

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

REFERATY  
PROBLEMOWE

Zeszyt 40

Ryszard Strużak

O OPTYMALNYM PRZYDZIALE MOCY I CZESTOTLIWOŚCI  
RADIOKOMUNIKACYJNYM STACJOM NADAWCZYM



Warszawa - kwiecień 1981

0277 558.77

IN STYTUT ŁĄCZNOŚCI

---

KOŁO ZAKŁADOWE STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

Na prawach rękopisu

REFERATY PROBLEMOWE

Zeszyt 40

Ryszard Strużak

O OPTYMALNYM PRZYDZIALE MOCY I CZĘSTOTLIWOŚCI  
RADIOKOMUNIKACYJNYM STACJOM NADAWCZYM

Warszawa - kwiecień 1981

Zespół Redakcyjny:

dr inż. Stanisław Sołta, mgr inż. Andrzej Stągowski,

mgr inż. Maria Waśniewska

Opracował:

prof. dr inż. Ryszard Strużak

Kierownik Oddziału Łt we Wrocławiu

BIBLIOTEKA  
Instytutu Łączności  
Nr 5-8872

Instytut Łączności, Oddział we Wrocławiu

51-622 Wrocław, ul. Kopernika 11, tel. 48-42-41, w. 22

Praca nr

Opiniował: doc. mgr inż. Henryk Kalita

Maszynopis dostarczono dnia 2 lutego 1981 r.

Sformułowano problem optymalnego przydziału mocy i częstotliwości w sieciach nadawczych stacji radiokomunikacyjnych oraz przedstawiono metodę jego rozwiązania. Metoda ta pozwala dobrać moce i częstotliwości stacji tak, aby łączna moc wszystkich stacji była minimalna i wszystkie ograniczenia i wymagania były spełnione.

Redaktor: mgr K. Juszkiewicz

Montaż tekstu: B. Drabik

Wpłynęło do Działu Wydawniczego Instytutu Łączności

dnia 23.III.1981 r.

Nakład 70 egz.

## SPIS TREŚCI

	Str.
1. Wprowadzenie	1
2. Sformułowanie problemu	2
3. Znaczenie	2
4. Interpretacja geometryczna	3
5. Trudności	3
6. Szkic rozwiązania	4
6.1. Algorytm 1. Przydział mocy i częstotliwości	5
6.2. Algorytm 2. Ustalenie kolejności stacji nadawczych	6
6.3. Algorytm 3. Ustalenie kolejności kanałów częstotliwościowych	9
6.4. Algorytm 4. Obliczenia i testy	10
6.5. Wymagane stosunki sygnałów	11
7. Wnioski	12
Wykaz literatury	12

## 1. WPROWADZENIE

łącność radiowa w skali krajowej i międzynarodowej zanikłaby w chaosie bez planowego przydziału nadawczym stacjom radiokomunikacyjnym odpowiednich częstotliwości i mocy. W miarę wzrostu liczby stacji należałoby brać pod uwagę więcej ograniczeń zapewniających bezkolizyjną ich pracę i problem staje się coraz bardziej ważny. Chociaż zaopiniowanie to ma bogatą literaturę, problem optymalnego doboru parametrów stacji nadawczych pozostaje otwarty [2, 11, 14].

Głównym celem niniejszego opracowania jest przedstawienie nowego sformułowania tego problemu, który traktujemy tutaj jako zadanie optymalizacyjne. Ogólnie, optymalizacją nazywamy wyznaczanie takich wartości parametrów występujących w zadaniu, które zapewniają najlepszy rezultat przy zachowaniu narzuconych ograniczeń. Zakłada się przy tym, iż:

- istnieją zmienne podlegające kontroli;
- rezultat, który ma być optymalizowany opisany jest wyrażeniem matematycznym zawierającym kontrolowalne zmienne;
- wybrana jest miara dla tych właściwości systemu, które należy optymalizować;
- wszystkie wymagania, ograniczenia i założenia są ściśle sprecyzowane.

W naszym podejściu opieramy się na modelach matematycznych, w których zmienne, opisujące istotne elementy, stany i właściwości systemu oraz zależności między nimi są opisane wyrażeniami matematycznymi. Przy planowaniu sieci stacji nadawczych należy brać pod uwagę wiele czynników natury technicznej, ekonomicznej, a nawet socjalnej i politycznej i nie ma praktycznie sposobu, aby wszystkie te czynniki wprowadzić do modelu matematycznego bezpośrednio. W związku z tym ich efekt jest uwzględniany przez wprowadzenie odpowiednich założeń i ograniczeń.

Drugim celem tego opracowania jest przedstawienie proponowanej metody rozwiązania podstawowego problemu. Metoda ta opiera się na zasadzie dekompozycji [7] i wykorzystuje niektóre koncepcje teorii grafów [3]. Z uwagi na ograniczenie objętości nie ma tu możliwości szczegółowo omówienia problemu i dlatego ograniczymy się tylko do jego szkicowego przedstawienia.

## 2. SFORMUŁOWANIE PROBLEMU

Opracowanie niniejsze dotyczy następującego zagadnienia: "Mając dane położenie geograficzne i anteny stacji nadawczych wyznaczyć optymalną moc i częstotliwość każdej stacji z następującymi warunkami:

1. Suma mocy wszystkich stacji /funkcja celu/ powinna być minimalna.
2. Istnieją ograniczenia trzech typów:
  - a. Ograniczenie typu c /katalogowe: catalogue/, w których częstotliwość i moce nie mogą być dowolne, lecz muszą być dobrane z katalogów dopuszczalnych wartości mocy i dopuszczalnych kanałów częstotliwościowych /oraz dopuszczalnych "offsetów" - jeśli jest to istotne/.
  - b. Ograniczenia typu e /środowiskowe: environmental/, które dotyczą kompatybilności /zgodności/ z istniejącym otoczeniem elektromagnetycznym, określonym w zadanych punktach testowych /punkty testowe typu e/.
  - c. Ograniczenie typu q /jakościowe; quality/, które odnoszą się do gwarantowanej jakości odbioru dla każdej stacji nadawczej w zadanych punktach testowych /punkty testowe typu q/ i określonym otoczeniu elektromagnetycznym w tych punktach.

Nie ma ograniczeń dotyczących zadanych lokalizacji stacji nadawczych i punktów testowych i potrzebna pełna informacja jest dostępna. Jedynym założeniem jest to, że łączna liczba stacji nadawczych punktów testowych i ograniczeń typu e jest skończona".

## 3. ZNACZENIE

Szeroką grupę problemów praktycznych można sprowadzić do nowszej postaci. Z jednej strony, przy dużej liczbie i regularnym rozmieszczeniu stacji nadawczych i punktów testowych można symulować problemy ciągłego pokrycia dużych obszarów. Z drugiej strony zespół pojedynczych stacji i punktów testowych stanowi dobry model radiokomunikacji między oddzielnymi punktami. Inne, specyficzne rozkłady mogą być wymagane do dopasowania obszaru pokrycia do rozkładu gęstości zaludnienia, do granic obszarów geograficznych lub politycznych względnie do wypełnienia luk w pokryciu terenu przez inne sieci.

Od zarania rozwoju radiotechniki wiadomo, że zaopatrzenie przydziału częstotliwości i mocy ma podstawowe znaczenie dla efektywnego działania każdej sieci stacji radiokomunikacyjnych. Problem ten ma również znaczenie ekonomiczne i metody optymalizacyjne są tutaj pożądane. Opinia ta została ostatnio potwierdzona przez ekspertów CCIR w nowym programie studiów, dotyczącym optymalnych metod planowania i technik przydzielania częstotliwości [9].

#### 4. INTERPRETACJA GEOMETRYCZNA

Niech  $C$  i  $S$  będą wielowymiarowymi abstrakcyjnymi przestrzeniami, nazywanymi odpowiednio przestrzenią stacji nadawczych i przestrzenią sygnałów. Każda ze stacji nadawczych jest reprezentowana w  $C$  przez określony punkt i każdy z sygnałów jest reprezentowany przez punkt w  $S$ . Niech podprzestrzeń  $E$  w  $C$  reprezentuje sygnały w punktach testowych typu  $e$ , natomiast  $Q$  w  $S$  - sygnały w punktach testowych typu  $q$ . Między wspomnianymi przestrzeniami istnieją relacje takie, że każdy punkt w  $C$  jest odwzorowany w  $Q$  i  $E$ . Relacje te zależą od częstotliwości i od innych czynników, przy czym niektóre z nich są niekontrolowane, co wprowadza określoną niepewność w procesie odwzorowania. Każde z ograniczeń typu  $c$ ,  $e$  i  $q$  określone jest w innej przestrzeni lub subprzestrzeni. Ogólnie, ograniczenia typu  $e$  i  $q$  można interpretować jako minimalne odległości między określonymi punktami w  $E$  i  $Q$ , które muszą być zachowane. Odległości te można odwzorować w  $C$ . Warunki zaopatrzenia definiują w  $C$  zbiór  $A$  dopuszczalnych punktów. Zatem, nasze zaopatrzenie sprowadza się do znalezienia takiego podzbioru punktów w  $A$ , który minimalizuje funkcję celu.

#### 5. TRUDNOŚCI

Według zebranych informacji ani zaproponowane tu sformułowanie problemu, ani jego rozwiązanie nie były dotychczas opublikowane. Jedną z możliwych przyczyn tego stanu rzeczy mogą być trudności, na jakie napotyka się przy próbach jego rozwiązania.

Należy bowiem zwrócić uwagę, że przedstawiony problem nie może być rozwiązany klasycznymi metodami siatek regularnych [4-6]. Ze względu na podstawowe założenia tych metod nie ma w nich możliwości uwzględnienia szeregu istotnych cech problemu [13,15], takich jak np.: z góry założone lokalizacje nadajników i charakterystyki kierunkowe anten, nieciągły obszar pokrycia, efekty innych stacji radiowych działających na tym samym obszarze

itud. Nieciągła natura naszego problemu wyklucza również zastosowanie rachunku różniczkowego, mnożników Lagrange'a i ogólnie wszystkich technik typu ciągłego, z programowaniem liniowym włącznie. Również techniki programowania nieliniowego i całkowitoliczbowego nie nadają się do bezpośredniego wykorzystania w naszym zagadnieniu.

Jeżeli lokalizacje i moce stacji nadawczych są znane, problem przydziału częstotliwości może być w niektórych przypadkach rozwiązany z wykorzystaniem metod teorii grafów, jak pokazali Zoellner i Beall [16] lub metod programowania dynamicznego, jak pokazał Kharitonov [8]. Podobnie, jeżeli lokalizacje i częstotliwości nadajników są wiadome, algorytmy programowania liniowego można wykorzystać w pewnych przypadkach do optymalnego przydziału mocy, jak pokazali Bock i Ebstein [1] oraz Peichev i Christov [10]. Niestety żadna z tych sytuacji nie zachodzi w naszym przypadku, w którym ani częstotliwości, ani moce nie są znane a priori i muszą być dopiero wyznaczone w trakcie rozwiązania zagadnienia.

## 6. SZKIC ROZWIĄZANIA

Jedną z istotnych cech naszego zagadnienia jest duża liczba złożonych oddziaływań, które należy brać pod uwagę. Nawet przy umiarkowanej liczbie stacji nadawczych, punktów testowych i synatów otoczenia, liczba obliczeń wymaganych do systematycznego zbadania wszystkich możliwych kombinacji jest bardzo duża. Z tego powodu metody rozwiązania zagadnienia, które opierają się na takim pełnym przełączeniu nie nadają się do zastosowań praktycznych.

Autor dokonał przeglądu literatury, lecz nie znalazł innej ogólnej i jednocześnie dokładnej metody rozwiązania.

W naszym podejściu proponujemy metodę heurystyczną [15]. Problem nasz dzielimy na kilka podproblemów, z których każdy jest mniej złożony niż problem wyjściowy i może być rozwiązywany oddzielnie. Ponadto, wprowadzamy dodatkowe ograniczenia oraz ustalamy kolejność rozwiązywania tak, aby rozwiązanie podproblemu wcześniejszego mogło być wykorzystane przy rozwiązywaniu następnego podproblemu, a rozwiązania problemu wyjściowego i zbioru podproblemów były identyczne lub zbliżone. Po skończonej liczbie kroków zawierających niezbędne obliczenia, porządkowanie i porównania znajduje się szukane rozwiązanie albo stwierdza jego brak wynikający ze sprzecznych warunków i wymagań.

Dwa podproblemy grają tu kluczową rolę. W pierwszym ustalamy kolejność



stacji nadawczych. W tym celu wszystkie stacje nadawcze są wzajemnie porównywane i stacja nadawcza o najmniejszej liczbie stonni swobody ustawiana jest przed pozostałymi. Proces przydziału częstotliwości rozoczryia się od tej właśnie stacji.

W drugim podproblemie ustala się kolejność kanałów częstotliwościowych. Tutaj wszystkie kanały istotne dla rozpatrywanej stacji nadawczej są wzajemnie porównywane. Kanał, który zapewnia minimalną moc stacji przydzielany jest w pierwszej kolejności.

Należy zauważyć, że kolejność stacji nadawczych jest ustalana jednorazowo, natomiast kolejność kanałów ustalana jest tyle razy, ile jest stacji nadawczych. Nasze postępowanie opisuje Algorytm 1.

### 6.1. Algorytm 1. Przydział mocy i częstotliwości

#### 1. Ustalenie kolejności stacji nadawczych

Ustal listę kolejności stacji nadawczych oczekujących na przydział /patrz Algorytm 2/.

#### 2. Wybór stacji nadawczej

Jeżeli lista nadaajników jest pusta stop: nie ma stacji oczekujących przydziału.

W przeciwnym przypadku wybierz stację znajdującą się na pierwszym miejscu na liście.

#### 3. Ustalenie kolejności kanałów

Ustal listę kolejności kanałów dopuszczalnych dla wybranej stacji, według Algorytmu 3.

#### 4. Obliczenia i testy

Wykonaj obliczenia i przeprowadź testy wg Algorytmu 4. Jeżeli wszystkie ograniczenia są spełnione, przejdź do kroku 5; w przeciwnym przypadku stop: brak rozwiązania dopuszczalnego.

#### 5. Przydział

a. Przydziel moc, kanał i offset - jeśli istotny/ rozważanej stacji nadawczej.

b. Usuń tę stację z listy stacji oczekujących na przydział.

c. Wprowadź do zbioru danych o otoczeniu wszystkie sygnały generowane przez stację w punktach testowych.

d. Przejdź do kroku 2 /tj. wybierz następną stację/.

Należy zauważyć, że w kroku 5 zagadnienie zostaje zredukowane przez wyeliminowanie jednej stacji. Jednocześnie dodatkowe ograniczenia sygnałowe nakładane są na następne stacje oczekujące przydziału.

Do ustalenia kolejności stacji nadawczych proponujemy następujący algorytm:

## 6.2. Algorytm 2. Ustalenie kolejności stacji nadawczych

### 1. Przydział próbny

Przydziel czasowo każdej stacji nadawczej jednostkową moc i kanał /odpowiadający np. najmniejszej częstotliwości/.

### 2. Oszacowanie gęstości strumienia mocy

Oszacuj gęstość strumienia mocy /PD/ sygnału od każdej stacji nadawczej w każdym punkcie testowym. Jeżeli sygnał jest pożądany, a PD jest mniejsza niż zadana wartość graniczna A, stop: wymagania dotyczące jakości odbioru tej stacji nie są spełnione. Jeżeli sygnał jest niepożądany i PD jest mniejsze niż zadana wartość graniczna B, przyjmij  $PD = 0$ .

Uwaga: Prostsza procedura, wykorzystująca wyidealizowany model propagacji i obliczenia odległości w niektórych przypadkach może dawać takie same wyniki.

### 3. Budowa grafu

Zbuduj graf H.

### 4. Kolorowanie grafu

a. Usuń z grafu H wierzchołek najniższego stopnia i gałęzie z nim połączone.

b. Wprowadź ten wierzchołek na listę kolejności wierzchołków na ostatnie, nie zajęte jeszcze miejsce.

- c. Usunąć z grafu zredukowanego wierzchołek najniższego stopnia i gałęzie z nim połączone.
- d. Powtarzaj kroki b i c dopóki ostatni wierzchołek nie zostanie usunięty z grafu i umieszczony na czotowym miejscu listy wierzchołków.

#### 5. Ustalenie kolejności stacji nadawczych

Usunąć z listy wierzchołków wszystkie te wierzchołki, które reprezentują źródła sygnałów otoczenia. Kolejność pozostałych wierzchołków odpowiada poszukiwanej kolejności nadajników.

Nie wprowadzamy tu ograniczeń dotyczących modelu propagacji stosowanego w kroku 2; modele wykorzystujące szczegółowe dane terenowe są najbardziej odpowiednie. Przykład znaleźć można w [12]; dyskusja tego zagadnienia wykracza jednak poza ramy tego opracowania.

#### 6. Grafy $G$ , $\bar{G}$ i $H$

Graf  $G$  zawiera zbiór wierzchołków, które reprezentują nadajniki i źródła sygnałów otoczenia /wierzchołki typu  $T$ /, jak również punkty testowe /wierzchołki typu  $R$ / . Jeżeli sygnał nadajnika  $T_i$  osiąga punkt testowy  $R_j$  z gęstością mocy większą niż  $B$ , w grafie istnieje zorientowana krawędź - wektor od  $T_i$  do  $R_j$ . Wszystkie elementy grafu są opisane: wierzchołki noszą pełną informację o nadajnikach, a krawędzie - o sygnałach.

Informacja ta nie tylko daje pewien wgląd w strukturę problemu, lecz również jest wykorzystywana w dalszej analizie. Należy zauważyć, że krawędzie między dowolną parą wierzchołków typu  $T$  są w grafie  $G$  niedopuszczalne.

Kopię grafu  $G$ , w której wszystkie zorientowane krawędzie zastąpiono liniami niezorientowanymi, nazywamy niezorientowanym grafem  $\bar{G}$ .

Graf  $H$  tworzymy z grafu  $\bar{G}$  przez usunięcie z niego każdego wierzchołka typu  $R$  wraz z przyległymi do niego krawędziami oraz przez wprowadzenie w to miejsce nowych niezorientowanych krawędzi takich, że wszystkie połączenia dowolnych dwóch wierzchołków typu  $T$  w grafie  $\bar{G}$  są zachowane w  $H$ .

Graf  $H$  zawiera więc wyłącznie wierzchołki typu  $T$ , przy czym niektóre z nich są połączone krawędziami.

Informacja zawarta w grafie  $G$  jest kolejno modyfikowana. Na początku wszystkie lub tylko niektóre wierzchołki typu  $T$  są bez aktualnych mocy i częstotliwości, a przyległe do nich krawędzie niosą informację o sygnałach odpowiadających mocy jednostkowej i próbnemu /najniższemu/ kanałowi. Po przydzieleniu nadajnikowi  $T_i$  właściwej mocy i częstotliwości, ta moc i częstotliwość /kanał i ewentualnie offset/ uzupełniają istniejące dane o  $T_i$ . Jednocześnie, zmieniamy opis krawędzi wprowadzając doń dane o aktualnych sygnałach generowanych przez  $T_i$  w punktach testowych. Nadajnik  $T_i$  i jego sygnały stają się sygnałami otoczenia dla pozostałych nadajników. W końcu procesu wszystkie krawędzie opisują sygnały otoczenia, zmodyfikowanego wskutek dokonanych przydziałów. Informacja zawarta w opisie krawędzi grafu  $G$  dotyczy intensywności i azymutu sygnału oraz czy jest on w punkcie testowym pożądanym, czy też nie. Dane o częstotliwości /kanał, offset/ i polaryzacji zawarte są w opisie wierzchołków typu  $T$ , obejmującym ponadto dane o położeniu geograficznym i mocy, oraz o wysokości anteny i jej charakterystyce kierunkowej.

W przeciwieństwie do grafu  $G$ , który jest wykorzystywany przez cały czas, graf  $H$  jest wykorzystywany jednorazowo, do ustalenia kolejności stacji nadawczych i możliwych konfliktów między nimi. Nie zawiera on więc żadnych informacji liczbowych poza tymi, które wynikają z jego struktury i które są istotne w zagadnieniu kolorowania.

## 7. Kolorowanie grafu

Przy kolorowaniu grafu sąsiednie wierzchołki /połączone krawędzią/ nie mogą mieć tego samego koloru.

W Algorytmie 2 zastosowano znaną procedurę heurystyczną [3]. Stopień wierzchołka równy liczbie krawędzi połączonych z tym wierzchołkiem jest czynnikiem decydującym przy szeregowaniu wierzchołków w grafie. Jeżeli dwa lub więcej wierzchołków ma ten sam stopień, występującą nieokreśloność można wyeliminować losując kolejność. Niekiedy nieokreśloność tę można wyeliminować biorąc pod uwagę liczbę dróg wychodzących z rozpatrywanego wierzchołka i zawierających dwie gałęzie. Ideę tę można rozszerzyć na dłuższe drogi.

Drugi kluczowy podproblem dotyczy ustalenia kolejności kanałów. Tutaj proponujemy następujący Algorytm:

### 6.3. Algorytm 3. Ustalenie kolejności kanałów częstotliwościowych

#### 1. Wstępne uszeregowanie

Sporządź listę wszystkich kanałów dopuszczalnych /w dowolnej kolejności/.

#### 2. Identyfikacja strefy stacji nadawczej

Mając daną stację nadawczą określ jego strefę.

#### 3. Ustalenie kolejności

- Dla każdego kanału z listy i wszystkich punktów testowych strefy oszacuj minimalną znormalizowaną moc sygnałów otoczenia w najgorszym przyp.
- Ustal kolejność kanałów według niemalejących wartości tej mocy.

Strefą stacji nadawczej  $T_i$  nazywamy zbiór wszystkich punktów testowych, w których sygnał tej stacji jest istotny /ma intensywność nie mniejszą niż  $B_i$ . W grafie  $G$  strefa ta stanowi zbiór najbliższych wierzchołków typu  $R$  połączonych z wierzchołkiem  $T_i$ . Znormalizowana moc sygnału otoczenia jest to moc, jaką należy przydzielić nadajnikowi  $T_i$ , aby w tym samym punkcie testowym wytworzył on sygnał o intensywności takiej samej jak sygnał otoczenia. Moc ta może być łatwo wyznaczona na podstawie danych zawartych w opisie grafu  $G$ . Wystarczy bowiem podzielić intensywność danego sygnału otoczenia w punkcie  $R_j$  przez gęstość strumienia mocy sygnału jednostkowego podaną w opisie krawędzi  $T_i R_j$ . Z uwagi na to, iż opis tej krawędzi dotyczy najbliższej częstotliwości /która może różnić się od częstotliwości sygnału aktualnie rozpatrywanego/, niekiedy może okazać się potrzebna odpowiednia poprawka częstotliwościowa.

Obliczenia i testy stanowią trzeci ważny etap naszego rozwiązania. Proponowany algorytm jest następujący.

## 6.4. Algorytm 4. Obliczenia i testy

1. Wybór kanału i test na współkanałowe zakłócenia stacja nadawcza - otoczenie

Wybierz pierwszy nie rozpatrywany jeszcze kanał z listy kolejności kanałów. Jeżeli jest on zajęty przez sygnał, który jest sygnałem chronionym w dowolnym z punktów testowych rozpatrywanej stacji, wybierz następny nie rozpatrywany jeszcze kanał. W przypadku przeciwnym przejdź do kroku 2. Jeżeli wszystkie kanały rozpatrzono, Stop: wymagania nie są spełnione z uwagi na zakłócenia współkanałowe.

2. Próbny przydział kanału i test na moc dopuszczalną

- Przydziel kanał  $f$  - jeśli istotny - także offset, który zapewnia najmniejszą wartość współczynnika ochronnego dla najsilniejszego współkanałowego sygnału otoczenia.
- Oszacuj sumaryczną moc wszystkich współkanałowych sygnałów otoczenia z punktów testowych typu  $q$  z uwzględnieniem współczynników ochronnych i dyskryminacji kierunkowych anteny odbiornika testowego. Jeżeli ta moc jest większa niż moc maksymalnie dopuszczalna, wróć do kroku 1; w przeciwnym przypadku do kroku 3.

3. Próbny przydział mocy i test na zakłócający wpływ otoczenia na stację nadawczą

- Przydziel próbnie najmniejszą moc dopuszczalną nie mniejszą niż moc wyznaczona w kroku 2.
- Oszacuj stosunek:

$$\frac{\text{intensywność sygnału stacji nadawczej}}{\text{intensywność ES}}$$

biorąc pod uwagę wszystkie istotne rodzaje zakłóceń za wyjątkiem współkanałowych. Jeżeli ten stosunek jest dopuszczalny, przejdź do kroku 4. W przeciwnym przypadku wróć do kroku 1.

#### 4. Test na zakłócający wpływ nadajnika na otoczenie

Dla każdego sygnału otoczenia /DES/, który jest chroniony w strefie stacji nadawczej oszacuj stosunek:

$$\frac{\text{Intensywność DES}}{\text{intensywność sygnału stacji nadawczej}}$$

biorąc pod uwagę wszystkie istotne rodzaje zakłóceń za wyjątkiem współkanałowych /które badano w kroku 1/. Jeżeli ten stosunek jest dopuszczalny, stop: narzucone wymagania są spełnione. W przeciwnym przypadku wróć do kroku 1.

#### 6.5. Wymagane stosunki sygnałów

W kroku 3 i 4 obliczone stosunki Intensywności sygnałów są porównywane z wymaganiami określonymi w warunkach zadania. Wymagania można przedstawić w formie macierzy. Wiersze tej macierzy odpowiadają pożądanym kanałom częstotliwościowym, kolumny zaś - niepożądanym kanałom. "Pożyczany" kanał jest tutaj rozumiany jako kanał, do którego dostrojony jest odbiornik testowy. Elementy macierzy interpretujemy jako minimalne współczynniki ochronne. Każdy z nich określa, jaką Intensywność może mieć co najwyżej sygnał w danym kanale zakłócającym w odniesieniu do mocy sygnału pożądanego /na wejściu odbiornika/. Zakłada się, że odbiornik jest dostrojony do kanału pożądanego, antena odbiorcza jest kierunkowa oraz że kryteria jakości odbioru na wyjściu odbiornika są zachowane. Należy zauważyć, że wartości współczynników ochronnych<sup>x/</sup> zależą od sygnałów użytecznego i zakłócającego oraz od wszystkich istotnych właściwości odbiornika testowego, jak również od kryteriów jakości odbioru. Każdy element macierzy może włączyć szereg pól umożliwiających rozróżnianie rozmaitych kombinacji typów sygnałów, polaryzacji, offsetu itd. Zakłada się, że omawiana macierz jest określona w warunkach zadania.

<sup>x/</sup> Częstotliwości radiowej - na wejściu odbiornika testowego.

## 7. WNIOSKI

1. Problem przydziału mocy i częstotliwości został odświeżony i sformułowany w nowej, bardziej ogólnej postaci. Wszystkie główne czynniki elektromagnetyczne i geograficzne zostały w nim uwzględnione, tak samo jak narzucone wymagania i ograniczenia. Geometrycznie, problem sprowadzono do zagadnienia specyficznego rozmieszczenia punktów w przestrzeni wielowymiarowej.
2. Przedstawiono oryginalną metodę rozwiązania postawionego problemu. Metoda gwarantuje rozwiązanie spełniające wszystkie narzucone ograniczenia i wymagania. Ponadto zapewnia ona najlepsze dopasowanie każdego nadajnika do jego otoczenia /najlepsze w sensie minimum mocy/. Metoda ta jest specjalnie atrakcyjna w przypadku sieci nadajników rozmieszczonych w terenie o znaczących niejednorodnościach otoczenia elektromagnetycznego lub geograficznego /np. teren górzisty/.
3. Opisana metoda jest przystosowana do technik komputerowych. Z uwagi na rozbięcie całego problemu na szereg prostszych zadań i rozwiązywanie każdego z nich oddzielnie, metoda jest ekonomiczna zarówno w odniesieniu do wymaganej liczby obliczeń, jak i niezbędnych zasobów pamięciowych komputera.
4. Ceną, jaką za te udogodnienia trzeba zapłacić jest pewna nieokreśloność: nie ma pewności czy ostateczne rozwiązanie jest "absolutnie optymalne". Tak jak i inne metody heurystyczne, przedstawiona metoda daje rozwiązanie "w przybliżeniu optymalne". Ma to jednak znaczenie bardziej teoretyczne niż praktyczne.

W końcu należy dodać, że przedstawiona metoda rozwiązania problemu optymalnego przydziału mocy i częstotliwości jest obecnie testowana przez autora i weryfikacja jej przez innych byłaby pożądana dla pełnej oceny jej aspektów praktycznych.

WYKAZ LITERATURY

BIBLIOTEKA  
Instytutu Łączności  
Nr 5-8872

1. Bock F., Ebstein B.: Assignment of transmitter powers by linear programming. IEEE Trans. EMC 1964, July, p. 36-44.
2. CCIR - Conclusions of the Interim Meeting of Study Group 1: Spectrum Utilization and Monitoring. Doc. 1/122, UIT/ Geneva, 1980.



3. Christofides N., Graph Theory. An Algorithmic Approach Academic Press. N. Y. 1975.
4. Eden H., Fastert H.W., Kaltbeitzler K.H.: Methods for planning optimum television transmitter networks for band IV and V. EBU Review Part. A. Febr. 1960, No 59, p. 6-21.
5. Fastert H.: The mathematical theory underlying the planning of transmitter networks. EBU Review Part A. April 1960, No 60, p. 60-69.
6. Head W.: A note on optimum transmitter networks having an equilateral elementary triangle. EBU Review Part A, Dec. 1968, p. 258-262.
7. Himmelblau D.J. /Ed./: Decomposition of Large-scale Problems. North-Holland Publ. Co., Amsterdam 1973.
8. Kharitonov A.A.: Application of operational research methods to frequency assignment. Proc. of 4-th Internat. Wrocław Sympos. on EMC, Wrocław 13-15 Sept. 1978, p. 370-379 /in Russian/.
9. Optimum Network Planning and Assignment techniques: CCIR Study Programme AL/1 Draft 30 July 1980.
10. Peichev G.J., Khristov D.A.: Model of optimum power assignment in broadcasting transmitter network. Proc. of 3-th Internat. Wrocław Sympos. on EMC, Wrocław 22-24 Sept. 1976, Late papers, p. 43-48 /in Russian/.
11. Recommendations and Reports of the CCIR. Vol. 1 Spectrum Utilization and Monitoring. UIT, Geneva 1978.
12. Sęga W., Strużak R.G., Waszkis W.: Computer prediction of VHF/UHF Transmitting station coverage area. Proc. of 5-th Internat. Wrocław Sympos. on EMC. Wrocław, 17-19 Sept. 1980, p. 497-505.
13. Sivyer G.R.: The use of Idealized lattices to investigate spectrum effects in area coverage radiocommunication systems. Radio spectrum Conservation Technlques. Proc. of Internat. Confer. London 7-9 July 1980. IEEE Conf. Publ. No 188, p. 60-65.
14. Strużak R.: O niektórych zagadnieniach optymalizacyjnych planowania sieci nadajników radiowych. Referat przedstawiony na Seminarium Metod Optymalizacyjnych w Instytucie Informatyki Uniwersytetu Wrocławskiego. Wrocław, styczeń 1980.

15. Spectrum Management and Computer Technique. CCIR Draft Report AF/1, UIT, Geneva, 30 July 1980.
16. Zoellner J.A., Beall C.L.: A breakthrough in spectrum conserving frequency assignment technology. IEEE Trans. EMC-19, p. 313-319.

1. Biało-brzeski R., Sońta S.: Zastosowanie testu chi kwadrat Pearsona do weryfikacji hipotezy statystycznej, na podstawie empirycznej gęstości prawdopodobieństwa. Grudzień 1977.
2. Blinkiewicz A., Mędrzycki B., Hutnik M., Samblerski R.: Zastosowanie pamięci kasetowej PK-1 do rejestracji danych w systemie komutacyjnym E-10. Styczeń 1978.
3. Orłowski A.: Optymalizacja układu ogranicznika dynamiki zwłaszcza dla radiofonii krótkofalowej. Luty 1978.
4. Frączek K.: Zasady opracowywania wymagań techniczno-eksploatacyjnych na urządzenia pomiarowe w resorcie łączności. Marzec 1978.
5. Biało-brzeski R., Dudziewicz J.: Minimalna częstość próbkowania sygnału losowego przy pomiarze jego mocy średniej. Marzec 1978.
6. Lewandowski W.: Wprowadzenie komutacji teledacyjnych kanałów cyfrowych w powszechnej telefonicznej sieci komutacyjnej z centralami elektronicznymi E-10. Kwiecień 1978.
7. Dudziewicz J.: Ogólne wytyczne w sprawie prowadzenia i dokumentowania prac naukowo-badawczych wykonywanych w Instytucie łączności. Kwiecień 1978.
8. Stagrowski A.: Metoda detekcji i pomiaru impulsów o maksymalnych i minimalnych czasach trwania w ciągu. Maj 1978.
9. Chamski J.: System CTI-B dla maszyny cyfrowej R-10. Maj 1978.
10. Puchalski E.: Kompensator napięcia stałego stosowany w układach do sprawdzania przetworników termoelektrycznych i mikropotencjometrów. Czerwiec 1978.
11. Kozłowski A.: Elektroniczny sygnalizator przywołania abonenta w aparacie telefonicznym CB. Wrzesień 1978.
12. Stasiński L.: Wyładowania łukowe w.cz. na izolatorach odciągów pionowych anten radiofonicznych. Październik 1978.
13. Walaszek S.: Zastosowanie uogólnionego rozwiązania układu o trzech stanach do analizy niezawodności. Styczeń 1979.
14. Sońta S.: Aparatura automatyczna badań sieci łączny międzymiastowych systemu ABA-3. Luty 1979.

15. Godlewski P.: Język programowania badań w systemie ABA2 i ABA3. Marzec 1979.
16. Waśniewski A.: Kombinatoryczne aspekty planowania badań sieci telekomunikacyjnej za pomocą systemu ABA-3. Kwiecień 1979.
17. Brennek L., Lebedziuk B.: System edycji, przechowywania i translacji programów w języku SAWIK dla minikomputera MERA 305. Maj 1979.
18. Godlewski P.: Aparatura sterująca systemu badaniowego ABA-3 - architektura urządzenia. Czerwiec 1979.
19. Chamski J.: Centrum eksploatacji technicznej w systemie E 10. Lipiec 1979.
20. Porada M.: Komunikat o badaniach zakłóceń impulsowych w łączych telefonicznych. Sierpień 1979.
21. Sońta S.: Generacja sygnałów losowych niezależnych obciążających kanały telefoniczne. Wrzesień 1979.
22. Karwowska-Lamparska A.: Koncepcja systemu WIDEOTEKS. Październik 1979.
23. Kowalska J.: Próba eksploatacyjna automatycznej aparatury badaniowej ABA-2 - analiza wyników, wnioski. Listopad 1979.
24. Tyrowicz M.: System zdalnej rejestracji kontroli obiektów specjalnych - REKO - . Grudzień 1979.
25. Frydrych Z.: Uwagi o wymiarowaniu wiązek łączy międzycentralowych. Styczeń 1980.
26. Frydrych Z.: O niezawodności sieci telekomunikacyjnej. Luty 1980.
27. Kisto M.: Automatyzacja stacjonarnych pomiarów propagacyjnych. Marzec 1980.
28. Mieszczanek J.: Analiza i projektowanie oscylatorów kwarcowych pracujących w układzie Pierce'a-Colpitts'a. Kwiecień 1980.
29. Frydrych Z.: Niektóre problemy projektowania dróg kolejnego wyboru. Maj 1980.
30. Laube J.: Wybrane metody projektowania cyfrowych zespołów funkcjonalnych na przykładzie projektu generatora połączeń telefonicznych. Czerwiec 1980.

31. Kowalski Z.: Pasmowe tłumienności czwórników i ortotelefoniczne tłumienności odniesienia. Lipiec 1980.
32. Proga I.: Analiza i ocena odgromników zagranicznych oraz niezbędnego do nich osprzętu na podstawie badań i obserwacji w warunkach eksploatacyjnych. Sierpień 1980.
33. Godlewski P., Zejdel A.: System automatycznej kontroli obecności i ruchu załogi AKOR. Wrzesień 1980.
34. Waśniewski A.: Problem minimalizacji czasu badania sieci w systemie A3A-3. Październik 1980.
35. Kuśmirek Z.: Impedancja wewnętrzna źródła i jej pomiar. Listopad 1980.
36. Kowalski Z.: Zasady określania tłumienności pasmowej na podstawie danych punktowych. Grudzień 1980.
37. Kowalski Z.: Punktowe aproksymaty tłumienności pasmowej przy równomiernej gęstości wagi. Styczeń 1981.
38. Frydrych Z.: Wykorzystanie sygnałów informacyjnych dla poprawy jakości załatwiania ruchu w sieci telefonicznej. Luty 1981.
39. Lech J.: Analiza możliwości szacowania średniej 1-minutowej oraz 5-sekundowej mocy szumów w kanale telefonicznym na podstawie wyników pomiarów średniej 375-milisekundowej. Marzec 1981.

Biblioteka  
IL

S-8872