różnych stacji stałych. Użycie indywidualnych liczników rozmów zwykle stosowanych w telefonii przewodowej byłoby bardzo kosztowne. Każda forma zaliczania rozmów przez urządzenia stacji bazowej w sieci radiowej ze znaczną liczbą abonentów wykorzystujących jeden kanał /lub grupę kanałów/ jest związana z przesłaniem sygnału identyfikacji własnej przed rozpoczęciem transmisji sygnałów wybierczych. Zastosowana metoda prze-

syłania sygnałów identyfikacji powinna zapewniać wysoką pewność prawidłowego działania, aby wykluczyć niewłaściwe zaliczenie opłaty innemu abonentowi.

Radiotelefoniczne sieci publiczne lądowe o ręcznej obsłudze połączeń umożliwiają gromadzenie zgłoszeń takich rozmów, które ze względu na zajęcie kanału nie mogą być przeprowadzane natychmiast. Dzięki temu w przypadku małych liczb kanałów /na danej stacji bazowej/ można osiągnąć stosunkowo znaczne obciążenie przypadające na jeden kanał. W przypadku abonentów łączonych automatycznie pojedynczy silnie obciążony kanał będzie powodował procentowo dużą liczbę bezskutecznych wywołań /duże straty/. W przypadku abonentów łączonych automatycznie, to jest przy szybkim ruchu telefonicznym, wspomniane straty można utrzymać na niskim poziomie dzięki temu, że kanały przewidziane do obsługiwanego danego terenu zostaną połączone w jedną grupę /wiązkę/ w taki sposób, aby stan zajętości wystąpił dopiero wtedy, gdy żaden z kanałów tej grupy nie będzie wolny.

Oparte na tych rozważaniach koncepcje techniczne sieci B i C /w zasadzie zgodne/ są przedstawione poniżej^{1/}.

^{1/} Obecnie eksploatowana na terenie NRF sieć publiczna ruchomej łączności radiotelefonicznej, tak zwana sieć A /A1, A2, A3/, obsługiwana ręcznie jest obszernie opisana w Przeglądzie Zagadnień Łączności Nr 1/52/ z roku 1966 - /przypisek autora opracowania polskiego/, natomiast liczby abonentów tej sieci są podane w załączonej tabl. 3.

a. Sieć B przewidziana do pracy w zakresie 2 m

Sieć B dysponująca 37 kanałami częstotliwościowymi /tabl. 2/ będzie oferować abonentom zainteresowanym w pracy na wielu obszarach możliwość prowadzenia rozmów na całym terytorium NRF. Tymczasowy plan rozdziału częstotliwości dla tej sieci jest przedstawiony na rys. 1. Urządzenia radiowe w pojazdach mają być eksploatowane, podobnie jak w już istniejących sieciach, z nadajnikami o mocy 10 W, a stacje stałe z nadajnikami o mocy 20 W. Układ automatycznego wybierania kanału /AWK/ na obszarze działania całej sieci, niezależnie od tego, przez którą ze stacji bazowych ma być prowadzona rozmowa, ma jednocześnie wykorzystywać kanał 19 jako kanał wywoławczy. Urządzenie po odebraniu tak zwanego rozkazu kanałowego, przesyłanego przez kanał wywoławczy, będzie przełączało się automatycznie na kanał roboczy /rozmówny/. Dzięki skróceniu sygnału wywołania selektywnego do około jednej sekundy występowanie zakłóceń interferencyjnych na obszarach znajdujących się w zasięgu dwóch stacji bazowych będzie wystarczająco mało prawdopodobne, co zostało potwierdzone rachunkowo. Ze względu na zmniejszenie kosztów urządzeń nadawczo-odbiorczych stacji stałych te same urządzenia będą wykorzystywane zarówno do wywoływania, jak i do prowadzenia rozmowy.

Różne sygnały przesyłane w kierunku od stacji stałej do ruchomej i odwrotnie będą kodowane przy wykorzystaniu systemu impulsowego opracowanego przez firmę TeKaDe - FGF. Przydatność tego kodu została potwierdzona przez

Wykorzystanie częstotliwości powyżej 26 MHz przez urzędzenia radiowa ruchomych służb lądowych, publicznych i rezydentnych

Zakres częstotliwości w MHz ¹⁾	Odstęp między kanałami i między kanałami	Odstęp dopięksowy, w MHz	Najważniejsze zastosowania	Uwagi
26,965...27,275	10 MHz; K1...K6 K9...K17 K19...K26	-	Urządzenia radiotelefoniczne i stacje nadajnicze ruchomych służb lądowych rezydentnych	Urządzenia w os. przesyłowe i nadajnicze porównują się z kłóbkami odbiorca
31,71...40,99	20 MHz	-	Urządzenia stacjonarne zdalnego, konferencyjne i mikrofony bezprzewodowe ruchomych służb lądowych rezydentnych	
68,01...87,26	20 MHz	9,8	Urządzenia radiotelefoniczne ruchomych służb lądowych rezydentnych	
87,290...87,465	25 MHz; K1...K8	-	Europejska publiczna służba przysyławca	Kanały 1,2,7 i 8 są przewidziane dla wariantów służby przysyławca w MEF
146,01...173,99	20 MHz	4,6	Urządzenia radiotelefoniczne ruchomych służb lądowych rezydentnych	W tym zakresie będzie wprowadzona także służba publiczna o innych oddzielnych cechach technicznych /patrz wyżej niżej/
148,41...149,13 153,01...153,73	20 MHz; K1...K37	4,6	Ruchoma lądowa sieć publiczna B	Planowana sieć radiotelefoniczna w pełni automatyzowana
156,05...157,40 160,65...162,00	50 MHz; K1...K28	4,6	Międzynarodowa morska służba radiotelefoniczna UKV na Benie	Międzynarodowa służba na Benie będzie wykorzystywał tylko kanały 10,12,18,20,22,24,25,26 i 27
157,55...158,30 162,05...162,80	50 MHz; K30...K45	4,5	Ruchoma lądowa sieć publiczna A1	
165,15...166,00 169,65...170,50	50 MHz; K46...K63	4,5	Ruchoma lądowa sieć publiczna A2	
165,63...166,04 170,13...170,51	20 MHz; K64...K83	4,5	Ruchoma lądowa sieć publiczna A3	Podane częstotliwości leżą w zakresie ruchomej lądowej sieci publicznej A2
455,01...455,53 465,01...465,53	20 MHz; K1...K27	10	Ruchoma lądowa sieć publiczna C	Planowana sieć radiotelefoniczna w pełni automatyzowana
455,55...459,99 465,05...469,99	20 MHz	10	Urządzenia radiotelefoniczne ruchomych służb rezydentnych.	

1) Przytoczone częstotliwości określają częstotliwości środkowe pierwszego i ostatniego kanału.



Rys. 1. Tymczasowy plan rozdziału częstotliwości ruchomej lądowej sieci publicznej B planowanej w zakresie 140 MHz

Wydzielono 11 grup kanałów (GK), którym przydzielono następujące numery kanałów: GK1: 31,34; GK2: 20,28; GK3: 30,32; GK4: 4, 21,27; GK5: 23,33; GK6: 15,37; GK7: 9,13; GK8: 14,22,29; GK9: 5, 18,12,18,26; GK10: 1,3,6,10,16,24,35; GK11: 2,4,7,11,17,25,36

Liczbowy rozwój rachonowych lądowych służb publicylnych
 od 31.12.1959 r. do 31.12.1968 r.

	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
Stacje stałe	26	31	29	36	52	65	76	81	90	102
Kanały radiotelefoniczne	51	54	55	66	84	108	133	153	171	197
Centrale radiotelefoniczne	19	22	22	24	29	32	39	38	31	22
Stacje stałe przypadające na jedną centralę radiofoniczną	1,37	1,41	1,32	1,5	1,8	2,3	1,95	2,13	2,9	4,64
Abonanci w nawiasach roczny przyrost w %	573 /20/	793 /38,4/	1042 /31,4/	1396 /34/	1939 /39/	2385 /23/	3010 /26,2/	3640 /21/	4493 /23,4/	5768 /28,4/
Prywatne urządzenia radiotelefoniczne w pojazdach lądowych	363	400	572	873	1309	1707	2281	2905	3776	5033
Prywatne urządzenia radiotelefoniczne w pojazdach wodnych	310	397	470	523	630	678	729	735	747	735
Abonanci "jednoobszarowi"	323	415	484	559	632	626	640	576	572	578
Abonanci "wielobszarowi"	250	322	553	837	1307	1759	2370	3064	3921	5190
Pojazdy poczty NMF wyposażone w urządzenia radiotelefoniczne	70	97	135	139	160	214	293	340	416	495
Abonanci i pojazdy poczty NMF na jeden kanał	12,6	16,5	21,4	23,3	23,9	24,1	25,2	26	28,7	31,8
Rosnowy w sieci podlegające opłatom /w tysiącach/	609	819	984	1149	1348	1613	1850	2204	2528	3111

szereg prób wykonanych przez Główny Urząd Techniki Łączności, w czasie których przesłano około 500 000 cyfr. Dwie częstotliwości: 1950 Hz i 2070 Hz wykorzystywane do transmisji sygnałów kodu impulsów będą używane również do innych celów, na przykład do potwierdzenia odbioru określonych informacji lub do zachowania przez pewien okres czasu określonych stanów łączeniowych w stacji współpracującej /tj. stacji, do której są wysyłane te sygnały/, przy czym mają być one nadawane w postaci impulsów dłuższych niż impulsy stosowane przy transmisji poszczególnych cyfr.

Sygnały kodu impulsów składają się z jednego lub kilku "telegramów impulsów" wysyłanych kolejno jeden po drugim. W każdym "telegramie impulsów" jest 16 miejsc dla impulsów /w skali czasowej/, przy czym każde miejsce czasowe zajmuje 10 msek.

W celu synchronizacji czasowej urządzenia odbiorczego wywołania selektywnego z urządzeniem nadawczym każdy "telegram impulsów" - zgodnie z tabl. 4 - rozpoczyna się od 5 impulsów startowych. Cyfry 0...9 zgodnie z informacjami zawartymi w tej tabelicy są kodowane w taki sposób, że z 5 miejsc dla impulsów tylko 2 są zajęte, co odpowiada systemowi $\frac{5}{2}$. Zakodowana cyfra jest przesyłana na miejscach czasowych 6...10 w normalnej kolejności impulsów i na miejscach 12...16 w lustrzanej /odwrotnej/ kolejności tych impulsów. Ponadto na miejscu czasowym 11 zawsze jest nadawana częstotliwość $f_0 = 2070$ Hz.

Zależnie od przesyłanej informacji telegramy cyfrowe są kodowane w różny sposób. W przypadku gdy jest wymaga-

Kodowanie cyfr 0...9

Stan "1" odpowiada częstotliwości 1950 Hz

Stan "0" odpowiada częstotliwości 2070 Hz

Cyfra	Miejsce czasowe															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1
2	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
3	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
4	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0
5	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0
6	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0
7	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0
8	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
9	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0

ne małe prawdopodobieństwo błędu /jak na przykład przy transmisji sygnałów identyfikacji, informacji wybierczych, numeru wywoływanej radiostacji i zwrotnego sygnału identyfikacji/ telegram impulsowy zawiera tylko jedną cyfrę nadaną dwukrotnie: raz w kolejności normalnej i raz w lustrzanej - patrz tabl. 4. Nadmiar informacji spowodowany dwukrotną transmisją pełnej informacji cyfrowej jest w tym przypadku potrzebny, aby wykryć zakłócenia, które mogą wystąpić w torze transmisyjnym, uniemożliwiając prawidłowe dekodowanie. Zastosowanie kolejności lustrzanej przy powtarzaniu cyfr ma tę zaletę w stosunku do powtarzania cyfr przy normalnej kolejności impulsów, że pozwala również wykrywać błędy synchronizacji.

Informacje, przy przesyłaniu których dopuszcza się niewielkie prawdopodobieństwo błędu, co zachodzi na przykład przy transmisji rozkazów kanałowych, są przesyłane za pomocą telegramów impulsów, z których każdy ma zakodowaną liczbę dwucyfrową /dwie cyfry/. Pierwsza cyfra jest przesyłana - jak podano w tabl. 4 - na miejscach czasowych 6...10 w kolejności normalnej, a druga cyfra na miejscach 12...16 w kolejności lustrzanej. Kodowanie liczb dwucyfrowych, składających się z dwóch następujących po sobie jednakowych cyfr, w tym przypadku jest jednak zabronione ze względu na konieczność jednoznacznego rozróżnienia transmisji pojedynczych cyfr od liczb dwucyfrowych.

Niezależnie od opisanych wyżej dwóch rodzajów kodowania cyfr w systemie $\frac{5}{2}$ są jeszcze wykorzystywane inne systemy kodowania informacji. Telegramy impulsów zawiera-

jące wiadomość o "początku wybierania radiostacji" lub "końcu wybierania radiostacji" są kodowane w systemie $\frac{5}{1}$, a telegramy impulsów "sygnał końca rozmowy" ze stacji ruchomej i "sygnał rozłączenia" ze stacji stałej są kodowane w systemie $\frac{5}{3}$. Urządzenia centrali radiotelefonicznej stacji stałej mogą zostać poinformowane, czy stacja ruchoma dysponuje licznikiem opłat czy też nie, na przykład dzięki różnym sposobom kodowania sygnału "początek wybierania radiostacji". Zarówno przy systemie kodowania $\frac{5}{1}$, jak i przy systemie $\frac{5}{3}$ zajęcie miejsc 6...10 powtarza się w formie lustrzanej dla miejsc 12...16.

Dalsze szczegóły techniczne systemu zostaną wyjaśnione niżej przy opisie połączeń w kierunku od i do urządzenia ruchomego.

W celu zestawienia połączenia w kierunku od abonenta stałego sieci miejscowej do abonenta ruchomego abonent inicjujący musi przede wszystkim wybrać numer kierunkowy sieci miejscowej, do której jest dołączona centrala radiotelefoniczna stacji bazowej, w zasięgu której przypuszczalnie znajduje się abonent ruchomy, a następnie numer ruchomej lądowej sieci radiotelefonicznej 05 i w końcu numer radiotelefonu żądanego abonenta. Jeżeli po wybraniu centrali radiotelefonicznej na połączonej z nią stacji stałej jest wolny chociaż jeden kanał, to zostaje on zajęty. Następuje to w ten sposób, że w centrali radiotelefonicznej obsługującej odpowiedni obszar zostaje odłączony charakterystyczny sygnał "wolna grupa kanałów" /telegram impulsów z zakodowaną liczbą dwucyfrową/

od urządzeń danego kanału, służących do wywołania selektywnego i prowadzenia rozmowy. W przypadku gdy w tym obszarze w danym momencie jest wolna częstotliwość wywoławcza /kanał 19/, to urządzenie nadawczo-odbiorcze stacji stałej, dotychczas oczekujące na swojej częstotliwości roboczej, zostaje przełączone na częstotliwość wywoławczą, na której wysyła sygnał wywołania selektywnego. Sygnał wywołania selektywnego zawiera w zakodowanej formie 5-cyfrowy numer ruchomego radiotelefonu i 2-cyfrowy rozkaz kanałowy. Ponieważ przesłanie numeru radiotelefonu ruchomego wymaga nadania 5 telegramów impulsów /kodowanie pojedynczych cyfr/, a nadanie rozkazu kanałowego - - 1 telegramu impulsów /kodowanie liczby dwucyfrowej/, to całkowity czas trwania wywołania selektywnego będzie wynosił $6 \cdot 160 \text{ msek} = 960 \text{ msek}$.

Pełny, tj. całkowity odbiór sygnału wywołania selektywnego spowoduje automatyczne przełączenie się urządzenia ruchomego wywoływane abonentem z kanału wywoławczego na kanał roboczy określony w przesłanym rozkazie kanałowym. Po dokonaniu tego przełączenia urządzenie ruchome na tym kanale roboczym nadaje sygnał "potwierdzenie wywołania" w postaci częstotliwości f_1 /1950 Hz/. W przypadku kiedy sygnał "potwierdzenie wywołania" nie zostanie odebrany przez stację stałą, sygnał wywołania selektywnego jest nadawany po raz drugi. Gdy powtórzenie wywołania abonentem ruchomego również nie da rezultatu, to wówczas abonent wywołujący zostanie poinformowany głosem, że żądany abonent nie może być wywołany.

Odbiór sygnału "potwierdzenie wywołania" spowoduje

wysłanie przez centralę radiotelefoniczną dwóch sygnałów: do abonenta wywoływanego - sygnał "podtrzymanie wywołania" /2070 Hz/, i do abonenta wywołującego - sygnał "wolnej linii". Odebranie sygnału "podtrzymanie wywołania" przez urządzenie ruchome powoduje uruchomienie sygnałów wywołania: optycznego i akustycznego. Podjęcie słuchawki przez wywoływanego abonenta ruchomego jest związane ze zmodulowaniem nadajnika ruchomego przez sygnał "początek rozmowy"/2070 Hz/, który w urządzeniach centrali radiotelefonicznej przerywa sygnał "wolnej linii" i powoduje połączenie odpowiednich przewodów rozmównych, umożliwiające rozpoczęcie rozmowy.

Jeśli abonent stały pierwszy odłoży słuchawkę powodując rozłączenie toru rozmównego, wywoła on w urządzeniach centrali radiotelefonicznej kolejno włączenie: sygnału "rozłączenie", którym jest telegram impulsów kodowany w systemie $\frac{5}{3}$, nadawany na kanale roboczym do stacji ruchomej, oraz sygnału "wolna grupa kanałów". Odbiór sygnału "rozłączenie" przez urządzenie ruchome spowoduje przełączenie się tego urządzenia z powrotem na częstotliwość wywoławczą /kanał wywoławczy/ i wyłączenie się nadajnika.

Jeśli abonent ruchomy pierwszy odłoży słuchawkę, to jego urządzenie wyśle sygnał "zakończenie rozmowy" /taki sam jak sygnał "rozłączenie"/. Ten sygnał spowoduje w centrali radiotelefonicznej: rozłączenie toru rozmównego, wysłanie do abonenta wywołującego przerywanego sygnału końca rozmowy oraz nadawanie przez radiotelefoniczną stację stałą sygnału "wolna grupa kanałów". Jeżeli a-

bonent wywołujący nie odłoży wcześniej słuchawki, to po 1 min do 2 min nadajnik impulsów zliczających wyśle do niego sygnał zajętości.

Dla wspomnianego powyżej sygnału "wolna grupa kanałów" zarezerwowano 9 różnych kodowanych liczb dwucyfrowych /91...98 i 90/. Dzięki temu, że nadajniki sąsiednich terenowo radiotelefonicznych stacji stałych są modulowane różnymi sygnałami "wolna grupa kanałów" abonent ruchomy przy inicjowaniu rozmowy ma możliwość wyboru określonej stacji stałej. Jest to korzystne dla abonentów ze względu na jakość łączności, jak i opłaty.

Jeśli abonent ruchomy chce przeprowadzić rozmowę, to początkowo ustawia on na manipulatorze własnego urządzenia radiotelefonicznego numer kierunkowy telefonicznej sieci miejscowej, do której należy wywoływany abonent, oraz numer telefoniczny tego abonenta. Następnie włącza swoje urządzenie w taki sposób, aby nastąpiło wykorzystanie sygnału "wolna grupa kanałów" tej radiotelefonicznej stacji stałej, za pośrednictwem której zamierza prowadzić rozmowę. W wyniku tego rozpoczyna się proces automatycznego szukania wolnego kanału. Znalezienie wolnego kanału jest sygnalizowane przez zapalenie się zielonej lampki. Jeżeli teraz abonent ruchomy podniesie słuchawkę, to włączy się nadajnik jego radiotelefonu zmodulowany częstotliwością 2070 Hz /"zajętość kanału"/. Odebranie sygnału "zajętość kanału" przez urządzenia centrali radiotelefonicznej spowoduje wyłączenie sygnału "wolna grupa kanałów" i włączenie sygnału "zaproszenie do wybierania" /1950 Hz w czasie do 3,8 sek/.

Sygnal "zaproszenie do wybierania" spowoduje dwukrotne wysłanie przez urządzenie ruchome sygnału "wybieranie radiowe", który składa się z: "początku wybierania radiowego", identyfikacji, numeru sieci miejscowej i numeru telefonicznego żadanego abonenta oraz "końca wybierania radiowego". Natychmiast po dokonaniu identyfikacji centrala radiotelefoniczna wysyła ten sam sygnał jako identyfikację zwrotną do radiotelefonicznej stacji ruchomej. Jeśli sygnały: identyfikacji i identyfikacji zwrotnej nie są zgodne, to urządzenie ruchome wyłącza swój nadajnik i wznawia poszukiwanie wolnego kanału. Opisane rozwiązanie zabezpiecza abonentów przed nieprawidłowym zaliczaniem opłat, które mogłoby nastąpić na przykład w przypadku równoczesnego zajęcia kanału przez dwóch abonentów. Jeżeli sygnały identyfikacji i identyfikacji zwrotnej są zgodne, to "wybieranie radiowe" przebiega dalej. W rejestrze centrali radiotelefonicznej sygnał identyfikacji zostaje zapamiętany do późniejszego zaliczenia opłaty, natomiast informacja wybiercza zostaje przekazana do publicznej sieci telefonicznej. Abonent ruchomy odbiera zakłócenia wywołane przez proces wybierania w sieci przewodowej, a po zakończeniu wybierania - ton niezajętości jako znak doszłego do skutku wywołania. Podniesienie słuchawki przez wywoływanego abonenta /stałego/ powoduje wysłanie z nadajnika impulsów zliczających sygnału "początek rozmowy". Od tego momentu jest liczona opłata i może rozpocząć się rozmowa.

Zakończenie rozmowy przebiega w taki sam sposób, jak to zostało opisane wyżej /dla przypadku inicjowania roz-

mowy przez abonenta stałego/. Podczas rozmowy w urządzeniach centrali radiotelefonicznej impulsy zaliczania będą dodawane i zapisywane na taśmie perforowanej łącznie z numerem identyfikującym danego abonenta. Taśmy perforowane pochodzące z całej sieci będą raz na miesiąc opracowywane maszynowo w sposób centralny. Ponieważ sporządzenie rachunku za rozmowy telefoniczne może również być dokonywane maszynowo, w planowanej więc całkowicie zautomatyzowanej publicznej lądowej sieci radiotelefonicznej są przewidywane tylko niewielkie wydatki na personel, związane z rejestracją i pobieraniem opłat.

Sieć B, która ma objąć cały obszar NRF, ma zastąpić istniejącą publiczną lądową sieć radiotelefoniczną A1. Będzie ona prawdopodobnie wprowadzona do eksploatacji już w 1971 r. w kilku obszarach, szczególnie ważnych ze względu na duży ruch.

b. Sieć C przewidziana do pracy w zakresie 60 cm

Dla sieci C przewiduje się 27 kanałów radiowych /patrz tabl. 2/, przy czym urządzenia tej sieci będą przede wszystkim instalowane na tych terenach, gdzie będzie występować potrzeba odciążenia kanałów sieci B. Trudno dziś przewidzieć, czy będą tworzone tylko wyodrębnione obszary, w których występują duże liczby rozmów, z których każdy będzie obsługiwany przez jedną stację stałą, czy też będą musiały być tworzone tak zwane sieci okręgowe, powstające przez połączenie kilku sąsiadujących obszarów, jak to jest obecnie stosowane w sieci A2. Pierw-

sze rozwiązanie ma tę zaletę, że w punktach o największym nasileniu ruchu byłyby do dyspozycji największa możliwa liczba kanałów. Druga wersja byłaby korzystniejsza z tego względu, że bardziej rozbudowane sieci zaspokajałyby potrzeby większej liczby abonentów. Technika i eksploatacja obu planowanych sieci B i C mają być jednakowe, za wyjątkiem nieznacznych różnic wynikających z ich zastosowania. Z tego względu sieć C nie będzie tu omawiana.

Przewiduje się, że początek budowy sieci C nie nastąpi przed 1973 r., ponieważ wcześniej nie będzie można dysponować odpowiednimi urządzeniami ruchomymi.

3. PUBLICZNA RUCHOMA SŁUŻBA PRZYWOŁAWCZA

W służbach radiotelefonicznych do jednego kanału radiowego może być dołączona tylko mała liczba abonentów. Jest to uwarunkowane rozłożonymi nieregularnie w czasie potrzebami prowadzenia rozmów i stosunkowo długim średnim czasem zajętości kanału, przypadającym na jedną rozmowę. Skracając długość czasu trwania rozmowy oraz długość przerw pomiędzy rozmowami - przynajmniej w okresach największego ruchu - można uzyskać znacznie większą pojemność kanału^{1/}. Wymienione możliwości są wykorzystywane w znacznym stopniu w przypadku sieci przywoławczej. Do pracujących w tej sieci abonentów ruchomych są przesyłane jedynie krótkie sygnały kodowe, które albo mają

^{1/} Należy tu rozumieć maksymalną liczbę abonentów, którzy mogą być dołączeni do jednego kanału.

określone znaczenie, albo tylko informują abonenta ruchomego o potrzebie nawiązania połączenia z ustaloną osobą za pośrednictwem publicznej sieci telefonicznej.

Czas trwania wspomnianego sygnału kodowanego może być krótszy od 1 sekundy. Zakładając, że czas trwania sygnału wywołania selektywnego łącznie z wymaganą przerwą w stosunku do następnego sygnału będzie równy 1 sekundzie oraz przyjmując, na podstawie uzyskanych doświadczeń, liczbę wywołań przypadającą na jednego abonenta ruchomego w godzinie największego ruchu /GNR/ równą 0,1, jak również maksymalną wartość współczynnika wykorzystania sieci nadawczej w omówionej służbie równą 0,8, można określić liczbę abonentów ruchomych T, którzy mogą pracować w jednym obszarze wywoławczym, równą:

$$T = \frac{3600 \cdot 0,8}{1 \cdot 0,1} = 28\ 800 \text{ abonentów}$$

Porównując wyżej obliczoną liczbę abonentów z liczbą 30 do 50 abonentów, którzy mogą pracować w jednym kanale w publicznej lądowej sieci ruchomej, widać jak bardzo ekonomiczne wykorzystanie widma radiowego może zapewnić sieć przywoławcza.

W publicznej ruchomej sieci przywoławczej każdy abonent może być wywoływany z dowolnego aparatu telefonicznego. Wywołanie abonenta ruchomego rozpoczyna się wybierając numer centrali przywoławczej obejmującej swym zasięgiem /za pośrednictwem dołączonych do niej nadajników/ odpowiedni obszar. Następnie wybiera się numer żądanego abonenta, który to numer we wspomnianej centrali

przywoławczej zostaje przekształcony na odpowiedni kod sygnałowy i za pośrednictwem jednej lub kilku wydzielonych przewodowych linii modulacyjnych zostaje doprowadzony do jednego lub kilku nadajników radiowych obsługujących rozpatrywaną sieć.

Niektóre z systemów przywoławczych przewidują zastosowanie wielu dodatkowych sygnałów kodowanych, odpowiednio rozróżnialnych i wskazywanych przez urządzenia odbiorcze. Każdemu z tych sygnałów może odpowiadać dowolna informacja uprzednio ściśle uzgodniona pomiędzy abonentem /lub abonentami/ sieci telefonicznej a abonentem ruchomym, dzięki czemu w wielu przypadkach ten ostatni abonent po odebraniu wywołania nie musi nawiązywać połączenia za pośrednictwem przewodowej sieci telefonicznej.

Jak już wspomniano wyżej, z punktu widzenia Administracji Łączności służba przywoławcza ze względu na nadzwyczaj dobre wykorzystanie częstotliwości ma większe znaczenie niż służby radiotelefoniczne. Prócz tego, zarówno dla Administracji jak i dla użytkowników, zjawiskiem korzystnym jest to, że koszty tak urządzeń stacjonarnych jak i ruchomych służby przywoławczej, przypadające na jednego abonenta, są stosunkowo małe. Jako dalsze zalety można wymienić również to, że odbiornik sygnałów wywołania charakteryzuje się małymi wymiarami oraz małym poborem prądu, co powoduje, że abonent może go nosić ze sobą bez żadnych trudności.

Z uwagi na wyżej wymienione zalety służby przywoławczej, a szczególnie niskie koszty, przewiduje się, że również w NRF niezależnie od już rozbudowanej publicznej

sieci radiotelefonicznej będzie występowało zapotrzebowanie na publiczną ruchomą sieć przywoławczą. Jest to tym bardziej prawdopodobne, że w innych podobnych krajach sieci przywoławcze są już eksploatowane od kilku lat z dobrymi wynikami.

Poczta NRF rozpoczęła prace związane z planowaniem krajowej sieci przywoławczej w połowie lat pięćdziesiątych. Jednak w 1960 roku po zebraniu plenarnym CEPT /Europejska Konferencja Administracji Poczty i Telekomunikacji/, które postanowiło rozpocząć studia nad zagadnieniem R6 /Opracowanie jednolitej służby przywoławczej dla pojazdów/, prace przy budowie sieci doświadczalnej zostały przerwane aż do chwili uzyskania wyników ze wspomnianych studiów rozpoczętych przez CEPT. W sieci doświadczalnej NRF miało być zastosowane jedno urządzenie nadawcze sygnałów wywołania selektywnego, jeden nadajnik radiowy oraz 30 odbiorników. Sieć miała pracować w pasmie 4 metrów, z wykorzystaniem modulacji częstotliwości oraz systemu wywołania selektywnego $\frac{30}{4}$, podobnego do systemu stosowanego w istniejącej lądowej sieci radiotelefonicznej użytku publicznego. Ze względu na ograniczoną pojemność kodu zastosowanego systemu wywołania selektywnego, który nawet po rozszerzeniu do systemu $\frac{40}{4}$ umożliwiałyby utworzenie tylko 91330 numerów, zrezygnowano z ubiegania się o to, ażeby ten system został zalecony przez CEPT do stosowania w ujednoczonej sieci europejskiej. W związku z tym przewidziano dostosowanie sieci krajowej NRF do parametrów systemu przewidzianego przez CEPT.

Szczegóły dotyczące ujednoczonego systemu przyjętego na zebraniu plenarnym krajów członkowskich CEPT w 1967 r. w Rzymie, określone w zaleceniu T/R4 /utworzenie ujednoczonej europejskiej służby przywoławczej/, są podane poniżej.

Europejska służba przywoławcza

Przyjęcie przez CEPT zalecenia T/R4 było poprzedzone wieloletnimi badaniami przeprowadzonymi przez ekspertów podgrupy R6. Po krytycznej ocenie przedłożonych propozycji, postanowiono dla ujednoczonego systemu przyjąć rozwiązanie części radiowej /sposób budowy sieci nadawczej oraz rodzaj modulacji/ zgodnie z propozycją Szwajcarii, natomiast system wywołania selektywnego zgodnie z propozycją NRF.

Przy ustalaniu wielkości podstawowego obszaru przywołania uwzględniono fakt, że w ujednoczonej sieci często będą występowały przypadki, w których abonent wywołujący nie będzie w stanie dokładnie określić miejsca pobytu żadanego abonenta ruchomego. Z tego względu postanowiono cały obszar krajów CEPT podzielić na około 50 podstawowych obszarów przywołania, przy czym granice tych obszarów zatwierdzone przez Komisję Łączności /Interlaken 1968/ są pokazane na rys. 2. Jak pokazano na tym rysunku, cała sieć będzie zbudowana przy wykorzystaniu tylko czterech częstotliwości leżących w zakresie fal 4 metrów, przy czym odległość międzykanałowa ma być równa 25 kHz. Przy takim rozwiązaniu abonent ruchomy mając

4-kanalowy odbiornik, będzie mógł korzystać z ujednoliconej sieci przywoławczej na terenie wszystkich krajów, które obejmuje ta sieć.

Ze względu na wielkość podstawowych obszarów przywołania jest niezbędne uruchomienie na każdym z nich kilku nadajników pracujących na tej samej częstotliwości. Powstające w takim przypadku zakłócenia interferencyjne mogą powodować w odbiornikach niewłaściwe wywołania. Aby tego uniknąć, sąsiednie nadajniki pracujące na tym samym podstawowym obszarze przywołania mają nieznacznie przesunięte częstotliwości nośne w stosunku do częstotliwości podanych na rys. 2. Przesunięcia te są równe: -4 kHz, 0 kHz i $+4$ kHz.

Podane różnice częstotliwości nośnych są wystarczające z uwagi na to, że najwyższa częstotliwość sygnałów wywołania selektywnego, którą powinien wyróżniać odbiornik, zgodnie z tabl. 5 wynosi tylko 1062,9 Hz. Wybrano tak małe częstotliwości wywoławcze, ponieważ na obszarach, na których zasięgi dwóch sąsiednich nadajników zachodzą na siebie nie można uniknąć występowania różnic czasu przelotu sygnałów modulacyjnych, przy czym przy stałej różnicy czasu przelotu występująca różnica faz wprost proporcjonalna do częstotliwości modulacyjnych będzie wywierała tym bardziej niekorzystny wpływ na pewność odbioru sygnałów wywoławczych, im bardziej będzie ona zbliżona do 180° . Stwierdzono również, że większe prawdopodobieństwa wywołania abonenta na obszarze objętym zasięgiem dwóch sąsiednich nadajników uzyskuje się stosując modulację amplitudy zamiast modulacji czę-

stotliwości. Biorąc to pod uwagę oraz uwzględniając, że odbiornik AM jest tańszy od odbiornika FM, w zaleceniu T/R4 przyjęto w sieci przywoławczej stosowanie modulacji amplitudy, przy czym wymagana głębokość modulacji powinna wynosić około 90%.

T a b l i c a 5

Częstotliwości kodu przewidziane do zastosowania w europejskiej sieci przywoławczej oraz znaczenie tych częstotliwości

Częstotliwość	Znaczenie
$f_i = 1153,1 \text{ Hz}$	Częstotliwość odpowiadająca przerwie
$f_r = 1062,9 \text{ Hz}$	Częstotliwość powtarzania
$f_0 = 979,8 \text{ Hz}$	Częstotliwość odpowiadająca cyfrze 0
$f_1 = 903,1 \text{ Hz}$	- " - 1
$f_2 = 832,5 \text{ Hz}$	- " - 2
$f_3 = 767,4 \text{ Hz}$	- " - 3
$f_4 = 707,4 \text{ Hz}$	- " - 4
$f_5 = 652,0 \text{ Hz}$	- " - 5
$f_6 = 601,0 \text{ Hz}$	- " - 6
$f_7 = 554,0 \text{ Hz}$	- " - 7
$f_8 = 510,7 \text{ Hz}$	- " - 8
$f_9 = 470,8 \text{ Hz}$	- " - 9
$f_{10} = 433,9 \text{ Hz}$	Częstotliwości przewidziane do wykorzystania w przypadku konieczności powiększenia pojemności kodu z 1 miliona do 7 milionów kodów /różnych sygnałów/
$f_{11} = 400,0 \text{ Hz}$	
$f_{12} = 368,7 \text{ Hz}$	
$f_{13} = 339,9 \text{ Hz}$	
$f_{14} = 313,3 \text{ Hz}$	

Zostało zalecane stosowanie metody kodowania sygnałów, w której każdemu elementowi sygnału odpowiada jedna częstotliwość, przy czym poszczególne elementy kodu są nadawane kolejno po sobie /system czasowo-częstotliwościowy/. Odpowiada to metodzie kodowania przewidzianej do identyfikacji abonentów ruchomych lądowych sieci radiotelefonicznych, opisanej powyżej w rozdz. 1.

Częstotliwości wykorzystywane do kodowania sygnałów w europejskiej sieci przywoławczej podano w tabl. 5. Częstotliwości te tworzą szereg geometryczny, w którym współczynnik postępu geometrycznego wynosi 1.085, przy czym zostały one tak dobrane, ażeby harmoniczne najmniejszych częstotliwości wywoławczych leżały możliwie dokładnie w środku pomiędzy odpowiednimi większymi częstotliwościami wywoławczymi.

Jeden zakodowany sygnał składa się z 6 elementów, z których każdy odpowiada jednej cyfrze i może zawierać jedną z 10 częstotliwości $f_0 \dots f_9$ lub częstotliwość powtarzania. Zapewnia to uzyskanie ogólnej liczby zakodowanych numerów równej $10^6 / 000\ 000 \dots 999\ 999 /$. Do takiej pojemności kodu w pierwszej fazie rozwoju będą przy- stosowane centrale przywoławcze.

Jeżeli podana wyżej pojemność kodu przewidzianego dla sieci europejskiej po pełnej jej rozbudowie okaże się za małą, wówczas przez wykorzystanie 4 dodatkowych częstotliwości oznaczonych $f_{10} \dots f_{14}$ istnieje możliwość rozszerzenia tej pojemności z 1 miliona do 7 milionów numerów. Rozszerzenie pojemności kodu zgodnie z tym, co podano w tabl. 6, uzyskuje się przez zastąpienie w odpo-

Sposób kodowania sygnałów w przypadku konieczności rozszerzenia pojemności kodu z 1 miliona do 7 milionów numerów.....

Pierwsza cyfra /cyfra na pierwszym miejscu w 7-cyfrowym numerze wywoławczym/	Zmiany częstotliwości na miejscach od 2 do 7, w 7-cyfrowym numerze wywoławczym							Liczba numerów /razem 7 mln/
	Dru-ga cyfra	Trze-cia cyfra	Czwar-ta cyfra	Pią-ta cyfra	Szó-sta cyfra	Siód-ma cyfra		
1	2	3	4	5	6	7	8	
1							1 000 000	
2	x						500 000	
2	0	x					250 000	
3		x					500 000	
3		0	x				250 000	
4			x				500 000	

c.d. tabl. 6.

	1	2	3	4	5	6	7	8
4				0	x			250 000
5					x			500 000
5					0	x		250 000
6						x		500 000
6						0	x	250 000
7							x	500 000
7			x				0	250 000
8		x		x				250 000
8		0			x			250 000
9			x		x			250 000
9			0			x		250 000
0				x		x		250 000
0				0			x	250 000

wiednich miejscach częstotliwości $f_0 \dots f_4$ bądź też $f_5 \dots \dots f_9$ przez częstotliwości $f_{10} \dots f_{14}$. Miejsca, na których będzie dokonana wspomniana zamiana częstotliwości, będą określone przez pierwszą cyfrę numeru powiększonego z 6 do 7 cyfr.

Zaproponowany sposób powiększenia pojemności kodu w porównaniu do wprowadzenia jeszcze jednego elementu w sygnale kodu - przez co liczba numerów zostałaby powiększona dziesięciokrotnie - ma istotną zaletę, ponieważ pozwala stosować bez przeróbek wszystkie odbiorniki, eksploatowane w pierwszej fazie budowy sieci, również po powiększeniu liczby numerów.

Metoda kodowania przewidziana dla europejskiej sieci przywoławczej umożliwi przy znośnych kosztach przekazywanie przez jeden odbiornik do 10 różnych sygnałów kodowych, jeżeli odpowiadające tym sygnałom numery będą różniły się tylko ostatnią cyfrą. Z informacji uzyskanych od abonentów pracujących w doświadczalnej sieci krajowej wynika, że w praktyce jednemu abonentowi wystarcza mniejsza liczba sygnałów, w związku z czym dla abonentów w Niemieckiej Republice Federalnej ustalono maksymalną liczbę kodów równą 4. Ustalenie takiego ograniczenia znacznie zmniejsza liczbę różnych rodzajów odbiorników.

Czas trwania jednego elementu sygnału ustalono na 100 msek \pm 5 msek, a zatem czas trwania całego zakodowanego sygnału będzie wynosił 600 msek. Ażeby uniknąć niewłaściwych wywołań, jest niezbędne z uwagi na właściwości dekodera w odbiorniku zastosowanie przerw pomiędzy

następującymi po sobie sygnałami, wynoszących co najmniej 20 msek.

Zgodnie z wyżej podaną zależnością liczba abonentów, którzy mogą pracować na jednym podstawowym obszarze przywoławczym, może być równa $T = 36\ 000$ abonentów. Jednak w związku z tym, że dla NRF przewidziano trzy podstawowe obszary przywoławcze, ogólna liczba abonentów dołączonych do sieci, po pełnej jej rozbudowie, może być równa 100 000 abonentów.

Rozpoczęcie budowy w NRF ujednocionej europejskiej sieci przywoławczej z uwagi na brak odpowiednich urządzeń technicznych nie było możliwe przed 1971 rokiem. Na podstawie licznych zapytań i pozytywnych doświadczeń uzyskanych przy eksploatacji krajowych sieci przywoławczych w Szwajcarii, Holandii i Belgii można się spodziewać, że wprowadzenie nowej służby spotyka się z dużym zainteresowaniem użytkowników.

4. SPOJRZENIE W PRZYSZŁOŚĆ

Rozwój ruchomych lądowych służb radiowych w Niemieckiej Republice Federalnej w decydującym stopniu jest zależny od tego, czy uda się pokryć występujące w przyszłości zapotrzebowanie na kanały częstotliwościowe. W celu poprawienia ekonomii wykorzystania częstotliwości w ubiegłych latach podjęto szereg środków zaradczych, takich jak: zmniejszanie odstępów międzykanałowego z 50 do 25 kHz, zmniejszanie zasięgów użytecznych oraz wprowadzenie planu częstotliwości /siatki/ itp.

Dalsze zmniejszanie odstępu międzykanałowego przez zastąpienie modulacji częstotliwości względnie fazy przez jednowstęgową modulację amplitudy, w lądowej radiokomunikacji ruchomej nie da już zauważalnej poprawy, ponieważ odbiorniki AM w porównaniu z odbiornikami FM wymagają większej wartości współczynnika ochronnego, a tym samym wymagają większych odległości koordynacyjnych.

Dalsze zmniejszenie obecnie stosowanych zasięgów użytecznych nadajników mogłoby spowodować znaczne poprawienie ekonomii wykorzystania częstotliwości z uwagi na to, że liczba dysponowanych kanałów rośnie w przybliżeniu proporcjonalnie do kwadratu współczynnika redukcji zasięgu. Należy jednak pamiętać, iż wprowadzenie dowolnego z wyżej wymienionych sposobów może nastąpić tylko wtedy, gdy nie będzie ono połączone z pogorszeniem warunków eksploatacji dla abonentów.

Jako szczególnie istotne przy stosowaniu sieci o małych zasięgach należy wymienić trudności związane z wywołaniem abonenta oraz przemieszczaniem się abonenta ruchomego z obszaru zasięgu jednej stacji bazowej do obszaru zasięgu innej stacji w czasie prowadzenia przez niego rozmowy.

Jeżeli w przyszłości uda się zbudować sieci o bardzo małych zasięgach stacji bazowych, nie mające wspomnianych wad, to zapotrzebowanie na kanały częstotliwościowe na najbliższe dziesięciolecie będzie mogło być zaspokojone. Będzie to możliwe również dlatego, że w konsekwencji staną się nieistotne obecne ograniczenia wykorzystywania częstotliwości ponad 1 GHz w lądowych służbach ru-

chomych, wynikające z uzyskiwanych zbyt małych zasięgów użytecznych. Nie ma wątpliwości, że wspomniane sieci o małych zasięgach będą wymagały rozbudowanej sieci przewodowej pomiędzy urządzeniami centralnymi tej sieci i stacjami bazowymi, jak i abonentami stałymi. Jeżeli pewnego dnia takie sieci będą urzeczywistnione, to dzisiejsze formy organizacyjne resortowych służb ruchomych niewątpliwie będą musiały ulec znacznym zmianom.

SZWAJCARSKI SYSTEM AUTOMATYCZNEJ RUCHOMEJ ŁĄCZNOŚCI RADIOTELEFONICZNEJ

Opracował Z. Derulski na podstawie artykułu Wey E.: Le système suisse de radiotelephones mobiles. Tech. Mitt. PTT 1970 t.48 nr 9, s. 367-380.

1. WSTĘP

W ciągu ostatnich lat wzrosło znacznie zainteresowanie lądową radiokomunikacją ruchomą. Rozwój swój radiokomunikacja ruchoma zawdzięcza stałemu postępowi zarówno w dziedzinie subminiaturowych elementów łączeniowych jak i w technice półprzewodnikowej oraz wzrostowi natężenia ruchu i szybkości w nowoczesnym transporcie. Informacje i polecenia są tylko wtedy aktualne, gdy docierają bezpośrednio do adresata znajdującego się w ruchu, na przykład w samochodzie, przy czym w wyniku usprawnień i automatyzacji powstają ciągle nowe potrzeby w zakresie łączności ruchomej.

Zwiększenie się liczby urządzeń powoduje niestety zmniejszenie się ograniczonej liczby kanałów radiowych będących do dyspozycji. Liczba wolnych kanałów maleje szybciej niż wzrasta liczba urządzeń, ponieważ każde urządzenie może być źródłem zakłóceń dla innych urządzeń wykorzystujących dalsze kanały. W wyniku wzajemnych zakłóceń w obszarze, w którym przydzielono określony kanał nie może być wykorzystany cały szereg innych kanałów /jak kanały sąsiednie, kanały powodujące zakłócenia intermodulacyjne, kanały, których częstotliwości odpowiadają częstotliwościom lustrzanym, oraz inne/.

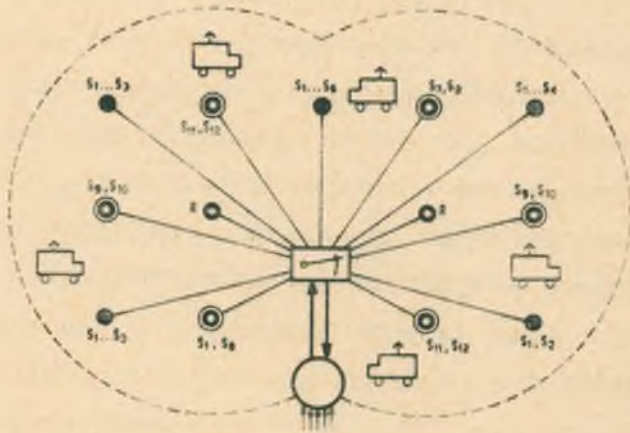
Przydzielony kanał ze względu na zakłócenia wspólnokanałowe może być powtórnie wykorzystany dopiero w obszarze bardzo odległym. Wymienione zakłócenia mogą być częściowo zmniejszone przez polepszenie parametrów urządzeń. Jednak najbardziej skutecznym sposobem ich zmniejszenia jest wybór odpowiedniego systemu. Przy tym wyborze należy brać pod uwagę nie tylko nakłady związane z danym systemem i jego zdolność zapewnienia odpowiedniego ruchu, ale również istotne, ekonomiczne wykorzystanie częstotliwości. Powyższe wymagania były uwzględniane przy projektowaniu szwajcarskiego systemu automatycznej, ruchomej łączności radiotelefonicznej. Przydatność tego systemu została potwierdzona przez badania przeprowadzone w terenie. W wyniku tego została zaplanowana jego realizacja praktyczna na skalę przemysłową.

2. STRUKTURA SIECI

Szwajcarski system automatycznej, ruchomej łączności radiotelefonicznej przewidziany jest do współpracy z publiczną siecią telefoniczną. W związku z tym, system ten musi spełniać podstawowe wymagania obowiązujące w telefonii przewodowej. Wymagania te dotyczą głównie: poziomów, automatycznego zestawienia połączeń, zaliczania opłat za pomocą przyjętych sygnałów, uzyskania odpowiedniej, takiej samej jakości transmisji w obu kierunkach. Ponadto realizacja połączenia przez abonenta ruchomego powinna odbywać się tak, jak ze zwykłego aparatu telefonicznego.

Układ sieci radiotelefonicznej ruchomej jest przedstawiony na rys. 1. Podstawowymi elementami tej sieci są: stacje abonentów ruchomych, stacja bazowa i centrala radiotelefoniczna. Ta ostatnia ma za zadanie realizację połączeń, zaliczanie rozmów wychodzących, przekazywanie po odpowiednim przekształceniu sygnałów wywołania, wybierania i sterowania ze stacji radiowych do central telefonicznych. Stacje bazowe są połączone z centralami radiotelefonicznymi za pomocą przewodowych linii czterodrutowych lub dupleksowych radiotelefonicznych linii radiowych. Do połączeń z abonentami ruchomymi są stosowane wyłącznie urządzenia radiotelefoniczne o modulacji fazy.

Urządzenia radiotelefoniczne ruchome współpracujące z publiczną siecią telefoniczną mogą znajdować się w obszarach o bardzo małej gęstości ruchu lub w miastach



Rys. 1. Schemat struktury sieci radiotelefonicznej ruchomej z jednym kanałem wywoławczym R i 12 kanałami rozmównymi $S_1 \dots S_{12}$ (numeracja kanałów jest dowolna)



centrala radiotelefoniczna



stacja bazowa przeznaczona wyłącznie do nadawania sygnałów wywołania selektywnego "WS"



stacja bazowa przeznaczona do realizacji rozmów na dużych obszarach



stacja bazowa przeznaczona do realizacji rozmów lokalnych



centrala automatyczna publicznej sieci telefonicznej



stacja abonenta ruchomego

o bardzo dużej gęstości ruchu pojazdów. W związku z tym obsłużenie całego obszaru przez jedną stację bazową jest niemożliwe. W celu uzyskania pokrycia całego kraju przez sieć podstawową jest korzystna realizacja sieci stacji o dużych zasięgach, wykorzystującej małą liczbę kanałów, ze stacjami bazowymi umieszczonymi na wzniesieniach.

W obszarach o dużym zaludnieniu i dużej gęstości ruchu radiotelefonicznego mogą być instalowane stacje lokalne o małym zasięgu. Należy jednak pamiętać, aby liczba kanałów będąca do dyspozycji była wszędzie proporcjonalna do gęstości ruchu. Stacje ruchome powinny być wyposażone we wszystkie kanały, które zostały wykorzystane przy budowie sieci. W systemie szwajcarskim wybór wolnego kanału spośród kanałów będących do dyspozycji jest dokonywany za pomocą automatycznego szukacza kanałów. Jeżeli te same kanały, przy uniknięciu wzajemnych zakłóceń, są również wykorzystywane w odpowiednio odległych miejscach, wówczas określony obszar można obsłużyć przy minimalnych kosztach urządzeń i nakładach kanałowych. W ten sposób mając do dyspozycji 12 kanałów duplexowych, można zrealizować sieć radiotelefoniczną dla całego obszaru Szwajcarii, składającą się z 40 stacji bazowych wyposażonych w 90 urządzeń nadawczo-odbiorczych i obsługującą na tym obszarze 5000-10000 abonentów ruchomych.

Automatyczny szukacz kanałów wybiera kanał użyteczny według określonej kolejności. W obszarach o dużym ruchu w pierwszej kolejności są zajmowane stacje lokalne, dzięki temu w obszarach o małym ruchu pozostają do dy-

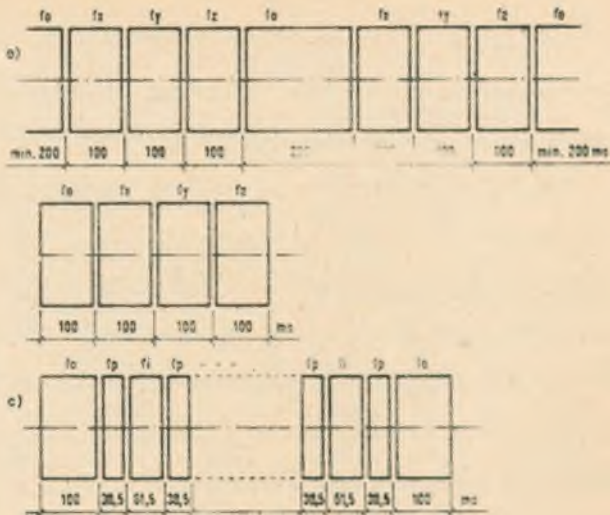
spozycji kanały przeznaczone dla dalekiego zasięgu. Ze względów produkcyjnych i technologicznych wszystkie wykorzystywane kanały powinny się mieścić w pasmie o szerokości 1 MHz.

W sieciach o dużej liczbie stacji bazowych wyszukanie żądanej stacji abonenckiej stanowi poważny problem. Dobrym rozwiązaniem tego zagadnienia jest zastosowanie jednego kanału wywoławczego. Korzystnie jest stosować kilka nadajników służących wyłącznie do wywołania, pracujących z małym przesunięciem fali nośnej /podobnie jak to ma miejsce w szwajcarskiej sieci przywoławczej, tzw. Autoruf [1] / i wysyłać sygnał wywołania na całym obszarze działania sieci. Przy takim rozwiązaniu zdolność przepustowa kanału wywoławczego może być w pełni wykorzystana. Jednak w obszarach granicznych, w których dwa sąsiadujące nadajniki wytwarzają w przybliżeniu takie samo natężenie pola, na skutek różnicy faz sygnału modulującego mogą wystąpić zaniki sygnału wywołania. Aby zapobiec temu zjawisku, należy stosować odpowiednie układy korekcji fazy dołączone do linii modulacyjnych. Nie ma potrzeby wyposażania wszystkich stacji bazowych w nadajniki wywoławcze, ponieważ zasięg nadajników wywoławczych jest większy od zasięgu nadajników wykorzystywanych do transmitowania sygnałów mowy. Liczbę nadajników wywoławczych można jeszcze bardziej zredukować, jeżeli moc każdego z nich będzie odpowiednio większa od mocy nadajników radiotelefonicznych. Do obsługi całej Szwajcarii potrzeba około 18 nadajników wywoławczych [3].

W zasadzie, opisany system pozwoliłby na zbudowanie

jednolitej sieci, która mogłaby obsłużyć cały kraj za pośrednictwem jednej centrali. W takim przypadku znajomość chwilowego miejsca pobytu żądanego abonenta ruchomego nie byłaby konieczna. Abonent taki mógłby w czasie prowadzenia rozmowy poruszać się po całym kraju, nie uważając przerw w łączności przy przechodzeniu z jednego obszaru w drugi. Z uwagi na konieczność wykorzystania we wspomnianej sieci wielu wydzielonych linii telefonicznych oraz ze względu na trudności przy zaliczaniu rozmów zrezygnowano z budowy sieci jednolitej, rezygnując równocześnie z jej zalet. Utworzono grupy sieciowe podobnie, jak to ma miejsce w publicznej sieci telefonicznej. Każda grupa sieciowa stanowi jednostkę zamkniętą, mającą własną centralę radiotelefoniczną, którą można osiągnąć przez wybranie numeru kierunkowego przydzielonego tej centrali.

Każda stacja ruchoma ma swój numer podobnie jak abonent telefoniczny. Numer ten na terenie kraju występuje tylko jeden raz. Ażeby numer abonenta przesłać drogą radiową, jest on przekształcony na kod częstotliwościowy. Każdy numer stanowi kombinację trzech częstotliwości wybranych z dwudziestu częstotliwości zawartych w pasmie 300.- 1200 Hz. W kodzie zakodowanych numerów nie występują dwa kolejne impulsy o tej samej częstotliwości. W celu zwiększenia pewności wywołania każdy zakodowany numer jest nadawany dwukrotnie. Wskaźnik odbioru sygnału wywoławczego zostaje uruchomiony tylko w przypadku, gdy chociaż jedna z dwóch serii impulsów kodowych zostanie całkowicie odebrana. Rozkład w czasie impulsów sygnału



Rys. 2. Rozkład impulsów: a) sygnały wywołania selektywnego: kod 3. częstotliwościowy: f_x , f_y , f_z ; f_0 - częstotliwość sygnału (wolnego kanału) nadawanego w czasie przerwy; b) sygnały identyfikacji abonenta: kod 3. częstotliwościowy f_y , f_x , f_z ; f_0 - częstotliwość sygnału (wolnego kanału) wykorzystywanego jako impuls sterujący; c) sygnały wybiercze: f_i - częstotliwość sygnału wybierania; f_p - częstotliwość sygnału nadawanego w czasie przerwy; f_0 - częstotliwość sygnału (wolnego kanału), wykorzystywanego jako impuls sterujący

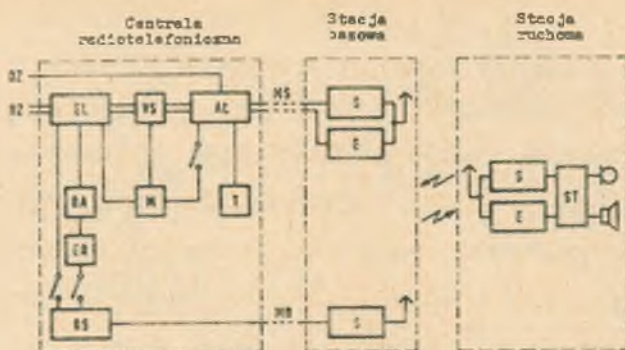
wywoławczego jest przedstawiony na rys. 2a. W przypadku gdy abonent ruchomy inicjuje połączenie, wówczas taka sama seria impulsów nadana przez urządzenie tego abonenta stanowi dla centrali jego sygnał identyfikacji. W tym ostatnim przypadku kod zawiera dodatkowo impuls sterujący o częstotliwości f_0 /patrz rys. 2b/.

Impulsy służące do selektywnego wywołania inicjowanego przez stację ruchomą, przy przesyłaniu ich drogą radiową, są również przekształcane na impulsy prądu zmien-

nego. Rozkład ich w czasie jest przedstawiony na rys.2c. Impulsy te są reprezentowane przez częstotliwość f_i , zaś przerwy między impulsami przez częstotliwość f_p . Przed i po każdej grupie impulsów jest przesyłany impuls sterujący o częstotliwości f_o . Pomimo stosunkowo prostej metody przesyłania sygnałów wywoławczych pewność transmisji jest wystarczająca z uwagi na zastosowanie w opisywanym systemie szwajcarskim ciągłej, automatycznej kontroli jakości transmisji. Kontrola jest zrealizowana przez modulowanie nadajników stacji bazowych sygnałem wolnego kanału lub sygnałem kontroli /nadzoru/. Częstotliwość sygnału wolnego kanału f_o jest większa od najwyższej częstotliwości kodu numerowego, zaś częstotliwość sygnału kontroli f_u ma wartość mniejszą od jego najniższej częstotliwości. Jeżeli w sąsiedztwie pracuje wiele sieci radiotelefonicznych, wówczas w celu uniknięcia wzajemnych zakłóceń muszą być stosowane różne częstotliwości sygnału wolnego kanału i różne częstotliwości sygnału kontrolnego. W sąsiednich sieciach muszą być również stosowane różne kanały wywoławcze. W ten sposób rozmowa będzie zawsze realizowana przez tę centralę, która wysyła sygnał wywoławczy.

3. ZASADA DZIAŁANIA

Rysunek 3 ilustruje schemat funkcjonalny współpracy pomiędzy poszczególnymi urządzeniami sieci. Schemat ten pozwala na lepsze zrozumienie zasady działania systemu.



Rys. 3. Schemat blokowy współpracy poszczególnych urządzeń sieci radiotelefonicznej

OZ - centrala lokalna, HZ - centrala główna, MS - linia modulatoryjna dla sygnałów mowy, MR - linia modulatoryjna dla sygnałów wywołania selektywnego, S - nadajnik, E - odbiornik, ST - urządzenie sterujące, EL - obwód wejściowy z rejestracją sygnałów wywoławczych, ER - rejestr sygnałów wywołania, RS - obwód wywołania, RA - przełącznik rejestru sygnałów wywołania, AL - obwód wyjściowy z urządzeniem do wydzielenia kodu i rejestracją, S - urządzenie łączeniowe, M - urządzenie do cechowania i porównywania kodów (identyfikacji abonenta), T - urządzenie do taryfikacji z zapisem na taśmie

3.1. Stan gotowości do pracy

W tym stanie nadajniki stacji bazowych są modulowane w sposób ciągły sygnałem wolnego kanału o częstotliwości f_0 , zaś odbiorniki pracują na nasłuchu. W stacjach ruchomych odbiorniki są dostrojone do kanału wywoławczego, zaś nadajniki są wyłączone. Sygnał wolnego kanału jest wykorzystywany do kontroli natężenia pola.

3.2. Wywołanie abonenta ruchomego

Abonent sieci telefonicznej wywołuje abonenta ruchomego przez wybranie numeru centrali radiotelefonicznej, a następnie numeru żądanego abonenta. Sygnały wywoławcze dochodzą do centrali radiotelefonicznej za pośrednictwem publicznej centrali telefonicznej w postaci serii impulsów prądu stałego. Impulsy te są przekształcane zgodnie z rys. 2 i są rejestrowane w rejestrze. Następnie są one kolejno przekazywane do nadajnika wywoławczego. Natychmiast po przekazaniu numeru zostaje zwolniony rejestr, a zakodowany numer jest doprowadzony do układu porównawczego kodu wywoławczego. Aby abonent wywołujący odnosił takie samo wrażenie jak przy normalnym wywołaniu telefonicznym, z centrali telefonicznej jest wysyłany do niego zwykły sygnał wywołania. Stan ten trwa do czasu uzyskania odpowiedzi od abonenta ruchomego. Jeżeli zgłoszenie nie nastąpi w ciągu 2-3 minut, wówczas połączenie zostaje przerwane, a abonent wywołujący otrzymuje sygnał ciągły.

Sygnał wywoławczy jest odbierany przez wszystkie nie zajęte stacje ruchome; po detekcji zostaje on doprowadzony do dekodera /odbiornika sygnału wywoławczego/. Każda stacja jest wyposażona w dekodery, który reaguje tylko na jej własny zakodowany numer. W przypadku zadziałania dekodera zostaje uruchomiony wskaźnik wywołania w postaci sygnału akustycznego lub optycznego. Abonent ruchomy powinien wówczas podnieść mikrotelefon i rozpocząć rozmowę z abonentem wywołującym.

3.3. Zestawienie połączenia inicjowanego przez abonenta ruchomego

Wszystkie tory rozmówne są zestawiane dopiero po podniesieniu mikrotelefonu przez abonenta ruchomego. Ma to miejsce zarówno wtedy, gdy abonent ruchomy jest wywoływany, jak i wtedy, kiedy sam chce wywołać innego abonenta. Podniesienie mikrotelefonu przez abonenta ruchomego powoduje uruchomienie na jego stacji elektronicznego szukacza wolnego kanału. Przełączanie stacji z jednego kanału na drugi trwa 100 ms. Jeżeli szukacz natrafi w jakimś kanale na falę nośną zmodulowaną sygnałem wolnego kanału, wówczas zatrzymuje się, a następnie włącza nadajnik, modulując go jednocześnie impulsem sterującym o częstotliwości f_0 i czasie trwania 100 ms. Bezpośrednio po tym impulsie zostają nadane impulsy identyfikujące daną stację ruchomą, których rozkład jest przedstawiony na rys. 2b. Impulsy te są identyczne z impulsami wywoławczymi. Impuls sterujący, oraz impulsy identyfikacji są odbierane przez stację bazową, a następnie za pośrednictwem linii modulacyjnej są przekazywane do centrali radiotelefonicznej. Impuls sterujący powoduje modulowanie nadajnika stacji bazowej sygnałem kontrolnym f_u zamiast sygnałem wolnego kanału f_0 . Ten sam impuls przygotowuje do działania odbiornik sygnału identyfikacji /dekoder/ w centrali radiotelefonicznej.

W przypadku gdy zostaną odebrane równocześnie dwie serie zakodowanych impulsów, wówczas układ dekodera nie będzie działał. W ten sposób unika się "podwójnej kon-

troli" mogącej doprowadzić do niepożądanego połączenia dwóch abonentów ruchomych.

W zależności od tego, czy sygnał identyfikacji został nacechowany w centrali /jest w pamięci wspomnianego układu porównawczego kodu wywoławczego/ czy też nie, zostaje zrealizowane połączenie z abonentem wywołującym, który przeprowadził cechowanie, albo też abonent ruchomy zostaje połączony z zespołem wybierania znajdującym się w centrali telefonicznej sieci publicznej.

W pierwszym przypadku zostaje zrealizowane połączenie pomiędzy abonentem stałym i ruchomym. Obaj abonenci mogą wówczas rozpocząć rozmowę.

W drugim przypadku, po uruchomieniu układu zaliczania, do abonenta ruchomego zostaje nadany drogą radiową sygnał centrali jako znak, że można rozpocząć wybieranie numeru. W obu przypadkach połączenie radiowe jest kontrolowane za pośrednictwem sygnału nadzoru. Sygnał ten jest wytwarzany w stacji bazowej, przesyłany do stacji ruchomej, w której jest wydzielany, a następnie przesyłany z powrotem do stacji bazowej. Jeżeli z jakiegokolwiek powodu przerwa w przesyłaniu sygnału kontrolnego będzie dłuższa od 300 msek, wówczas nadajnik stacji ruchomej zostaje wyłączony, a szukacz wolnego kanału zostanie ponownie uruchomiony. W stacji bazowej brak odbioru sygnału kontrolnego powoduje po około 1 sekundzie zwolnienie kanału poprzez ponowne wysłanie sygnału wolnego kanału. Skoro tylko szukacz stacji ruchomej znajdzie znów wolny kanał, wówczas na tym kanale zostaje ponownie nawiązane połączenie w sposób opisany poprzednio.

Rozpoczęta rozmowa może być prowadzona nadal bez dostrzegalnej przerwy. Jeżeli zmiana kanału nastąpi w czasie nadawania impulsów kodu numerowego, wówczas mogłyby wystąpić niewłaściwe wybrania, które powinny być wyeliminowane. W tym celu impulsy każdej cyfry przy wykorzystaniu pierwszego impulsu sterującego /patrz rys. 2c/ są przesyłane do rejestru. Rejestr przekazuje cyfrę dalej tylko wtedy, gdy po tej cyfrze zostanie odebrany impuls sterujący. W przypadku jego braku następuje automatycznie przerwa w wybieraniu.

3.4. Kasowanie połączenia

Normalnie kasowanie połączenia następuje przez położenie mikrotelefonu przez jednego z abonentów: ruchomego lub stałego. Jeżeli rozłączenie inicjuje abonent ruchomy, wówczas jego stacja przełącza się na kanał wywoławczy, pozostając na nim przygotowana do następnej rozmowy. Tym samym przerywa ona nadawanie sygnału kontrolnego. Jeżeli rozłączenie inicjuje abonent stały, wówczas nadajnik jego stacji bazowej zostaje modulowany sygnałem wolnego kanału zamiast sygnałem kontrolnym.

W przypadku zbyt długiego zajęcia kanału kasowanie połączenia odbywa się w sposób automatyczny przez mechanizm zegarowy, znajdujący się na stacji ruchomej. Mechanizm ten zostaje uruchomiony w momencie podniesienia mikrotelefonu. Przerwanie połączenia może nastąpić po upływie określonego czasu, na przykład po 3 lub 6 minutach. Z chwilą przerwania połączenia stacja ruchoma prze-

chodzi w stan oczekiwania. Abonent tej stacji jest powiadamiany za pomocą sygnału przerywanego o konieczności położenia mikrotelefonu. Mechanizm zegarowy zabezpiecza także przed niepotrzebnym zajęciem kanału na przykład w przypadku, gdy abonent ruchomy zapomni położyć na miejsce swój mikrotelefon.

3.5. Zaliczanie rozmów

Koszty przeprowadzonych rozmów są określane na podstawie tych samych kryteriów, jak stosowane w publicznej sieci telefonicznej. Możliwe jest proste rozwiązanie, w przypadku gdy częstotliwość impulsów zaliczających jest określona przez wybierany numer kierunkowy sieci żądanego abonenta. Istnieje również możliwość stosowania taryf ujednoczonych dla różnych grup sieci; najniższe opłaty obowiązują przy połączeniach lokalnych wewnątrz własnej grupy, a najwyższe przy połączeniach z abonentami grupy najbardziej oddalonej. W tym przypadku dla wszystkich rozmów prowadzonych w granicach danej sieci radiotelefonicznej obowiązuje ta sama taryfa jednostkowa.

Ten sam system opłat może być również stosowany dla rozmów miejscowych przeprowadzanych z pojazdu, ponieważ w celu wyjścia do publicznej sieci telefonicznej musi zostać wybrany numer kierunkowy centrali telefonicznej. Zaliczanie rozmów abonentów ruchomych może być rejestrowane na taśmie magnetycznej. Sposób ten jest bardzo praktyczny, ponieważ przy każdym zaliczaniu może być za-

rejestrowany w prosty sposób kod rozpoznawczy odpowiedniego abonenta.

3.6. Przejście abonenta ruchomego z jednej sieci radiotelefonicznej do drugiej

Przy przejściu z jednej sieci do drugiej abonent ruchomy powinien nacisnąć odpowiedni przycisk, dzięki czemu jego urządzenie dostroi się do kanału wywoławczego nowej sieci oraz do obowiązującego w niej sygnału wolnego kanału i sygnału kontrolnego. W przypadku gdy abonent zapomni dokonać przełączenia, wówczas po zmniejszeniu się natężenia pola będzie uruchomione urządzenie alarmowe sygnalizujące o przejściu do obszaru działania innej sieci oraz o konieczności przełączenia się na odpowiedni kanał. Abonent ruchomy, który znalazł się w obszarze działania nowej sieci może być osiągnięty jedynie po wybraniu numeru kierunkowego tej sieci. W przypadku gdy zachodzi konieczność połączenia się z abonentem ruchomym, którego miejsce pobytu nie jest znane, wówczas należy kolejno wybierać numery kierunkowe różnych sieci.

4. AUTOMATYCZNY SZUKACZ KANAŁU

Jednym z podstawowych elementów szwajcarskiego systemu ruchomej łączności radiotelefonicznej jest automatyczny szukacz kanału, znajdujący się na stacji ruchomej. Zastosowanie jego znacznie usprawnia ruch oraz polepsza wykorzystanie pasm częstotliwości w stosunku do systemów

dotychczas stosowanych. Warto więc nieco szerzej zapoznać się z jego najważniejszymi cechami.

4.1. Kryterium łączenia

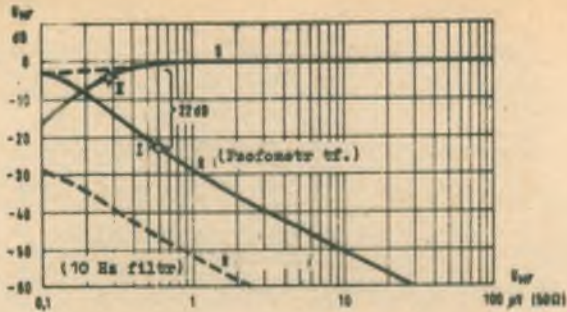
Właściwe określenie kryteriów łączenia jest podstawą prawidłowej pracy szukacza kanału. Szukacz powinien zatrzymać się z chwilą, gdy może nastąpić realizacja połączenia o odpowiedniej jakości transmisji. W publicznej sieci telefonicznej przyjmuje się, że połączenie może mieć miejsce wówczas, gdy zrozumiałość wynosi co najmniej 80%. Przy łączności radiotelefonicznej, jeżeli zrozumiałość jest mniejsza od wartości wyżej podanej, wówczas powinien zadziałać szukacz kanału. Z uwagi na trudności w przeprowadzeniu bezpośrednich pomiarów zrozumiałości postanowiono określić ją w sposób pośredni przez pomiar wartości poziomu odniesienia, który byłby odpowiednio związany ze zrozumiałością. Przeprowadzone pomiary wykazały, że przy modulacji sygnałem o częstotliwości 1000 Hz i maksymalnej dewiacji uzyskuje się równoważne stosunki poziomów, gdy na wyjściu odbiornika stosunek sygnału do szumu wynosi około 20 dB [2], przy czym pomiar jest przeprowadzany za pomocą psfometru wyposażonego w filtr zgodny z zaleceniem CCITT. Kryterium to można wykorzystać do sterowania szukacza kanału za pośrednictwem odpowiednio wyregulowanego układu automatycznej blokady szumów m.cz. Z chwilą zadziałania tego układu następuje uruchomienie szukacza kanału i przerwanie sygnału kontrolnego.

Zgodnie z rys. 4, w typowym odbiorniku o modulacji fazy przystosowanym do pracy w zakresie 160 MHz z odstępem międzykanałowym 25 kHz, stosunek poziomu sygnału do szumu 20 dB jest osiągnięty przy napięciu na wejściu antenowym równym około $0,6 \mu\text{V}$ /oporność wejściowa 50 omów/.

4.2. Czas uruchomienia i zatrzymania

W czasie ruchu abonenta napięcie na wejściu jego odbiornika zmienia się tak jak natężenie pola. Zakładając, że szukacz kanału działa tak szybko, iż nadąża za szybkimi zmianami natężenia pola, rozpoczynałby on szukanie zawsze wtedy, gdy natężenie pola spadnie poniżej progu zadziałania układu automatycznej blokady szumu. Na rys. 5 jest przedstawiony typowy rozkład natężenia pola na odcinku drogi o długości 1 km. Założone szybkie działanie szukacza kanału byłoby w praktyce nieekonomiczne. Nawet krótkotrwałe zmiany natężenia pola powodowałyby przełączanie na inny kanał, pomimo dobrej zrozumiałości. W rzeczywistości o zrozumiałości decyduje średnia wartość stosunku poziomu sygnału do szumu w czasie rozmowy, a nie wartość chwilowa. Z tego powodu kryterium łączenia musi być oparte na wartości średniej tego stosunku. Badania eksperymentalne wykazały, że brak zrozumiałości trwający około 1 sekundy jest prawie niezauważalny. Z tego względu czas całkowania powinien być tego samego rzędu.

Badania wykazały również, że taki sam rezultat można uzyskać w prostszy sposób, a mianowicie: zamiast całko-

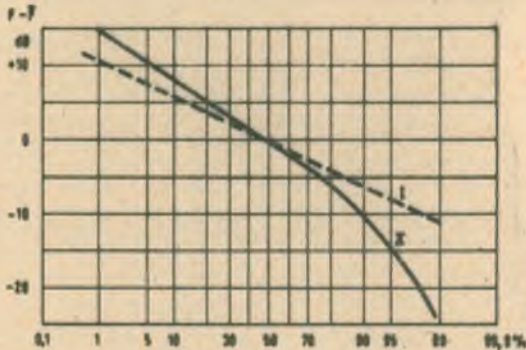


Rys. 4. Poziom sygnału użytecznego m.cz. i zakłóceń w zależności od poziomu sygnału w.cz. dla typowego odbiornika urządzenia radiotelefonicznego o modulacji fasy

Dane techniczne:

szerokość pasma w.cz. - 17 kHz,
 szerokość pasma m.cz. - 10 Hz lub 3000 Hz,
 częstotliwość sygnału pomiarowego - 1000 Hz,
 dewiacja - 2,8 kHz,

I - granica działania układu blokady szumu
 II - granica działania układu wydzielenia tonu



Rys. 5. Typowy rozkład statystyczny natężenia pola wzdłuż odcinka drogi o długości 1 km

I - struktura sgrubna
 II - struktura zmian chwilowych i sgrubnych łącznie
 F - wartość mediany natężenia pola

wania stosunku poziomu sygnału do szumu należy tak dobrać warunki pracy szukacza kanału, aby działał on tylko wtedy, gdy w czasie co najmniej 300 ms /jest to czas opóźnienia zadziałania/ poziom sygnału wejściowego w sposób ciągły będzie mniejszy od poziomu koniecznego do przeprowadzenia rozmowy o założonej jakości. Stwierdzono, że po przedłużeniu tego czasu z 300 ms do 500 ms w pewnych obszarach oraz przy szybkim poruszaniu się abonentów przełączanie następowało przy zrozumiałości mniejszej od założonej wartości 80%. Podczas tak stosunkowo długiego "czasu obserwacji" wartość natężenia pola malejąca i rosnąca wielokrotnie przekraczała poziom progu działania blokady, ale nie powodowało to przełączenia na inny kanał.

W przypadku wybranego czasu opóźnienia zadziałania równego 300 ms określono zależność liczbowa pomiędzy progiem zadziałania szukacza kanału a medianą natężenia pola wzdłuż typowego odcinka drogi o długości 1 km, przy której będzie pewność rzędu 99%, że nie nastąpi przełączenie kanału. /Oznacza to, że przy pewności rzędu 99% zrozumiałość jest lepsza od 80%/. Wspomniana zależność jest równa 12 dB. Oznacza to, że w przypadku odbiornika doświadczalnego, którego próg zadziałania odpowiada natężeniu pola $3 \mu\text{V}/\text{m}$, mediana natężenia pola powinna być rzędu $12 \mu\text{V}/\text{m}$. Na podstawie rys. 6 można określić potrzebne różnice poziomów dla innych wartości czasu opóźnienia zadziałania szukacza kanału.

Ważny jest również czas zadziałania układu wydzielenia sygnału wolnego kanału, który powoduje zatrzymanie

szukacza kanału. Z jednej strony czas ten powinien być możliwie krótki, ponieważ określa on czas konieczny do przełączenia z jednego kanału na drugi, z drugiej strony powinien on być dostatecznie długi z uwagi na wykluczenie możliwości działania układu od impulsów zakłócających. Zakładając, że sekundowa przerwa w rozmowie nie jest istotna, oraz że w czasie 1 sekundy powinno być przeszukane około 10 kanałów, otrzymuje się czas przełączenia szukacza z jednego kanału na sąsiedni równy około 100 ms. Przy zachowaniu stosunku 1:1 pomiędzy czasem zadziałania a przerwą, czas zadziałania nie powinien być dłuższy od 50 ms. Wartość ta pozwala na zastosowanie filtru sygnału wolnego kanału, który wyklucza zadziałanie układu od zakłóceń impulsowych i szumów.

4.3. Próg zadziałania układu oceny

Następnym ważnym elementem jest próg zadziałania. Najkorzystniej można określić jego wartość w odniesieniu do maksymalnej wartości dewiacji. Przy przesyłaniu rozmów zawsze jest pożądane stosowanie możliwie największej dewiacji. Zapewnia to mały poziom szumu i umożliwia dobrą łączność na dużych odległościach przy małym natężeniu pola. Jeżeli równocześnie z rozmową ma być przesyłany sygnał kontrolny, wówczas wartość dewiacji dla tego sygnału powinna być możliwie mała.

W urządzeniach zakresu 160 MHz, przystosowanych do odstępu międzykanałowego 25 kHz, wartość maksymalnej dewiacji wynosi około 3,5 kHz [2]. Wymaganą wartość dewia-

cji dla sygnału kontrolnego można określić na podstawie rys. 4 przy założeniu, że próg zadziałania powinien być co najmniej o 10 dB wyższy od poziomu szumów i o 5 dB niższy od maksymalnej dewiacji. Przy szerokości pasma filtra układu wydzielania równej 30 Hz wartość dewiacji dla sygnału kontrolnego powinna wynosić około 0,7 kHz. Próg zadziałania w tym przypadku odpowiada napięciu na zaciskach anteny 0,3 μ V. Dla oceny sygnału wolnego kanału w zasadzie można by przyjąć tę samą wartość dewiacji, jednak z uwagi na to, że sygnał ten jest przesyłany przy braku sygnałów rozmowy, można w tym przypadku stosować większą wartość dewiacji, na przykład 2,8 kHz. Próg zadziałania układu oceny ustala się odpowiednio o 5 dB poniżej tej wartości, tak aby wartość poziomu sygnału w.cz. wynosiła 0,3 μ V. Zastosowanie większej wartości dewiacji powoduje polepszenie stosunku poziomu sygnału do szumu, bardzo korzystne w przypadku występowania zakłóceń impulsowych.

5. PODSTAWOWE ZALETY SYSTEMU

Na zakończenie należy wymienić szereg szczególnie istotnych zalet szwajcarskiego systemu ruchomej łączności radiotelefonicznej, które nie były dotychczas dostatecznie wyjaśnione.

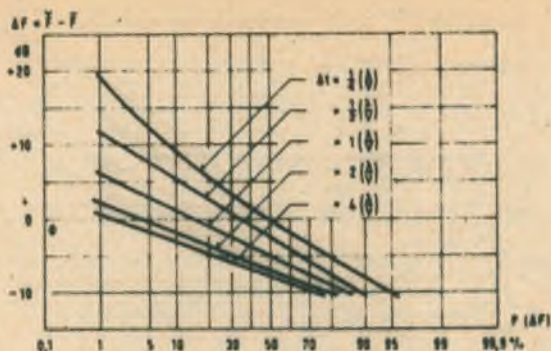
5.1. Wykorzystanie kanałów

Podstawowym założeniem ekonomicznej gospodarki falowej jest możliwie najlepsze wykorzystanie poszczególnych

kanałów. Osiąga się to wówczas, gdy przerwy pomiędzy poszczególnymi połączeniami są bardzo krótkie, a czas zajęcia kanału jest ograniczony do czasu trwania wywołania i rozmowy. Wymagania te w opisanym systemie są w sposób optymalny spełnione. Czas wywołania wynosi maksimum 1 sek. Kanały rozmówne są wolne aż do chwili uzyskania połączenia przez abonenta ruchomego. W przybliżeniu po upływie 1 sekundy od chwili przełączenia /zmiany kanału/ lub od chwili zakończenia rozmowy, kanały są ponownie wolne. Rejestr pozwala na kolejne zajmowanie kanału wywoławczego bez przerw pomiędzy kolejnymi wywołaniami.

Rozmowy nie mogą być jednak rejestrowane /zapamiętywane/ i kolejno w miarę możliwości przekazywane. Dlatego w omawianym systemie podobnie jak w telefonii, zastosowano zasadę jednoczesnego dostępu do grupy kanałów, przy czym wolne kanały są wybierane w sposób automatyczny. W obszarach o dużym natężeniu ruchu radiotelefonicznego jest wiele kanałów do dyspozycji, które jak już wspomniano są wybierane w sposób automatyczny przez szukacz kanału. Niezbędną liczbę kanałów określa się podobnie jak w telefonii przy obliczaniu liczby łącz telefonicznych. Zależność pomiędzy liczbą potrzebnych kanałów a natężeniem ruchu radiotelefonicznego, przy założeniu, że prawdopodobieństwo uzyskania wolnego kanału w godzinie największego ruchu wynosi 95%, jest przedstawiona na rys. 7 krzywa I.

Wykorzystanie kanału będzie jeszcze większe, jeżeli abonent ruchomy po odebraniu sygnału zajęcia nie od-

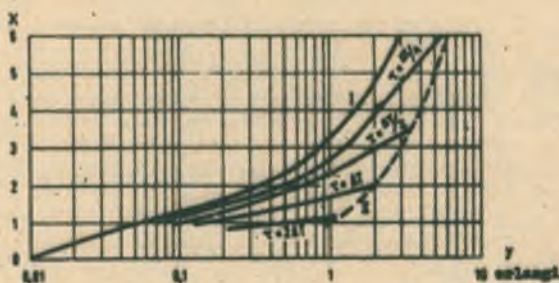


Rys. 6. Prawdopodobieństwo przełączenia kanału P (ΔF) wzdłuż odcinka drogi o długości 1 km w zależności od różnicy pomiędzy średnią wartością poziomu natężenia pola i wartością poziomu przy której działa układ oceny sygnału dla różnych wartości opóźnień

Δt - czas opóźnienia sadsiałania

λ - długość fali w.cs.

v - szybkość poruszenia się stacji ruchomej



Rys. 7. Dopuszczalne natężenie ruchu radiotelefonicznego Y, przy którym pewność znalezienia wolnego kanału z X kanałów będących do dyspozycji wynosi 95%

ΔT - średni czas zajętości

ΔT - średni czas oczekiwania

I - dolna granica (bez oczekiwania)

II - górna granica (kanały w pełni zajęte)

łoży natychmiast mikrotelefonu, a będzie oczekiwał na możliwość realizacji rozmowy^{1/}. W czasie oczekiwania szukacz kanału na stacji abonenta ruchomego będzie przełączał się aż do momentu znalezienia wolnego kanału, to jest do chwili zakończenia rozmowy w jakimś dotychczas zajęтым kanale. W ten sposób przy wykorzystaniu szuka-
cza rozmowy mogą być prowadzone jedna po drugiej, a więc w pewnym stopniu można mówić o ich "magazynowaniu". Ponieważ połączenia rozmówne są zawsze inicjowane przez abonenta ruchomego, więc wspomniana możliwość "magazynowania" zawsze istnieje również w przypadku, gdy rozmowa była inicjowana przez abonenta sieci telefonicznej. W czasie oczekiwania, kiedy szukacz obraca się, nadajnik stacji ruchomej jest zawsze wyłączony, wspomniany sposób postępowania nie powoduje więc dodatkowego zajęcia kanału.

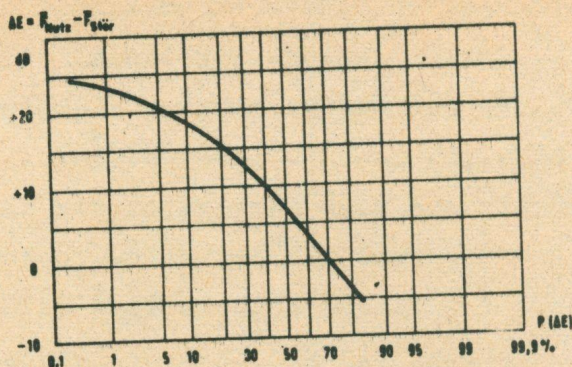
Wykorzystanie kanału jest również funkcją czasu oczekiwania na połączenie. Odpowiednie zależności są również przedstawione na rys. 7. Na przykład przy założeniu, że czas oczekiwania jest równy średniej wartości czasu rozmowy i dla dwóch kanałów na podstawie tych zależności można stwierdzić, że ruch radiotelefoniczny będzie sześciokrotnie większy niż w przypadku pracy bez oczekiwania.

^{1/}W takim przypadku opisywany system może być rozpatrywany jako system łączności z oczekiwaniem na połączenie.

5.2. Odporność na sygnały zakłócające

Nawet przy prawidłowym zaplanowaniu sieci nie da się uniknąć zakłóceń sygnału użytecznego przez inne sygnały. Zakłócenia te mogą pochodzić od odległych nadajników pracujących na tej samej częstotliwości kanałowej lub od nadajników sąsiednich, pracujących na innych częstotliwościach kanałowych. Zakłócenia te są tym większe, im mniejsza jest odporność odbiornika na sygnały intermodulacyjne, im mniejsza jest jego selektywność sąsiedniokanałowa oraz szersze jest widmo modulacji i szumów nadajnika zakłócającego. We wszystkich wymienionych wyżej przypadkach występujące zakłócenia mogą być wyeliminowane przez odpowiedni wybór kanału. W opisanym systemie zadanie to jest spełnione automatycznie przez szukacz kanału. Jeżeli sygnały: wolnego kanału i kontrolny są zakłócanę, wówczas szukacz kanału w sposób niezauważalny przełącza rozmowę na kanał nie zakłócany. Dzięki temu kanał zakłócany staje się wolny i może być wykorzystany przez abonentów znajdujących się w innym, nie zakłóconym obszarze. Jest to istotne, ponieważ najczęściej zakłócenia występują w małych obszarach i w różnych obszarach są zakłócanę różne, nie te same kanały. Można więc stwierdzić, że w opisywanym systemie ruch radiotelefoniczny oraz wykorzystanie kanałów nie są ograniczane przez zakłócenia selektywne.

Jest sprawą oczywistą, że w związku z powyższym przy planowaniu częstotliwości można korzystnie przyjmować większe wartości dopuszczalnych zakłóceń. Dzięki temu



Rys. 8. Prawdopodobieństwo przełączenia kanału P (ΔE), na odcinku drogi o długości 1 km w zależności od średniej wartości stosunku sygnału do zakłóceń w.cz.

można zmniejszyć odległości pomiędzy nadajnikami pracującymi na tej samej częstotliwości kanałowej, jak również dopuścić pewne zakłócenia intermodulacyjne oraz zakłócenia od nadajników pracujących na sąsiednich kanałach.

Na rysunku 8 podano dla informacji określoną eksperymentalnie zależność pomiędzy stosunkiem sygnału do szumu zakłóceń w.cz. a prawdopodobieństwem przełączenia kanału wzdłuż typowego odcinka drogi o długości 1 km.

5.3. Możliwość powiększania obszaru działania sieci i prawdopodobieństwo dojścia sygnałów do abonenta

Sygnał wywoławczy jest nadawany na jednym kanale przez wszystkie nadajniki danego obszaru. Tym samym dojście sygnału wywołania do abonenta ruchomego nie przedstawia żadnego problemu. Przez wprowadzenie dodatkowych

nadajników pracujących na tym samym kanale można dowolnie rozszerzyć obszar zasięgu wywołania.

Obszar zasięgu rozmównego można powiększyć przez wprowadzanie dodatkowych stacji bazowych. Jeżeli przy tym nie są wykorzystywane nowe kanały, to nie ma potrzeby dokonywania zmian w stacjach abonentów ruchomych, które w zasadzie mogą realizować połączenie z każdą stacją stałą na jednym z przewidzianych kanałów. Abonent ruchomy może realizować połączenie w całym obszarze obsługiwanym przez stacje bazowe. Przy przejściu abonenta ruchomego z jednego obszaru do drugiego jest zachowana ciągłość przeprowadzanej rozmowy. Jest to zawsze słuszne, jeżeli szukacz znajdzie wolny kanał.

WYKAZ LITERATURY

1. Wey E.: Planungsgrundlagen für den einseitigen selektiven Funkruf. Tech. Mitt. PTT 1967 t. 45, nr 8, s. 451-466.
2. Wey E.: Die Übertragungsqualität der Sprache bei Fahrzeugtelephonanlagen Tech. Mitt. PTT 1968 t. 46, nr 10, s. 478-490.
3. Wey E.: Die Nutz- und Störreichweite von Autotelephonsendern und ihre Auswirkung auf die Netzplanung. Tech. Mitt. PTT 1969 t. 47, nr 9, s. 386-406.

Ryszard Zienkiewicz

WYKORZYSTANIE FALI NOSNEJ STACJI RADIOFONICZNEJ FM
DO NADAWANIA ZWIEŁOKROTNIONYCH SYGNAŁÓW
RADIOKOMUNIKACJI RUCHOMEJ

WPROWADZENIE DO ZAGADNIENIA

Poniższy artykuł przedstawiający w zasadzie tylko wyniki badań przeprowadzonych w USA wymaga kilku dodatkowych informacji wyjaśniających istotę badanego zagadnienia i niektóre aspekty praktycznego jego wykorzystania.

Nadajniki radiofoniczne FM pracujące w zakresach częstotliwości fal metrowych^{1/} przy normalnej pracy są wykorzystywane do transmisji sygnałów monofonicznych o pasmie do 15 kHz lub stereofonicznych o pasmie do 53 kHz^{2/}. W większości przypadków modulatory tych nadajników pozwalają na transmisję sygnałów o znacznie szerszych pas-

^{1/}W Polsce, jak i w innych krajach OWŁ dla nadajników radiofonicznych UKF - FM, jest przydzielony zakres: 66 - 73 MHz i jest ustalona maksymalna dewiacja częstotliwości nadajnika równa 50 kHz; natomiast w pozostałych krajach dla tych nadajników są przydzielone zakresy około: 88 - 100 MHz i maksymalna dewiacja częstotliwości nadajnika równa 75 kHz.

^{2/}W Polsce, tak jak w USA i innych krajach /z wyjątkiem ZSRR/, jest stosowany system stereofoniczny z częstotliwością pilotującą, mający widmo częstotliwości zgodne z widmem przedstawionym poniżej na rys. 1 - dolna część, lewa strona.

mach niż wyżej wymienione. Tym samym istnieje możliwość doprowadzenia do takiego nadajnika równocześnie z sygnałem radiofonicznym innych niezależnych sygnałów dodatkowych zajmujących pasma częstotliwości leżące powyżej pasma częstotliwości tego sygnału radiofonicznego /odpowiednio mono lub stereofonicznego/. Przy zachowaniu odpowiednich warunków określonych w poniższej pracy, obecność wspomnianych sygnałów dodatkowych może w zasadzie nie wpływać na normalną pracę nadajnika radiofonicznego i może być niezauważalna przez słuchaczy odbierających audycję za pośrednictwem typowych odbiorników radiofonicznych UKF-FM.

Sygnały radiokomunikacji ruchomej mają zwykle pasmo leżące w zakresie częstotliwości akustycznych około 300-3000 Hz. Z tego względu przed doprowadzeniem do modulatora nadajnika pasmo takiego sygnału musi być odpowiednio przesunięte na skali częstotliwości. Wspomnianą czynność wykonuje dodatkowy modulator. Jak podano dalej w artykule, przesunięcie pasma może nastąpić albo przy wykorzystaniu modulacji jednowstęgowej z wytłumioną falą nośną /modulacja SSBSC/ lub też drogą wytworzenia dodatkowej częstotliwości podnośnej, która jest modulowana przez sygnał pierwotny /modulacja FM/. Zarówno w jednym jak i w drugim przypadku liczba zastosowanych dodatkowych modulatorów musi być równa liczbie niezależnych sygnałów /kanałów/ radiokomunikacji ruchomej, które mają być transmitowane razem z sygnałem radiofonicznym /naturalnie sygnał radiofoniczny jest przysyłany bez modulatora/. Podobnie odbiornik radiokomunikacji ruchomej dostrojony do czę-

stotliwości danego nadajnika radiofonicznego musi mieć odpowiedni demodulator /jeden lub więcej w przypadku potrzeby równoczesnego odbioru kilku niezależnych sygnałów leżących w różnych kanałach/ dołączony do wyjścia dyskryminatora tego odbiornika. Wspomniany demodulator jest zwykle połączony z odpowiednim filtrem, który nie dopuszcza do jego wejścia innych sygnałów transmitowanych równocześnie przez nadajnik razem z sygnałem przeznaczonym dla danego odbiornika.

Opisany sposób transmisji sygnałów dodatkowych może być zastosowany przy przesyłaniu sygnałów radiotelefonicznych lub dowolnych innych o równoważnym pasmie, ale tylko w jednym kierunku, tj. od stacji stałej /nadajnika UKF-FM/ do abonentów ruchomych. Z tego powodu przede wszystkim może on znaleźć praktyczne zastosowanie do transmisji sygnałów przywoławczych^{1/}. Jak się wydaje, przy istniejącej rozbudowanej sieci nadajników radiofonicznych UKF-FM wykorzystanie tych nadajników do utworzenia ogólnokrajowej sieci przywoławczej może być związane z pewnymi korzyściami. Należy jednak zwrócić uwagę, że te korzyści będą tylko wtedy istotne, jeżeli wprowadzenie opisanego systemu transmisji nie powiększy nadmiernie kosztów odbiorników. Niezależnie od sprawy kosztów wprowadzenie sygnałów radiokomunikacji ruchomej do stosowanych w kraju nadajników radiofonicznych UKF-FM wymaga

^{1/}Wiadomości ogólne o sieci przywoławczej są podane wyżej w rozdziale 3 artykułu: "Wybrane zagadnienia dotyczące ruchomych służb lądowych w NRF: radiotelefonicznych resortowych i publicznych oraz służby przywoławczej".

jeszcze dalszych badań, które między innymi powinny określić:

- wpływ zmniejszenia maksymalnej dewiacji w nadajniku /patrz uwaga w odnośniku 1 na str. 123/,
- wpływ obecności sygnałów dodatkowych na zakłócenia sąsiedniokanałowe w sieci UKF-FM /w poniższym artykule to zagadnienie jest pominięte/ oraz
- wpływ obecności sygnałów dodatkowych na pracę odbiorników radiofonicznych UKF-FM produkowanych i eksploatowanych w kraju.

Opracował A. Rudziński na podstawie artykułu Behrend W.L.: Multiplexing Land-Mobile Base Station Signals on the Carrier of an FM Broadcast Station. IEEE trans. on Broadcasting 1967, t. 13, nr 2, s. 50-56.

1. WSTĘP

Dodatkowe wykorzystanie stacji radiofonicznych FM jest już od dawna praktykowane w USA w postaci tzw. systemu SCA /Subsidiary Communication Authorization/ dla płatnych transmisji muzyki rozrywkowej. Przewidziane do tego celu pasmo rozciąga się od 53 do 75 kHz. Celem opisywanej pracy było zbadanie możliwości wykonania systemu, który zapewniałby niezniekształconą transmisję audycji ra-

diowej, a jednocześnie łączność jednokierunkową od stacji bazowej w sieci służb ruchomych^{1/}.

Drogą badań analitycznych opracowano projekt systemu spełniającego wymagania techniczne SCA, który następnie sprawdzono laboratoryjnie i praktycznie na komercyjnej stacji radiofonicznej FM.

W systemie tym podczas transmisji monofonicznej istnieje możliwość wprowadzenia 8 kanałów dodatkowych na stacjach klasy B i C^{2/} lub sześciu na stacjach radiofonicznych klasy A^{2/}.

Podczas transmisji stereofonicznej liczba kanałów dodatkowych zmniejsza się odpowiednio do trzech dla stacji dużej mocy i jednego dla stacji mniejszej. W przypadku gdy jednocześnie z audycją monofoniczną jest nadawany sygnał kanału SCA /modulujący główną falę nośną w 15%/, liczba kanałów dodatkowych wynosi pięć dla stacji klasy B i C oraz trzy dla stacji klasy A. Podczas transmisji stereofonicznej i sygnału SCA nie ma możliwości wykorzystania kanałów dodatkowych.

Przy wszystkich wymienionych wyżej rodzajach pracy stacji kanały dodatkowe zapewniają łączność w promieniu około 50 km od stacji nadawczej.

^{1/}Opisywany system może być również wykorzystywany do tworzenia sieci przywoławczych, w których stacje bazowe transmitują sygnały kodowane do abonentów ruchomych /przypisek autora opracowania polskiego/.

^{2/}Patrz tabl. 2.

2. BADANIA ANALITYCZNE

2.1. Aktualne wymagania techniczne SCA

Najważniejszym czynnikiem, który należało uwzględnić przy opracowywaniu systemu był wpływ kanałów dodatkowych na poprawną pracę kanału muzycznego /w dalszej części pracy zwanego kanałem głównym/. Zdecydowało to o przydzieleniu kanałom dodatkowym odpowiedniej szerokości pasma i dewiacji zgodnie z obowiązującymi wymaganiami FCC^{1/} dla systemu SCA podanymi w tabl. 1.

Pasmo przydzielone kanałom dodatkowym przy transmisji monofonicznej rozciąga się od 20 do 75 kHz lub od 53 do 75 kHz w przypadku transmisji stereofonicznej.

2.2. Wybór modulacji w kanale dodatkowym

W toku badań rozpatrzono różne rodzaje modulacji pod kątem zastosowania w kanałach dodatkowych. Najlepsze rezultaty zapowiadała modulacja częstotliwości /FM/ oraz modulacja jednowstęgowa z częściowo wytłumioną falą nośną /SSBSC/.

Dla obu wspomnianych modulacji obliczono zasięgi dla radiostacji FM różnych klas, w zależności od liczby kanałów. Wbrew przewidywaniom modulacja SSBSC nie pozwala uzyskać dodatkowych kanałów, ponieważ przy wzroście liczby kanałów maleje dewiacja głównej fali nośnej powodowana przez każdą z podnośnych, a stosunek sygnału do szumu

^{1/} Federal Communication Commission.

Aktualne wymagania techniczne FCC dla SCA

Transmisja monofoniczna

- 100% modulacji głównej fali nośnej - dewiacja 75 kHz
 30% modulacji przewidziane dla kanałów dodatkowych - dewiacja 22,5 kHz
 Pasmo, które może być przydzielone dla kanałów dodatkowych: - 20 + 75 kHz

Transmisja stereofoniczna

- 100% modulacji głównej fali nośnej - dewiacja 75 kHz
 10% modulacji przewidziane dla kanałów dodatkowych - dewiacja 7,5 kHz
 Pasmo, które może być przydzielone dla kanałów dodatkowych: - 53 + 75 kHz

Dane zaczerpnięte z aktualnych wymagań technicznych dla łączności ruchomej:

Całkowita szerokość pasma akustycznego - 3 kHz

Maksymalna dewiacja częstotliwości podnośnej jest równa $\frac{3}{4}$ połowy całkowitej szerokości pasma kanału dodatkowego przed demodulatorem $\Delta f_1 = 0,75 \times BW/2$

Dla pomiarów i obliczeń SINAD oraz stosunku sygnał/szum przyjmuje się, że podnośna jest modulowana w 67% częstotliwością 1000 Hz

Antena dachowa 50 Ω o zysku 2 dB mniejszym od zysku dipola

Deemfaza w odbiorniku - 750 μ s

w kanale dodatkowym zależy od wartości dewiacji głównej fali nośnej. Na przykład przy ośmiu kanałach dodatkowych procentowa dewiacja głównej fali nośnej, która może być przyznana każdemu z kanałów dodatkowych, będzie dla SSBSC taka sama jak dla FM.

Modulacja SSBSC wymaga mniejszej szerokości pasma częstotliwości zajmowanego przez kanał niż modulacja FM, ale ta ostatnia zapewnia lepszy stosunek sygnału do szumu. Dodatkową zaletą modulacji FM są mniejsze przesłuchy wzajemne pomiędzy kanałem głównym a kanałami dodatkowymi, i odwrotnie. Uwzględniając powyższe, wybrano modulację FM. Maksymalna dewiacja częstotliwości podnośnej podana w tabl. 1 została określona na podstawie założenia, że dopuszczalny poziom zniekształceń harmoniczných będzie zapewniał jakość sygnału akustycznego osiąganą w obecnych sieciach radiokomunikacji ruchomej.

W celu zmniejszenia szumów i uproszczenia modulatorów podnośnych, podobnie jak w urządzeniach radiokomunikacji ruchomej, zastosowano w odbiorniku deemfazę 750 μ s.

2.3. Wymagania techniczne dla systemu wielokrotnego

Z uwagi na stosowanie w radiotelefonii pasma akustycznego od 300 do 3000 Hz przyjęto całkowitą szerokość pasma kanału dodatkowego równą 6 kHz. Przy transmisji monofonicznej można zatem umieścić w rozporządzalnym pasmie 8 kanałów dodatkowych, a przy transmisji stereofonicznej 3 takie kanały. Na rys. 1 przedstawiono rozmie-

szczenie kanałów dodatkowych w widmie częstotliwości dla obu rodzajów transmisji.

Po przeprowadzeniu wielu żmudnych obliczeń, na których przedstawienie brak miejsca w niniejszej pracy, określono główne parametry systemu, przedstawione w tabelicy 2.

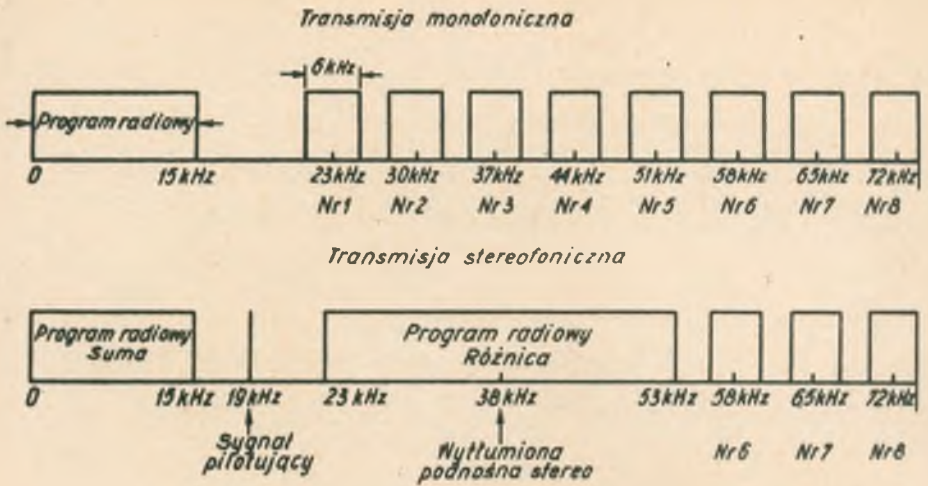
2.4. Podstawowe kryterium systemu

Założeniem głównym przy projektowaniu systemu było uzyskanie na wyjściu odbiornika /w przypadku szumów większych o 10 dB od szumów termicznych/ stosunku sygnału do szumu nie gorszego od 20 dB w promieniu co najmniej 50 km od stacji nadawczej. Pierwsza kolumna w tabl. 2 określa klasę stacji radiofonicznej FM, a trzy następne rodzaje stacji: monofoniczną, stereofoniczną oraz monofoniczną z jednym kanałem SCA /podnośna 67 kHz/, modulującym główną falę nośną w 15 procentach. Stacje dużej mocy mogą nadawać przy transmisji monofonicznej wszystkie 8 kanałów dodatkowych, przy transmisji stereofonicznej - kanały od 6 do 8, a przy transmisji monofonicznej z kanałem SCA - kanały od 1 do 5. W tabelicy 2 określono również liczbę oraz numery kanałów dla stacji małej mocy. W przypadku gdyby jako kryterium użyteczności przyjąć stosunek sygnału do szumu na wyjściu odbiornika 12 dB w odległości 50 km od stacji bazowej, liczba kanałów dodatkowych wykorzystywanych na tych ostatnich stacjach byłaby taka sama jak dla stacji klasy B i C.

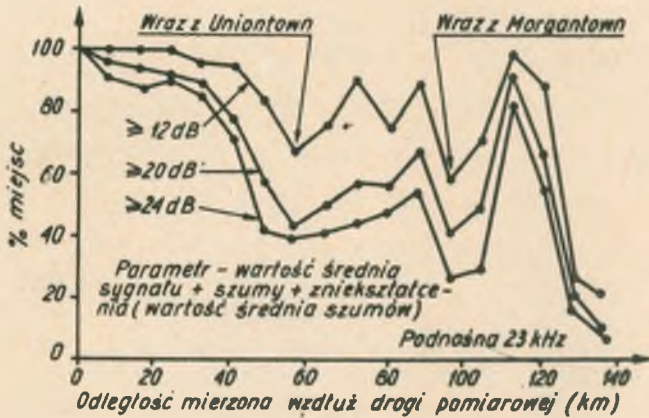
Dane charakterystyczne systemu wielokrotnego

Klasa stacji	S/N = 20 dB w promieniu co najmniej 50 km ² / Szumy = 10 dB powyżej szumów termicznych				Właściwości kanałów dodatkowych				Dewiacja głównej nośnej		
	Czyste kanały dodatkowe		Częstotliwość podnośna		Dewiacja podnośnej	Pasma czysto- tliwości- ści	Transmisja mono- foniczna	Mono + SCA (67 kHz) (15% dew.)	Transmisja stereo- foniczna	Transmisja stereo- foniczna	Transmisja stereo- foniczna
C I B	1	1	23	2,25	20-26	1,82%			1,82%		1,86%
	2	2	30	2,25	27-33	2,37			2,37		2,43
	3	3	37	2,25	34-40	2,92			2,92		3,00
	4	4	44	2,25	41-47	3,47			3,47		3,57
	5	5	51	2,25	48-54	4,02			4,02		4,14
	6	6	58	2,25	55-61	4,58			4,58		
	7	7	65	2,25	62-68	5,13			5,13		
	8	8	72	2,25	69-75	5,69			5,69		
A A	1	11	23	2,25	20-26	2,84			2,84		3,84
	2	22	30	2,25	27-33	3,7			3,7		5,00
	3	33	37	2,25	34-40	4,56			4,56		6,16
	4	44	44	2,25	41-47	5,44			5,44		
	5	51	51	2,25	48-54	6,30			6,30		
	6	66	58	2,25	55-61	7,16			7,16	10	

- X) 1) S/N dla tonu 1000 Hz modulującego podnośną przy 67% dewiacji maksymalnej
 2) Jednostka polaryzacja dla nadawania i odbioru
 3) Niezgodność w 90% miejsc
 4) Antena odbiorcza - 50 Ω o zysku 2 dB mniejszym od zysku dipola
 5) Pasmo akustyczne - 3 kHz
 6) Dewiacja w odbiorniku 750 μs
 7) Klasa C - 50 kW, 300 m; Klasa B - 20 kW, 150 m; Klasa A - 2 kW, 90 m.



Rys. 1. Rozmieszczenie kanałów dodatkowych w widmie częstotliwości modulujących nadajnik



Rys. 2. Procentowy rozkład miejsc poprawnego odbioru w funkcji odległości

2.5. Własności kanałów dodatkowych

Następne trzy kolumny /tabl. 2/ dotyczą własności poszczególnych kanałów dodatkowych. Pierwsza kolumna przyporządkowuje każdemu numerowi kanału określoną częstotliwość podnośną, na przykład 23 kHz dla kanału 1, 30kHz dla kanału 2 itp.; druga - podaje maksymalną dewiację częstotliwości podnośnej, która wynosi 2,3 kHz dla każdego kanału. Pasma częstotliwości zajmowane przez poszczególne kanały umieszczono w kolumnie trzeciej.

2.6. Dewiacja głównej fali nośnej

W ostatnich trzech kolumnach wspomnianej tablicy podano dewiację głównej częstotliwości nośnej przez każdą podnośną. Dewiacja ta procentowo rośnie wraz ze wzrostem numeru kanału, ponieważ stosunek sygnału do szumu na wyjściu akustycznym jest odwrotnie proporcjonalny do częstotliwości podnośnej. Wynika to z tzw. trójkąta szumów dla modulacji FM. Tym samym wspomniany procentowy wzrost dewiacji pozwala uzyskać jednakowy stosunek sygnału do szumu w każdym kanale dodatkowym dla danej odległości od stacji nadawczej.

2.7. Projekt systemu

Wszystkie główne założenia przyjęte przy projektowaniu systemu zamieszczono w dolnej części tabl. 2. Przy przeliczaniu niezawodności działania systemu dla 90% miejsc, do krzywych propagacji F /50,50/ podanych w spr-

wozdaniu FCC zastosowano współczynnik korekcji 10 dB. Wartość tego współczynnika równa 10 dB jest zalecana zarówno przez FCC, jak i większość literatury fachowej.

Po określeniu parametrów systemu pod kątem osiągnięcia odpowiedniego stosunku sygnału do szumu wstępnie oszacowano przesłuchy z kanałów dodatkowych do kanału głównego oraz w kierunku przeciwnym. Rachunki te wykazały, że system będzie spełniał aktualne wymagania SCA. Stwierdzono również, że w przypadku braku modulacji w kanale dodatkowym zachodzi prawdopodobieństwo wystąpienia słabo słyszalnego przesłuchu z kanału głównego do kanałów dodatkowych. Można jednak tego uniknąć stosując generatory podnośnych, które /jak w systemie SCA/ będą wyłączane w przypadku braku sygnału modulującego w danym kanale.

System opracowany według norm podanych w tabl. 2 podany został badaniom laboratoryjnym i terenowym.

3. BADANIA LABORATORYJNE PROPONOWANEGO SYSTEMU

Następnym etapem przeprowadzonych prac było laboratoryjne sprawdzenie funkcjonowania systemu, w trakcie czego również udoskonalano urządzenia.

Wykonano cztery ruchome stacje odbiorcze. Trzy z nich zainstalowano na pojazdach, zaś jedną użyto jako punkt kontrolny w laboratorium technicznym w zakładzie RCA w Meadow Lands. Celem pomiarów laboratoryjnych było zbadanie działania systemu przed zainstalowaniem go na stacji radiofonicznej FM. Wszystkie pomiary zostały przeprowa-

dzone na wyjściu wzбудnicy, której zadaniem jest wystęrowywanie nadajnika.

Należało zbadać:

a/ oddziaływanie systemu wielokrotnego na jakość transmisji w kanale głównym,

b/ jakość odbioru w kanale dodatkowym.

Wzbudnica była modulowana przez sygnał monofoniczny i sygnały kanałów dodatkowych lub przez sygnał stereofoniczny i sygnały kanałów dodatkowych. W przypadku modulacji stereofonicznej modulowany był tylko kanał "prawy". Kanał główny modulowano sygnałem sinusoidalnym lub programem zapisanym na taśmie magnetofonowej. Sygnały służby ruchomej przy transmisji monofonicznej składały się z jednej podnośnej modulowanej sygnałem sinusoidalnym lub głosem z taśmy magnetofonowej oraz z siedmiu podnośnych niemodulowanych. W przypadku transmisji stereofonicznej modulowano jedną z trzech podnośnych.

Do wyjścia wzbudnicy dołączono standardowe monitory stacji FM: RCA BW-73 i BW-74 oraz miernik dewiacji firmy Rohde-Schwarz typu FMV. W mierniku tym dokonano niewielkiej modyfikacji w celu rozszerzenia liniowej charakterystyki demodulatora dla sygnałów o częstotliwościach do 100 kHz. Z wyjść monitorów doprowadzono sygnał do analizatora widma oraz analizatora zniekształceń. W oddzielnej kabinie ekranowanej przeprowadzano testy słyszalności oraz pomiary widma i zniekształceń w odbiorniku radiofonicznym.

3.1. Badania wzajemnego oddziaływania

W tablicy 3 podano wyniki badań wzajemnego oddziaływania sygnałów w przypadku transmisji monofonicznej. Stanowią one podsumowanie wielu przeprowadzonych pomiarów. Dla kilku odbiorników radiofonicznych przeprowadzono testy słyszalności, które nie wykazały żadnych słyszalnych efektów szkodliwych, spowodowanych przez wprowadzenie kanałów dodatkowych. Pomiary zniekształceń dały również wynik pozytywny, zaś pomiary widma wykazały składową 7 kHz o poziomie -69 dB w odniesieniu do 100% modulacji.

3.2. Pomiary zniekształceń

Pomiary zniekształceń w kanale głównym badanego urządzenia wykazały, że dla częstotliwości od 50 do 8000 Hz wzrastają one co najwyżej o 1 dB od poziomu -40 dB, zaś dla częstotliwości od 10000 do 15000 o 3,5 dB od poziomu -50 dB. W przypadku wprowadzenia deemfazy /75 μ s/ zniekształcenia spowodowane pracą kanałów dodatkowych byłyby jeszcze mniejsze.

Pomiary widmowe wykazały niepożądaną składową 14 kHz o poziomie wahającym się w granicach od -81 do -89 dB oraz inną składową niepożądaną o poziomie od -82 do -91 dB. Poziomy te zostały określone w odniesieniu do 100% modulacji przy uwzględnieniu deemfazy 75 μ s.

Zakłócenia przy transmisji monofonicznej

I. Odbiorniki radiofoniczne

- A. Test słyszalności: brak słyszalnych wpływów szkodliwych powodowanych wprowadzeniem kanałów dodatkowych.
- B. Pomiary zakłóceń: brak wpływów szkodliwych powodowanych wprowadzeniem kanałów dodatkowych.
- C. Pomiary widma: stwierdzono obecność składowej niepożądaney 7 kHz o poziomie -69 dB w odniesieniu do 100% modulacji.

II. Zestaw przyrządów pomiarowych:

- A. Pomiary zakłóceń: /pod pojęciem zakłóceń rozumie się wszystkie składowe niepożądane w paśmie 0 ± 15 kHz/. Wprowadzenie kanałów dodatkowych spowodowało wzrost zniekształceń maksimum o 1 dB od poziomu -40 dB dla sygnałów od 50 do 2000 Hz oraz dla sygnałów od 10000 do 15000 Hz zmianę o $\pm 3,5$ dB od poziomu -50 dB.
- B. Pomiary widma: stwierdzono obecność składowej niepożądaney 14 kHz o poziomie zmiennym w granicach -81 do -89 dB oraz składową 7 kHz o poziomach od -82 do -92 dB. Pozostałe składowe występowały na poziomach nie przekraczających -85 dB.

3.3. Badania pracy stereofonicznej

Wyniki badań pracy stereofonicznej urządzenia zebrano w tabl. 4. Również w tym przypadku nie stwierdzono żadnego szkodliwego wpływu kanałów dodatkowych na pracę odbiorników monofonicznych /odbierających program stereofoniczny/, natomiast w bardzo niewielkim stopniu wystąpiły pewne efekty niepożądane w przypadku pracy odbiornika stereofonicznego.

Pomiary widma wykazały powstawanie niepożądanych prążków 8 i 11 kHz, każdy o poziomie -75 dB w odniesieniu do 100% modulacji. W odbiorniku monofonicznym wpływ kanałów dodatkowych przejawiał się powstawaniem składowej 7 kHz o maksymalnej amplitudzie -76 dB w odniesieniu do 100% modulacji.

3.4. Pomiary widm

Pomiary widm oraz pomiary zniekształceń na wyjściu badanego urządzenia wykazały, że w widmie częstotliwości od 50 do 53000 Hz składowe niepożądane spowodowane wprowadzeniem kanałów dodatkowych nie przewyższały poziomu -85 dB /w odniesieniu do 100% modulacji/. Pomiary zniekształceń na monofonicznym wyjściu miernika dewiacji nie wykazały żadnych efektów niepożądanych. Dla "prawego" sygnału monitora stereofonicznego BW-74 zniekształcenia wzrosły o 0,3 dB od poziomu -40 dB dla częstotliwości od 50 do 4000 Hz. Dla częstotliwości od 800 do 15000 Hz maksymalny wzrost zniekształceń wynosił 1,5 dB względem tego samego poziomu początkowego.

Zakłócenia przy transmisji stereofonicznej

I. Odbiorniki radiofoniczne

A. Test słyszalności

1. Odbiornik stereofoniczny: podczas nadawania programu radiowego nie stwierdzono żadnych słyszalnych efektów szkodliwych, spowodowanych wprowadzeniem kanałów dodatkowych. W przypadku usunięcia modulacji z kanału głównego przy maksymalnym wzmacnieniu odbiornika /praktycznie odbiornik nie jest użytkowany w takich warunkach/ był słyszalny bardzo słaby ton akustyczny.

2. Odbiornik monofoniczny: nie stwierdzono żadnych słyszalnych efektów szkodliwych.

B. Pomiary zakłóceń

1. Odbiornik stereofoniczny: nie stwierdzono żadnych słyszalnych efektów szkodliwych.

2. Odbiornik monofoniczny: nie stwierdzono żadnych słyszalnych efektów szkodliwych.

C. Pomiary widma

1. Odbiornik stereofoniczny: stwierdzono obecność składowych niepożądanych 8 i 11 kHz na poziomie nie większym od -75 dB w odniesieniu do 100% modulacji.

2. Odbiornik monofoniczny: stwierdzono obecność składowej niepożądananej 7 kHz o poziomie maksymalnym -76 dB w odniesieniu do 100% modulacji.

II. Zestaw przyrządów pomiarowych:

- A. Pomiary widma: w zakresie częstotliwości od 50 Hz do 53 kHz składowe niepożądane występujące na skutek wprowadzenia kanałów dodatkowych nie przekraczały poziomu -85 dB w odniesieniu do 100% modulacji.
- B. Pomiary zakłóceń: monofoniczne wyjście miernika dewiacji za układem deemfazy $75 \mu\text{s}$ i filtrem dolnoprzepustowym 15 kHz. Nie stwierdzono żadnych efektów szkodliwych. "Prawe" wyjście monitora stereofonicznego BW-74: dla tonów modulujących od 50 do 4000 Hz maksymalny wzrost zniekształceń 0,3 dB od poziomu -40 dB, zaś dla tonów modulujących od 8000 do 15000 Hz wprowadzenie kanałów dodatkowych spowodowało wzrost zniekształceń maksimum o 1,5 dB.

3.5. Badania jakości kanału dodatkowego

Do pomiarów kanału dodatkowego wykorzystano wspomniany zestaw przyrządów, uzupełniony przez odbiornik radiokomunikacji ruchomej z tym, że sygnał mierzony był do-

prowadzony z wyjścia kanału dodatkowego monitora BW-73A /dostosowanego do parametrów kanału i z deemfazą 750 μ s w stopniu akustycznym/. Wyniki badań dla transmisji monofonicznej zamieszczono w tabl. 5. Stwierdzono, że sygnał modulujący kanał główny był słyszalny w odbiorniku radiotelefonu jako bardzo słaby podkład sygnału właściwego. Pomiary SINAD /pomiar stosunku: sygnał + szum + zniekształcenia do szum + zniekształcenia/ wykazały, że efekty niepożądane powodowane przez modulację kanału głównego były bardzo małe. Jedynie przy dużych poziomach modulacji tonem 11500 Hz zakłócenia były większe, lecz prawdopodobieństwo wystąpienia takiego sygnału o dużym poziomie w czasie normalnej pracy jest minimalne. Lepsze odbiorniki powinny wykazywać większą odporność na zakłócenia. Uzasadniają to pomiary sygnału z monitora BW-73A. Dla tonu 11500 Hz i modulacji 35% SINAD zmniejszył się z 24 dB do 23,2 dB, a przy 70% modulacji do 18,6 dB.

Pomiary widma potwierdziły przewidywania; ton modulujący kanał główny w wyniku intermodulacji z podnośnymi dawał niepożądane wstęgi boczne o poziomach w granicach -42 \blacklozenge -51 dB w odniesieniu do poziomu każdej z podnośnych.

W tablicy 6 zestawiono wyniki pomiarów w przypadku transmisji stereofonicznej. Uzyskane rezultaty są zasadniczo takie same jak przy pracy monofonicznej urządzenia. Przesłuch z kanału głównego do kanałów dodatkowych przejawiał się w postaci słabego szumu, który występował jedynie przy dużych wartościach sygnału modulującego kanał główny.

Jakość kanału dodatkowego przy transmisji
monofonicznej

I. Odbiorniki służby ruchomej

A. Test słyszalności: stwierdzono obecność bardzo słabego sygnału modulującego kanał główny zauważalnego w przerwach modulacji sygnału właściwego.

B. Współczynnik SINAD

Kanał główny modulowano sygnałami od 100 do 15000 Hz o poziomach dewiacji 35 i 70% /taki poziom modulacji odpowiada 50 i 100% wartości szczytowej sygnału kanału głównego na wejściu modulatora/. Sygnał modulujący kanał główny nie miał żadnego wpływu na stosunek SINAD dla podnośnej 72 kHz /kanał 8/, natomiast dla podnośnej 23 kHz /kanał 1/ najbardziej niekorzystny był sygnał modulujący o częstotliwości 11500 Hz /podharmoniczna podnośnej/.

	% modulacji głównej nośnej tonem 11500 Hz				
	0%	35%	52%	60%	70%
SINAD	22 dB	21 dB	15 dB	10 dB	0 dB

II. Zestaw przyrządów pomiarowych:

A. SINAD: /Wyjście monitora wielokrotnego BW-73A/
Kanał 8 /podnośna 72 kHz/ - modulacja kanału głównego nie wpływa ujemnie na wartość SINAD.

Kanał 1 /podnośna 23 kHz/ - modulacja kanału głównego powoduje zmniejszenie wartości SINAD z 24 dB na 23,5 dB z wyjątkiem sygnału modulującego 11500 Hz, gdzie stosunek ten spada do 23,2 dB przy 35% modulacji i 18,6 dB przy 70% modulacji.

B. Pomiary widma:

Kanał główny modulowany w 35% sygnałem akustycznym. Intermodulacja sygnału modulującego kanał główny z podnośnymi powodowała powstawanie niepożądanych wstęp bocznych o poziomach w granicach -42 ± -51 dB w odniesieniu do poziomu każdej z podnośnych.

T a b l i c a 6

Jakość kanału dodatkowego przy transmisji stereofonicznej

I. Odbiornik radiokomunikacji ruchomej

- A. Test słyszalności: sygnał modulujący kanał główny powoduje powstawanie słabego szumu słyszalnego jedynie, gdy wartość modulacji przekraczała 80%.
- B. SINAD: nie stwierdzono wpływu sygnałów modulujących kanał główny.

II. Zestaw przyrządów pomiarowych:

- A. SINAD: nie stwierdzono wpływu sygnałów modulujących kanał główny.
- B. Pomiary widma: złożony sygnał stereofoniczny modulujący główną nośną w 50%. Na skutek intermodulacji tonu akustycznego z podnośną stwierdzono powstawanie pojedynczych wstęg bocznych o poziomach $-41 + -50$ dB w odniesieniu do poziomu podnośnej.

4. BADANIA TERENOWE

Próby terenowe przeprowadzono na terenie miasta Pittsburgh oraz w jego okolicach. Do pomiarów tych wykorzystano stację WRYT-FM, której nadajnik znajduje się w miejscowości Buena Vista. Skuteczna moc promieniowana przez antenę tej stacji wynosi 16 kW, zaś wysokość anteny w stosunku do średniej wysokości terenu jest równa ok. 250 m. Urządzenia laboratoryjne zainstalowano przy nadajniku RCA typu BFT-5B. Nadajnik pracował na obciążenie sztuczne, dostarczając sygnał do pomiarów zasadniczo identycznych z przeprowadzonymi w laboratorium. Zarówno przy transmisji mono- jak i stereofonicznej kanał główny oraz kanały dodatkowe funkcjonowały zadowalająco.

4.1. Wzajemne oddziaływanie

Najważniejszym aspektem pomiarów systemu w terenie było określenie stopnia zakłóceń programu radiofonicznego, spowodowanych obecnością sygnałów kanałów dodatkowych w widmie wypromieniowanym przez antenę stacji radiofonicznej FM. Pewien problem stanowiło przeprowadzenie badań przy transmisji stereofonicznej, ponieważ stacja WRYT-FM nie przeprowadza tego rodzaju transmisji, a co za tym idzie wśród jej abonentów nie ma odbiorców programu stereofonicznego. Rzeczą oczywistą jest również to, że przy przeprowadzaniu pomiarów starano się nie zaburzać normalnej działalności stacji.

Podczas pomiarów systemu przy transmisji monofonicznej zwrócono się do słuchaczy z prośbą, by zawiadamiali o każdym niepożądanym zjawiskach występujących w ich domowych odbiornikach radiofonicznych. W odpowiedzi na apel kierownictwo stacji otrzymało pięć listów, z których tylko jeden dotyczył przeprowadzanych prób. Słuchacz donosił, że w trakcie transmisji dał się słyszeć dźwięk, który określił jako "wycie". Po sprawdzeniu okazało się, że abonent miał odbiornik stereofoniczny i przełącznik rodzaju programu omyłkowo ustawiony w pozycji "stereo". Przy prawidłowym ustawieniu przełącznika w pozycji "mono" nie stwierdzono żadnych zakłóceń programu.

Podobne próby przeprowadzono także w zakładach RCA w Meadow Lands. Do kilku odbiorników monofonicznych i jednego stereofonicznego doprowadzono sygnał z obroto-

wej anteny Yagi umieszczonej na dachu budynku. Antenę tę obracano o 360° po kilka razy przy próbach każdego z odbiorników. Nie stwierdzono żadnych efektów niepożądanych spowodowanych istnieniem ośmiu podnośnych. Taki sam test przeprowadzono w czasie transmisji stereofonicznej, przy czym nie stwierdzono żadnych zakłóceń programu zarówno w odbiornikach monofonicznych, jak i w odbiorniku stereofonicznym.

4.2. Badania kanałów dodatkowych

Nie było możliwości przeprowadzenia wielu pomiarów propagacji i szumów, dlatego też badania omawianego systemu sprowadziły się głównie do określenia jakości odbioru w kanałach dodatkowych oraz ustalenia pewnych informacji dotyczących zasięgu systemu. Przeprowadzono następujące rodzaje badań:

- a/ próby słyszalności
- b/ pomiary SINAD
- c/ zapis wartości średniej sygnału 1000 Hz wraz z zakłóceniami i zniekształceniami oraz zapis wartości średniej szumów akustycznych.

Pomiary te wykonano dla podnośnych 23 i 72 kHz /kanał 1 i 8/, przy czym w czasie pomiarów tylko jedna z tych podnośnych była modulowana. Pozostałe podnośne były również włączone, ale bez sygnałów modulujących. Wyniki badań podsumowano w postaci tabl. 7.

Stwierdzono, że w niektórych miejscach na skutek istnienia fal stojących występowały silne zaniki natężenia

pola elektromagnetycznego. Powodowało to "terkotanie" /przerywanie/ sygnału w czasie ruchu pojazdu. Zjawisko to - jak stwierdzono statystycznie - zachodzi w małym procencie czasu. W związku z tym można zauważyć, że kryteria przyjmowane przy określaniu zasięgu zakładają dostateczną zrozumiałość mowy.

W tablicy 7 nie zamieszczono wyników pomiarów dokonanych w czasie przejazdu w kierunku zachodnim do Weirton /stan Ohio, około 65 km od nadajnika/ oraz w czasie przejazdu w kierunku północno-zachodnim do Negley /stan Ohio ok. 80 km od nadajnika/. Dla obu kierunków uzyskano pokrycie zasięgiem 90%. Miasto Pittsburgh, dla którego centrum uzyskano pokrycie 90%, znajduje się 24 km od miejsca nadawania. Podobnie 90% pokrycia uzyskano w kierunku zachodnim w alei Lincolna na odcinku od 26 do 48 km od nadajnika. Przy pomiarach w kierunku południowym pokrycie zasięgiem 90% uzyskano aż do odległości około 100 km od nadajnika /kanał 1/ względnie do odległości 65 km /kanał 8/. W Uniontown, znajdującym się około 50 km od miejsca nadawania, wypadkowe pokrycie dla dzielnicy biurowej i mieszkalnej wynosiło 70%.

Pomiary stosunku: sygnału wraz z szumami i zniekształceniami do szumów i zniekształceń na wyjściu odbiornika, czyli pomiary SINAD przeprowadzono modulując podnośną badanego kanału dodatkowego częstotliwością 1000Hz z dewiacją 67%. W czasie każdego pomiaru SINAD mierzono równocześnie amplitudę sygnału wielkiej częstotliwości na wejściu odbiornika. W tablicy 7 podano liczbę miejsc /w procentach/, dla których zmierzono SINAD równy 12 dB

lub większy. Przykładowo, w centrum Pittsburgha w 77% miejsc dla kanału 1 i 83% miejsc dla kanału 8 zmierzona wartość SINAD była równa lub przekraczała 12 dB. Miejsca pomiarowe były wybierane zupełnie przypadkowo przez kierowcę wozu pomiarowego bez żadnych informacji o aktualnej wartości sygnału odbieranego. Starano się jednak, aby pomiędzy dwiema kolejnymi przecznicami wykonać co najmniej dwa pomiary.

W alei Lincolna pomiary były przeprowadzane w nieco inny sposób, mianowicie co jedną milę /1609 m/ mierzono SINAD trzykrotnie w miejscach oddalonych od siebie o około 20 stóp /około 60 m/. Pomiarami objęto odcinek od 25 do 50 kilometrów od miejsca nadawania. Obliczone pokrycie zasięgiem wynosi 79% dla kanału 1 i 70% dla kanału 8. Podobne postępowanie przyjęto przy określaniu zasięgu w kierunku południowym na drodze 51 i 119. Pomiary dla podnośnej 23 kHz przeprowadzono na odcinku Elizabeth - Uniontown. Pokrycie zasięgiem dla tego odcinka wynosiło 100%. Dalsze próby z podnośną 72 kHz przeprowadzono od skrzyżowania dróg 51 i 70 /około 11 km od nadajnika/ aż do Stewardsville /około 70 km/, otrzymując pokrycie zasięgiem równe 78%.

W Uniontown niezawodność odbioru zbadano w dzielnicy mieszkalnej, biurowej i przemysłowej. W dzielnicy przemysłowej natężenie pola było dosyć duże, a we wszystkich dzielnicach zmierzono wystarczające wartości SINAD. W dzielnicy mieszkalnej pokrycie zasięgiem wynosiło 75% i 88%, zaś w dzielnicy biurowej 45% i 58%.

Przy rejestracji wartości średniej sygnału wraz z szu-

mami i zniekształceniami oraz wartości średniej samych szumów podnośna była modulowana w 67 procentach przez kluczowany ton 1000 Hz. Prędkość kluczowania i rejestracji dobrano tak, aby na każdą milę przypadało około 25 próbek. Badania te przeprowadzono w dzielnicy mieszkalnej w Uniontown, lecz na obszarze nieco większym od objętego pomiarami SINAD. Obliczone pokrycie zasięgiem dla badanego obszaru wynosi 84 i 81% odpowiednio dla kanału 1 i 8.

Na rysunku 2 przedstawiono graficznie wyniki pomiarów przeprowadzonych na odcinku od Elizabeth do Grafton dla podnośnej 23 kHz. Dane otrzymane z pomiarów były analizowane dla odcinków pięciomilowych /8 km/, dlatego każdy punkt na wykresie określa wartość pokrycia zasięgiem dla odcinka o długości 5 mil poprzedzającego ten punkt. Z powodu trudności technicznych w czasie rejestracji sygnału i szumu nie notowano napięcia wielkiej częstotliwości na wejściu odbiornika.

Pokrycie zasięgiem obliczone na podstawie tych pomiarów służyć może do porównania z pokryciem obliczonym na podstawie pomiarów SINAD wykonanych w tym samym kierunku, lecz na krótszym odcinku.

4.3. Porównanie poziomów szumu z wartościami podanymi w literaturze

Określenie poziomu szumu w niniejszym przypadku jest jedynie przybliżone, gdyż poziom ten jest określany pośrednio ze stosunku sygnału do szumu. Taki sposób okreś-

lania jest słuszny jedynie w przypadku, gdy zarówno dyskryminator głównej częstotliwości nośnej jak i dyskryminator w kanale dodatkowym pracują powyżej progu ograniczania. Również liczba wykonanych pomiarów była zbyt mała.

Uzyskanie stosunku SINAD na wyjściu odbiornika równego co najmniej 12 dB, w 50 procentach miejsc w centrum Pittsburga wymagało napięcia na zaciskach antenowych równego 112 μ V. Zakładając, że obydwa dyskryminatory odbiornika pracowały powyżej progu ograniczenia oraz podstawiając odpowiednie wartości do wyrażenia na stosunek sygnału do szumu, obliczono współczynnik szumu równy 32 dB. Obliczona wartość współczynnika szumu jest o 10 dB mniejsza od tzw. "miejskiego" współczynnika szumu podanego w pracy Egliego, natomiast jest identyczna z wartością podaną przez Beverage'a, Laporta i Simpsona dla "dużego miasta". Współczynniki podane w tej ostatniej pracy dotyczą poziomów szumu mierzonych po stronie akustycznej psfometrem o charakterystyce FIA. Wartości współczynników szumu zostały obliczone w przybliżeniu, ponieważ przy szacowaniu poziomów ograniczania po podstawieniu otrzymanych wartości wynika, że pierwszy dyskryminator mógł pracować powyżej progu ograniczania, ale dyskryminator w kanale dodatkowym miałby wartość skuteczną sygnału tylko o 6 dB większą od wartości skutecznej szumu, co nie wystarcza w pełni do przekroczenia progu ograniczania.

W dzielnicy mieszkalnej Uniontown w 50% miejsc napięcie na zaciskach antenowych odbiornika równe 18 μ V za-

pewniało uzyskanie na jego wyjściu stosunku SINAD co najmniej 12 dB. Obliczona na tej podstawie wartość współczynnika szumu równa 17 dB jest mniejsza o 19 względnie 10 dB od współczynników "podmiejskich" /36 i 27 dB/ podanych przez Eglego, a równa wartości współczynnika szumu dla "małych miast lub przedmieść" określonego przez Beverage'a.

4.4. Transmisja stereofoniczna

Próby terenowe pracy systemu podczas transmisji stereofonicznej były bardzo ograniczone, ponieważ zakłócały one normalną działalność stacji radiofonicznej WRYT. Pomiary SINAD przeprowadzono jedynie w obrębie Uniontown, przy czym objęto nimi te same dzielnice, w których przeprowadzano pomiary przy pracy monofonicznej tej samej stacji nadawczej. Niestety, z uwagi na ograniczenie w czasie liczba punktów pomiarowych była znacznie mniejsza niż w przypadku poprzednim.

Jak można się zorientować na podstawie tabl. 2, poziom podnośnej 72 kHz w przypadku transmisji stereofonicznej jest o 3,8 dB mniejszy od poziomu tej samej podnośnej nadawanego przy transmisji monofonicznej. Dla wielu miejsc w dzielnicy mieszkalnej pomiary przy pracy stereofonicznej dały wyniki zgodne z wynikami uzyskanymi uprzednio. I tak w 50% miejsc napięcie na zaciskach antenowych odbiornika, które pozwalało uzyskać na wyjściu SINAD równy co najmniej 12 dB, osiągało wartość 28 μ V, to jest o 3,8 dB więcej niż wartość napięcia 18 μ V wyma-

ganego dla transmisji monofonicznej. Wyniki pomiarów w dzielnicy biurowej nie są już tak zgodne, gdyż wartość napięcia na zaciskach antenowych dla 50% miejsc wynosiła 54 μ V, czyli w przybliżeniu 6 dB więcej niż uzyskano uprzednio.

WYKAZ LITERATURY

1. Egli J.J.: Radio propagation above 40 Mc over irregular terrain. Proc. IRE 1957 t. 45 nr 10, s. 1383-1391.
2. Beverage H.H., Laport E.A., Simpson L.C.: System parameters using tropospheric scatter propagation. RCA Rev. 1955 t. 16 nr 9, s. 432-457.

