

9 6 4  
Nr 5 (32)

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI  
WARSZAWA — MIEDZESZYN

*Biblioteka*

# PRZEGLĄD ZAGADNIENI ŁĄCZNOŚCI



Instytut Łączności  
Warszawa



MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

---

# PRZEGLĄD ZAGADNIENI ŁĄCZNOŚCI



ROK 4

WARSZAWA 1964

NR 5(32)

---

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

Ośrodek Informacji Techniczno-Ekonomicznej

**Kolegium Redakcyjne:**

---

**Przewodniczący - mgr inż. Zenon Szpigler**  
**Z-ca Przewodniczącego - mgr inż. Władysław Cetner**

**Członkowie:**

**inż. Edmund Janowski, prof. Stefan Jasiński**  
**mgr Kazimierz Kotowski, mgr inż. Adam Meniuszko,**  
**mgr inż. Józef Możejko**

**Sekretarz Redakcji - Irena Kulko**

**Adres Redakcji:**

**Instytut Łączności**

**Ośrodek**

**Informacji Techniczno-Ekonomicznej**

**Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1**

**NA PRAWACH REKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO**

**Redaktor: J. Borkowska**

**Montaż tekstu: B. Drabik**

---

**Dział Wydawniczy OKW Instytutu Łączności**  
**Format B5. Nakład 480. Druk ukończono**  
**w październiku 1964 r.**



PRZEGLĄD  
ZAGADNIENÍ ŁĄCZNOŚCI

Radiokomunikacja ruchoma

SPIS TREŚCI

|   | Str. |
|---|------|
| 1. H. Kleimeier - Stan i perspektywy rozwoju radiokomunikacji ruchomej w służbach lądowych w Niemieckiej Republice Federalnej - Opracował Z. Kossakowski                                      | 1    |
| 2. Howard H. Rice - Czynniki wpływające na wybór systemu sieci radiokomunikacji ruchomej - Opracował Z. Kossakowski   | 24   |
| 3. H.W. Nylund and R.M. Swanson - Ulepszony system automatycznego wybierania w wielokanałowej ruchomej sieci radiotelefonicznej - Opracował Z. Derulski                                       | 51   |
| 4. Herbert A. Schneider - Zagadnienie ekonomicznego powiększenia liczby kanałów w radiotelefonicznych urządzeniach ruchomych w zakresach częstotliwości 150 i 450 MHz - Opracował Z. Derulski | 76   |

621.396.93.001.1(430.1)

STAN I PERSPEKTYWY ROZWOJU  
RADIOKOMUNIKACJI RUCHOMEJ W SŁUŻBACH LĄDOWYCH  
W NIEMIECKIEJ REPUBLICIE FEDERALNEJ<sup>1)</sup>

H. Kleimeier: Gedanken zur Entwicklung des beweglichen Betriebsfunks in der Bundesrepublik Deutschland. Fernmelde-Praxis, Band 40, Nr 8, 15 April 1963. s. 329-341.

Przytoczone w niniejszym artykule rozważania wskazują, że radiokomunikacja ruchoma w NRF zdobywa coraz większe znaczenie i coraz szerszy zakres zastosowania w gospodarce narodowej. Nie zauważa się obecnie żadnej stagnacji w rozwoju sieci ruchomych. Wprost przeciwnie, powiększające się stale zapotrzebowanie na urządzenia ruchome stwarza konieczność czynienia wysiłków zarówno w zakresie zagadnień technicznych, jak i eksploatacyjnych, mających na celu przewyższenie trudności związanych ze stale trwającym niedoborem częstotliwości.

W artykule omówiono ogólne tendencje, jakie kształtowały się w rozwoju lądowej radiokomunikacji ruchomej na terenie NRF w różnych rodzajach służb. Szczegółowo rozpatrzono stan tego rozwoju w końcu 1962 r. Przytoczono dane liczbowe porównawcze dotyczące stanu urządzeń radiowych w poszczególnych służbach w końcu 1960 r. i 1962 r. Przedyskutowano sytuację falową obecną i perspektywy zdobycia nowych kanałów częstotliwościowych. Wreszcie podane przewidywania dotyczące dalszego rozwoju radiokomunikacji ruchomej w NRF w okresie do 1970 r. oraz niektóre tendencje dotyczące nowych rozwiązań technicznych w tej dziedzinie.

---

<sup>1)</sup> Na podstawie oryginału opracował Z. Kossakowski.

## 1. WSTĘP

Zapewnienie utrzymania łączności z pojazdami lub pomiędzy nimi zarówno na lądzie, jak i na morzu jest praktycznie możliwe tylko przy wykorzystaniu urządzeń radiowych.

Penieważ ten rodzaj łączności od dawna cieszy się dużym niesłabnącym zainteresowaniem, wytworzyły się sprzyjające warunki dla szybkiego rozwoju radiokomunikacji ruchomej w NRF. Obserwuje się stały wzrost liczby pojazdów wyposażonych w urządzenia radiowe, które poruszają się po drogach NRF. Jeszcze przed kilkoma latami były to głównie pojazdy należące do służb organów władzy<sup>1)</sup>, lecz w miarę upływu czasu również i inne służby, jak na przykład: energetyka, zaopatrzenie, transport miejski, przemysł, zakłady prywatne, wreszcie przedsiębiorstwa tak-sówkowe i wynajmu pojazdów, wprowadziły radiową łączność ruchomą, częściowo ze względu na interes publiczny lub z uwagi na czysto gospodarcze korzyści.

Wszystkie sieci ruchome eksploatowane zarówno przez organa władzy<sup>1)</sup> oraz służby państwowe<sup>2)</sup>, jak i przez

---

1) Pod pojęciem "organa władzy" autor artykułu ujmuje kilka służb wchodzących w skład aparatu władzy wykonawczej i wewnętrznego porządku publicznego, jak: policja, straż pożarna, pogotowie ratunkowe, techniczna służba pomocnicza i organa celne (przypisek opracowującego).

2) Pod pojęciem "służby państwowe" autor rozumie takie służby, jak: kolejnictwo i placówki podległe Ministerstwu Komunikacji (przypisek opracowującego).

przedsiębiorstwa gospodarcze służą wyłącznie dla potrzeb wewnętrznych użytkowników i nie są dostępne dla powszechnego wykorzystania. Z pewnymi wyjątkami sieci te nie są powiązane z publiczną siecią telefoniczną. Z tego względu sieci te są określane jako sieci dyspozytorskie lądowej radiokomunikacji ruchomej, w przeciwieństwie do sieci należących do Ministerstwa Poczt NRF, które mają charakter powszechnego użytku i noszą nazwę publicznych sieci lądowej radiokomunikacji ruchomej.

O ile w okresie początkowym liczba urządzeń radiowych stosowanych w sieciach dyspozytorskich służb organów władzy i służb państwowych, była znacznie wyższa niż urządzeń eksploatowanych w sieciach przedsiębiorstw gospodarczych, to stan ten w ciągu ostatnich lat uległ podstawowej zmianie. W miarę naturalnego rozwoju tej tendencji stosunek liczbowy urządzeń wynosił w pewnym okresie czasu 1:1, lecz w miarę dalszego upływu czasu stosunek ten zaczął się przechylać na stronę przedsiębiorstw gospodarczych, z tendencją czterokrotnego powiększenia liczby urządzeń. Ponieważ w tym względzie nie rysuje się jeszcze nasycenie, nasuwa się pytanie czy ten szybki wzrost urządzeń w lądowych sieciach ruchomych ma jakąś naturalną granicę i czy i w jaki sposób powstające potrzeby częstotliwościowe będą mogły być w przyszłości spełnione.



## 2. STAN ROZWOJU W KONCU 1962 r.

Tablica 1 przedstawia dane statystyczne dotyczące rozwoju radiowej łączności ruchomej w służbach ruchomych pracujących w zakresie fal metrowych, w okresie ostatnich dwóch i pół lat. Już na pierwszy rzut oka daje się zauważyć, że wzrost liczby urządzeń radiowych jest bardzo poważny. W dniu 1 października 1962 r. znajdowało się na terenie NRF 37612 urządzeń radiokomunikacji ruchomej, eksploatowanych w sieciach dyspozytorskich, w stosunku do 20749 urządzeń według stanu na dzień 1 kwietnia 1960 r. A zatem liczba urządzeń, w tym stosunkowo krótkim okresie czasu, została prawie podwojona. Największy wzrost liczby urządzeń, prawie trzykrotny, wystąpił w służbach przemysłowych, w sieciach o wspólnych częstotliwościach, w przedsiębiorstwach taksówkowych i wynajmu pojazdów. Natomiast w służbach organów władzy i służbach państwowych nastąpił wzrost urządzeń zaledwie o 36%. Ten stan rzeczy spowodował, że zarząd radiowy Ministerstwa Poczty NRF wprowadził stosunkowo ostre przepisy dla ubiegających się o zezwolenie na użytkowanie urządzeń ruchomych w sieciach przedsiębiorstw gospodarczych. Omówione wyżej dane świadczą, że obecnie wiele gałęzi gospodarki krajowej potrzebuje w swej pracy posiadania środków łączności, które zapewniają szybką wymianę informacji i będą mogły być wykorzystane niezależnie od miejsca pracy danej służby. W tych warunkach zezwolenia na użytkowanie radiowych urządzeń ruchomych



T a b l i c a 1

## Rozwój radiokomunikacji ruchomej w służbach lądowych w NRD

| Rodzaje sieci i służb                            | Stan w dniu 1.IV.1960 r. |                   |       |              | Stan w dniu 1.X.1962 r. |       | Jarek w % | Liczba kanałów czysto-tytułowych | Liczba wspólnych stacji na jeden kanał | U w a g i                                    |
|--|--------------------------|-------------------|-------|--------------|-------------------------|-------|-----------|----------------------------------|--|--|
|  | Stacje stałe 1/          | Stacje ruchome 2/ | Razem | Stacje stałe | Stacje ruchome          | Razem |           |                                  |  |  |
| Publiczne sieci lądowej radiokom. ruchomej       | 53                       | 624               | 747   | 63           | 1445                    | 1479  | 98        | 19                               | 77,8                                   | Skrót nias. "nabi"                           |
| Sieci dyspozytorskie lądowej radiokom. ruchomej: |                          |                   |       |              |                         |       |           |                                  |  | Skrót nias. "nabi"                           |
| Policja (Mdz) 3)                                 | 1074                     | 7135              | 8209  | 1372         | 9452                    | 10674 |           |                                  |  | Służby organów władzy i porządku publicznego |
| Służba pożarna                                   | 105                      | 927               | 1032  | 163          | 1245                    | 1708  |           |                                  |  | Bezdziału czysto-tytułowej dekomunizacji     |
| Niemiecki Czerwony Krzyż (pof.ret.)              | 48                       | 301               | 349   | 128          | 330                     | 958   | 43        | 170                              | 85,4                                   | Komisyjnie                                   |
| Techniczna służba pomoc. (TIP)                   | 1                        | 69                | 70    | 1            | 100                     | 101   |           |                                  |  |  |
| Służba celna                                     | 32                       | 443               | 475   | 18           | 1110                    | 1128  |           |                                  |  |  |
| Kolejnictwo                                      | 374                      | 2982              | 3354  | 571          | 3022                    | 3593  | 7         | 100                              | 35,9                                   |  |
| Energetyka                                       | 230                      | 1895              | 2125  | 269          | 3305                    | 3574  | 60,1      | 46                               | 77,7                                   |  |
| Przemysł i komunikacja lokalna (AIB + 70V) 4)    | 448                      | 989               | 1077  | 351          | 2325                    | 2746  | 155       | 35                               | 78,4                                   |  |
| Ministerstwo Komunikacji                         | 44                       | 348               | 386   | 49           | 585                     | 634   | 64,2      | 56                               | 11                                     |  |
| Radiofonia (służba reportażowa)                  | 14                       | 137               | 151   | 14           | 215                     | 229   | 51,6      | 18                               | 12,7                                   |  |
| Zarząd portów lotniczych i BPS 5)                | 26                       | 112               | 148   | 42           | 185                     | 227   | 53,4      | 10                               | 22,7                                   |  |
| Sieci w sądach krajowych                         | 123                      | 747               | 870   | 399          | 4500                    | 2072  | 198,5     | 11                               | 188,6                                  |  |
| Sieci dla łączności jednokierunk. ≤ 1 k          | -                        | 48                | 48    | 40           | 720                     | 760   | 80,9      | 2                                | 25,2                                   |  |
| Mikrofony bezprzew. (op. aciniżna)               | -                        | 37                | 42    | -            | 160                     | 160   | 332,4     | 2                                | 80                                     |  |
| Telefony i przekaźniki wyzwal. poljawów          | 289                      | 2195              | 2484  | 685          | 9400                    | 9085  | 374,8     | 13                               | 698,8                                  |  |
| Razem sieci dyspozytorskie                       | 2448                     | 18301             | 20749 | 4098         | 33514                   | 37612 | 81,2      |                                  |  |  |

1) stacje stałe = stacje stałe + stacje przekształtkowe

2) stacje ruchome = stacje przesyłowe + stacje przesyłowe

3) Mdz = Ministerstwo Spraw Wewnętrznych

4) zjednoczenia przesyłowe i przadzielnictwa komunikacji lokalnej

5) państwowy urząd bezpieczeństwa lotów

są udzielane tylko przy przedstawieniu przekonywujących uzasadnień co do potrzeb danego użytkownika.

Może być rzeczą interesującą przestudiowanie stanu wykorzystania częstotliwości w sieciach poszczególnych użytkowników. Z uwagi na różnorodne zadania i ponieważ liczba potrzebnych częstotliwości zależy przede wszystkim od wielkości obsługiwanego obszaru i przyjętego sposobu pracy (simpleks lub dupleks), nie jest możliwe dokonanie bezpośredniego porównania pomiędzy służbami organów władzy oraz państwowymi i służbami przedsiębiorstw gospodarczych. Zadania eksploatacyjne w służbie policyjnej i jej współpraca ze służbami kooperującymi, jak: straż pożarna, techniczna służba pomocnicza, Niemiecki Czerwony Krzyż (pogotowie ratunkowe), wymagają pokrycia stosunkowo dużych obszarów, co może być spełnione w wielu przypadkach tylko przez zastosowanie stacji przekaznikowych, co w konsekwencji wymaga zastosowania dodatkowych częstotliwości. Zadania natomiast innych służb wymagają w większości przypadków mniejszego i bardziej ograniczonego terenu obszaru obsługiwanego. W przypadkach wyjątkowych, gdy jest wymagany większy obsługiwany obszar, niektóre z wewnętrznych zadań danej służby mogą być przejęte przez sieć publiczną lądowej radiokomunikacji ruchomej, zarządzanej przez Ministerstwo Poczt NRF, która w swym planie docelowym ma umożliwić abonentowi przeprowadzenie rozmowy radiowej prawie z każdej miejscowości na terenie NRF.

Możliwości, jakie publiczna sieć lądowej radiokomunikacji ruchomej wnosi użytkownikom indywidualnym oraz

w przedsiębiorstwach gospodarczych, przemyśle i handlu, nie mogą być wykorzystane w służbach organów władzy i służbach państwowych, z uwagi na ich wymagania eksploatacyjne. Z tego względu zaistniała konieczność przydzielenia tym służbom, z uwagi na ich znaczenie społeczne, rezerwowych częstotliwości w celu umożliwienia im dalszego rozwoju. Spojrzenie na dane przytoczone w tabl. 1 pozwala stwierdzić, że na przykład służby organów władzy dysponują 170 kanałami częstotliwościowymi, przy wyposażeniu łącznym w 14529 stacji radiowych, w stosunku do 13 kanałów częstotliwościowych przy 9085 stacjach eksploatowanych w przedsiębiorstwach taksówkowych i wynajmu pojazdów. Z tych liczb wynika przeciętne wykorzystanie kanału częstotliwościowego (współczynnik wykorzystania), a mianowicie: w służbach organów władzy na każdy kanał wypada 85,4 stacji radiowych i w przedsiębiorstwach taksówkowych i wynajmu pojazdów 698,8 stacji. Współczynnik wykorzystania częstotliwości w służbach Ministerstwa Komunikacji, przy dysponowanych 56 kanałach częstotliwościowych, jest mniejszy niż w poprzednio rozpatrzonych przypadkach i wynosi zaledwie 11 stacji radiowych na kanał. Z punktu widzenia ekonomicznego wykorzystania częstotliwości ten ostatni przykład jest bardzo niekorzystny w porównaniu na przykład z wykorzystaniem kanałów w sieciach taksówek i wynajmu pojazdów.

Oczywiście dane dotyczące współczynnika wykorzystania częstotliwości mają charakter czysto teoretycznego obliczenia wartości przeciętnych, przy przyjęciu, że stacje radiowe są równomiernie rozłożone na terenie całego te-



rytorium NRF. Dane te nie uwzględniają zgrupowania stacji radiowych w węzłach komunikacyjnych ani możliwości powtórzenia tej samej częstotliwości, przy utrzymaniu określonego współczynnika ochronnego. Liczba możliwości powtórzenia częstotliwości zależy tylko od wielkości obsługiwanych obszarów przez sieci radiowe. Im obszary te są większe, tym mniejsza jest liczba możliwości powtórzenia częstotliwości, która jest w stosunku odwrotnie proporcjonalnym do kwadratu użytecznego zasięgu nadajnika.

Jak już wspomniano powyżej, służby organów władzy, z uwagi na swoje zadania, pracują na większych obszarach niż ma to miejsce w przypadku przedsiębiorstw taksówkowych i wynajmu pojazdów. Ten stan rzeczy można uwzględnić przy obliczeniu teoretycznego współczynnika wykorzystania częstotliwości, jak to wynika z danych statystycznych, przez jego czterokrotne zwiększenie przy założeniu podwójnego obszaru obsługiwanego w służbach organów władzy, w stosunku do obszaru pracy przedsiębiorstw taksówkowych i wynajmu pojazdów. W ten sposób uzyskuje się teoretyczny współczynnik wykorzystania częstotliwości, 342 stacje radiowe na jeden kanał, który jest w przybliżeniu dwukrotnie mniejszy w stosunku do obliczonej w tablicy wartości wykorzystania częstotliwości w przedsiębiorstwach taksówkowych i wynajmu pojazdów.

Liczba częstotliwości wykorzystywanych przez daną służbę nie zależy tylko od wielkości obsługiwanego obszaru, lecz również od spodziewanego trafiku w punktach podstawowych, którymi są duże miasta. Z kolei trafik za-



leży od: liczby stacji radiowych, częstości rozmów, czasu trwania rozmów i ich nasilenia podczas okresów szczytowych. Prawie wszystkie służby o małej ruchliwości cechuje prawie jednakowy i stosunkowo długi czas trwania rozmów. Natomiast nasilenie rozmów jest zupełnie różne w poszczególnych służbach. Na przykład w przemyśle okresy szczytowego nasilenia rozmów występują w godzinach przed i popołudniowych, natomiast w przedsiębiorstwach taksówkowych nasilenie to występuje w godzinach wieczornych. W służbach organów władzy nasilenie rozmów jest kształtowane nieprzewidywanymi wpływami, jak na przykład: stan pogody, wypadki lub katastrofy, które mogą doprowadzić do pełnego obciążenia, a nawet przeciążenia w wykorzystaniu częstotliwości w poszczególnych rejonach. Z tego też względu jest konieczne przydzielenie służbom organów władzy określonej liczby częstotliwości rezerwowych, które mają zapewnić tym służbom możliwość pracy przy zwiększonym nasileniu rozmów w przypadkach nieprzewidywanych.

Z powyższych rozważań wyraźnie widać, jak jest trudno dokonać porównania pomiędzy poszczególnymi użytkownikami i doprowadzić do prawidłowego rozdziału tej tak małej liczby częstotliwości w zakresie fal metrowych, przewidzianych dla służb cywilnych. Jednakże nawet na podstawie tych niekompletnych porównań i w oparciu o dane dotyczące przewidywań rozwojowych poszczególnych sieci można wysunąć pewne wnioski co do przyszłych potrzeb częstotliwościowych.

### 3. ZAGADNIENIA DOTYCZĄCE CZĘSTOTLIWOŚCI

Dla cywilnych służb ruchomych są przeznaczone następujące zakresy częstotliwości: 68-70 MHz; 75,2-78,7 MHz; 85-87,5 MHz i 156-174 MHz, które zostały podzielone na poszczególne kanały częstotliwościowe w odstępie co 50 kHz. Kanały te zostały, z małymi wyjątkami, rozdzielone pomiędzy służby wymienione w tabl. 1. Rezerwy częstotliwościowe praktycznie już nie istnieją; nowym użytkownikom przydziela się z konieczności częstotliwości wykorzystywane przez inne służby. Jednak przy takim rozwiązaniu nie daje się niestety uniknąć wzajemnych zakłóceń, zwłaszcza przy dużym nasileniu prowadzonych rozmów. Zmniejszenie tych zakłóceń może nastąpić tylko przez wprowadzenie przez użytkowników, wykorzystujących wspólne kanały, odpowiedniej dyscypliny pracy w sieci oraz ograniczenia czasu trwania rozmów. Doświadczenia poczynione w innych krajach wskazują, że przy rozmowach prowadzonych z dużą dyscypliną i przy ich ograniczeniu do niezbędnego minimum wymienianych informacji, na jednym kanale może pracować 100 do 150 stacji radiowych. Przy dobrze zorganizowanej pracy dyspozytorskiej jest na przykład możliwe przeprowadzenie w ciągu jednej minuty do czterech rozmów.

Sytuacja częstotliwościowa jest również utrudniona szczególnie przez to, że inne zakresy częstotliwości, które w innych krajach są przydzielone dla służb ruchomych, nie mogą być użytkowane przez służby cywilne na terenie NRF. Prócz tego, w celu uniknięcia wzajemnych

zakłóceń z krajami sąsiadującymi z NRF, są zawierane porozumienia, które ustalają sposób wykorzystywania częstotliwości w poszczególnych przypadkach w rejonie przygranicznym, określają uprawnienia dotyczące pierwszeństwa pracy itp. Takie postępowanie rozwiązuje zazwyczaj trudności dotyczące zakłóceń, natomiast nie pozwala na elastyczność w użytkowaniu częstotliwości w przypadku nagłych innych potrzeb. Przy znacznej długości granic NRF z innymi krajami ten stan rzeczy rzutuje w sposób szczególnie utrudniający na całość polityki falowej w NRF.

Inne kraje europejskie, jak na przykład Wielka Brytania lub Włochy, które w większej części swych granic nie sąsiadują z innymi krajami, a więc nie spotykają się z takimi trudnościami, o których jest wyżej mowa, a tym samym znajdują się w korzystniejszym położeniu w stosunku do NRF. Bez wątpienia porozumienia z krajami sąsiadującymi, w wyniku stałego rozwoju służb ruchomych będą musiały być w przyszłości rewidowane, a koordynacji będą podlegały plany nie jak dotychczas dotyczące rozdziału częstotliwości dla pojedynczych urządzeń, lecz dla poszczególnych sieci. I tutaj, podobnie jak i w innych dziedzinach, zagadnienie falowe powinno być uznane jako najbardziej celowe do rozwiązania w skali ogólnoeuropejskiej.

Powołując się na zestawienie przytoczone w tabl. 1 można stwierdzić, że pomimo wszelkich trudności i wymienionych przypuszczeń w rozdziale drugim nie można jeszcze mówić o pełnym wykorzystaniu dysponowanych w ostatnim czasie częstotliwości. Jednakże jest to jedynie sprawa

wa czasu, ażeby nastąpiła zmiana tego stanu w wyniku stałego przyrostu użytkowników i rozwoju już istniejących sieci.

#### 4. PRZYSZŁY ROZWÓJ

Analizując rozwój radiowych służb ruchomych w innych krajach zauważa się, że na przykład w USA liczba urządzeń radiokomunikacji ruchomej wzrastała od 1945 r. w sposób trzykrotny co każde 5 lat, gdy natomiast we Francji, w tych samych okresach czasu, liczba urządzeń podwajała się. W USA w 1962 r. było eksploatowanych około 700.000 urządzeń radiotelefonicznych, co stanowi liczbę dwudziestokrotnie większą od wydanych w NRF zezwoleń na użytkowanie urządzeń. Pomimo tego już dużego jak na warunki europejskie, stanu posiadanych urządzeń specjaliści USA obliczają, że w 1970 r. liczba urządzeń w tym kraju przekroczy 2 miliony, a w 1980 r. - 13 milionów.

W warunkach europejskich, a tym samym i w NRF, nie jest możliwe spodziewanie się, ażeby można było dysponować podobnymi liczbami urządzeń, ponieważ zarówno sytuacja gospodarcza, a szczególnie struktura geograficzna krajów europejskich, jest zupełnie odmienna. Sama tylko gęstość zaludnienia, która wpływa bardzo mocno na rozwój służb ruchomych, utrzymuje się w stosunku 1:20. Natomiast przy rozpatrywaniu stanu posiadania pojazdów mechanicznych otrzymuje się stosunek odwrotny. Następnie korzystniejsza sytuacja co do liczby dysponowanych w USA częstotliwości sprzyja znacznie szerszemu rozwojowi sie-



ci łączności ruchomej, co znajduje swój szczególny wyraz w przypadku użytkowników prywatnych. Pomimo takiego stanu rzeczy, kraj ten przez olbrzymi wzrost liczby urządzeń musi przewyższać wiele trudnych problemów, które tylko mogą być rozwiązane przez wprowadzenie nowych koncepcji sprzętowych, nowych metod przekazywania informacji oraz przez usprawnienia organizacyjne. Również i w NRF należy się liczyć z dużym wzrostem liczby użytkowników zainteresowanych radiokomunikacją ruchomą. Posiadane obecnie dane nie są jeszcze wystarczające do postawienia ścisłej prognozy w tym względzie, ponieważ rozwój służb ruchomych w NRF przebiegał w okresie początkowym, w stosunku do innych porównywalnych krajów, w sposób wolniejszy, a okres ostatnich dwóch i pół lat wyróżnił się natomiast bardzo szybkim rozwojem, co mogłoby nasunąć mylny wniosek. Tym niemniej, nie będzie chyba błędem wyrażenie przypuszczenia, że do 1970 r. liczba urządzeń radiokomunikacji ruchomej w NRF przekroczy 200.000 zestawów.

Punktem wyjściowym do tych rozważań mogą być dane z tabl. 1 dotyczące rozwoju w ostatnim czasie sieci dyspozytorskich lądowej radiokomunikacji ruchomej oraz dane statystyczne dotyczące powiększania się ludności, jak również i wzrostu stanu ilościowego pojazdów mechanicznych, których liczba od okresu 1959-1961 r. wzrosła o 22% (patrz tabl. 2). Z liczby pojazdów w 1961 r. wynoszącej 4.237.868, eksploatowanych przez przedsiębiorstwa i osoby prywatne, 37.162 pojazdów (tzn. 0,8%) było w tym czasie wyposażonych w urządzenia radiowe. Przy pra-

## Przyrost liczby ludności w NRF włącznie z Berlinem Zachodnim

| Stan w dniu: 13.IX.1950 r.   | 6.VI.1961 r. | Przyrost   | Przyrost w % |
|--|--------------|--|--------------|
| 50.184.700   | 56.173.200   | 5.988.500  | ~ 12         |
| Porównanie gęstości zaludnienia w stosunku do USA  |              |  |              |
| NRF  | 56.173.200   | 219 mieszkańców na km <sup>2</sup>                 |              |
| USA  | 183.650.000  | 20 mieszkańców na km <sup>2</sup>                  |              |
| Stan pojazdów mechanicznych w NRF (bez Berlina Zachodniego)                              |              |  |              |
| 1.VII.1959 r.  | 7.008.600    |  |              |
| 1.VII.1960 r.  | 7.797.300    |  |              |
| 1.VII.1961 r.  | 8.595.200    | w tym przedsiębiorstwa i osoby prywatne 4.237.868  |              |
| Stan pojazdów mechanicznych w NRF z podziałem na ich użytkowników wg stanu 1.VII.1961 r. |              |  |              |
| Komunikacja zarobkowa  | 260.914      |  |              |
| Energetyka   | 18.814       |  |              |
| Przemysł   | 494.932      |  |              |
| Władze, przedsiębiorstwa gospodarcze i usługowe (włącznie kolejnictwo i poczta)          | 108.004      |  |              |
| Handel i inne  | 1.115.890    |  |              |
| Razem  | 1.998.554    | (kombi, autobusy, sam. osobowe, karetki, ciągniki) |              |
| Taksówki i pojazdy wynajmowane w NRF - stan 1.XII.1962 r.                                |              |  |              |
| Dorożki samochodowe  | 13.500       |  |              |
| Pojazdy wynajmowane  | 18.000       |  |              |
| Przedsiębiorstwa mieszane  | 3.100        |  |              |
| Razem  | 34.600       |  |              |

wie stałym współczynnikiem wzrostu liczby pojazdów (700.000 każdego roku, w tym połowa w instytucjach i u osób prywatnych), należy się liczyć, że w 1970 r. liczba pojazdów, będąca w posiadaniu wymienionych wyżej użytkowników, wyniesie około 7.000.000. Biorąc pod uwagę wyżej przytoczony procent, to będzie nie trudno obliczyć, że na podstawie danych dotyczących wzrostu liczby pojazdów należy się liczyć, że w 1970 r. będzie około 60.000 przewoźnych urządzeń radiotelefonicznych. Ta liczba uwzględnia zapewne dążenia do wyposażenia w urządzenia radiowe nie tylko pojazdy aktualnych użytkowników i nowo przybywających, lecz również pozostałą część istniejących już pojazdów. Jako przykład można przytoczyć przedsiębiorstwa taksówkowe i wynajmu pojazdów. Z ogólnej liczby dysponowanych przez tych użytkowników pojazdów 34.600, dotychczas tylko 23% jest wyposażonych w urządzenia radiowe. Należy się więc liczyć z tym, że w najbliższej przyszłości znacznie większy procent tych pojazdów będzie mógł być wyposażony w urządzenia radiowe, tak że obliczona wyżej wartość procentowa 0,8 będzie mogła być nieco przekroczona. Nie należy również pominąć takiego przejawu, że część użytkowników, którzy mają warunki do uzyskania zezwoleń na eksploatację urządzeń, jeszcze nie rozpoczyna starań o ich eksploatację, z uwagi na to, że koszty zakupu sprzętu, jego instalacji i konserwacji są jeszcze stosunkowo wysokie. Ponieważ przemysł jest zainteresowany zbytem sprzętu radiowego, można przypuszczać, że jego produkcja będzie zwiększana, a w związku z tym należy spodziewać

się zapewne i obniżki jego ceny. Również i koszty instalacji urządzeń radiowych mogą być znacznie obniżone, gdy urządzenia te będą znormalizowane pod względem ich konstrukcji. W tym przypadku będzie możliwe do pomyślenia, że część pojazdów samochodowych będzie już w produkcji seryjnej wyposażona w anteny i w odpowiednie uchwyty oraz wsporniki dla urządzeń radiowych, co może spowodować obniżenie kosztów instalacji o około 80%.

Obliczony w poprzednim rozdziale stan urządzeń radiotelefonicznych przewidywanych w 1970 r. wyprowadza się ponadto z tego, że nie uwzględnia on powiększenia kręgu uprzednio uznanych użytkowników sieci radiokomunikacji ruchomej. Ministerstwo Poczty NRF świadomie utrzymywało ten krąg odpowiednio mały i ograniczony do tych użytkowników, którzy potrafili w sposób właściwy uzasadnić celowość organizacji swych sieci i ich przydatność dla korzyści ogólnych. Ta ostrożność przy udzielaniu zezwoleń na eksploatację urządzeń radiowych jest uzasadniona z uwagi na brak częstotliwości, a których przeciążenie stale rośnie, co bez wątpienia przyczyni się w krótkim czasie do wzrostu wzajemnych zakłóceń w pracy sieci. Jednak z uwagi na interes gospodarczy kraju nie będzie możliwe stosowanie takiego postępowania, które jeszcze bardziej utrudni istniejącą sytuację. Rozwój miast, dążenia do wprowadzenia bardziej racjonalnej pracy przemysłu i handlu, braki kadrowe, wzrost liczby pojazdów mechanicznych, przyrost ludności i wzrastająca konkurencja na rynkach międzynarodowych mogą zmusić przedsiębiorstwa gospodarcze do korzystania z usług techniki w



sposób jeszcze bardziej szeroki. Te czynniki wpłyną w sposób bardzo istotny na wymagania związane z rozwojem radiowej łączności ruchomej. Wysiada się zatem pytanie, w jaki sposób zostanie rozwiązana sprawa pokrycia obecnie już istniejącego zapotrzebowania na pełnowartościowe częstotliwości radiowe.

## 5. SPOSOBY ROZWIĄZANIA POTRZEB CZĘSTOTLIWOŚCIOWYCH

W celu pokrycia przyszłościowych potrzeb częstotliwościowych istnieją następujące możliwości:

- a) udostępnienie nowych zakresów częstotliwości,
- b) zawężenie odstępów międzykanałowych,
- c) wprowadzenie większej dyscypliny w rozwoju eksploatacji urządzeń radiowych przez włączenie pojedynczych użytkowników częstotliwości do sieci zbiorowych,
- d) wprowadzenie nowych metod przekazywania informacji, które zmniejszą liczbę wykorzystywanych częstotliwości.

W trakcie porządkowania zakresów fal metrowych i zamierzonego wyraźnego rozgraniczenia częstotliwości dla różnych służb przewidziano, że w połowie 1963 r. miało nastąpić oddanie części zakresu częstotliwości 146-150 MHz i 153-156 MHz do wykorzystania przez cywilne służby ruchome. Ponieważ część tych częstotliwości jest przewidziana również dla publicznych sieci lądowej radiokomunikacji ruchomej, to przy wprowadzeniu odstępów między

kanalami wynoszącego 20 kHz, stanowi to znaczny zysk w odniesieniu do liczby kanałów częstotliwościowych; praktycznie zysk ten stanowi liczbę większą niż połowa dotychczas dysponowanych kanałów. Należy się również liczyć z tym, że w niedalekiej przyszłości również będą przydzielane częstotliwości z zakresu 400 MHz. Przewiduje się wykorzystanie części tego zakresu, przy odstępie międzykanałowym 50 kHz. W zakresie tym będzie również zarezerwowana odpowiednia liczba kanałów dla sieci publicznych. Wprowadzenie zakresu 400 MHz zapewni dla służb ruchomych nowy zysk wynoszący 120 kanałów, co spowoduje, że ogólna liczba kanałów będących w dyspozycji tych służb będzie prawie podwojona.

Takie zwiększenie liczby kanałów pozwoli na pokrycie potrzeb częstotliwościowych przez następne 10 lat również i przy dużej liczbie udzielanych zezwoleń na użytkowanie urządzeń ruchomych, przy spełnieniu niżej omówionych zagadnień. Jak już wspomniano, w nowym zakresie częstotliwości 146-156 MHz będzie wprowadzony prawdopodobnie odstęp międzykanałowy 20 kHz. Taka zmiana wymaga również wprowadzenia nowej koncepcji w budowie urządzeń radiowych. W celu zdobycia dalszych kanałów zarząd radiowy Ministerstwa Poczty będzie zmuszony przygotować również zakres częstotliwości 156-174 MHz do wprowadzenia odstępu międzykanałowego 20 kHz. To będzie wymagało wycofania z użycia określonych części zakresu lub poszczególnych częstotliwości, a przede wszystkim tych, które zostały przydzielone innym służbom poza służbami organów władzy. Oznacza to, że po wprowadzeniu za-

kresu częstotliwości 146-156 MHz nie będą mogły być udzielane zezwolenia na użytkowanie urządzeń radiowych w dotychczasowym zakresie 156-174 MHz. Ponieważ z uwagi na interes obecnych użytkowników dotychczasowy zakres częstotliwości nie może być wycofany w sposób natychmiastowy, lecz dopiero po kilku latach (Ministerstwo Poczty NRF liczy się z tym, że przez okres 6 1/2 lat po wprowadzeniu nowego zakresu) będzie on musiał przede wszystkim być wykorzystany w taki sposób, ażeby do 1970 r. mogło być pokryte olbrzymie zapotrzebowanie dotyczące częstotliwości. W tej akcji musi być jednak zwrócona uwaga na to, ażeby zezwolenia na użytkowanie urządzeń radiowych były wydawane ze szczególną ostrożnością.

Przejściowe wycofanie dotychczasowego zakresu częstotliwości jest konieczne w tym celu, ażeby można było dokonać ponownego jego rozdziału w zmienionych warunkach, jakie wystąpią po wprowadzeniu odstępu międzykanałowego wynoszącego 20 kHz. O ile zmniejszenie odstępu pomiędzy kanałami z 50 kHz na 20 kHz przyniesie zysk liczbowy kanałów, to jednak nie będzie on mógł być wykorzystany w pełni, ponieważ w nowych warunkach odstępów międzykanałowych wzrosną zakłócenia spowodowane intermodulacją. To zjawisko ograniczy stosowanie częstotliwości z nowym odstępem, szczególnie w obszarach o dużym zagęszczeniu stacji, o ile nie będą zastrzeżone wymagania dla urządzeń, dotyczące tłumienia niepożądanych promieniowań. Na przykład w obecnych warunkach przy trzech kanałach częstotliwościowych, które są wykorzystywane w tej samej miejscowości, należy się liczyć z dziewięcioma, a

przy pięciu kanałach z pięćdziesięcioma produktami intermodulacji, które zarówno mogą powstawać po stronie odbiorczej, jak i nadawczej. Ponieważ w rozwoju techniki sprzętowej nie wszystkie zagadnienia techniczne mogą być rozwiązane, stąd w przypadku omawianych zakłóceń zmniejszenie ich będzie raczej mogło nastąpić tylko przez odpowiedni rozdział częstotliwości, który powinien być określony zarówno dla poszczególnych sieci radiowych, jak i szczególnie dla obszarów o dużym zagęszczeniu stacji. Od rezultatów tych wysiłków będzie zależało racjonalne obciążenie zakresu częstotliwości jak i pojedynczych częstotliwości, w ramach planu zagospodarowania dysponowanych częstotliwości. Obecnie nie jest jednak możliwe ostateczne wypowiedzenie się w tej sprawie, ponieważ nie ma jeszcze dostatecznego i jednoznacznego sprecyzowania przyszłych zadań i zakresu życzeń wszystkich służb, jak i użytkowników. Szczególnie dotyczy to sieci, które nie są eksploatowane przez służby organów władzy, dla których jest trudno ustalić wszystkie rejony szczególnych zagęszczeń lub koncentracji stacji radiowych.

Przez udostępnienie do użytkowania wyżej omówionego nowego zakresu częstotliwości oraz przez wprowadzenie odstępu międzykanałowego 20 kHz, możliwości rzeczywistego zwiększenia liczby częstotliwości zostają tymczasowo wyczerpane. Dalsze korzyści dotyczące częstotliwości mogą być osiągnięte tylko przez racjonalne ich wykorzystywanie. Przypuszczać należy, że wiele dotychczasowych sieci samodzielnych, które posiadają własne stacje stałe, będą ulegało reorganizacji. Często te niewielkie sie-



ci, które pracują wewnątrz tej samej instytucji, przeszkadzają sobie wzajemnie przez fałszywe wywołania, powtarzanie rozmów i długie ich prowadzenie, brak dyscypliny radiowej, stwarzając tym samym duże obciążenie dla dysponowanych częstotliwości. Zmiana takiego stanu rzeczy może nastąpić tylko przez połączenie tych sieci w jedną sieć, o jednej wspólnej stacji stałej. Doświadczenie wykazuje, że pojemność rozmów takiej wspólnej sieci jest znacznie wyższa. Przykładem powyższego mogą być sieci przedsiębiorstwa taksówkowego i wynajmu pojazdów. W miarę czasu przedsiębiorstwa te łączyły swoje sieci, uznając to jako posunięcie korzystne. Na przykład w Hamburgu 686 urzędzeń radiowych na taksówkach pracuje w ten sposób na trzech częstotliwościach, co stwarza, że na jeden kanał średnio wypada 228 urzędzeń radiowych. Choć zarząd radiowy formalnie nie widzi możliwości wystąpienia z generalnym wymaganiem łączenia sieci, to w miarę wzrostu obciążenia częstotliwości i ich zapotrzebowania, takie łączenie sieci będzie musiało nastąpić wobec braku innych rozwiązań. Inicjatywa w tym kierunku może wyjść tylko ze strony użytkowników lub z przemysłu produkującego sprzęt radiowy, który jest zainteresowany oferować swoim nabywcom sprzęt o nowych możliwościach i zapewniający niezakłócaną pracę sieci. Byłoby więc zgoła pożądane w interesie ogólnym, ażeby w niedalekiej przyszłości zajęły się tą sprawą tzw. "towarzystwa eksploatacyjne" i zorganizowały odpowiednie sieci, sprawując nad nimi opiekę. Do sieci tych mogłyby się włączać zainteresowane przedsiębiorstwa i organizacje.

Dopiero z utworzeniem "towarzystw eksploatacyjnych" zaistniałaby możliwość dalszego uzyskiwania częstotliwości, co mogłoby nastąpić przez wprowadzenie nowych metod przekazywania informacji. W radiokomunikacji ruchomej stosowana jest w zasadzie modulacja częstotliwości, która w stosunku do modulacji amplitudy wnosi określone korzyści, jak na przykład zmniejszenie wrażliwości na zakłócenia, a w związku z tym polepszenie zrozumiałości na granicy zasięgu. Jednak ten rodzaj modulacji ma ujemną własność, że szerokość pasma emisji nie jest zbyt ekonomiczna. Być może, że będzie to czynnikiem, który zadecyduje, że w przyszłości w urządzeniach radiowych dla sieci dyspozytorskich będzie stosowana modulacja amplitudy. Opierając się na wypowiedziach w technicznej literaturze ukazującej się w USA, jest prowadzona w tym kraju poważna dyskusja związana z omawianym wyżej zagadnieniem. Przy modulacji dwuwstęgowej AM uzyskiwane korzyści dotyczące zysku kanałów częstotliwościowych nie równoważą niedogodności AM przy porównaniu z modulacją FM. Ma to z góry ujemny wpływ na zgodność dalszych dyskusji na ten temat. Praktycznie więc wchodziłaby pod rozwagę modulacja jednowstęgowa, która umożliwić może także równoczesne przenoszenie wielu kanałów rozmównych na jednej wstędze bocznej. Pomijając sprawę, że dla wprowadzenia w ruchomych służbach lądowych tego rodzaju modulacji muszą być jeszcze przeprowadzone badania i należy się liczyć, że w fazie początkowej koszty urządzeń nadawczo-odbiorczych będą tak duże, że zamiar ten nie wydaje się być obecnie realny. Jednak ten kierunek rozwoju powinien być dalej prowadzony.

## WYKAZ LITERATURY

1. Statistisches Jahrbuch für die Bundesrepublik Deutschland 1962, Statistisches Bundesamt, Wiesbaden.
2. Future Developments in Vehicular Communications, Austin Bailey, Proceedings of the Institute of Radio Engineers, May 1962, USA.
3. Lizenzierung der Frequenzen, Ebert. Funkanlagen für Flurförderungszwecke, VDI.
4. Netzgestaltung, Technik und Betrieb des öffentl. bewegl. Land- und Seefunkdienstes, W. Kronjäger, Fernmelde-Ingenieur 1/1959.
4. Frequency Economy in Mobile Radio Bands, Kenneth Bullington, The Bell System Technical Journal, January, 1953.

621.396.74

621.396.93

CZYNNIKI WPLYWAJĄCE NA WYBÓR  
SYSTEMU SIECI RADIOKOMUNIKACJI RUCHOMEJ<sup>1)</sup>

Howard H. Rice: Choosing a Two-Way Radio System. Electronics World, November 1963, s. 50-52 (część I) i December 1963, s. 52-53 i 58 (część II).

Niniejsza praca zawiera informacje dotyczące tematu ujętego w tytule artykułu w oparciu o doświadczenia poczynione na terenie USA.

Praca jest ujęta w dwóch częściach. W pierwszej z nich są przedyskutowane zagadnienia, które należy wziąć pod uwagę i rozpatrzyć przed wyborem i projektowaniem sieci radiokomunikacji ruchomej, jak na przykład: zakres częstotliwości, czynniki wpływające na zasięg, rodzaj i własności sprzętu radiotelefonicznego, sposób wywołania. Podane jest interesujące zestawienie danych dotyczących uzyskiwanego zasięgu w zależności od zastosowanego zakresu częstotliwości, wysokości umieszczenia anteny bazowej stacji stałej i wartości mocy nadajnika.

W części drugiej rozpatrzono niektóre rodzaje systemów sieci radiokomunikacji ruchomej. Omówiono pokrótce sposób pracy sympleksowej i duplexowej. Obszerniej przedyskutowano podstawowe warianty rozwiązań sieci przy wykorzystaniu bazowej stacji przekąźnikowej.

---

<sup>1/</sup> Na podstawie oryginału opracował Z. Kossakowski.



## C z ę ś ć I

ZAGADNIENIA ZWIĄZANE  
Z WYBOREM I PROJEKTOWANIEM SIECI RUCHOMYCH

## 1. WSTĘP

Każdy użytkownik planujący wprowadzenie radiowej łączności ruchomej stawia w swych rozważaniach przede wszystkim pytanie: na jaką odległość będzie można porozumiewać się w ramach organizowanej sieci? Jest rzeczą oczywistą, że jednym z podstawowych czynników przy projektowaniu sieci jest sprawa zasięgu łączności.

Rozpatrując sieć prostą, w której bazowa stacja stała<sup>1)</sup> jest wyposażona w antenę o charakterystyce dookólnej, obszarem zasięgu będzie po prostu obszar stanowiący koło, którego środkiem będzie antena stacji stałej. Jeżeli uda się uzyskać zwiększenie zasięgu o około 1,5 km poza omawiany obszar odniesienia, powierzchnia obszaru obsługiwanego wzrośnie w sposób bardzo znaczny. Na przykład, jeżeli pierwotny zasięg w sieci wynosił około 15 km to zwiększenie zasięgu o dodatkowe 1,5 km powiększy obsługiwaną powierzchnię obszaru o około 148 km<sup>2</sup>. Przy-  
puśćmy, że przez różne niedociągnięcia i przeszkody, jak:

---

1) Pojęcie "bazowa stacja stała" jest jednoznaczne z pojęciami: "stacja stała", "stacja bazowa", lub w pewnych rodzajach sieci "przełącznikowa stacja bazowa", które są używane w obydwóch częściach artykułu (przypisek opracowującego).

niesprawne działanie sprzętu, zakłócenia zewnętrzne i inne czynniki, zasięg w obszarze odniesienia wyniesie tylko 90% w stosunku do maksymalnego, a więc strata w zasięgu stanowić będzie 10%, natomiast strata obszaru pokrycia wyniesie 19%.

Bardzo charakterystyczną liczbę otrzymuje się przy rozważaniu ponoszonych strat z punktu widzenia ekonomicznego. Zakładając, że w obszarze obsługiwanym w kształcie koła istnieje równomierne zagęszczenie abonentów ruchomych, to przy 10% zmniejszeniu zasięgów przestaje być obsługiwany przeciętnie jeden abonent na pięciu, z uwagi na zaistniałe ograniczenie możliwości co do zapewnienia łączności w założonym obszarze. Przeliczając to na wartość pieniężną dochód użytkownika wiążący się z pracą sieci wynosi w tych warunkach tylko 4,05 \$ zamiast spodziewanych 5 \$.

Liczby te oczywiście zależą od zaistnienia szeregu idealnych warunków, z których żaden w rzeczywistości nie występuje, jak na przykład: dokładnie dookólna charakterystyka promieniowania, ściśle równomierne rozmieszczenie abonentów w obszarze obsługiwanym, ponoszenie przez użytkowników tych samych nakładów pieniężnych i wiele innych możliwych czynników. Jednak liczby te obrazują znaczenie zasięgu łączności dla użytkownika sieci ruchomej.

Zanim użytkownik przystąpi do rozważań sprawy zasięgu w swojej sieci, powinien on najpierw określić, w jakiej kategorii przepisów FCC<sup>1)</sup> będzie starał się o uzy-

<sup>1)</sup> Federal Communications Commission - Federalna Komisja do spraw Łączności.

skanie zezwolenia na użytkowanie sieci. Większość sieci typu handlowego jest zaliczana do kategorii określonej w przepisach FCC w części 11 - służby przemysłowe. Pozostałe sieci ruchome mogą być zaliczane do innych kategorii określonych w tych przepisach: w części 10 - służby organów władzy i porządku wewnętrznego; w części 16 - służby transportu lądowego; w części 19 - różne służby miejskie i w części 21 - służby usług domowych.

Pierwszą czynnością przy projektowaniu sieci radiotelefonicznej jest wybór zakresu częstotliwości, w którym dana sieć ma pracować. Zakres częstotliwości nie tylko może wpłynąć na uzyskanie największego zasięgu, ale może stanowić ważny czynnik, który wpłynie na sposób i jakość pracy sieci. Aczkolwiek niektórzy użytkownicy mogą uzyskać zezwolenie użytkowania urządzeń tylko w określonym zakresie częstotliwości, to jednak większość użytkowników może korzystać z trzech oddzielnych dostępnych zakresów.

Zakres, który jest powszechnie określany jako zakres niższy, obejmuje częstotliwości od 25 do 50 MHz; zakres wyższy obejmuje częstotliwości od 150 do 174 MHz oraz zakres fal decymetrowych częstotliwości od 450 do 470 MHz. Ponieważ wybór częstotliwości określa różne korzyści eksploatacyjne, jakie użytkownik może uzyskać w swej sieci, poniżej zostaną rozpatrzone niektóre szczegóły dotyczące własności omawianych zakresów.

## 2. OMÓWIENIE WŁASNOŚCI STOSOWANYCH ZAKRESÓW CZĘSTOTLIWOŚCI

### 2.1. Zakres 25-50 MHz

Z uwagi na większą długość fali w tym zakresie częstotliwości transmitowane sygnały mają tendencję rozchodzenia się wzdłuż krzywizny ziemi. W konsekwencji tego zasięg łączności w tym zakresie częstotliwości na jednostkę mocy nadajnika jest największy. Niekorzystną stroną w tym zakresie częstotliwości jest to, że z uwagi na stosowanie fali o znacznej długości nie można uzyskać zysków antenowych. Odczuwane są zakłócenia zewnętrzne, a szczególnie z instalacji zapłonowych i innych źródeł impulsowych, pomimo że wielu producentów wprowadziło do odbiorników układy ograniczające zakłócenia. Również zakłócenia związane z okresami maksimum plam słonecznych przynoszą użytkownikom omawianego zakresu częstotliwości poważne trudności w łączności. Notowane są przypadki odbioru dalekich sygnałów z nadajników radiotelefonicznych o stosunkowo małej mocy, nawet z odległości ponad 1000 km.

### 2.2. Zakres 150-174 MHz

Zasięg uzyskiwany przy stosowaniu zakresu częstotliwości 150-174 MHz jest nieco mniejszy niż ma to miejsce przy zakresie 25-50 MHz. Jednak przy tym zakresie można wykorzystać odpowiednie zyski antenowe, co pozwala



ła na zwiększenie zasięgu łączności. Sygnały przesyłane na częstotliwości 150 MHz napotykają większe trudności przy rozchodzeniu się w terenie pagórkowatym i górzystym w stosunku do sygnałów na częstotliwości 25 MHz. Z drugiej strony, sygnały w zakresie rozważanym stosunkowo łatwo rozchodzą się wśród dużych budynków w obszarach zabudowanych i dlatego zakres ten, w stosunku do zakresu 25-50 MHz, jest bardziej korzystny do stosowania w mieście. W zakresie 150-174 MHz występuje mniej zakłóceń typu impulsowego, a zakłócenia pochodzące od dalekich sygnałów są rzadkie.

### 2.3. Zakres fal decymetrowych 450-470 MHz

Jeszcze do niedawna liczba typów sprzętu radiokomunikacji ruchomej w zakresie 450-470 MHz była bardzo ograniczona. Jednak możliwość osiągnięcia bardzo dużego zysku antenowego oraz uzyskiwana duża pewność działania urządzeń zapewniły, że w zakresie tym osiąga się podobne wyniki eksploatacyjne jak to ma miejsce w zakresie 150-174 MHz.

Głównym powodem ostatniego zainteresowania zakresem fal decymetrowych jest brak wolnych kanałów w zakresie fal metrowych, który jest bardzo przeciążony na terenie wielu obszarów kraju. Ponadto częstotliwości zakresu 450-470 MHz posiadają stosunkowo duże zdolności odbijania się od budynków i dlatego pozwalają na utrzymanie łączności w obszarach miejskich nawet w tych warunkach, w których łączność w niższych zakresach fal byłaby nie-

możliwa. Sygnały na falach decymetrowych odbijają się również wewnątrz tuneli i wiaduktów i dlatego często przekazywane informacje do stacji ruchomych są odbierane w trakcie, gdy pojazdy przejeżdżają przez tunele. Zakłócenia przemysłowe oraz odbiór dalekich sygnałów w zakresie 450 MHz właściwie nie istnieją.

Inną ciekawą właściwością występującą w zakresie 450 MHz jest prawie nieistniejący "obszar krawędziowy", a więc obszar, w którym łączność jest wątpliwa, ale jeszcze możliwa. W zakresie fal decymetrowych sygnał będzie zazwyczaj dostatecznie silny w stosunku do szumów i innych zakłóceń na całej drodze przesyłu, aż do granicy użytecznego zasięgu, z uwagi na mały poziom zakłóceń w tym zakresie częstotliwości. Jednak poza granicą użytecznego zasięgu następuje bardzo szybki spadek poziomu sygnału. Z tego względu użytkownik poza tą granicą nie może liczyć nawet na wątpliwą łączność, tak jak to występuje w sieciach z wykorzystaniem zakresów fal metro-  
wych.

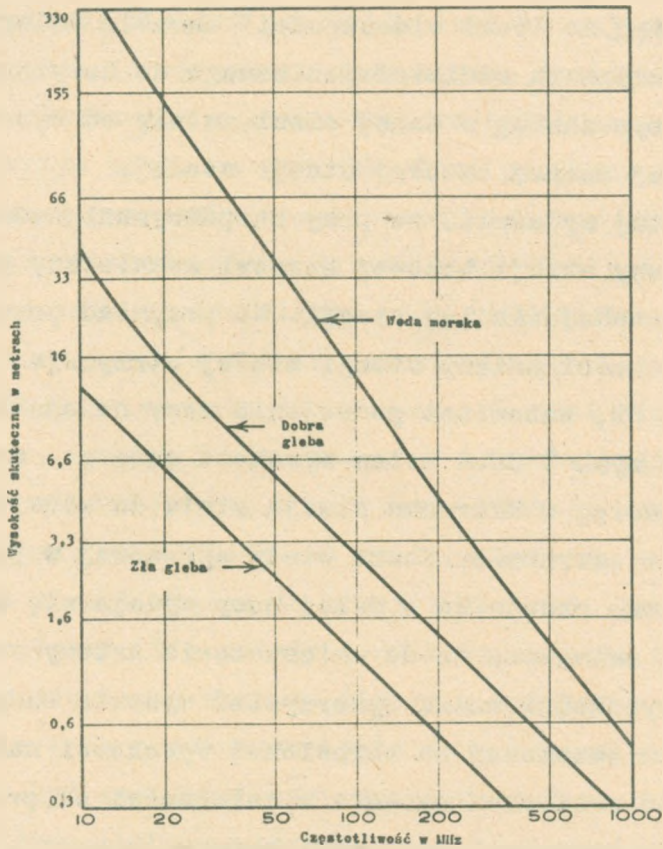
### 3. CZYNNIKI WPŁYWAJĄCE NA ZASIĘG

Po wyborze odpowiedniego zakresu częstotliwości, pozostaje sprawa uzyskania w planowanej sieci maksymalnego zasięgu lub co najmniej takiego zasięgu, jaki jest ekonomicznie możliwy. Teoretycznie zasięg w sieci jest ograniczony do linii widoczności. Oczywiście dla niższych częstotliwości nie jest to zupełnie ściśle, lecz w ogólności to założenie stanowi punkt wyjścia przy roz-

ważaniach dotyczących zasięgu. W omawianym zastosowaniu pojęcie "zasięg do linii widoczności" określa odległość od anteny urządzenia radiotelefonicznego do horyzontu. W związku z tym zasięg w danej sieci zależy od wysokości skutecznej anteny bazowej stacji stałej.

Należy tutaj wyjaśnić, że przy rozpatrywaniu zasięgu wysokość anteny stacji bazowej stanowi ważniejszy czynnik, niż moc nadajnika tej stacji. Na przykład przez podwojenie wysokości anteny stacji stałej otrzymuje się zysk około 6 dB, natomiast podwojenie mocy nadajnika powoduje tylko zysk 3 dB. A zatem wysokość anteny wpływa zarówno na zasięg w kierunku stacja stała do stacji ruchomej, jak i odwrotnie. Koszt wieży antenowej w porównaniu z kosztem nadajnika o dużej mocy wydaje się ekonomiczniejszy, zwłaszcza że do umieszczenia anteny na odpowiedniej wysokości można wykorzystać wysokie budynki. Dla anteny umieszczonej na określonej wysokości nad ziemią, wysokość skuteczna wzrasta w zależności od przewodności ziemi w miejscu lokalizacji anteny (rys. 1).

Zagadnienia antenowe zostały omówione obszerniej w artykule pt. "Anteny dla sieci radiokomunikacji ruchomej", ogłoszonym w *Electronics World* marzec 1963 r. W niniejszej dyskusji natomiast wystarczy jeszcze tylko dodać, że zyski antenowe stanowią dalszy ważny czynnik do uzyskania maksymalnego zasięgu w sieci. Anteny kierunkowe z drugiej strony wprowadzają dodatkowy zysk w obszarach nie mających kształtu koła w tych przypadkach, gdy jest wymagana bardziej sprawna łączność w określonym wylinku danego obszaru.



Rys. 1. Minimalna wysokość skuteczna anteny przy polaryzacji pionowej

Po dokonaniu lokalizacji i wybraniu sposobu umieszczenia anteny bazowej stacji stałej, zapewniających optymalny zasięg, następnym punktem rozważań będzie sprawa mocy nadajnika. Wszystkie rozważania poprzedzające ustalenie mocy nadajnika mają na celu przyczynienie się do bardziej skutecznego wykorzystania każdej wata mocy wypromieniowanej i jeżeli poprzednie czynności zapewni-



ły pełne korzyści, to ustalenie mocy nadajnika stacji bazowej stanowi pozostały czynnik mający wpływ na uzyskanie oczekiwanego optymalnego zasięgu.

Znaczenie zastosowanej wartości mocy nadajnika ilustruje tabl. na str. 34. Dane przytoczone w tablicy dotyczą przypadku ziemi płaskiej, przy zastosowaniu w stacji bazowej anteny stanowiącej dipol, a w stacji ruchomej anteny stanowiącej pręt ćwierćfalowy. Należy zwrócić uwagę, że całość rozważania jest odniesiona do wysokości anteny stacji bazowej, chociaż liczby dotyczące mocy mogą być zastosowane w stopniu wyjściowym nadajnika stacji stałej i ruchomej. Dlatego dane, dotyczące zasięgu, uwidocznione w tablicy dotyczą zarówno kierunku od stacji stałej do stacji ruchomej, jak i kierunku odwrotnego. Nie należy jednak zapominać, że dane liczbowe dotyczące zasięgu stanowią wyłącznie wartości średnie i są przytoczone jako dane odniesienia; nie powinny być one wykorzystywane jako jedyna podstawa do przewidywania bezwzględnych wielkości zasięgu. Ostateczne wielkości zasięgu powinny być ocenione przez kompetentnego specjalistę radiokomunikacji ruchomej, po przestudiowaniu szczególnych wymagań danego systemu sieci.

Interpolacja danych zawartych w tablicy wraz z uwzględnieniem dodatkowych czynników może dostarczyć sporo użytecznych i interesujących informacji. Przykładowo przytoczone w tablicy dane są oparte na jednostce zysku wnoszonego przez antenę dipolową stacji bazowej. Jednak zyski antenowe otrzymywane w zakresach 150-174 MHz i 450-470 MHz będą się przyczyniały do zwiększania ogólnego

T a b l i c a

Nominalne dane liczbowe określające zasięg w wolnej przestrzeni, przy zastosowaniu w stacji bazowej anteny dipolowej, a w stacji ruchomej anteny ćwierćfalowej

| Wysokość masztu antenowego | 25-50 MHz |     |     | 150-174 MHz |     |     | 450-470 MHz |      |     |     |     |      |
|----------------------------|-----------|-----|-----|-------------|-----|-----|-------------|------|-----|-----|-----|------|
|                            | 15m       | 30m | 50m | 100m        | 15m | 30m | 50m         | 100m | 15m | 30m | 50m | 100m |
| Moc wyjściowa nadajnika    |           |     |     |             |     |     |             |      |     |     |     |      |
| 10 W                       | 24        | 30  | 35  | 48          | 17  | 23  | 25          | 33   | 13  | 16  | 19  | 25   |
| 30 W                       | 29        | 39  | 44  | 59          | 21  | 27  | 32          | 42   | 16  | 21  | 24  | 30   |
| 60 W                       | 33        | 43  | 51  | 69          | 24  | 30  | 37          | 48   | 17  | 23  | 27  | 35   |
| 100 W                      | 37        | 50  | 57  | 76          | 26  | 33  | 40          | 53   | 19  | 25  | 30  | 39   |
| 250 W                      | 43        | 59  | 69  | 92          | 30  | 42  | 46          | 59   | 23  | 29  | 35  | 43   |

Dane te są przedstawione w kilometrach. Każdy dB zysku powiększa około 5%, a każdy dB straty obniża około 5% wartość podstawową zasięgu. Podwojenie wysokości anteny powiększa zasięg o 6 dB. Podwojenie mocy powiększa zasięg o 3 dB, zwiększenie pięciokrotne o 7 dB, natomiast dziesięciokrotne o 10 dB.

nego zasięgu w danej sieci. Każdy dB zysku wynosi około 5% zwiększenia zasięgu. Zysk anteny 8 dB powiększa zasięg o około 40%; a więc na przykład przy zastosowaniu zysku o tej wartości zasięg podstawowy 40 km może być powiększony o około 15 km. Przez analogię każdy dB straty spowoduje zmniejszenie wartości podanych w tabelicy o około 5%. Taki przypadek powinien być również brany pod uwagę.

Bliższa analiza danych w tabelicy daje następujące spostrzeżenia. Podwojenie wysokości anteny powoduje zwiększenie zasięgu o około 6 dB (około 30%). Podwojenie mocy zwiększa zasięg o około 3 dB, zwiększenie pięciokrotne mocy - 7 dB, dziesięciokrotne - 10 dB.

W odniesieniu do parametru mocy można wymienić jeszcze jedną uwagę, że moc stacji stałej powinna być zazwyczaj większa niż stacji ruchomej. W przypadku gdy dojdzie sygnału stacji ruchomej do stacji stałej jest utrudnione, pojazd może być zawsze przesunięty w dogodniejszą pozycję. Stacja bazowa ma natomiast charakter stacjonarny i pozycja jej nie może być zmieniana. Dlatego też jest rzeczą pożądaną, ażeby zasięg stacji stałej był nieco większy niż stacji ruchomej. Natomiast każdy wprowadzany do stacji ruchomej dodatkowy watek mocy wielkiej częstotliwości powoduje zwiększenie poboru energii ze źródeł zasilających, znajdujących się w pojeździe; zatem zbyt duże powiększanie mocy mogłoby w końcu wymagać zmiany tych źródeł na inne o większej pojemności.

Nie było dotychczas mowy o zasięgu łączności pomiędzy stacjami ruchomymi. W większości przypadków systemy sie-

ci są projektowane przede wszystkim dla zapewnienia łączności pomiędzy dyspozytorem, znajdującym się zazwyczaj w pomieszczeniu stacji bazowej, a stacjami ruchomymi pracującymi w danej sieci. Ogólnie przyjmuje się, że łączność pomiędzy stacjami ruchomymi ma znaczenie drugorzędne. Jeżeli wystąpi przypadek, że odległość pomiędzy dwiema stacjami ruchomymi jest za duża, wiadomości mogą być przekazane za pośrednictwem stacji stałej. W sieciach, w których jest konieczne utrzymywanie bezpośredniej łączności pomiędzy stacjami ruchomymi na stosunkowo dużych odległościach, jest wskazane stosowanie stacji przekaźnikowych. Struktura sieci w tym przypadku będzie zależna od rodzaju zastosowanej stacji przekaźnikowej; będzie to przedmiotem rozważań w części II artykułu, w której będą rozpatrywane różne rodzaje systemów sieci.

#### 4. ZASTOSOWANIE SPRZĘTU PRZENOŚNEGO

Dla zwiększenia elastyczności pracy sieci może być zastosowany radiotelefoniczny sprzęt przenośny i nasobny, za pomocą którego operator posługujący się tym sprzętem może porozumiewać się bezpośrednio z bazową stacją stałą lub stacją ruchomą na pojeździe. Chociaż oszczędne wykorzystanie mocy zasilającej ten sprzęt stanowi główny przedmiot troski konstruktorów, bo przecież źródło duże i ciężkie utrudnia noszenie urządzeń, to jednak charakterystyki działania tego rodzaju sprzętu rywalizują ze sprzętem przewoźnym. Nadajnik przenośny o mocy 6 W,



pracujący w zakresie 25 do 50 MHz, może zapewnić często zasięg łączności 10 do 11 km w terenie otwartym, współpracując ze stacją wyposażoną w niską antenę, a nie rzadko nadajnik przenośny o mocy 1,4 W może uzyskać zasięg około 15 km współpracując z bazową stacją stałą w zakresie 150 MHz, posiadającą antenę z zyskiem o wysokości 30 m. Ogólnie można stwierdzić, że sprzęt noszony przez operatora, którego odbiornik posiada czułość 0,5  $\mu$ V lub większą, pozwala na uzyskanie sprawnej łączności dwukierunkowej.

#### 5. WSPÓŁUŻYTKOWANIE CZĘSTOTLIWOŚCI - KODY WYWOŁAWCZE

Istnieje jeszcze jeden aspekt związany z projektowaniem sieci, który co prawda nie ma bezpośredniego wpływu na zasięg, jednak wpływa w sposób zdecydowany na jakość pracy sieci. Zdarza się, że w różnych częściach kraju liczba użytkowanych częstotliwości przekracza znacznie liczbę częstotliwości przewidzianą do pracy w danym obszarze. W konsekwencji często spotyka się wielu użytkowników, którzy w pobliskim rejonie wykorzystują te same częstotliwości. Ten stan rzeczy prowadzi do przykrych zakłóceń odbioru sygnałów danej sieci przez sygnały pochodzące z innych sieci współużytkujących te same kanały częstotliwościowe. W systemach sieci pracujących na wspólnej częstotliwości, z których korzysta bardzo wielu abonentów, wprowadza się urządzenia kodowego wywołania, które można zastosować zarówno do sprzętu stacji stałej, jak i przewoźnej, a nawet i w niektórych typach sprzętu przenośnego.

System kodowego wywołania (mający charakter wywołania selektywnego), przy zastosowaniu częstotliwości podakustycznych, ma za zadanie spowodować uruchomienie odbiornika tej stacji, do której wywołanie w danej chwili jest skierowane. Częstotliwości kodowe, uzyskiwane z generatora o dużej stabilności, moduluje nadajnik równocześnie z przekazywaną głosem informacją. W odbiorniku częstotliwości te przechodzą przez filtr pasmowy o wyjątkowo dużej dobroci, są następnie prostowane w celu otrzymania napięcia stałego, polaryzującego jeden ze stopni małej częstotliwości odbiornika. Stopień ten w stanie spoczynku jest zablokowany, lecz po zjawieniu się napięcia polaryzującego następuje jego odblokowanie i wszystkie sygnały małej częstotliwości przechodzą do głośnika. A zatem tylko sygnał przenoszący właściwe częstotliwości kodu wywoławczego odblokuje dany odbiornik; natomiast sygnał bez częstotliwości kodowych lub przenoszący częstotliwości kodu niewłaściwego po prostu nie osiągnie głośnika.

Stosownie do przepisów FCC jest wymagane również, ażeby w odbiorniku urządzenia radiotelefonicznego przewidziano możliwość wyłączania układu wywołania kodowego w celu skontrolowania przed rozpoczęciem nadawania, czy kanał jest wolny.

## 6. UWAGI UZUPEŁNIAJĄCE

W części I artykułu rozpatrzono tylko najbardziej istotne czynniki, które mają wpływ na zasięg w ruchomej łączności radiotelefonicznej. Inne czynniki, jak prze-

wodność ziemi i ukształtowanie terenu objętego pracą sieci, wnoszą niewątpliwie również odpowiedni wpływ na wielkość zasięgu, aczkolwiek mogą one wpływać na zasięg w sposób zmienny, w zależności od warunków, w jakich się znajduje rozpatrywana sieć. Ramy niniejszego opracowania nie pozwalają jednak na wyczerpujące rozpatrzenie tych czynników.

Autor artykułu radzi wszystkim konsultantom występującym w pracach projektowych i instalacyjnych związanych z organizacją ruchomych sieci radiowych, ażeby swym zleceńodawcom udzielali wszelkich informacji o wymaganiach stawianych przez FCC w stosunku do tego rodzaju przedsięwzięć. Taka działalność jest zalecana przez prawo radiowe obowiązujące w USA.

## C z ę ś ć II

### RODZAJE SIECI RUCHOMYCH

#### 7. SPOSOBY PRACY SIECI

W części I omówiono ważniejsze parametry sieci związane z jej projektowaniem, natomiast w niniejszej części będą przedyskutowane obecnie spotykane rodzaje systemów sieci ruchomych.

Najprostszą i najbardziej powszechną siecią radiową jest sieć, w której wykorzystuje się jedną częstotliwość, a praca odbywa się w sposób simpleksowy, to znaczy na

zmianę w obydwóch kierunkach łączności. Dla wielu służb typu handlowego ten rodzaj sieci jest zupełnie odpowiedni. Cechą korzystną takiej sieci jest nie tylko jej prostota, ale i łatwość obsłużenia sprzętu. Wydawane są zezwolenia na użytkowanie tego typu sieci we wszystkich trzech zakresach częstotliwości, omówionych w części I artykułu.

Jeżeli maszt antenowy stacji stałej jest zainstalowany na dachu budynku, w którym pracuje dyspozytor, to należy zwrócić uwagę, ażeby długość kabla zasilającego antenę nie przekraczała:

- dla zakresu częstotliwości 25- 50 MHz - 150 m
- dla zakresu częstotliwości 150-174 MHz - 75 m
- dla zakresu częstotliwości 450-470 MHz - 35 m.

W przypadku gdy antena stacji bazowej musi być umieszczona w znacznej odległości od siedziby dyspozytora, względnie jeżeli wymagana jest powiększona moc nadajnika, jest konieczne zastosowanie sterowania zdalnego stacji.

Sterowanie zdalne bazowej stacji stałej jest dokonywane zazwyczaj za pośrednictwem dzierżawionych linii telefonicznych, dwu lub czteroprzewodowych. Zespół sterowania zdalnego powinien być wyposażony w odpowiednie układy (wzmacniające i ograniczające), których celem jest zapewnienie, ażeby poziom sygnału małej częstotliwości na wejściu do linii sterującej spełniał wymagania określone przez władze pocztowe.

W bazowej stacji stałej, poza głównym stanowiskiem



pracy dyspozytora, może być dodatkowo przewidziane w innym pomieszczeniu stanowisko pomocnicze (na przykład dla zastępcy dyspozytora) zarówno w przypadku sterowania stacji lokalnie, czy też zdalnie. W pomieszczeniu tym może być zainstalowany tylko mikrotelefon lub drugi zespół do sterowania zdalnego. Przepisy FCC jednak wymagają, ażeby praca sieci była nadzorowana przez głównego dyspozytora z jego podstawowego stanowiska; powinien on mieć możliwość kontroli rozmów prowadzonych w obydwóch kierunkach, inicjowanych ze stanowiska pomocniczego.

Korzystną odmianą pracy simpleksowej jest tzw. praca dusimpleksowa. W tym sposobie pracy są wykorzystane dwie częstotliwości, różne dla każdego kierunku pracy. W tym przypadku stacje ruchome nie mogą się porozumiewać bezpośrednio, lecz jedynie za pośrednictwem bazowej stacji stałej. Dusimpleks jest stosowany często w sieciach takśówkowych i policyjnych. Pozwala on na szybką i sprawną pracę sieci. Przy tym sposobie pracy większość rozmów jest inicjowana przez dyspozytora, a nie ze strony stacji ruchomych.

Trzecim sposobem pracy jest praca duplexowa, która różni się zasadniczo od dwóch poprzednich sposobów. Dupleks pozwala na równoczesne prowadzenie rozmowy w dwóch kierunkach; w pracy tej są wykorzystywane dwie częstotliwości. Wymagane są w zasadzie dwie anteny, jedna dla nadawania, a druga dla odbioru. Jednak przy odpowiednio dużym odstępnie pomiędzy częstotliwością nadawania a odbioru może być zastosowana jedna wspólna antena z odpowiednim filtrem.

Pewną modyfikacją sposobu pracy w pełni duplexowej jest przypadek, gdy stacja stała jest przystosowana do pracy duplexowej, a ruchoma jest ograniczona tylko do pracy simpleksowej. Ten przypadek jest często stosowany w tych okolicznościach, gdy trafik ze strony dyspozytora jest szczególnie duży. W tym przypadku za wychodzące wiadomości odpowiedzialny jest wyłącznie dyspozytor obsługujący kierunek nadawany. Ponieważ rozmowy na stacji stałej mogą być nadawane i odbierane równocześnie, do odbioru przychodzących meldunków przeznaczają się oddzielnego dyspozytora. Ten sposób pracy stosuje się w sieciach policji przy obsłudze dużych obszarów lub w sieciach, w których jest wymagana szczególnie wytężona praca dyspozytorów przez większą część dnia.

### 3. SYSTEMY SIECI ZE STACJAMI PRZEKAŹNIKOWYMI

Systemy przekaźnikowe stanowią bardziej skomplikowane i kompleksowe układy sieci radiotelefonicznych. Stacje przekaźnikowe odpowiednio zlokalizowane, z wykorzystaniem wysoko umieszczonych anten, pozwalają na lepsze pokrycie łącznością radiową danego obszaru. Są one coraz częściej stosowane nie tylko w terenach górzystych, ale i również w dużych obszarach miejskich. Występują dwa rodzaje stacji przekaźnikowych: 1/ stacje sterowane za pomocą łącza radiowego, 2/ stacje przekaźnikowe dla łączności pomiędzy stacjami ruchomymi, których schematy są przedstawione na rys. 2. i 3.

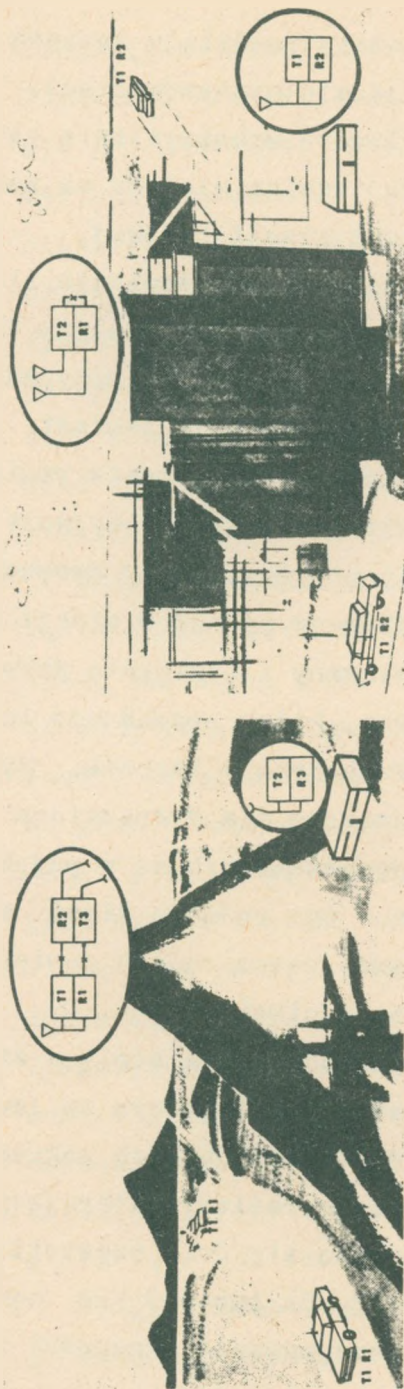
W dalszej części niniejszego rozdziału zostaną omówione pokrótce stosowane rodzaje systemów sieci.

Przypuśćmy, że jest możliwość wykorzystania pobliskiego wzniesienia stanowiącego idealne miejsce na zainstalowanie anteny przekaźnikowej stacji bazowej, jednak znaczny koszt budowy względnie wydzierżawienia linii telefonicznych, koniecznych do sterowania stacji, uniemożliwia projektowane przedsięwzięcie. W tym przypadku korzystnym rozwiązaniem jest zastosowanie zamiast linii telefonicznych - łącza radiowego. Urządzenie radiowe małej mocy z antenami kierunkowymi przenosi sygnały w obojdwóch kierunkach pomiędzy miejscem pracy dyspozytora a stacją przekaźnikową. Odebrany sygnał w stacji przekaźnikowej zostaje zdemodulowany i następnie wykorzystany do wysterowania nadajnika, który przekazuje informacje w kierunku do stacji ruchomych w terenie. Sygnały ze stacji ruchomych przeznaczone dla dyspozytora są przekazywane poprzez stację przekaźnikową w podobny sposób. Należy podkreślić, że w tym rodzaju sieci stacje ruchome mogą się porozumiewać bezpośrednio pomiędzy sobą, bez udziału stacji przekaźnikowej.

Praca pomiędzy przekaźnikową stacją stałą a stacjami ruchomymi odbywa się sposobem simpleksowym na jednej częstotliwości, w dowolnym z dysponowanych zakresów częstotliwości. Natomiast w łączu radiowym sterującym stację przekaźnikową wykorzystuje się dwie częstotliwości, zazwyczaj w zakresie 450-470 MHz lub 960 MHz (rys.2).

W innym rodzaju sieci utrzymywanie łączności wzajemnej pomiędzy stacjami ruchomymi jest dokonywane za po-





Rys. 2. Fragment po lewej stronie. Schemat sieci, w której stacja bazowa jest sterowana zdalnie za pomocą łącza radiowego, zastępującego linię telefoniczną. Takie rozwiązanie stosuje się w tym przypadku, gdy koszt dzierżawienia linii telefonicznej, przeznaczanej do sterowania stacji, jest stosunkowo duży.

Fragment po prawej stronie. Schemat sieci z zastosowaniem bazowej stacji prze-każnikowej, mającej na celu zwiększenie zasięgu łączności pomiędzy stacjami ruchomymi. Dyspozytor jest włączony do sieci za pomocą łącza radiowego. Urządzenie radiotelefoniczne dyspozytora i stacje ruchome pracują na tych samych częstotliwościach



średnictwem stacji przekaźnikowej, co się przyczynia do uzyskania powiększonego zasięgu łączności (rys. 2). Stacja przekaźnikowa jest zazwyczaj umieszczona na bardzo wysokim wzniesieniu terenowym lub budynku w obszarze miejskim. Stacja nie posiada obsługi, a jej rozwiązanie zapewnia, że odbierane sygnały są automatycznie przekazywane do nadajnika. Taki sposób działania stacji wymaga wyposażenia jej w dwie anteny, z uwagi na to, że odbiór i nadawanie sygnałów jest dokonywane równocześnie. Sieć tego rodzaju pracuje przy wykorzystaniu dwóch częstotliwości.

Jak już wspomniano wyżej, główną korzyścią ze stosowania stacji przekaźnikowej dla łączności pomiędzy stacjami ruchomymi jest rozszerzenie zasięgu, który stanowi sumę zasięgu uzyskiwanego od danej stacji ruchomej do stacji przekaźnikowej i zasięgu od stacji przekaźnikowej do stacji ruchomej przeznaczenia. W omawianym rodzaju sieci stosuje się obecnie z dobrym skutkiem również zakres częstotliwości 450–470 MHz.

Do tego rodzaju sieci dyspozytor może być włączony dwoma sposobami. Jeden z nich polega na tym, że stacja dyspozytora jest dostrojona do tej samej pary częstotliwości, które są wykorzystywane przez stacje ruchome, a antena kierunkowa stacji jest skierowana na stację przekaźnikową. Przy tym rozwiązaniu dyspozytor współpracuje z siecią w ten sam sposób, jak i stacje ruchome w sieci.

Drugi sposób włączenia dyspozytora do omawianej sieci może być zapewniony przy wykorzystaniu linii telefonicznej (rys. 3). Przy sterowaniu stacji przekaźnikowej



Rys. 3. Fragment po lewej stronie. Schemat sieci z zastosowaniem bazowej stacji przełącznikowej. Dyspozytor jest włączony do sieci za pomocą linii telefonicznej

Fragment po prawej stronie. Schemat sieci z zastosowaniem stacji przełącznikowej tylko w jednym kierunku łączności. Wiadomości od dyspozytora kierowane do stacji ruchomych są nadawane bezpośrednio; natomiast wiadomości ze stacji ruchomych kierowane do dyspozytora mogą być nadawane bezpośrednio, lub w przypadku dużego oddalenia stacji ruchomej - za pośrednictwem stacji przełącznikowej

tym sposobem, dyspozytor może w pełni kierować pracą sieci. W celu zwiększenia elastyczności sieci wyposaża się często zespół sterujący dyspozytora w specjalny wyłącznik, który umożliwia włączanie i wyłączanie stacji przekąźnikowej. Przy pozycji "wyłączone" sieć jest tak kierowana przez dyspozytora, jak to ma miejsce przy sieci prostej dwuczęstotliwościowej, pracującej bez udziału stacji przekąźnikowej. Gdy dyspozytor kończy służbę i zaprzestaje kierowania pracą sieci, ustawia przełącznik w pozycji "włączone", co powoduje przejście sieci do pracy z czynną stacją przekąźnikową, która jest przystosowana do pracy bez obsługi.

Przykładem sieci ruchomej ze stacją przekąźnikową sterowaną przy wykorzystaniu linii telefonicznej może być sieć ogólnokrajowa lub stanowa, eksploatowana dla potrzeb ruchu drogowego. Podczas dnia, gdy pracuje dużo stacji ruchomych, praca sieci jest kierowana przez dyspozytora. W nocy, gdy pracuje niewielka liczba stacji ruchomych, dyspozytor wyłącza stację stałą, a nadzór nad siecią obejmuje nocny inspektor dyżurny, który pełni służbę na pojeździe, wyposażonym w stację radiotelefoniczną, włączoną do sieci. Następnego dnia rano dyspozytor uruchamia stację stałą i obejmuje ponowne kierowanie pracą sieci.

Innym sposobem wykorzystania stacji przekąźnikowej jest włączenie jej do pracy tylko w jednym kierunku łączności (rys. 3). Takie rozwiązanie może być zastosowane, gdy bazowa stacja stała jest umieszczona w rejonie o dużym poziomie zakłóceń i odbiór sygnałów ze stacji ruchomej jest utrudniony, lub gdy moc stacji stałej jest znaczo-



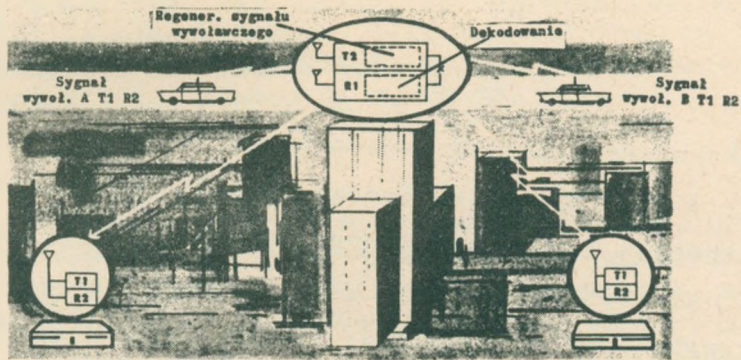
nie powiększona w celu uzyskania dużych zasięgów jej sygnałów i co może pozwalać w konsekwencji na znaczne oddalenie się stacji ruchomych. W obydwóch przypadkach stacja przekaźnikowa może być użyta do wzmacniania sygnałów tylko w jednym kierunku, a mianowicie od stacji ruchomych do stacji stałej. W tym rodzaju sieci są zazwyczaj stosowane trzy częstotliwości. W związku z tym stacja stała jest wyposażona w dwa odbiorniki, z których jeden jest przystosowany do bezpośredniego odbioru sygnałów ze stacji ruchomych, jeżeli ich oddalenie na to pozwala, a drugi do odbioru sygnałów z tych stacji, znajdujących się na większej odległości, przekazywanych za pośrednictwem stacji przekaźnikowej.

Ostatni wariant sieci przy wykorzystaniu stacji przekaźnikowej, można nazwać siecią "powszechnego użytku na wspólnej częstotliwości". Ten rodzaj sieci jest coraz bardziej popularny wśród użytkowników masowych (zwłaszcza wśród handlowców), ponieważ każdy z nich może skorzystać ogólnie dostępną radiową sieć przekaźnikową w sposób tańszy, niż gdyby użytkował tylko dla własnych potrzeb dzierżawioną stację przekaźnikową. Omawiana sieć jest stosowana przede wszystkim w obszarach dużych miast, gdzie użytkownicy chcą mieć łączność w granicach całego miasta, a nawet w granicach obszarów podmiejskich.

Podstawowym czynnikiem pracy takiej sieci jest zastosowanie urządzeń wywołania kodowego (stanowiących rodzaj wywołania selektywnego), o których była już mowa w rozdziale 5 (część I). Każdy abonent sieci posiada swój odrębny kod wywoławczy. Poszczególne stacje w sieci są za-



blokowane aż do chwili odebrania właściwego kodu. Stacja przekaźnikowa nie podlega blokowaniu, bez względu na przekazywany kod wywoławczy. Dzięki zastosowaniu urządzeń wywoławczych, każdy abonent odbiera wiadomości przeznaczone tylko dla niego, pomimo że wielu użytkowników korzysta ze wspólnej stacji przekaźnikowej w danej sieci. Typowy schemat takiej sieci przedstawia rys.4.



Rys. 4. Schemat sieci powszechnego użytku na wspólnej częstotliwości z zastosowaniem stacji przekaźnikowej. Z sieci tego rodzaju może korzystać kilku użytkowników. Stosowane jest wywołanie kodowe (mające charakter wywołania selektywnego) dzięki któremu dany abonent odbiera wiadomości przeznaczone tylko dla niego

Dyspozytor zespołu stacji każdego z użytkowników jest wyposażony w stację stałą małej mocy o sterowaniu lokalnym, za pomocą której poprzez antenę kierunkową przekazuje sygnały przenoszące informację do stacji przekaź-

nikowej, zainstalowanej zazwyczaj na wysokim budynku, położonym w środku miasta. Wywoławczy sygnał kodowy przyjęty przez odbiornik stacji przekaźnikowej zostaje automatycznie zregenerowany w odpowiednim układzie, który następnie powoduje modulację sygnału wyjściowego nadajnika. Dokonywanie regeneracji i sygnału kodowego ma na celu zmniejszenie jego zniekształcenia, a tym samym ograniczenie możliwości występowania fałszywego wywołania w sieci.

## 9. ZAKOŃCZENIE

Dokonany przegląd podstawowych rodzajów sieci ruchomych z wykorzystaniem bazowej stacji przekaźnikowej, nie wyczerpuje oczywiście wszystkich możliwości strukturalnych sieci. Wprowadzanie różnych nowych aspektów technicznych, jak na przykład: zastosowanie wielu odbiorników stałych rozmieszczonych w terenie, powiązanie sieci radiowej z siecią telefoniczną, wprowadzenie automatyki przy wywoływaniu i zestawianiu połączeń itd., przyczynia się do tworzenia bardziej rozbudowanych i złożonych rodzajów sieci.

Nie należy również zapominać, że wykorzystanie w złożonych sieciach ruchomych obecnie dostępnego radiotelefonicznego sprzętu przenośnego wpływa na powiększanie elastyczności tych sieci i bardziej wszechstronne ich wykorzystanie.

Smiało można wypowiedzieć zdanie, że każda indywidualna sieć radiokomunikacji ruchomej stanowi bardzo cie-

kawy zbiór rozwiązań technicznych, które powinny spełniać maksimum wymagań dotyczących łączności potrzebnej danemu użytkownikowi.

621.396.93  
621.395.33  
621.395.635.4

## ULEPSZONY SYSTEM AUTOMATYCZNEGO WYBIERANIA W WIELOKANALOWEJ RUCHOMEJ SIECI RADIOTELEFONICZNEJ<sup>1)</sup>

H.W.Nylund and R.M. Swanson: Bell Telephone Laboratories, New Jersey. An Improved Mobile Dial Telephone System. IEEE Transactions on Vehicular Communications, Volume VC-12, September 1963, Number 1, s. 32-38.

W artykule przedstawiono w ogólnych zarysach koncepcję, opracowanego przez firmę Bell nowego systemu wybierania abonentów w ruchomej sieci radiotelefonicznej, nazywanego w skrócie IMTS. Omówiono niezbędne urządzenia wchodzące w skład tego systemu i zasady jego pracy, a następnie sposoby realizacji połączeń pomiędzy abonentem ruchomym a dowolnym abonentem automatycznej sieci telefonicznej i odwrotnie. System IMTS zastosowany w sieci wielokanałowej, zapewnia dużą sprawność tej sieci, która może być porównywalna ze sprawnością uzyskiwaną w łączności przewodowej. Nowy system ze względu na swoje właściwości ma duże możliwości rozwojowe.

### 1. WSTĘP

W chwili obecnej w większości radiotelefonicznych sieciach ruchomych przy wywoływaniu abonentów jest stosowana obsługa ręczna, którą zapewnia operator danej

<sup>1)</sup> Na podstawie oryginału opracował Z. Derulski.

sieci. Ponadto przy wywoływaniu selektywnym abonent ruchomy może być wywołany tylko na jednym kanale, pomimo że urządzenie jego może być przystosowane do pracy na kilku kanałach. W tym przypadku, gdy dany kanał jest zajęty, wywołanie od stacji stałej do stacji ruchomej jest "zablokowane" nawet wtedy, gdy pozostałe kanały są niezajęte. Te właściwości powodowały, że łączność radiotelefoniczna była mniej wygodna niż łączność przewodowa, co wpływało w sposób hamujący na właściwy rozwój sieci ruchomych.

Automatyczne wybieranie po raz pierwszy zostało wprowadzone przed kilku laty do sieci radiokomunikacji ruchomej przez towarzystwo telefoniczne - Richmond Telephone Company. Niedawno pojawiło się w sprzedaży kilka typów urządzeń ruchomych z systemem automatycznego wybierania, które wzbudziły znaczne zainteresowanie w przemyśle telefonicznym. Po przeanalizowaniu szczegółów, dotyczących rozwiązań koncepcyjnych tych urządzeń, okazało się, że żadne z nich nie nadaje się w pełni do zastosowania w sieci telefonicznej Bella. Niektóre z rozwiązań ze względów ekonomicznych są niedostatecznie rozbudowane co do sposobów i możliwości połączenia ich z automatycznymi centralami telefonicznymi. Inne znów rozwiązania nie są dostosowane do kombinacji kodowych stosowanych w tych centralach. Zagadnienie pracy dupleksowej nie zostało jeszcze całkowicie rozwiązane. O ile wiadomo, nie były podejmowane próby wykorzystania zalet wynikających z zastosowania systemów wielokanałowych,



przy zestawianiu połączeń od stacji stałej do stacji ruchomej na pojeździe.

## 2. KONCEPCJA NOWEGO SYSTEMU

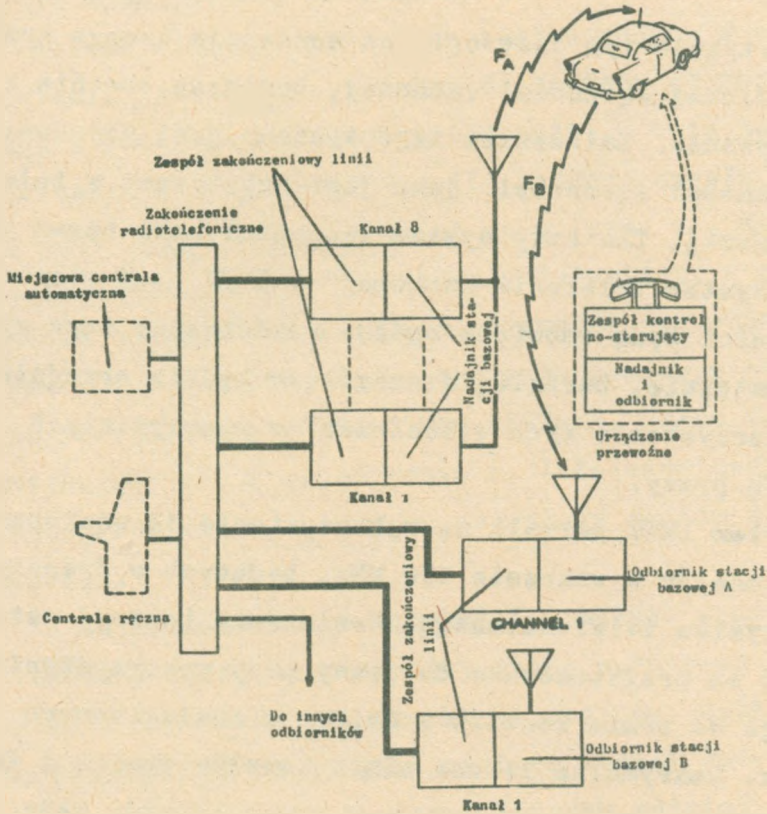
W artykule tym jest opisana koncepcja nowego systemu dla radiowej łączności ruchomej, będącego obecnie w opracowywaniu. Założeniem tego systemu jest uzyskanie takiej jakości łączności, jaka jest uzyskiwana w telefonii przewodowej. Ten nowy system łączności nosi nazwę "Ulepszony System Telefonii Ruchomej" - IMTS<sup>1)</sup>. W pierwszej kolejności będą omówione ogólne właściwości tego systemu. Następnie, bardziej szczegółowo będzie przedstawione wykorzystanie tych właściwości w rzeczywistych warunkach pracy.

System IMTS pozwala na wykorzystanie 11 wąskopasmowych kanałów w zakresie 150 MHz, będących w dyspozycji towarzystwa telefonicznego. Urządzenia bazowej stacji stałej są przystosowane do pracy przy wykorzystaniu od jednego do ośmiu kanałów w każdym z obsługiwanych obszarów. Maksymalna liczba ośmiu kanałów wynika z faktu, że dowolne miasto potrzebujące ośmiu kanałów może być otoczone obszarami, w których łączność ruchoma wymaga co najmniej trzech kanałów. Każdy kanał może być wykorzystywany przez 40 do 60 stacji ruchomych. Rzeczywiste obciążenie w każdym przypadku zależne jest od sposobów korzystania z sieci przez samych abonentów i od wymaganej sprawności usługowej.

---

<sup>1/</sup> IMTS - Improved Mobile Telephone System.

Na rysunku 1 są przedstawione podstawowe elementy wchodzące w skład omawianego systemu IMTS. Zakończenie radiotelefoniczne obsługujące wszystkie kanały jest po-



Rys. 1. Schemat blokowy podstawowych członów systemu IMTS

łączone z miejscową centralą automatyczną oraz z nadajnikami i odbiornikami bazowej stacji radiowej za pośrednictwem zespołów zakończeniowych linii. Zadaniem zakończenia radiotelefonicznego jest zapewnienie odpowiedniej jakości transmisji przez ustalenie poziomów przesyłanych

sygnałów oraz umożliwienie przejścia z układu jednotorowego na dwutorowy. Ponadto zakończenie wykonuje szereg czynności łączeniowych, sygnalizacyjnych i kontrolnych, które będą później dokładniej omówione.

Zestaw urządzeń radiowych zastosowanych w opisywanym systemie jest bardzo podobny do zestawu obecnie stosowanego w ruchomych systemach ręcznych. W celu zapewnienia łączności w dużym obszarze dla każdego kanału przeznaczony jest jeden nadajnik dużej mocy (rys. 1). Nadajniki te są zgrupowane w stacji bazowej. Natomiast, w celu zapewnienia odpowiedniego odbioru sygnałów pochodzących od abonentów ruchomych, w obsługiwanym obszarze rozmieszcza się pewną liczbę odbiorników stałych. Układ selekcyjny, znajdujący się w zakończeniu radiotelefonicznym, wybiera ten odbiornik, który ma najwyższy poziom odbieranego sygnału.

W celu zapewnienia łączności w małych obszarach jest stosowany nadajnik centralny małej mocy oraz jeden odbiornik umieszczony w tym samym miejscu. Ogólnie można powiedzieć, że urządzenia radiowe stacji bazowej, pomimo nieznacznych ale bardzo istotnych różnic, będą pod względem typu podobne do obecnie stosowanych. W systemie automatycznego wybierania IMTS wymagania dotyczące stabilnego nadawania oraz tłumienia zakłóceń są bardziej ostre niż w systemie obsługi ręcznej. Przy pracy sposobem pełnodupleksowym również i odbiorniki stacji bazowej muszą spełnić specjalne wymagania.

Radiotelefon przeczołny, którego schemat blokowy jest przedstawiony w prawej części rys. 1, składa się z na-



stępujących członów: zestawu nadawczo-odbiorczego, zespołów kontrolnego i sterującego koniecznych do zapewnienia prawidłowej pracy urządzenia, przełączania kanałów i uruchamiania układów sygnalizacji związanej z selektywnym wywołaniem. Zasadniczą różnicą systemu IMTS w stosunku do systemów obecnie stosowanych jest to, że przewoźne urządzenia mogą być przystosowane do pracy na wszystkich kanałach przeznaczonych dla danego obszaru. W ten sposób w obszarze wielokanałowym nie będzie urządzeń jednokanałowych. Oprócz tego, urządzenia abonentów ruchomych, którzy chcą mieć zapewnioną łączność i w innych obszarach, będą wyposażone w dodatkowe kanały, maksymalnie do liczby jedenastu. Ponieważ urządzenia ruchome dostosowane są również do pracy pełnodupleksowej, część więc odbiorcza tych urządzeń musi spełnić ostrzejsze wymagania od tych, które były wystarczające w systemie obsługi ręcznej.

### 3. WSPÓLPRACA SYSTEMU IMTS Z CENTRALĄ TELEFONICZNĄ

Obecnie zostaną omówione te własności systemu IMTS, które znacznie go różnią od dawnych systemów z obsługą ręczną. System IMTS może współpracować z centralą automatyczną o sterowaniu bezpośrednim z wybierakami skokowymi lub sterowaniu pośrednim z wybierakami krzyżowymi (Crossbar). Współpracę taką uzyskuje się za pomocą odpowiedniego urządzenia dopasowującego, przy czym w pierwszym rozwiązaniu zastosowano jeden zespół wyposażenia abonenckiego na jednego abonenta ruchomego. W tym przy-



padku kod numeracyjny abonenta ruchomego może być taki sam, jak dla abonenta stałego w sieci przewodowej. Właściwość ta jest ważna ze względów ekonomicznych. W pewnych przypadkach kod może być kombinacją trzycyfrową stosowaną wyłącznie w służbach ruchomych.

Abonent ruchomy będzie miał dostęp za pośrednictwem centrali automatycznej do wszystkich numerów, które mogą być osiągnięte przez abonenta stałego, dołączonego do danej centrali. Abonent ruchomy będzie miał również dostęp do operatora służby informacyjnej. Ponadto system IMTS umożliwi abonentom ruchomym, w tym i abonentom systemu obsługi ręcznej, których zainteresowania wykraczają poza własny obszar, porozumiewanie się z operatorem sieci ruchomej, który ma swoje stanowisko pracy w centrali telefonicznej.

#### 4. SPOSÓB NUMERACJI

W omawianym sposobie numeracji każdy abonent ruchomy będzie miał numer dziesięciocyfrowy o postaci NPA + NNX + 1234, który nie będzie nigdzie powtórzony. Pierwsze trzy cyfry stanowią kod danego obszaru, trzy następne kod centrali telefonicznej, a cztery ostatnie kod linii abonenta ruchomego w centrali automatycznej. Ażeby uniknąć powtarzania się numerów, kombinacja cyfrowa 1234 jest przewidziana tylko dla jednego abonenta ruchomego, w każdym obszarze numeracyjnym, chociaż ta sama kombinacja cyfrowa może być zastosowana w innych obszarach numeracyjnych. Abonent ruchomy, znajdujący się w macierzy-

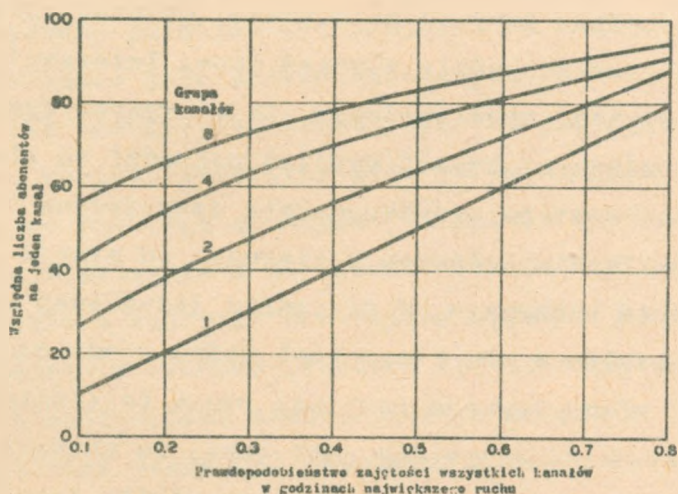
stym obszarze, może być wywołany w połączeniu lokalnym przez wybranie siedmiu cyfr, podobnie jak to ma miejsce w telefonii przewodowej. Natomiast gdy abonent ruchomy znajduje się poza obszarem macierzystym, wywołanie go w połączeniu dalekosiężnym następuje po wybraniu dziesięciu cyfr.

Przy wywołaniu selektywnym abonenta ruchomego o pełnym numerze, np.: 201-563-1234, w jego macierzystym obszarze, abonent lokalny wybiera tylko siedem cyfr 563-1234, natomiast zakończenie radiotelefoniczne systemu IMTS wysyła selektywny, siedmiocyfrowy kod wywoławczy 201-1234 (z pominięciem cyfry 563- kod centrali automatycznej) odpowiadający pozycji wybieraka wywoływanego abonenta ruchomego. Przez zastosowanie w selektywnym wybieraniu kodu danego obszaru, zamiast kodu centrali telefonicznej, sprawa numeracji abonentów ruchomych w danym obszarze numeracyjnym ma charakter wewnętrzny i abonenci nie muszą korzystać z usług biura numerów krajowych.

## 5. DOSTĘP DO WIELU KANAŁÓW POŁĄCZENIOWYCH

Zasadniczą cechą systemu IMTS jest tzw. "dostęp wielokanałowy" (multichannel access), który polega na tym, że w obszarach wielokanałowych wywołanie kierowane do jakiegoś abonenta ruchomego w zasięgu danej sieci lub odwrotnie może być zrealizowane za pośrednictwem dowolnego, niezajętego w danej chwili kanału. Sposób, w jaki to się odbywa będzie omówiony później. W skrócie, zasa-

dę działania "dostępu" można przedstawić następująco: wszystkie wolne urządzenia ruchome "szukają" wolnego kanału, uprzednio wybranego i odpowiednio oznaczonego w zakończeniu radiotelefonicznym. Następne wywołanie w dowolnym kierunku będzie zrealizowane na tym właśnie kanale. Odpowiedni układ logiczny zapewnia zmniejszenie do minimum prawdopodobieństwa jednoczesnego zajęcia tego samego kanału przez dwóch abonentów oraz skierowanie innych, niezajętych abonentów, na następny wolny kanał.



Rys. 2. Liczba abonentów na jeden kanał w zależności od pojemności kanałów w grupie

Zalety systemu IMTS pod względem ruchu telefonicznego przedstawione są na rys. 2. Cztery krzywe odpowiadające jednemu, dwóm, czterem i ośmiu kanałom wskazują względną liczbę abonentów ruchomych, przypadających na każdy kanał, w zależności od prawdopodobieństwa zajęcia-

ści wszystkich kanałów w godzinach największego ruchu. Z wykresu wynika, że przy małych stratach ruchu telefonicznego dla prawdopodobieństwa zajętości 0,2 każdy kanał z ośmiokanałowej grupy może obsłużyć ponad trzykrotnie więcej abonentów niż kanał pojedynczy. Dla większych strat, dla prawdopodobieństwa zajętości 0,4, wartość odpowiedniego współczynnika wynosi około 2. Na rys. 2 na osi rzędnych zaznaczona jest liczba abonentów ruchomych przypadających na jeden kanał. Wartości te zostały obliczone przy pewnych założeniach dotyczących zwyczajów abonentów przy wywoływaniu. Gdy charakter ruchu telefonicznego będzie inny od założonego, wówczas aktualne obciążenie kanałów będzie również inne. Interesujące może być na przykład spostrzeżenie, że w pewnych systemach z ręczną obsługą większość wywołań pochodzi od abonentów ruchomych. Jest to prawdopodobnie spowodowane trudnością uzyskiwania połączeń w kierunku od stacji bazowej do abonenta ruchomego. W przypadku jednakowej dostępności do kanałów w obu kierunkach można spodziewać się bardziej równomiernego rozkładu ruchu telefonicznego. Być może, mniej oczywisty jest fakt, że abonent ruchomy, aby znaleźć wolny kanał, na którym mógłby zrealizować połączenie, nie będzie potrzebował sprawdzać każdego kanału, na którym mógłby zapoczątkować wywołanie.

## 6. INNE WŁASNOŚCI SYSTEMU IMTS

W wyniku zastosowania automatycznego wybierania kanałów, które wymagane jest przy dostępie do wielu kanałów,



abonentowi ruchomemu jest zapewniona w pewnym stopniu dyskrecja rozmowy. Chociaż w dalszym ciągu, w pewnych okolicznościach, istnieje możliwość włączenia się do kanału, na którym prowadzona jest rozmowa, w celu nadania sygnałów wyjątkowych, to jednak abonent ruchomy będzie zabezpieczony przed podsłuchem i omyłkowym włączaniem się do jego rozmowy. W obszarze macierzystym abonent ma możliwość automatycznej realizacji połączenia w obydwóch kierunkach. Obecnie zamierza się wyposażyć urządzenia ruchome w tarcze numerowe. Urządzenia mogą być również przystosowane do wybierania klawiaturowego.

W przypadku połączeń wychodzących od abonenta ruchomego urządzenie jego wysyła automatycznie numer siedmiocyfrowy dla identyfikacji. Ta czynność powoduje, że zakończenie radiotelefoniczne kieruje wywołanie poprzez centralę do żądanego abonenta. Pozostałe czynności, jak rejestracja połączeń i zaliczanie rozmów, są dokonywane w urządzeniach centrali w normalny sposób. W systemie IMTS urządzenie ruchome pracować będzie w pełnym duplexie z nadajnikiem zawsze gotowym do pracy. Początkowo nadajniki miały być sterowane głosem, lecz dwa czynniki zadecydowały o nieprzydatności tej koncepcji.

Po pierwsze, zbyt wysoki poziom szumów akustycznych w pojeździe może uruchomić nadajnik, pomimo że układ logiczny prawidłowości działania wskazuje, że nadajnik nie powinien być uruchomiony.

Po drugie, tego rodzaju praca wprowadza nieuniknione opóźnienia występujące przy rozpoczęciu mówienia. Opóźnienia te wprowadzają utrudnienia w pracy bazowego odbiornika i jego układzie blokady.

W urządzeniach ruchomych przy ciągłej gotowości nadajnika do pracy dwupleksowej, w celu zaoszczędzenia baterii znajdujących się w pojeździe, należy tak ograniczyć pobór prądu, jak tylko to jest możliwe.

## 7. PRACA W OBSZARACH POZAMACIERZYSTYCH I WSPÓLPRACA Z SYSTEMEM RĘCZNYM

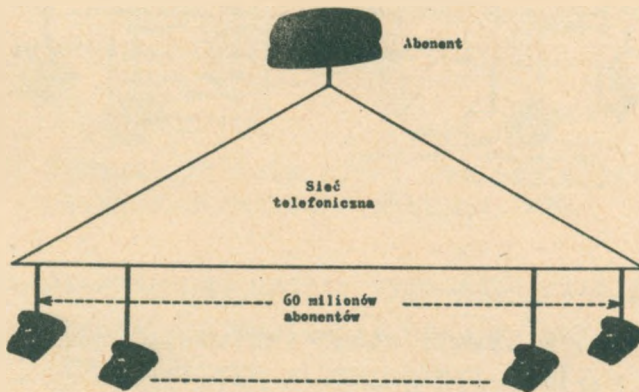
Przy opracowywaniu koncepcji omawianego systemu jest konieczne zwrócenie uwagi na dwa bardzo istotne zagadnienia. Pierwszy z nich to umożliwienie abonentom spoza terenu macierzystego realizacji połączeń, drugi to dostosowanie urządzeń do istniejących systemów z obsługą ręczną. Gdy abonent ruchomy, objęty systemem IMTS, znajduje się poza obszarem macierzystym, w którym również jest stosowany ten sam system, to będzie on mógł tak realizować połączenia, jak we własnym obszarze. Wołania do abonenta wędrującego, jak również wołania od niego będą realizowane przez operatora sieci ruchomej.

Gdy abonent ruchomy systemu IMTS znajdzie się w obszarze z dawnym systemem obsługi ręcznej, to wówczas będzie musiał przełączyć swoje urządzenie na pracę ręczną na jednym z dostępnych kanałów. W tym przypadku prowadzenie rozmowy odbywa się sposobem simpleksowym, podobnie jak w urządzeniach starego typu, a przy wołaniu nie stosuje się automatycznego wybierania. Gdy abonent ruchomy wyposażony w urządzenia dawnego systemu ręcznego znajdzie się w obszarze IMTS, to będzie on mógł realizować połączenie za pośrednictwem operatora.

W chwili obecnej występuje taki stan rzeczy, że wyposażenie części radiowej systemu IMTS może być podobne do dawniej stosowanego, natomiast urządzenia kontrolno-sygnalizacyjne stacji bazowej i stacji ruchomej znacznie odbiegają od dawniej stosowanych i spełniają kilka nowych czynności. W dalszych rozdziałach będą opisane te czynności oraz zostanie przedstawiony sposób przeprowadzania wywołania abonenta w omawianym systemie.

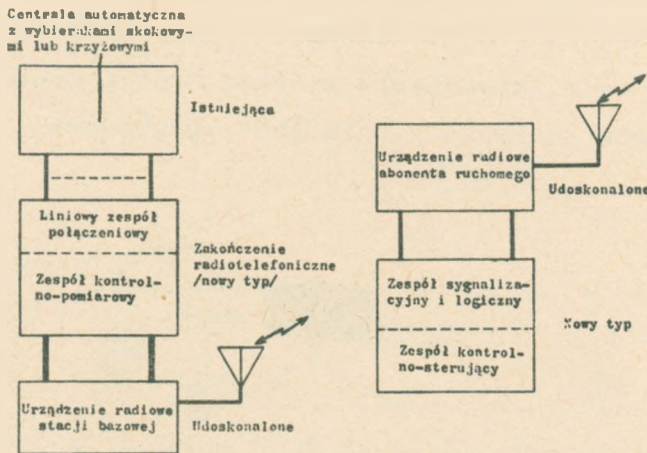
### 3. METODA REALIZACJI POŁĄCZEŃ

Sposób realizacji połączeń w radiowej łączności ruchomej powinien być prosty i podobny do sposobu stosowanego w telefonii przewodowej. W celu właściwego przedstawienia tego zagadnienia pomocne będzie krótkie omówienie zasad łączenia w telefonii przewodowej. Dobry sy-



Rys. 3. Ogólny układ sieci telefonicznej

stem telefoniczny powinien umożliwić realizację wszystkich połączeń przy manipulacji dokonywanej przez abonenta wywołującego. Z punktu widzenia poszczególnego abonenta, telefoniczna sieć połączeń przedstawia się w formie wielkiego trójkąta lub koncentratora, jak to jest przedstawione na rys. 3. Abonent ten znajduje się w wierzchołku trójkąta, a około 60 milionów innych abonentów, z którymi może on uzyskać połączenie, znajduje się na podstawie trójkąta. Trójkąt ten jest w rzeczywistości wielostopniowym koncentratorom, umożliwiającym abo-

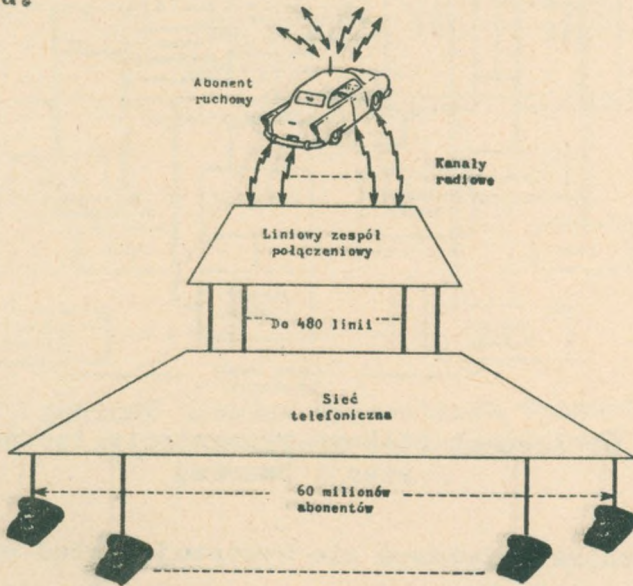


Rys. 4. Szkic sieci radiotelefonicznej przy zastosowaniu systemu IMTS

nentowi realizację połączenia z dowolną linią, przez wybranie tarczą cyfr w odpowiedniej kolejności.



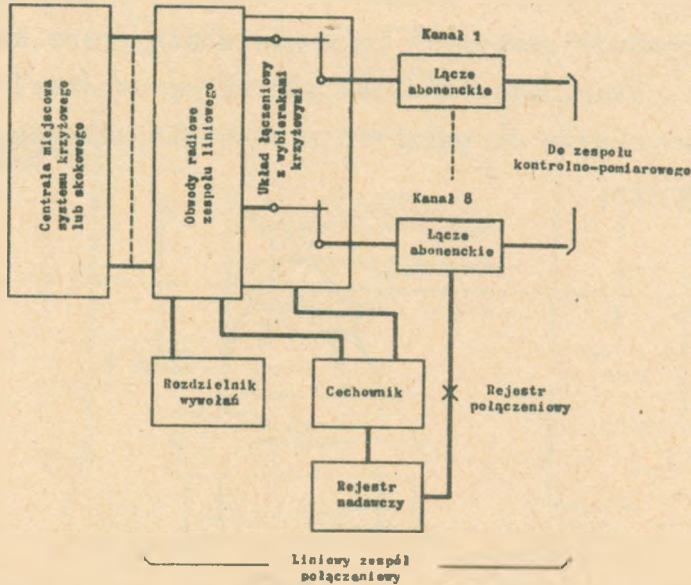
Abonent ruchomy może również uzyskać realizację połączenia pomimo ograniczonej liczby kanałów. W tym celu konieczne jest dodanie dwóch, dodatkowych stopni koncentracji, jak to przedstawiono na rys. 4. Jeden stopień jest potrzebny na stacji bazowej do przejścia z linii abonentów ruchomych na odpowiednią grupę kanałów radiowych. Drugi stopień jest potrzebny na stacji ruchomej w pojeździe do połączenia abonenta ruchomego do wolnego kanału.



Rys. 5. Schemat blokowy sieci radiotelefonicznej przy zastosowaniu systemu IMTS

Dla zapewnienia tego należy wyposażyć stację bazową i każdego abonenta w odpowiednie zespoły połączeniowe, niezależnie od właściwych urządzeń sygnalizacji i kontroli transmisji zainstalowanych po obu stronach. Wszystkie zespoły wchodzące w skład tego systemu są przedstawione na schemacie blokowym na rys. 5. Niezależnie

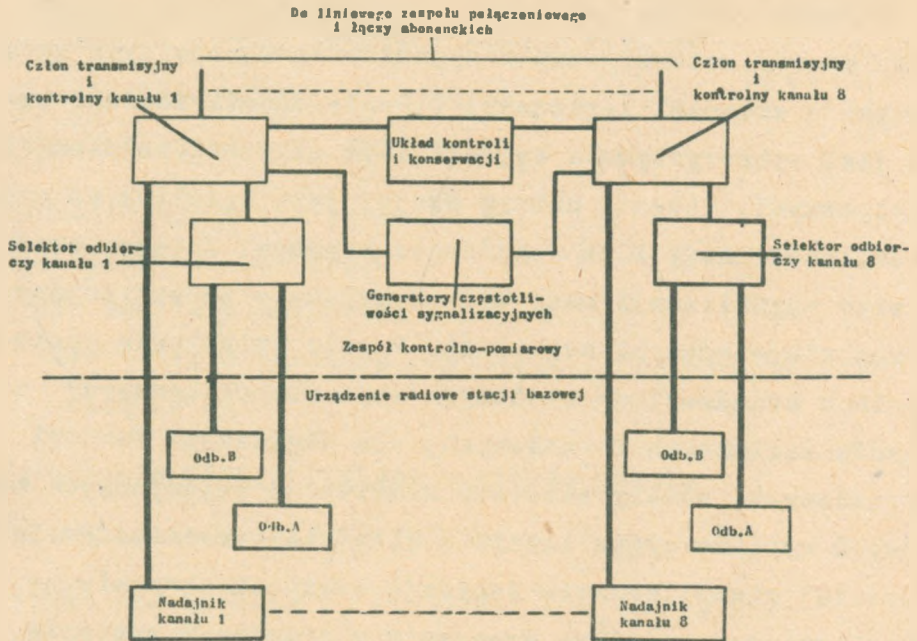
od nowych zespołów łączeniowych, sygnalizacyjnych, kontrolnych i logicznych jest potrzebny udoskonalony sprzęt radiowy. Schemat ulepszonego liniowego zespołu połączeniowego jest przedstawiony na rys. 6.



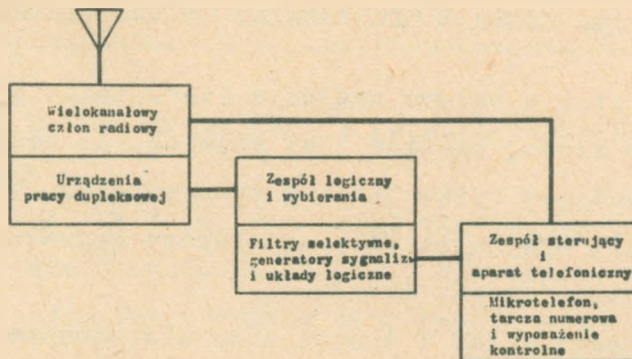
Rys. 6. Schemat blokowy wyposażenia łączeniowego stacji bazowej

W łączniku krzyżowym nie występuje układ blokady. Każdy kanał w centrali jest zakończony odpowiednim zespołem połączeniowym. Pozostałe urządzenia są wspólne dla wszystkich kanałów. Dla konserwacji i zapewnienia ciągłości pracy zastosowano podwójne urządzenia sterujące i kontrolne. Układy transmisyjne oraz sterujące i kontrolne, przedstawione na rys. 7, zawierają wszystkie urządzenia: sygnalizacji tonowej, konserwacji, wybierania i cechowania kanału oraz urządzenia kontroli trans-

misji. Schemat blokowy wyposażenia stacji ruchomej jest przedstawiony z pewnymi szczegółami na rys. 8.



Rys. 7. Schemat blokowy wyposażenia transmisyjnego i sygnalizacyjnego stacji bazowej



Rys. 8. Schemat blokowy stacji ruchomej



## 9. SYGNALIZACJA

Pomiędzy stacją centralną a ruchomą musi być przesłany szereg automatycznych sygnałów funkcjonalnych związanych z układami logicznymi i kontrolnymi. Do tego celu jest wykorzystywana sygnalizacja częstotliwościami akustycznymi, która z natury swojej jest wrażliwa na częstotliwości mowy i na zakłócenia szumowe. Z tego powodu, system sygnalizacji musi być odpowiednio zabezpieczony przed niepożądanymi sygnałami. W celu uniknięcia posiadania w urządzeniach ruchomych zbyt skomplikowanych układów logicznych i czasowych, dla większości funkcji sygnałowych, należy stosować kombinacje pojedynczych tonów. O wyborze sygnalizacji w układzie uproszczonym lub bardziej skomplikowanym decydują czynniki ekonomiczne. Uwzględniając powyższe wymagania w omawianym systemie przyjęto układ sygnalizacji o kombinacji pojedynczych tonów, który jest przedstawiony na rys. 9.

## 10. UKŁAD Z CECHOWANIEM WOLNEGO KANAŁU

Kiedy stacja bazowa znajduje się w takim stanie, że jeden lub więcej kanałów jest wolnych, to pracuje nadajnik obsługujący tylko jeden z tych kanałów (tzw. kanał cechowany), wysyłając falę modulowaną sygnałem informującym o niezajętości kanału.

Odpowiedni układ w stacji abonenta ruchomego przeszukuje i sprawdza kolejno każdy kanał, aż do chwili znalezienia wolnego kanału. Jeżeli wolny kanał nie zostanie



Sygnaly o częstotliwości akustycznej

Połączenie stacja bazowa - stacja ruchoma

Sygnal niezajętości  $f_i$  2000 Hz

Sygnal zajętości  $f_s$  1800 Hz

Sygnalizacja selektywna (20 Hz)

Dla jednego półokresu

Dla drugiego półokresu

Dzwonienie u abonenta ruchomego  $f_g/f_i$  częstotliwością 20 Hz

Połączenie stacja ruchoma - stacja bazowa

Sygnal połączenia  $f_c$  (1336 Hz) +  $f_g$  (2150 Hz)

Sygnal rozłączenia  $f_d$  (1633 Hz) +  $f_g$  (2150 Hz)

Potwierdzenie -  $f_d + f_g$

Identyfikacja -  $f_c$  z częstotliwością 20 Hz +  $f_g$

Impulsowanie wybierania -  $f_c$  20 Hz +  $f_g$  (2370 Hz)

Rys. 9. Kod sygnalizacji częstotliwościowej

zwolniony, poszukiwanie jest nadal kontynuowane z szybkością czterech kanałów na sekundę. Natomiast, wykrycie sygnału niezajętości powoduje zatrzymanie się układu szukającego na tym kanale, aż do czasu zajęcia go przez abonenta.

Zasadę działania łączenia można najlepiej zrozumieć przez opisanie kolejnych etapów występujących przy wywoływaniu abonenta ruchomego przez abonenta sieci telefonicznej lub odwrotnie.

#### 11. WYWOŁANIE ABONENTA RUCHOMEGO PRZEZ ABONENTA SIECI PRZEWODOWEJ

Abonent sieci przewodowej wybiera siedmiocyfrowy numer lokalny abonenta ruchomego (563-1234) i osiąga zakończenie radiotelefoniczne z udziałem urządzeń abonenta ruchomego, znajdujących się w lokalnej centrali telefonicznej. Liniowy zespół połączeniowy abonenta ruchomego wyszukuje linię i łączy wybraną linię z nacechowanym wolnym kanałem. Kod obszaru NPA (201) jest dodany do czterocyfrowego numeru linii abonenckiej i wypadkowy siedmiocyfrowy numer (201-1234) jest kolejno nadawany na wyznaczonym wolnym kanale. Z chwilą gdy liniowy zespół połączeniowy (rys. 4) uzyska połączenie z linią, wówczas dotychczas wolny kanał przechodzi w stan zajętości, przy czym następuje zmiana sygnału niezajętości o częstotliwości  $f_1$ , na sygnał zajętości o częstotliwości  $f_2$ . W tym samym czasie nowy kanał zostaje nacechowany jako wolny. W czasie przejścia na następny wolny kanał, abonenci ruchomi połączeni uprzednio z wolnym kanałem otrzymują sygnał zajętości.

Elementy wybierania szukają i ustawiają się odpowiednio do wybieranych cyfr. W czasie impulsowania wszyscy abonenci dołączeni do danego wolnego kanału za zabloko-

wani sygnałem zajętości. Sygnał zajętości uniemożliwia również abonentowi ruchomemu rozpoczęcie wywoływania w okresie sygnalizacji.

Po skończeniu wybierania wszyscy abonenci ruchomi, oprócz pożądanego, zostaną odblokowani i przełączeni na następny wolny kanał. Wybranieżądanego abonenta ruchomego spowoduje włączenie się jego nadajnika i wysłanie sygnału potwierdzającego uzyskanie połączenia. Rozpoznanie tego sygnału przez stację bazową potwierdza, że wywołany abonent ruchomy odebrał wywołanie, co z kolei powoduje rozpoczęcie dzwonienia na stacji ruchomej. Brak odbioru sygnału potwierdzenia w ciągu trzech sekund spowoduje rozłączenie połączenia w liniowym zespole połączeniowym. W przypadku gdy potwierdzenie zostanie odebrane, ale abonent ruchomy nie zgłosi się w ciągu 45 sekund (siedem impulsów dzwonienia), po odbiorze sygnału potwierdzenia, nastąpi rozłączenie w liniowym zespole połączeniowym. Blokada abonenta ruchomego w okresie 45 sekund odbywa się za pomocą ciągłego sygnału zajętości, modulowanego sygnałem dzwonienia 20 Hz. Wyłączenie sygnału zajętości sprowadza urządzenie abonenta ruchomego do stanu spoczynkowego. W przypadku zgłoszenia się abonenta liniowy zespół połączeniowy przerywa wysyłanie sygnału dzwonienia i realizuje obwód rozmówny między abonentem ruchomym a wywołującym.

## 12. WYWOŁANIE ABONENTA SIECI PRZEWODOWEJ PRZEZ ABONENTA SIECI RUCHOMEJ

Jeżeli abonent ruchomy podnosząc mikrotelefon stwierdzi, że pali się lampka zajętości i mikrotelefon nie działa, oznacza to, że urządzenie tego abonenta nie zostało przyłączone do wolnego kanału. Po stwierdzeniu tego, należy zawiesić mikrotelefon. Wówczas odpowiedni układ w urządzeniu zacznie ponownie szukać wolnego kanału.

Jeżeli urządzenie ruchome w chwili podnoszenia mikrotelefonu jest dołączone do wolnego kanału, wówczas zostanie wysłany ze stacji ruchomej sygnał zajęcia tego kanału. Odebranie tego sygnału na stacji bazowej spowoduje wyłączenie sygnału niezajętości z tego kanału i włączenie na niego po upływie 50-60 milisekund sygnału zajętości. Odbiór na stacji ruchomej kolejnych impulsów i przerw tego sygnału powoduje wysłanie przez urządzenie identyfikujące numerycznego kodu obszaru (201) oraz numeru danego abonenta ruchomego (1234). Wyłączenie sygnału zajętości jest jednoznaczne z gotowością liniowego zespołu połączeniowego do przyjmowania impulsowania. Zakończenie liniowe jest wówczas połączone przez liniowy zespół połączeniowy z wyposażeniem wywołującego abonenta ruchomego. Zakończenie kanałowe w centrali przekazuje stan podniesienia mikrotelefonu do wyposażenia liniowego w centrali i powoduje wysłanie w kierunku abonenta ruchomego sygnału zgłoszenia się centrali. Odbywa się to w taki sam sposób, jak w przypadku wołania przez



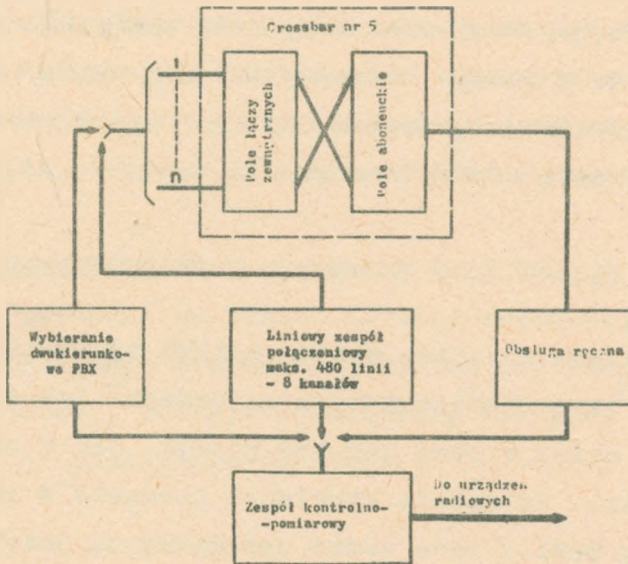
abonenta sieci przewodowej. Abonent ruchomy może teraz wybierać tarczą połączenie z dowolnym abonentem sieci przewodowej. Jeżeli z jakiegokolwiek powodu nie zostanie zrealizowane połączenie z wyposażeniem liniowym centrali automatycznej, to liniowy zespół połączeniowy spowoduje skierowanie wywołania do operatora służby ruchomej w celu zestawienia połączenia przy wykorzystaniu systemu ręcznego. Przypadek ten, może nastąpić, gdy wywołuje abonent z innego obszaru, lub gdy wystąpiło uszkodzenie zespołów połączeniowych, lub błąd w wybieraniu kanału w czasie identyfikacji.

### 13. OBSŁUGA ABONENTÓW Z INNEGO OBSZARU

W obszarach objętych systemem IMTS abonenci wykraczający poza teren macierzysty mogą nadawać lub odebrać wywołania w mniej więcej ten sam sposób, jak w obszarze macierzystym. Wszystkie wywołania abonenta z innego obszaru będą realizowane przez operatora za pośrednictwem 10-cyfrowego numeru. Operator, przy wybieraniu abonenta ruchomego, pomija kod centrali (563) i wybiera tylko kod obszaru i numer abonenta (201-1234). Abonenci z systemem IMTS, znajdujący się w obszarze z systemem ręcznym, będą pracować w sposób aktualnie stosowany z wykorzystaniem sygnalizacji 600/1500 Hz.

## 14. URZĄDZENIA ŁĄCZENIOWE Z MOŻLIWOŚCIĄ WYBORU POŁĄCZEN

Pierwotne typy urządzeń dostarczane przez firmę Bell były wyposażone w liniowy zespół połączeniowy, zmontowany poza centralą telefoniczną. W dalszym rozwoju jest



Rys. 10. Schemat blokowy urządzeń łączeniowych z alternatywnym przełączeniem

planowane wbudowanie większości zespołów połączeniowych do central telefonicznych typu Crossbar nr 5. Urządzenia te tak zostały skonstruowane, aby w przyszłości mogły być do tego celu przystosowane. Na rys. 10 jest przedstawione urządzenie z możliwością wyboru połączeń. Ponadto przewiduje się możliwość pracy duplexowej w

systemie wielokanałowym z obsługą ręczną. Urządzenia są tak zaprojektowane, że liniowy zespół połączeniowy może być początkowo pominięty, z tym że realizacja połączeń odbywać się będzie za pośrednictwem operatora.

#### 15. STAN ROZWOJU SYSTEMU IMTS

System ten nie jest tylko jakąś nową propozycją. Opracowanie jego jest daleko zaawansowane w laboratoriach Bella. Prototypowe urządzenia tego systemu przechodzą obecnie próby terenowe. Planowane jest szybkie ukazanie się tych urządzeń na rynku i oddanie ich do eksploatacji.

System IMTS stanowi wielki krok w postępie technicznym. Wprowadzi on bardzo istotne udoskonalenie w rozpowszechnionym systemie łączności ruchomej o wspólnej fali nośnej, którego rozwiązanie nie było dotychczas jeszcze na najlepszym poziomie.

ZAGADNIENIE EKONOMICZNEGO POWIĘKSZENIA  
LICZBY KANAŁÓW W RADIOTELEFONICZNYCH URZĄDZENIACH  
RUCHOMYCH W ZAKRESACH CZĘSTOTLIWOŚCI 150 I 450 MHz <sup>1)</sup>

Herbert A. Schneider: Bell Telephone Laboratories. New Jersey. An Approach to Multichannel Access for the 150 and 450 Mc/s Mobile Bands. IEEE Transactions on Vehicular Communications, Volume VC-12, September 1963, Number 1, s.22-27.

Służby radiokomunikacji ruchomej w obszarach miejskich napotyka ją trudności w pracy z powodu zagęszczenia i przeciążenia małej liczby kanałów będących w ich dyspozycji.

W celu maksymalnego podniesienia sprawności sieci ruchomych jest konieczne zapewnienie abonentom tych sieci możliwości dostępu do części lub wszystkich przydzielonych tym sieciom kanałów.

W artykule jest przedyskutowana metoda ekonomicznego uzyskania powiększonej liczby kanałów w urządzeniu, dzięki którym można powiększyć korzyści eksploatacyjne. Generator kanałowy składa się z następujących członów: dwóch generatorów kwarcowych, modulatora, filtru oraz generatora synchronizowanego fazowo. Wstępny wybór kanału odbywa się za pomocą podwójnego filtru LC. Dokładna regulacja strojenia, stała i niezależna od ustawienia (wyboru) kanału, uniemożliwia synchronizację z niepożądanymi, bliskimi częstotliwościami. Przełącznik tranzystorowy spełnia rolę dyskryminatora fazowego, z pominięciem zastosowania wzmacniaczy prądu stałego.

W związku z tym dokonano przeglądu podstawowych problemów związanych z omawianym tematem.

## 1. WSTĘP

Kanały przyznane ruchomym służbom radiotelefonicznym w obszarach miejskich są przeciążone i pomimo dużej

<sup>1)</sup> Na podstawie oryginału opracował Z. Berulski.



go zapotrzebowania wzrost ich jest znikomy. Nie jest pewne, czy w najbliższej przyszłości zostanie zwiększona liczba kanałów pracujących w sieciach o wspólnej częstotliwości nośnej w zakresie 150 i 450 MHz. Jednym ze sposobów zmniejszenia utrudnień w tym rodzaju łączności jest zapewnienie abonentom możliwości dostępu do części lub wszystkich przydzielonych kanałów, co przyniesie wzrost korzyści eksploatacyjnych.

Laboratorium Bella opracowuje Ulepszony Ruchomy System Telefoniczny (IMTS)<sup>1)</sup>, który jest przedmiotem artykułu napisanego przez P. Nylunda i R.M. Swansoną, omówionego w poprzednim artykule niniejszego zeszytu. Propozycja zawarta w poniższej pracy jest jeszcze inną z prób, która ma na celu zbliżenie się do zagadnienia uzyskania wielu kanałów, które może być proste, a przez to i opłacalne. Jednak, nie należy oczekiwać, że pełny dostęp do przydzielonych kanałów podniesie korzyści eksploatacyjne do poziomu, jaki jest uzyskiwany w liniach przewodowych. Zagadnienie pełnego wykorzystania przydzielonych kanałów i wynikające z tego korzyści są istotne, zwłaszcza przy ograniczonej liczbie dysponowanych częstotliwości.

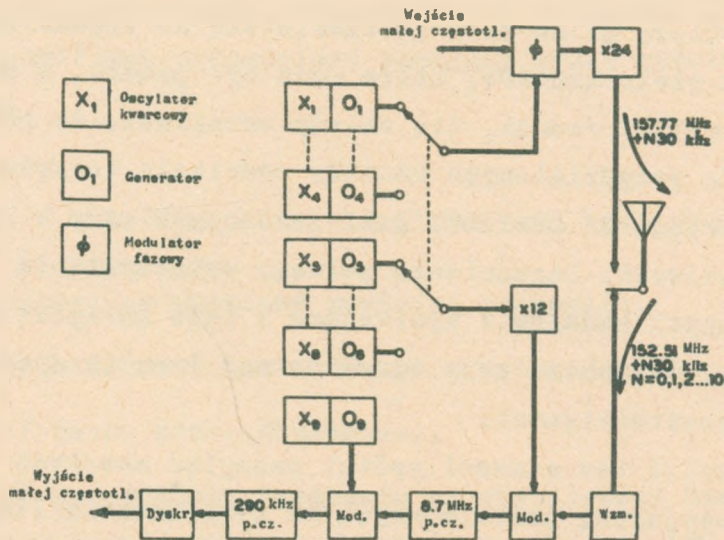
Artykuł ten stanowi krótki przegląd obecnych metod generacyjnych, pozwalających na powiększenie liczby kanałów w urządzeniu radiotelefonicznym.

---

<sup>1)</sup> Pełna nazwa: Improved Mobile Telephone System.

## 2. PRZYKŁADY ROZWIĄZAŃ URZĄDZEŃ NADAWCZO-ODBIORCZYCH

Na rysunku 1 jest przedstawiony uproszczony schemat blokowy czterokanałowego urządzenia nadawczo-odbiorczego, typu FM, przystosowanego do pracy w zakresie 150 MHz. W urządzeniu tym wykorzystano dziewięć oscylatorów kwarcowych. Natomiast w urządzeniu nadawczo-odbiorczym dwukanałowym typu FM, przeznaczonym do pracy w zakresie 450 MHz, ze względu na potrójną przemianę częstotliwości, wykorzystuje się sześć oscylatorów kwarcowych. W



Rys. 1. Schemat blokowy urządzenia radiotelefonicznego 4-kanalowego na zakres 150 MHz

obu tych urządzeniach częstotliwość wyjściową uzyskuje się przez powielenie częstotliwości generatora kwarcowego.

wego, przełączanego na odpowiedni kanał. Dla zapewnienia wymaganej stałości częstotliwości należy oscylatory kwarcowe każdego kanału (jeden nadawczy i jeden odbiorczy) umieszczać w termostacie.

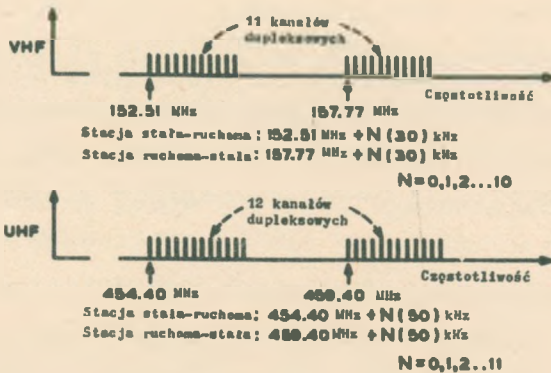
Opierając się na wyżej przytoczonej zasadzie, w urządzeniu nadawczo-odbiorczym jedenastokanałowym, przeznaczonym do pracy w zakresie 150 MHz, należałoby użyć 23 oscylatory kwarcowe, kilka przełączników oraz duży termostat. Innym sposobem wytwarzania częstotliwości kanałowych mogłyby być układ syntezy częstotliwości, który jest skomplikowany oraz kosztowny i który bardziej nadaje się do pracy laboratoryjnej niż do stosowania w stacjach na pojazdach. Należy więc opracować jakiś nowy sposób generowania częstotliwości kanałowych, który by stanowił coś pośredniego pomiędzy wyżej omówionymi metodami.

### 3. WYMAGANIA DLA GENERATORA KANAŁOWEGO

Generator kanałowy powinien zapewnić:

- 1) możliwość zastosowania w istniejących urządzeniach,
- 2) pełną pracę duplexową,
- 3) generowanie jedenastu częstotliwości kanałowych w zakresie 150 MHz lub dwunastu w zakresie 450 MHz,
- 4) pracę przy minimalnej liczbie oscylatorów kwarcowych,
- 5) wybieranie kanałów przez abonenta wprost na aparaturze lub za pomocą zespołu zdalnego sterowania.

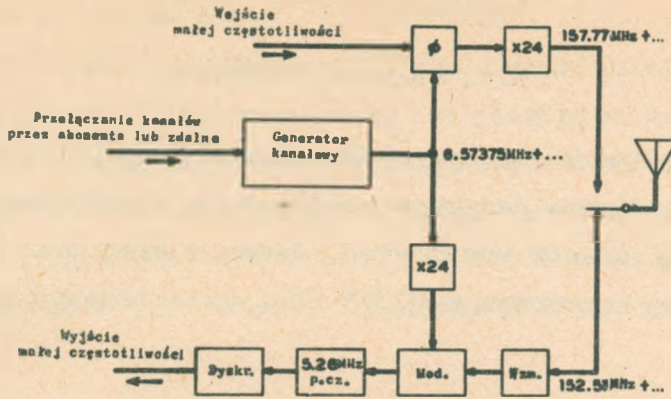
Generator kanałowy powinien dostarczyć dwa zespoły częstotliwości, które po odpowiednim powieleniu są wykorzystywane jako częstotliwości pracy nadajnika i odbiornika. Rozmieszczenie częstotliwości kanałowych nadajnika i odbiornika dla zakresu 150 MHz i 450 MHz jest przedstawione na rys. 2. Szczegółowe rozważania poczynione dla zakresu fal metrowych (150 MHz) są również słuszne dla zakresu fal decymetrowych (450 MHz).



Rys. 2. Przykładowy rozkład kanałów częstotliwościowych przy pracy dwuleśnej dla zakresu fal metrowych i decymetrowych

Na początku należy zrobić jedno uproszczenie, dzięki któremu jest możliwe zredukowanie liczby oscylatorów kwarcowych z 23 sztuk do 12. System IMTS umożliwia dokonanie tego rodzaju redukcji. Zasadniczy schemat blokowy radiotelefonu, w którym zastosowano nowy system w układzie uproszczonym, jest przedstawiony na rys. 3. Dzięki zmniejszeniu pierwszej pośredniej częstotliwości do wartości 5,26 MHz (wartość ta stanowi odstęp pomiędzy czę-





Rys. 3. Uproszczony schemat blokowy przewodzonego urządzenia radiotelefonicznego na zakres 150 MHz

stotliwością nadawaną a częstotliwością odbieraną), jest możliwe wykorzystanie dla nadajnika i odbiornika tej samej częstotliwości generatora kanałowego z odpowiednim powielaniem. Natomiast dla pozostawienia pośredniej częstotliwości o wartości 8,7 MHz należy zastosować dodatkowy generator kwarcowy, modulator i filtr, co zapewnia dostarczenie drugiego zespołu jedenastu częstotliwości.

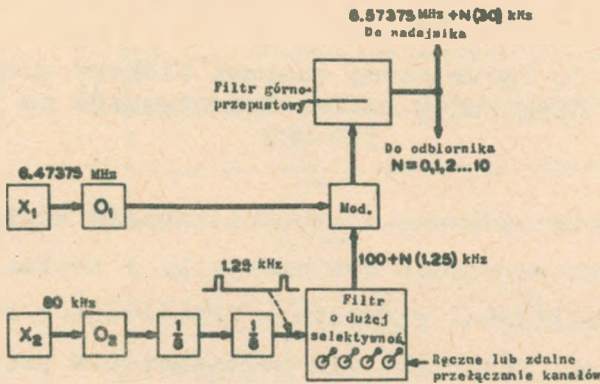
W opisanym urządzeniu generator kanałowy powinien generować następujące częstotliwości:  $(6.573,750 + 1,25 \cdot N / \text{kHz})$  gdzie  $N = 0,1 \dots 10$ .

**U w a g a .** Wartość częstotliwości 1,25 kHz stanowi odstęp pomiędzy sąsiednimi kanałami generatora. Dwudziestoczekrotne powielenie tej wartości daje odstęp pomiędzy kanałami roboczymi, wynoszący 30 kHz, według przyjętej zasady odstępów międzykanałowych w USA.

## 4. GENERATOR KANAŁOWY

## 4.1. Rozważania ogólne

Na rysunku 4 jest przedstawiony schemat blokowy fragmentu urządzenia nadawczo-odbiorczego z zastosowaniem dwóch generatorów kwarcowych. Jeden z nich pracuje z oscylatorem kwarcowym 6,47375 MHz, umieszczonym w termo-

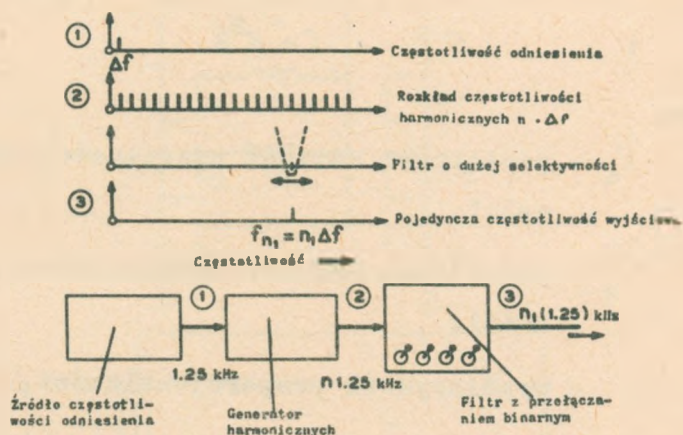


Rys. 4. Schemat blokowy generatora kanałowego

stacie, drugi zaś z oscylatorem kwarcowym 80 kHz bez termostatu. Częstotliwość 80 kHz jest dogodna z uwagi na to, że oscylatory kwarcowe na niższe częstotliwości są duże i zbyt kosztowne.

Napięcie o częstotliwości 80 kHz służy do sterowania stabilnych układów obniżaczy częstotliwości zbudowanych na ośmiu tranzystorach. Na wyjściu obniżacza uzyskuje się impulsy napięcia o częstotliwości 1,25 kHz, które są przyłożone do układu zawierającego specjalny, bardzo se-

lektywny filtr wybierający żadaną częstotliwość harmoniczną, na przykład  $(100 + n \cdot 1,25)$  kHz. Filtr ten, przełączany za pomocą prostego, binarnego przełącznika, powinien zapewnić wybieranie jednej z jedenastu bardzo blisko leżących częstotliwości oraz wprowadzić tłumienie w określonym stopniu sąsiednich częstotliwości, różniących się o 1,25 kHz od wybranej częstotliwości. Na rys. 5 przedstawiona jest zasada działania takiego filtra.



Rys. 5. Własności filtra z wybieraniem częstotliwości za pomocą przełączników

Alternatywnie napięcie impulsowe o częstotliwości 1,25 kHz może być uzyskiwane bezpośrednio z generatora pracującego na tej częstotliwości i odpowiedniego układu kształtującego.

Na wyjściu modulatora, w wyniku mieszania dwóch napięć o częstotliwościach 6,47375 MHz i  $(100 + n \cdot 1,25)$  kHz uzyskuje się napięcie o częstotliwości  $(6.573,750 + n \cdot 1,250)$  kHz gdzie  $n = 0,1,2 \dots 10$ .

#### 4.2. Generator synchronizowany fazowo z binarnym obwodem LC

Pomiędzy częstotliwością, indukcyjnością i pojemnością obwodu LC nie ma liniowej zależności. Wprowadzając następujące oznaczenia:

$$\text{odwrotność indukcyjności } \Gamma = \frac{1}{L} = \Gamma_0 + n \Gamma_{\text{dołączane}}$$

$$\text{odwrotność pojemności } S = \frac{1}{C} = S_0 + nS_{\text{dołączane}}$$

$$\text{i} \quad \Gamma = K^2 S$$

w których

$\Gamma_0$  - początkowa wartość odwrotności indukcyjności,

$S_0$  - początkowa wartość odwrotności pojemności,

$K$  - współczynnik proporcjonalności,

$n = 0, 1, 2, \dots$

uzyskuje się liniową zależność częstotliwości w funkcji  $S$  lub  $\Gamma$  zgodnie ze wzorem

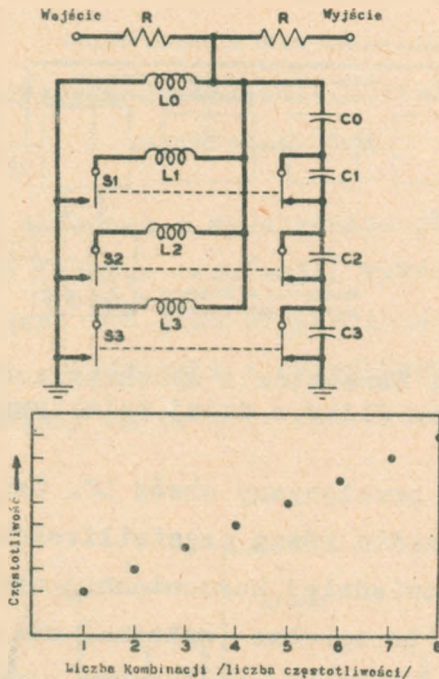
$$\begin{aligned} f &= \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = \frac{\sqrt{\Gamma S}}{2\pi} = \frac{KS}{2\pi} = \frac{K}{2\pi} (S_0 + nS_{\text{doł.}}) = \\ &= \frac{1}{2\pi K} (\Gamma_0 + nS_{\text{doł.}}) \end{aligned}$$

Dzięki temu można zbudować liniowo przełączany filtr. Należy pamiętać, że liniowemu dodawaniu odwrotności in-



dukcyjności odpowiada równoległe łączenie cewek, natomiast liniowemu dodawaniu odwrotności pojemności odpowiada szeregowe łączenie kondensatorów.

Na rysunku 6 jest przedstawiony obwód równoległy  $L_0$ ,  $C_0$ , w którym przez jednoczesną zmianę dodatkowych elementów  $L_n$ ,  $C_n$  za pomocą trzech niezależnych, dwubieguno-

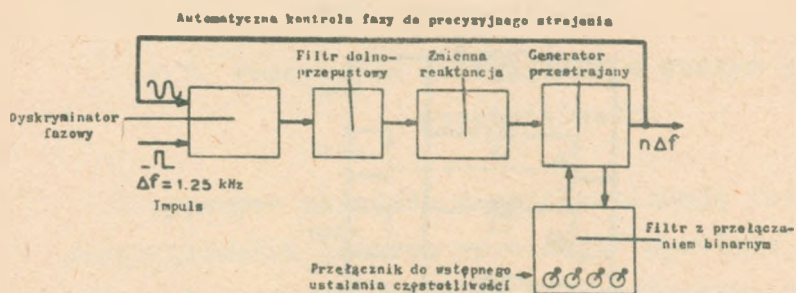


Rys. 6. Obwód równoległy LC z przełączaniem binarnym

wych (binarnych) przełączników uzyskuje się obwód na osiem różnych częstotliwości, liniowo rozmieszczonych. W praktyce układ powyższy nie jest stosowany bezpośrednio jako filtr, ale wchodzi w skład pętli sprzężenia zwrotnego generatora synchronizowanego fazowo PLO (Pha-

se locked Oscillator). Generator taki działa jako filtr czynny o bardzo dużej selektywności, niezależnej w dużym stopniu od dobroci przełączonego układu LC.

Na rys. 7. jest przedstawiony przestrajany generator, współpracujący z binarnie przełączanym obwodem LC, oraz typowa pętla synchronizacji fazowej. W układzie tym generator przestrajany wytwarza częstotliwość, na którą



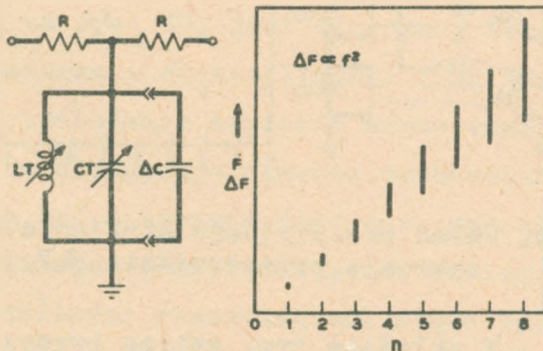
Rys. 7. Generator z synchronizacją fazową jako filtr o dużej selektywności

był ustawiony, przełączany obwód LC. Częstotliwość ta jest w przybliżeniu równa częstotliwości wybranego kanału, tzn. odpowiedniej harmonicznej częstotliwości 1,25 kHz. Daje to zgrubne (wstępne) ustalenie częstotliwości. W dyskryminatorze fazowym porównywana jest różnica fazy pomiędzy napięciem pochodzącym z generatora przestrajanego a napięciem impulsowym o częstotliwości 1,25 kHz, pochodzącym z generatora kanałowego. Przy istnieniu różnicy faz, na wyjściu dyskryminatora fazowego pojawia się napięcie stałe, które po przejściu przez filtr dolnoprzepustowy zostaje przyłożone do waraktora. Napięcie to powoduje zmianę pojemności warak-

tora, która z kolei wywołuje zmianę częstotliwości generatora przestrajanego. W wyniku tego uzyskuje się dokładną synchronizację częstotliwości generatora przestrajanego z częstotliwością wybranego kanału. Jako element o zmiennej pojemności stosuje się zazwyczaj diody odpowiednio spolaryzowane. Pętla synchronizacji zapewnia dokładne ustalenie częstotliwości generatora przestrajanego.

#### 4.3. Precyzyjne dostrajanie o stałym przyroście częstotliwości

W typowych układach z synchronizacją fazową zmiana częstotliwości (zakres regulacji) wywołana zmianą pojemności regulującej  $\Delta C$  jest proporcjonalna do kwadratu częstotliwości. Układ taki z charakterystyką regulacji jest przedstawiony na rys. 8. Charakterystyka zakresu re-

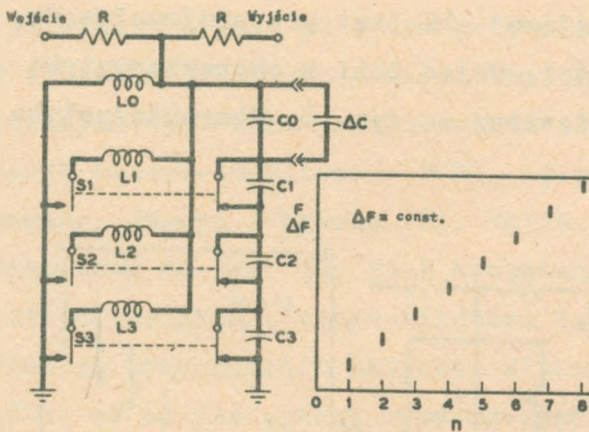


Rys. 8. Układ precyzyjnego strojenia o zmiennym zakresie przestrajania  $\Delta F$



gulacji w zależności od typu układu strojenia wstępnego oraz od umieszczenia elementu regulującego może być liniowa, kwadratowa lub odwrotnie proporcjonalna. W przypadku gdy generator ma być przestrajany w szerokim zakresie, korzystnie jest stosować układ strojenia precyzyjnego, zapewniający stały zakres regulacji, niezależny od wybranej częstotliwości. W urządzeniach wyposażonych w kanały z równomiernie rozstawionymi częstotliwościami wskazany jest układ o stałym zakresie regulacji, zapewniający synchronizację na wybranej częstotliwości.

Na rysunku 9 jest przedstawiony układ binarnego filtra LC, w którym waraktor dołączony jest tylko do po-



Rys. 9. Układ precyzyjnego strojenia o stałym zakresie przestrajania  $\Delta F$

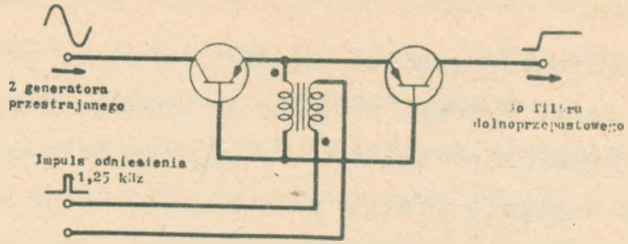
jemności  $C_0$ . W układzie tym, zakres precyzyjnej regulacji zależy tylko od początkowej pojemności obwodu  $C_0$  i zmiany pojemności waraktora  $\Delta C$ , natomiast nie zależy od częstotliwości wybranego kanału.



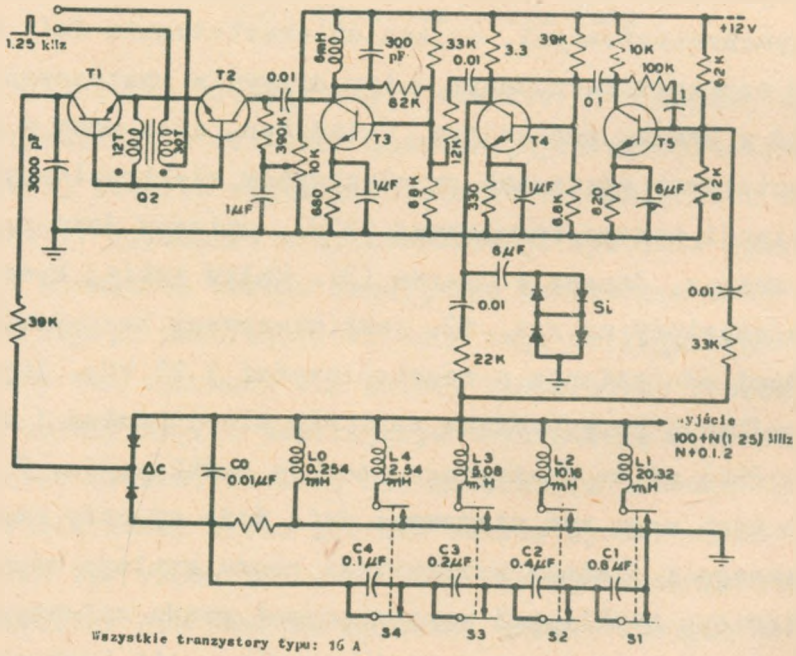
#### 4.4. Przełącznik próbkujący jako dyskryminator fazy

Dyskryminator stanowi zasadniczą część pętli synchronizacji fazy. Typowym układem do pomiaru fazy jest diodowy dyskryminator fazowy, na wyjściu którego uzyskuje się małe napięcie stałe, proporcjonalne do sinusa kąta fazowego pomiędzy dwoma porównywanymi napięciami. Układ ten wymaga zazwyczaj wzmacniacza prądu stałego (2,3,4). Ostatnio szeroko rozpowszechnione są układy tranzystorowe typu AND (5) lub flip-flop (6,7), stosowane w przypadkach, gdy synchronizowane częstotliwości są jednakowe, lub gdy mogą być one w prosty sposób zrównane, lub gdy nie występuje zbyt duża różnica pomiędzy częstotliwościami synchronizowanymi, dająca zniekształcenia fali nośnej.

W rozwiązaniu podanym w tym artykule zastosowano inny układ z bramką próbkującą. Układ ten, stosowany w eksperymentalnych systemach przełączników elektronicznych przy modulacji kodowo-impulsowej (PCM), opisany jest przez Johannensena, Jamesa i Myersa (8). Układ takiej bramki, przedstawiony na rys. 10, jest sterowany bezpośrednio impulsami odniesienia o częstotliwości 1,25 kHz. Impulsy te próbkują przychodzące napięcie sinusoidalne i akumulują próbkę aż do następnego momentu próbkowania. W układach tych mogą być stosowane dość duże sygnały napięcia zmiennego i dlatego wzmacniacze prądu stałego mogą być zastąpione stabilnymi wzmacniaczami prądu zmiennego, dającymi wystarczające wzmocnienie dla pętli kontroli. W systemie tym, ze źródła napięcia zmiennego nie są pobierane sygnały korekcyjne w okresach między próbkami,



Rys. 10. Fazowa bramka próbująca - Essex'a



Rys. 11. Układ generatora kanałowego

niezależnie od pracy na dziesiątej, dwudziestej lub setnej harmonicznej. Filtr dolnoprzepustowy wygładza błędy fazy i dostarcza stałego napięcia, które oddziałuje na częstotliwość generatora przestrajanego.

Układ obejmujący wyżej wymienione elementy jest przedstawiony na rys. 11. Generator synchronizowany fazowo jest wyposażony w 5 tranzystorów, a kompletny generator kanałowy w 18 tranzystorów. Zastosowane 4 przełączniki przechylne mogą być, przy zdalnym sterowaniu, zastąpione czterema przekaźnikami.

## 5. NIEKTÓRE ZAGADNIENIA PODSTAWOWE

### 5.1. Synchronizacja fazy

Stośowanie przełączanych obwodów LC o bardzo dużej selektywności, w układach generacyjnych synchronizowanych fazowo, stwarza niebezpieczeństwo wypadnięcia z synchronizacji. Wypadanie z synchronizacji wywołane jest zmianami elementów obwodu drgającego generatora oraz zmianami napięć zasilających. Żeby tego uniknąć, generator należy tak wykonać, aby zmiany temperatury otoczenia oraz zmiany napięć zasilających minimalnie wpływały na stałość częstotliwości. Dla generatora pracującego na częstotliwości około 100 kHz zakres synchronizacji powinien być rzędu  $100 \pm 200$  Hz. Zaprojektowanie takiego generatora nie powinno sprawiać poważniejszych trudności.



## 5.2. Pojemności rozproszenia

Innym czynnikiem powodującym przestrajanie obwodu LC jest nieuniknione występowanie pojemności rozproszenia. Pojemności te mają tym większy wpływ, im wyższa jest częstotliwość obwodu. Przy częstotliwości około 100 kHz występowanie pojemności rozproszenia nie jest groźne. Przy wyższych częstotliwościach należy stosować układy kompensacyjne, które są dosyć skomplikowane, a przez to samo zbyt drogie.

## 5.3. Niestalość częstotliwości generatorów kanałowych

Zgodnie z wymaganiami FCC<sup>1)</sup> współczynnik niestalości częstotliwości generatorów przeznaczonych do pracy w zakresie 150 MHz powinien wynosić  $5 \cdot 10^{-5}$ . Stąd wynika, że dopuszczalna zmiana częstotliwości generatora kanałowego pracującego na częstotliwości około 6 MHz może wynosić 300 Hz, a generatora 80 kHz, służącego do otrzymania częstotliwości 1,25 kHz, tylko 40 Hz. Praktyka wykazuje, że można będzie stosować tylko jeden wysokostabilny generator pracujący na częstotliwości 6 MHz, zaś napięcie o częstotliwości 1,25 kHz uzyskiwać bezpośrednio z generatora o mniejszej stałości. O wyborze ostatecznego rozwiązania decydują względy ekonomiczne. Wydaje się jednak, że układ z dwoma generatorami kwarcowymi i u-

---

<sup>1)</sup> Federal Communications Commission - Federalna Komisja do spraw Łączności.



kładami obniżaczy powinien być lepszy, ponieważ zapewnia większą pewność działania układu.

## 6. UWAGI KONCOWE

Z przeprowadzonych rozważań wynika, że układ składający się z modulatora, filtru, generatorów kwarcowych, generatora z synchronizacją fazową zapewnia uzyskanie jedenastu częstotliwości kanałowych, wymaganych w zakresie 150 MHz. Podobne rozwiązanie może być wykorzystane w zakresie 450 MHz.

Na podstawie pobieżnej oceny wynika, że stosowanie generatora kanałowego jest ekonomicznie uzasadnione. Omawiany układ jedenastokanałowy nie będzie bardziej kosztowny niż układ z trzema lub czterema oscylatorami kwarcowymi, umieszczonymi w termostacie. A zatem można przyjąć wniosek, że generator kanałowy może być stosowany jako układ znormalizowany w dowolnym obszarze, niezależnie od nasilenia trafiku. Rozwiązanie koncepcyjne takiego generatora może być uznane za duży postęp techniczny. Zasadnicze cechy nowego układu są następujące:

1. Dla dowolnej liczby kanałów wszystkie zespoły sterujące będą identyczne, co umożliwi znormalizowanie produkcji.

2. Szybka zmiana częstotliwości kanałów dokonywana jest w sposób prosty, bez potrzeby stosowania dodatkowych oscylatorów kwarcowych i dodatkowej regulacji.

3. Urządzenie jest tak opracowane, że wymagana jest minimalna liczba oscylatorów kwarcowych, bez potrzeby gromadzenia ich w dużych ilościach.

4. Pełny dostęp abonenta do wielu kanałów pozwala mu na korzystanie również z innych sieci, poza terenem nacierzystym.

System IMTS spełnia wymagania dotyczące koordynacji współpracy poszczególnych obszarów oraz sposobów sygnalizacji. Obecna koncepcja rozwiązania jest oparta na wykorzystaniu sprzętu dostępnego aktualnie lub spodziewanego w najbliższej przyszłości. Przez dodanie stosunkowo małego i prostego generatora kanałowego jest możliwe usprawnienie eksploatacyjnej pracy sieci, przy umiarkowanych kosztach.

#### WYKAZ LITERATURY

1. C.H. Young: Precise Decade Oscillator. Bell Laboratories Record, Vol. 28, pp. 487-9, November 1950.
2. G. Salmét: An Analysis of Pulse-Synchronized Oscillators Proc. IRE, Vol. 44, No. 11, pp. 1582-1594, November 1956.
3. H.T. McAleer: A New Look at the Phase-Locked Oscillator. Proc. IRE, Vol. 47, No. 6, pp. 1137-1143, June 1959.
4. T.J. Rey: Automatic Phase Control: Theory and Design. Proc. IRE, Vol. 48, No. 10, pp. 1760-1771, October 1960.

5. D.J. Brady, K.A. Edwards and O. Golubjatnikov: **Transistor Phase-Locked Oscillators**. Paper No. 58-276, AIEE Winter Meeting, February 1958.
6. C.J. Byrne: **Properties and Design of the Phase-Controlled Oscillator with a Sawtooth Comparator**. B.S.T.J., Vol. 41, No. 2, pp. 559-602, March 1962.
7. A.J. Goldstein: **Analysis of the Phase-Controlled Loop with a Sawtooth Comparator**. B.S.T.J., Vol. 41, No 2, pp. 603-633, March 1962.
8. D.B. James, J.D. Johannesen and P.B. Myers: **A Two-Transistor Gate for Time-Division Switching**. Proc. IRE-AIEE Transistor and Solid State Circuits Conference, February 1958.

