

**BIULETYN**

**INFORMACYJNY**

**INSTYTUTU**

**ŁĄCZNOŚCI**



**1991**  

---

**5-6**



**BIULETYN  
INFORMACYJNY  
INSTYTUTU  
ŁĄCZNOŚCI**

ROK 31

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

NR 5-6(291-292)

---

WARSZAWA 1991

Komitet Redakcyjny

Redaktor Naczelny: dr inż. Krystyn Plewko

Z-ca Redaktora Naczelnego: dr inż. Stanisław Sońta

Redaktorzy Działowi:

doc. dr inż. Włodzimierz Barjasz

doc. dr inż. Aline Karwowska-Lamparska

inż. Maria Łopuszniak

© Copyright by Instytut Łączności, Warszawa 1991

ISSN 0209-1046

Redaktor: mgr Krystyna Juszkiewicz

Montaż tekstu: Barbara Skwara

---

Instytut Łączności, Dział Ogólnotechniczny  
ul. Szachowa 1, 04-894 Warszawa

Stanisław Racuk

WYBRANE ZAGADNIENIA  
BUDOWY OSIEDLOWYCH ANTENOWYCH INSTALACJI ZBIOROWYCH

SPIS TREŚCI

	Str.
1. Wprowadzenie	1
2. Elementy projektowania WAIZ	3
2.1. Wymagania ogólne	3
2.2. Stosowane struktury sieciowe	5
2.3. Lokalizacja ośrodka odbiorczego	10
2.4. Optymalizacja budowy sieci przesyłowej	13
2.5. Wyznaczenie wartości poziomu eksploatacyjnego sygnałów przesyłanych w instalacjach WAIZ	18
2.6. Zagadnienia stałości poziomu eksploatacyjnego sygnałów użytecznych	29
2.7. Dobór kanałów transmisyjnych	41
2.8. Zasilanie urządzeń wchodzących w skład wyposażenia instalacji	43
3. Ogólne zasady budowy i przekazywania WAIZ do eksploatacji	46
3.1. Gromadzenie sprzętu	46
3.2. Prace montażowe	47
3.3. Prace uruchomieniowe	47
3.4. Regulacja instalacji	48
3.5. Pomiary powykonawcze	48
4. Rozbudowa i przebudowa instalacji WAIZ	50
4.1. Rozbudowa	50
4.2. Przebudowa	51
5. Podsumowanie	51
Wykaz literatury	52



## WYBRANE ZAGADNIENIA BUDOWY OSIEDLOWYCH ANTENOWYCH INSTALACJI ZBIOROWYCH

### 1. WPROWADZENIE

Kolebką antenowych instalacji zbiorowych są Stany Zjednoczone Ameryki Północnej, gdzie pierwsze tego typu urządzenia pojawiły się już w końcu lat czterdziestych. W Europie natomiast pierwszą instalację zbudowano w Belgii w roku 1961. Podstawową przesłanką podjęcia działań w tym zakresie była coraz pilniejsza potrzeba skutecznego rozwiązania problemu odbioru większej liczby programów telewizyjnych. Z tego właśnie powodu najszybszy rozwój tej dziedziny techniki w Europie nastąpił w Belgii, Holandii i Szwajcarii. Występuje tam bowiem jednocześnie duże zapotrzebowanie i możliwość odbioru programów z krajów sąsiedzkich. W pierwszym zresztą okresie mamy tu jedynie budynkowe antenowe instalacje zbiorowe.

Szybki rozwój ilościowy i jakościowy telewizji (obrazy kolorowe) i radiofonii UKF (stereofonia) oraz nieustannie pogarszające się warunki propagacyjne (głównie w aglomeracjach miejskich) powodują ciągłe zmniejszanie się skuteczności funkcjonalnej budynkowych antenowych instalacji zbiorowych. Kolejnym więc etapem rozwojowym stały się osiedlowe antenowe instalacje zbiorowe, umożliwiające odbiór sygnałów i przewodowe doprowadzanie do abonentów określonej zbiorowości (osiedla, dzielnice miast, wsie) znacznej liczby programów telewizyjnych i radiofonicznych. Należy przy tym zwrócić uwagę, że poczynając od instalacji osiedlowych zagadnienie poprawności odbioru i rozprowadzanie programów radiofonicznych zostało w hierarchii ważności zrównane z programami telewizyjnymi. Dalszym etapem instalacji zbiorowego odbioru są szerokopasmowe sieci systemów

telekomunikacyjnych (zwane również często telewizją kablową), w których oprócz telewizji programowej i radiofonii przewiduje się realizację wielu innych usług telekomunikacyjnych. Więcej informacji na ten temat przedstawiono między innymi w [9] i [11], gdzie na przykładzie szerokopasmowych sieci Poczty Republiki Federalnej Niemiec pokazano zarys ewolucji interesujących nas systemów oraz występujące tam zagadnienia ich budowy i eksploatacji.

Osiedlowe antenowe instalacje zbiorowe, podobnie jak każdy inny rodzaj instalacji antenowych, stanowią jedno z ogniw toru pomiędzy miejscami wytworzenia odpowiednich programów radiofonicznych i telewizyjnych oraz ich odbioru. Już z założenia powinny więc one stanowić pewne rozwiązanie techniczno-ekonomiczne zagadnienia odbioru i doprowadzania do abonentów sygnałów będących nośnikami tych programów.

Przy obecnym rozwoju techniki światowej możliwy, do zastosowania sprzęt transmisyjny daje gwarancję przesyłania sygnałów, przy prawie niezauważalnym pogorszeniu ich jakości, na praktycznie dowolne odległości na Ziemi. Kwestią zasadniczą budowy i eksploatacji instalacji osiedlowych są więc przede wszystkim zagadnienia ekonomiczne. Odbiór i dosyłanie do abonentów określonych sygnałów radiofonicznych i telewizyjnych, powinny stanowić dla usługodawcy określone źródło dochodów, zaś oferowana usługa dla usługobiorców powinna być atrakcyjna również pod względem ekonomicznym. Zdecydują o tym:

- a) jakość merytoryczna i liczba oferowanych programów,
- b) jakość techniczna odbieranych przez abonentów sygnałów radiofonicznych i telewizyjnych będących nośnikami tych programów,
- c) trwałość stosowanych rozwiązań systemowych jako warunek niezbędny do rozłożenia na możliwie długi okres spłat ponoszonych nakładów inwestycyjnych.



O ile przy realizacji przedsięwzięcia, jakim jest budowa i eksploatacja antenowej instalacji zbiorowej, nie mamy raczej wpływu na spełnienie warunku podanego w pkt. a, to przyjęty sposób rozwiązania pozostałych wymagań decyduje bezpośrednio o skuteczności i celowości jego podejmowania.

Podstawowe informacje techniczno-eksploatacyjne dotyczące osiedlowych antenowych instalacji zbiorowych, nazywanych także wielkimi antenowymi instalacjami zbiorowymi (WAIZ), zostały przedstawione w [10].

Jako założenie wyjściowe w zakresie jakości technicznej sygnałów radiofonicznych i telewizyjnych w gnieździe abonenckim przyjęto postanowienia stosownej normy [7].

Pod ogólnym pojęciem budowy instalacji należy tu rozumieć procesy projektowania, wykonywania i przekazywania instalacji do eksploatacji, a wprowadzone określenia rozbudowy i przebudowy, oznaczają odpowiednio:

- \* rozbudowa - rozszerzenie zakresu działania w ramach założonych parametrów systemowo-eksploatacyjnych, polegająca na uzupełnieniu podstawowych członów funkcjonalnych instalacji w elementy umożliwiające zwiększenie liczby transmitowanych sygnałów lub liczby abonentów;
- \* przebudowa - zmiana zakresu działania wykraczająca poza założone parametry systemowo eksploatacyjne, polegająca na wprowadzeniu do istniejącej struktury instalacji nowych członów lub takiej zmianie już użytkowanych, aby w wyniku uzyskać pożądaną zmianę własności techniczno-eksploatacyjnych.

## 2.ELEMENTY PROJEKTOWANIA WAIZ

### 2.1. Wymagania ogólne

Podstawą do wykonania instalacji powinien być jej projekt, stanowiący szczegółowy przepis wykonywania i eksploata-

cji instalacji. Integralną częścią tego projektu powinna być instrukcja jej utrzymania (obsługiwania). Do obowiązków projektanta należy także wykazanie możliwych rezerw, które mogłyby być wykorzystane na potrzeby ewentualnej rozbudowy instalacji.

Istnieją już projekty podziału tolerancji parametrów transmisyjnych instalacji na poszczególne jej części składowe [13], a mianowicie ośrodek odbiorczy, sieć dosyłową WAIZ i sieci budynkowe. Pozwala to w zasadzie w sposób niezależny projektować poszczególne części instalacji WAIZ. Ma to istotne znaczenie w szczególności przy budowie sieci budynkowych, które nie koniecznie muszą być zbieżne w czasie z budową ośrodka odbiorczego i sieci dosyłowej. Podstawę wykonania projektu instalacji powinien stanowić co najmniej zestaw następujących danych:

- 1) szczegółowy, istniejący i ewentualnie przewidywany plan zabudowy terenu przeznaczony do pokrycia projektowaną instalacją;
- 2) wykaz pożądaných do odbioru programów telewizyjnych i radiofonicznych emitowanych z nadajników naziemnych i satelitarnych, dosyłanych z innych źródeł czy wytwarzanych w przewidywanym studiu lokalnym WAIZ;
- 3) wyniki pomiarów natężeń pól elektromagnetycznych sygnałów pożądaných emitowanych z nadajników naziemnych i satelitarnych oraz sygnałów zakłócających w przewidywanych miejscach rozmieszczenia anten odbiorczych;
- 4) wykaz miejsc dostępu do sieci prądu przemiennego 220 V, 50 Hz do zasilania ośrodka odbiorczego i stacji wzmacniających;
- 5) wymagania dotyczące zwiększenia niezawodności transmisji w instalacji określonych programów; ich spełnienie uzyskuje się najczęściej przez zapewnienie możliwości odbioru tych samych programów emitowanych przez różne nadajniki i/lub rezerwowanie traktów kanałowych ośrodka odbiorczego wykorzystywanych dla tych programów.

O ile realizacja wymagań ujętych w pkt. 1, 2, 4 i 5 nie powinna nastęrczać specjalnych trudności i należy je trakto-  
wać jako założenia wyjściowe, o tyle pozyskanie danych z  
pkt. 3 wymaga najczęściej wcześniejszych decyzji dotyczących  
wyboru struktury sieci i lokalizacji ośrodka odbiorczego  
(miejsca zainstalowania anten odbiorczych) oraz przeprowa-  
dzenia pomiarów natężeń pól elektromagnetycznych odpowiednich  
sygnałów.

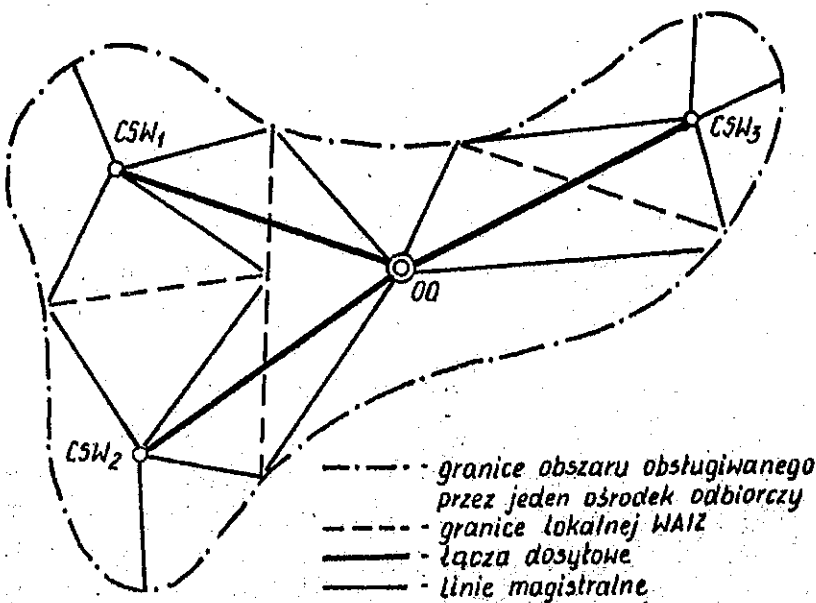
## 2.2. Stosowane struktury sieciowe

Każda WAIZ składa się, jak już wspomniano [10], z dwóch  
zasadniczych części funkcjonalnych, a mianowicie: ośrodka  
odbiorczego i przewodowej sieci przesyłowej. W sieci przesy-  
łowej wyróżnia się natomiast sieć dosyłową i sieci budynkowe.  
Sieć dosyłowa, której początek znajduje się w ośrodku od-  
biorczym, a koniec na wejściu sieci budynkowych składa się  
z kolei z sieci magistralnej i sieci rozprowadzających.

Ze względu na potrzeby unifikacji stosowanych rozwiązań  
systemowych, urządzeń i metod eksploatacji, we współczesnych  
sieciach dosyłowych występuje coraz częściej ich podział na  
poziomy sieciowe oznaczone odpowiednio A, B, C i D. Poziomy  
A i B reprezentują wówczas część sieci wyposażoną w urzą-  
dzenia czynne i bierne, a poziomy C i D zawierają wyłącznie  
urządzenie bierne. Poziom A odpowiada sieci magistralnej,  
a poziomy B, C i D stanowią odpowiednie części sieci roz-  
prowadzającej.

W wielu przypadkach praktycznych występuje potrzeba,  
podyktowana względami techniczno-ekonomicznymi, dołączenia  
do jednego ośrodka odbiorczego kilku sieci przesyłowych.  
Przykład tak utworzonego systemu podano na rys. 1.

Najczęściej jednak stosowanymi strukturami sieci WAIZ są  
struktury: rozgałęźna, kołowa i gwiazdzista. Poglądowe idee  
budowy takich struktur sieci przedstawiono na rys. 2.



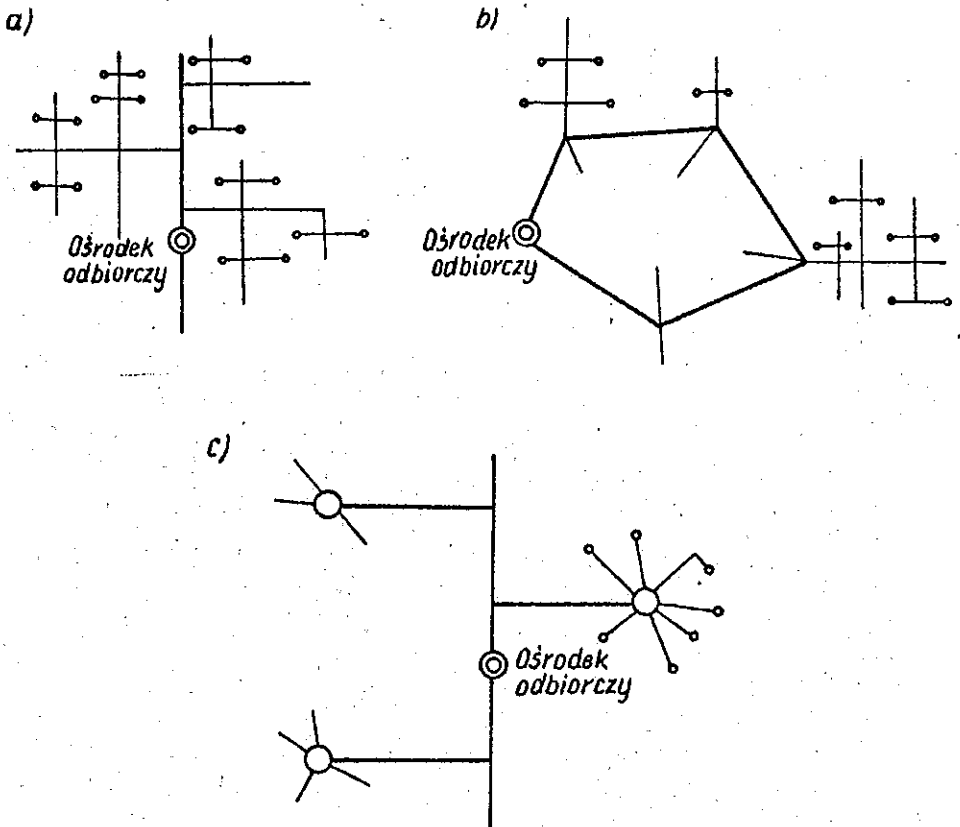
Rys. 1. System WAIZ obejmujący kilka lokalnych sieci przesyłowych

OO - ośrodek odbiorczy, CSW - centralne stacje wzmacniające

Kryterium wyboru właściwej struktury sieciowej jest konieczność spełnienia warunków podanych w pkt. 1 przy możliwie najniższych nakładach ekonomicznych. Muszą być przy tym uwzględnione już z założenia:

- topografia terenu i gęstość zabudowy,
- trasy przebiegu ulic lub dróg,
- wymagane nakłady materiałowe,
- regulacje prawne występujące na danym terenie.

Ponadto należy również uwzględnić zagadnienia dotyczące niezawodności eksploatacyjnej instalacji, która wraz ze wzrostem liczby obsługiwanych abonentów staje się coraz ważniejsza. W odniesieniu do wewnętrznej budowy instalacji oznacza to konieczność zwrócenia szczególnej uwagi na te jej części, które będą wykorzystywane do obsługi dużej liczby abonentów.



Rys. 2. Poglądowe idee struktur sieciowych stosowanych w WAIZ

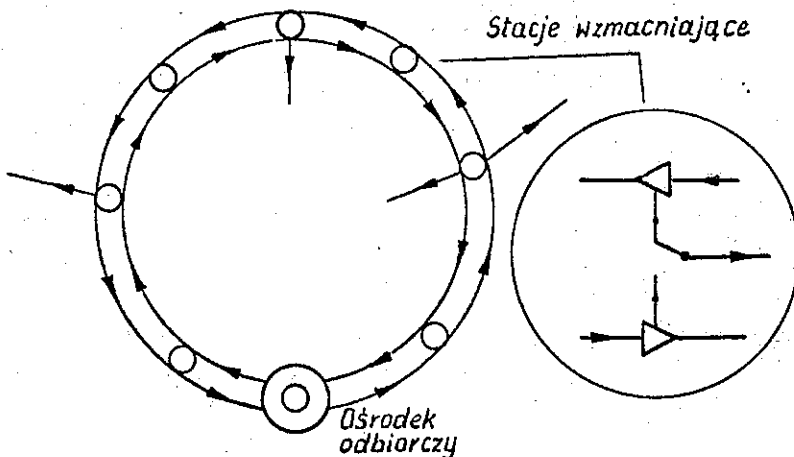
a) rozgałęźna; b) kołowa; c) gwiazdista

### 2.2.1. Sieć magistralna

Sieć magistralna jest to poziom sieciowy o najwyższych wymaganiach jakościowych. Pomijając już fakt, że z ośrodka odbiorczego odchodzi na ogół promieniście kilka linii magistralnych, to poziom ten jest realizowany najczęściej w strukturze rozgałęźnej, która okazuje się najtańszą. Wymaganą niezawodność uzyskuje się przez stosowanie odpowiednio wysokiej jakości elementów składowych, automatycznego rezerwowania układów wzmacniających i zasilania oraz systemu

zdalnego nadzoru. Co prawda w sieci o strukturze gwiaździstej ewentualna awaria gałęzi dotyka znacznie mniejszą liczbę abonentów niż w sieci rozgałęźnej, to jednak koszty jej budowy są niewspółmiernie wysokie w odniesieniu do uzyskiwanych efektów. Z tego względu stosowanie struktury gwiaździstej jest uzasadnione tylko w sytuacjach, gdzie występuje potrzeba dosyłania programów do stosunkowo nielicznych grup abonentów znacznie oddalonych od ośrodka odbiorczego, np. w terenie wiejskim, a w szczególności w górach.

Bardzo interesującą z uwagi na swą niezawodność, jest struktura kołowa w formie podwójnego koła o przeciwnych kierunkach transmisji. Ideę budowy takiej sieci przedstawiono na rys. 3. Wprowadzie w takim układzie zmniejsza się o około 36% uzyskiwany zasięg, jednak wymagane nakłady dla następnych poziomów sieciowych są odpowiednio mniejsze. Koszty sieci w formie podwójnego koła są tylko niewiele wyższe niż w strukturze rozgałęźnej, jeżeli uwzględni się tam wymagane koszty układów zastępczych i systemu zdalnego nadzoru. W strukturze podwójnego koła nawet jednoczesna przerwa w jednym miejscu torów dla obu kierunków transmisji nie powoduje przerwy eksploatacyjnej systemu w żadnym jego punkcie. Jedyne z uwagi na ewentualną konieczność korzysta-



Rys. 3. Idea sieci podwójnego koła

nia z dłuższej drogi mogą ulec pogorszeniu parametry techniczne, ale na ogół w wymiarze niewielkim w odniesieniu do parametrów wynikowych całej drogi transmisyjnej.

### 2.2.2. Sieć rozprowadzająca

Sieć rozprowadzająca, której początkiem jest stacja wzmacniająca sieci magistralnej, a końcem przyłącza budynkowe skupione na stosunkowo niewielkim terenie, ma najczęściej strukturę rozgałęźną. Wykorzystywanie innych struktur zwiększających niezawodność eksploatacyjną jest tu mało uzasadnione ze względów ekonomicznych.

### 2.2.3. Sieć budynkowa

Powszechnie stosowaną dotychczas strukturą sieci budynkowych jest struktura rozgałęźna. Alternatywne rozwiązanie stanowi struktura gwiazdzista. Jej główne zalety, w stosunku do struktury rozgałęźnej, to:

- mniejsza tłumienność drogi przesyłowej (o sumę tłumienności przejść stosowanych odgałęźników i rozgałęźników);
- większa niezawodność;
- łatwiejsze warunki utrzymania;
- większa elastyczność rozbudowy i przebudowy, a zatem dogodniejsze warunki do wprowadzania nowych usług opartych na transmisji dwukierunkowej.

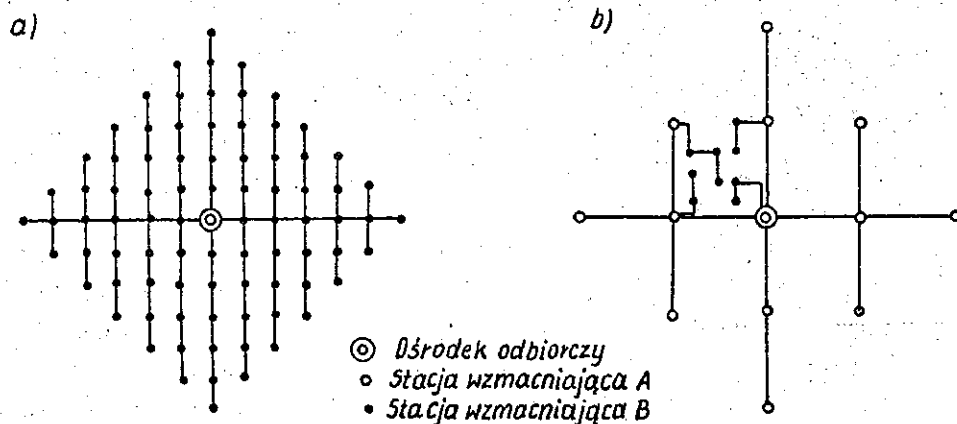
Natomiast z punktu widzenia kosztów budowy sieci budynkowych, w których znaczącą pozycję stanowi koszt kabla, tańsze są sieci w strukturze rozgałęźnej wymagające mniejszej długości kabla. Jeżeli w sieci budynkowej, o strukturze rozgałęźnej obsługującej  $n$  abonentów, ogólna długość kabla wynosi  $n(1+d)$ , gdzie  $l$  i  $d$  oznaczają długości odpowiednich odcinków kablowych, to przy założeniu tego samego przebiegu trasy kablowej w sieci o strukturze gwiazdzistej długość ta wyniesie  $n[1 + 0,5(n+1)d]$ . W skutek tego koszt jednego zakończe-

nia abonenckiego w sieciach rozgałęźnych jest prawie niezależny od liczby abonentów, gdy tymczasem w sieciach gwiazdzystych jest on wyraźnie zależny od ich liczby i rośnie wraz ze wzrostem  $n$ . Szczególnie niekorzystna sytuacja w tym względzie występuje, gdy abonent chciałby mieć więcej niż jedno zakończenie.

Jak widać z powyższego, względy ekonomiczne przemawiają za stosowaniem struktury rozgałęźnej. Można jednak sądzić, że wyżej wymienione własności techniczno-eksploatacyjne sieci o strukturze gwiazdzystej zdecydują o ich upowszechnianiu.

### 2.3. Lokalizacja ośrodka odbiorczego

Dla sieci jednorodnej, to znaczy zbudowanej z odcinków wzmacniakowych o takich samych parametrach transmisyjnych, z wykorzystaniem w gałęzi dopuszczalnej liczby połączeń kaskadowych odcinków wzmacniakowych, maksymalną powierzchnię pokrycia uzyskuje się przez zastosowanie sieci pokazanej na rys. 4a. Jest to kwadrat, którego długość przekątnej określa



Rys. 4. Idea struktur sieciowych WAIZ o maksymalnej powierzchni pokrycia

a) sieć jednorodna w formie kwadratu; b) idea budowy poziomu sieciowego A

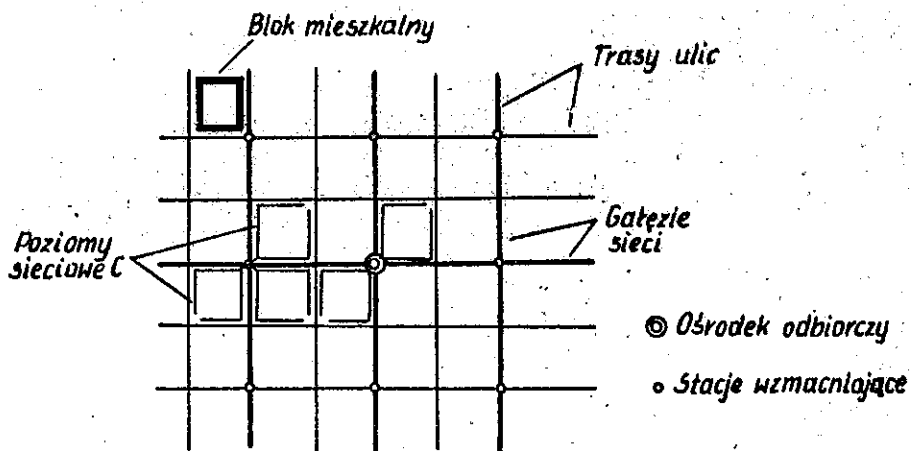


podwójną długość gałęzi o dopuszczalnej liczbie jednakowych odcinków wzmacniakowych. Liczba odcinków wzmacniakowych w takiej sieci wynosi  $N = 2(m^2 + m)$ , gdzie  $m$  - liczba stacji wzmacniających w gałęzi. W ten sposób można by sobie wyobrazić część aktywną instalacji w postaci poziomu sieciowego B. Przedstawiony kształt sieci jest oczywiście modelem teoretycznym i w praktyce będzie on zawsze odbiegał od kwadratu. Ze względów techniczno-ekonomicznych kwestię dyskusyjną stanowi zasadność budowy jednorodnej sieci dosyłowej WAIZ. Okazuje się, że dzięki wprowadzeniu poziomu sieciowego A, którego ideę budowy przedstawiono na rys. 4b, uzyskuje się znaczne oszczędności niezbędnych stacji wzmacniających. Ma to szczególne znaczenie w sieciach wymagających stosowania systemu automatycznej regulacji poziomu [ARP], którego elementy są drogie. Ze względu na wymaganą stabilność poziomów transmitowanych sygnałów i potrzeby systemu zdalnego nadzoru, stosowanie ARP jest powszechne i na ogół we wszystkich sieciach jest wykorzystywany poziom sieciowy A. Bliżej zagadnienie to zostało omówione w [6].

Jak wynika z powyższego, z uwagi na wielkość powierzchni objętej instalacją, miejscem optymalnym na lokalizację ośrodka odbiorczego jest punkt przecięcia przekątnych kwadratu (rys. 4 i 5). Jednak ten sposób wyboru miejsca lokalizacji ośrodka odbiorczego (a w konsekwencji i wielkości powierzchni obszaru, który mógłby być obsługiwany przez instalację) jest tylko jednym z nie mniej istotnych parametrów. Zaleca się bowiem, aby w warunkach rzeczywistych przy wyborze miejsca lokalizacji ośrodka odbiorczego i określaniu granic obszaru obsługiwanego przez instalację uwzględniać następujące czynniki (stanowiące dane wyjściowe dla odpowiedniego wyboru):

- liczbę możliwych (z uwagi na wymagania jakościowe transmitowanych sygnałów) połączeń kaskadowych odcinków wzmacniakowych w gałęzi; do obliczeń należy przy tym przyjmować

- wskaźniki jakościowe sygnałów u abonentów najbardziej odległych od ośrodka odbiorczego;
- wymagane wartości natężeń pól elektromagnetycznych sygnałów pożądaných i zakłócających w miejscu proponowanego rozmieszczenia anten odbiorczych.



Rys. 5. Rozkład ośrodka odbiorczego i stacji wzmacniających na terenie o idealnej zabudowie

Jeżeli przy uwzględnieniu powyższych warunków dysponujemy więcej niż jednym miejscem na ewentualną lokalizację ośrodka odbiorczego, to należy wybrać takie miejsce, dla którego uzyskuje się lepsze wskaźniki jakościowe sygnałów użytecznych u abonentów znajdujących się na obrzeżach obsługiwanego obszaru zgrupowanych na terenach o gęstszej zabudowie. Jeżeli ponadto na danym terenie występuje potrzeba budowy większej liczby instalacji, zatem jest niezbędna wzajemna koordynacja projektów tych instalacji w celu optymalizacji rozwiązań. Przy projektowaniu tras poszczególnych gałęzi jest celowe wykorzystywanie w maksymalnym zakresie (szczególnie na terenach miejskich) kanałizacji telekomunikacyjnej.

Przedstawiony powyżej (oraz w pkt. 2.1) zbiór zagadnień wymaga przyjęcia rozstrzygnięć jeszcze przed podjęciem prac czysto projektowych. Uzyskane dane będą mogły być wykorzystywane bezpośrednio w procedurach projektowania.

#### 2.4. Optymalizacja budowy sieci przesyłowej

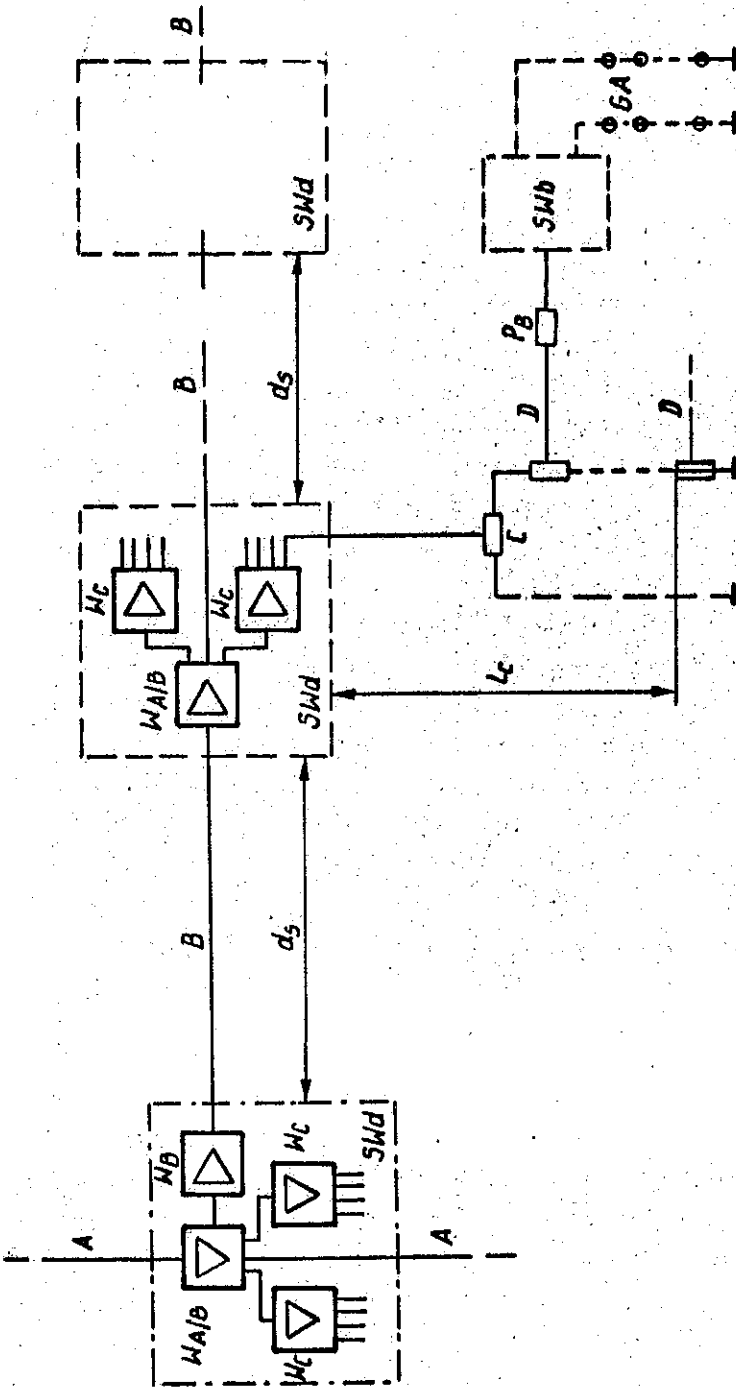
Jednym z istotnych elementów optymalizacji techniczno-ekonomicznej sieci przesyłowej jest typizacja budowy instalacji i sprzętu wchodzącego w ich wyposażenie. Do rozważań przyjmiemy fragment sieci dosyłowej z rys. 6.

Biorąc pod uwagę rzeczywisty rozkład w terenie przyłączy budynkowych jest sprawą istotną określenie długości odcinków wzmacniakowych poziomów sieciowych A i B oraz gałęzi poziomów C i D.

Na rys. 7, 8 i 9 przedstawiono wyniki badań przeprowadzonych przez pocztę RFN [11]. Ze względu na występującą tam daleko posuniętą unifikację, odcinki wzmacniakowe poziomów A i B są identyczne, chociaż wyposażenie stacji wzmacniających może być różne. Należy podkreślić, że badania przeprowadzono w około 50 już istniejących sieciach, specjalnie uwzględniających występującą tam różnorodność zabudowy.

Na rys. 7 przedstawiono zależność liczby  $n$  możliwych do dołączenia do danej instalacji przyłączy budynkowych  $P_B$ , wyrażonej w % wszystkich potencjalnych  $n_C$  na danym terenie, od maksymalnej długości gałęzi C -  $l_{C_{max}}$ . Przy założeniu dopuszczalnej (a określonej warunkami rozkładu poziomów sygnałów użytecznych), maksymalnej wartości tłumienności kabla gałęzi poziomu sieciowego C, wynoszącej 14 dB, uzyskuje się  $l_{C_{max}} = 280$  m oraz  $a = 82\%$ .

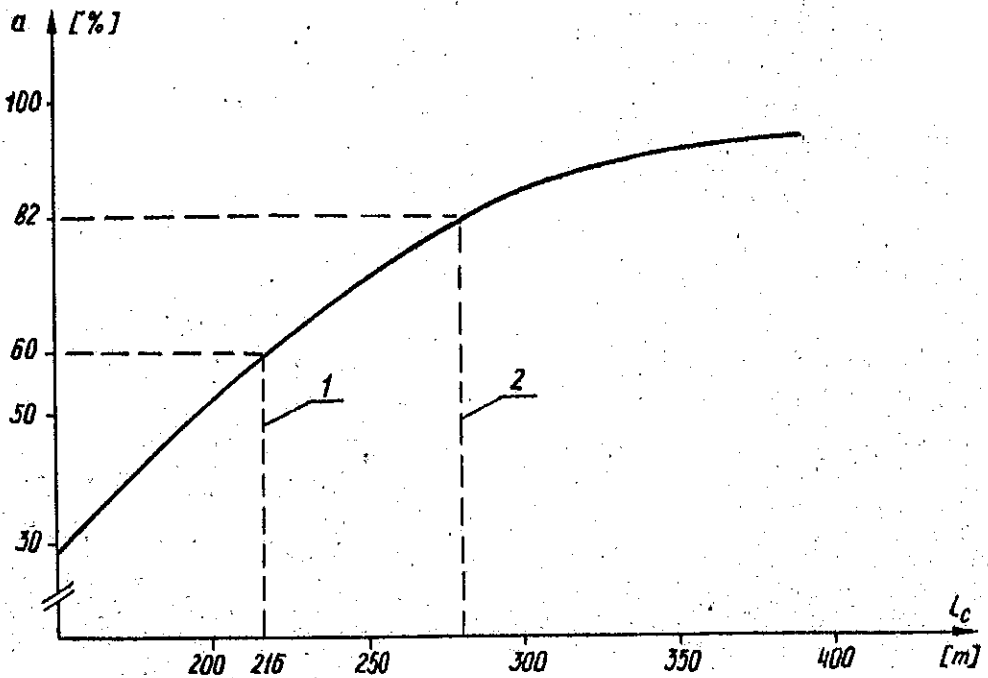
W celu osiągnięcia większej wartości "a" należałoby stosować kabel o mniejszej tłumienności jednostkowej, co z uwagi na wymagania dotyczące jego innych parametrów nie jest łatwe do realizacji. Zgodnie z założeniem wzmacniacze  $W_C$ , umożliwiające wyprowadzenie gałęzi poziomu sieciowego C,



Rys. 6. Fragment sieci przesyłowej WAIZ

A, B, C, D - poziomy sieciowe, SWb; SWd - stacje wzmacniające odpowiednio sieci budynkowej i dosyłowej, WA/B - wzmacniacz liniowy poziomów sieciowych A i B, WB - wzmacniacz odga-  
 łączy (początek poziomu sieciowego B), WC - wzmacniacz wyjściowy do poziomu sieciowego C,

PB - przyłącze budynkowe, GA - gniazdo abonenckie



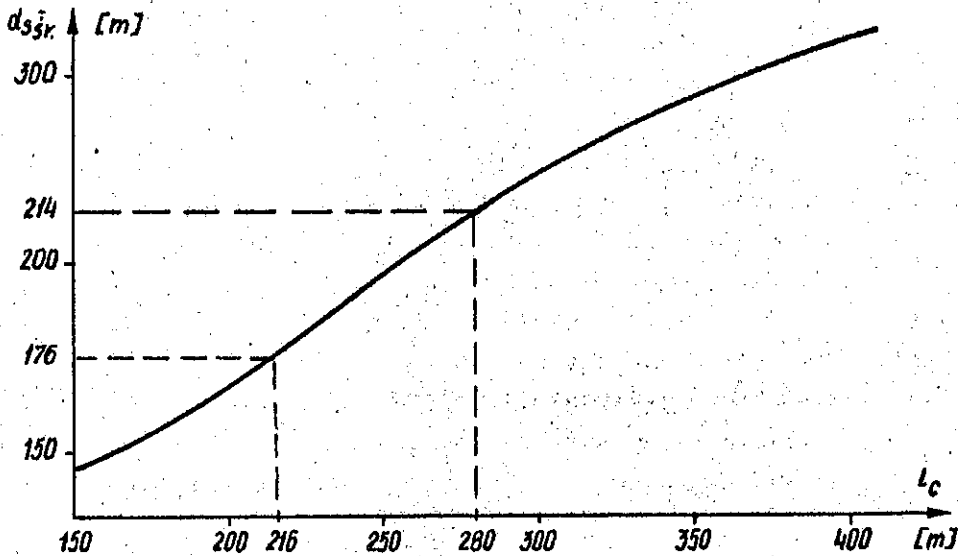
Rys. 7. Zależność  $a = f(L_c)$ , gdzie  $a \frac{n}{n_c} \cdot 100\%$

1 - kabel o  $\alpha = 6,5$  dB/100 m,  $f = 300$  MHz; 2 - kabel o  $\alpha = 5$  dB/100 m,  $f = 300$  MHz

mogą znajdować się na stacjach wzmacniających poziomów sieciowych A i B. Występuje zatem ścisła zależność  $L_c$  i długości odcinków wzmacniakowych  $d_s$ , którą pokazano na rys. 8. Należy przy tym zaznaczyć, że przedstawiona zależność dotyczy wartości  $d_{s_{sr}}$ . Stąd dla określonej liczby połączeń kaskadowych stacji wzmacniających  $n$  można określić średnią, orientacyjną długość gałęzi instalacji, która wynosi  $d_{s_{sr}} \cdot n$ .

Jak z tego widać, maksymalny zasięg gałęzi instalacji zależy od długości odcinków wzmacniakowych  $d_s$  i ich dopuszczalnej liczby  $n$  w gałęzi. Teoretyczna wartość  $n_{max}$  jest funkcją parametrów transmisyjnych stacji wzmacniających, a w szczególności ich wzmacniaczy liniowych. Maksymalny zasięg gałęzi instalacji można wyrazić także za pomocą

maksymalnej wartości wzmocnienia sumarycznego gałęzi (optimum transmisyjne), które wynosi  $K_{\max} = n K_0$ , gdzie  $n$  - liczba wzmacniaczy w gałęzi,  $K_0$  - optymalne wzmocnienie wzmacniaczy. Ze względu na wynikowe parametry szumowe gałęzi  $K_0 = 8,69$  dB.

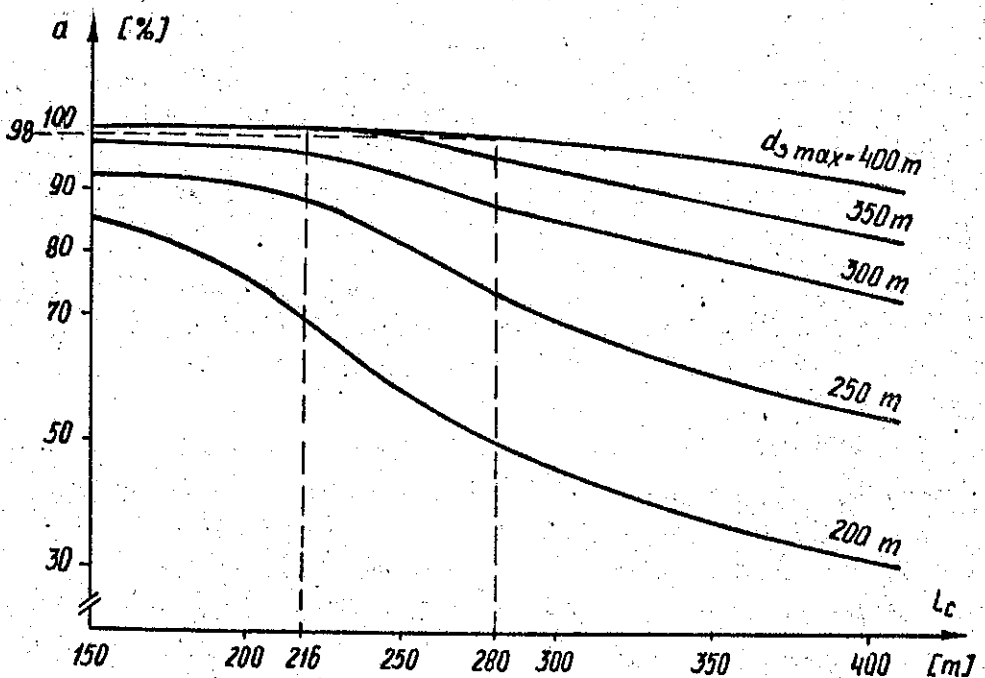


Rys. 8. Zależność  $d_s = f(l_c)$

Praktycznym kompromisem pomiędzy wartościami  $d_s$  (jak na rys. 8 i 9) i  $K_0$  jest przyjęcie wartości wzmocnienia wzmacniaczy liniowych ( $W_{A/B}$ ) w poziomach osiowych A i B równe około 14 dB. W sieciach dosyłowych wymagających dużej liczby odcinków wzmacniakowych stanowi to pewne optimum ekonomiczne (koszt kabla i wzmacniaczy), a w łączach dosyłowych (rys. 7), w których liczba odcinków wzmacniakowych jest mała, wartość ta zbliża się do warunku optimum transmisyjnego.

Ostatnim elementem aktywnym sieci dosyłowej jest wzmacniacz  $W_C$ , który ma za zadanie odpowiednie wzmocnienie sygnałów użytecznych, w celu zapewnienia właściwych wartości poziomów tych sygnałów w przyłączach budynkowych  $P_B$ .

Stosuje się wzmacniacze o wzmocnieniu około 33 dB (dla  $f = 300$  MHz), które mogą pracować przy poziomach wyjściowych sygnałów rzędu 106 dB $\mu$ V (poziom eksploatacyjny). Każdy taki wzmacniacz jest ponadto wyposażony w układ preemfazy, umożliwiający korekcję o 6 dB (obniżenie poziomu przy 47 MHz) częstotliwościowej charakterystyki tłumieniowej linii C i D.



Rys. 9. Zależność  $a = f(L_c)$  przy  $d_{s \max} = \text{const.}$   
o max. tłumienności kabla wynoszącej 13,5 dB

Przy omawianiu zagadnień dotyczących optymalizacji długości odcinków poszczególnych poziomów sieciowych, przyjęto jako założenie, że tłumienność kabla odcinków wzmacniakowych w poziomach sieciowych A i B i tłumienność wynikowa linii poziomu C wynoszą około 14 dB. W celu realizacji tego wymagania jest konieczne stosowanie odpowiednich kabli. I tak w poziomach sieciowych A i B stosuje się wskutek tego najczęściej kabel o tłumienności jednostkowej rzędu 3,3 dB

(100 m przy  $f = 200$  MHz), a w przypadkach uzasadnionych, np. potrzeby wydłużenia odcinków wzmacniakowych, również kabele o tłumienności 2,3 dB. W poziomach C i D stosuje się odpowiednio kable o tłumiennościach jednostkowych 5 dB i 9,8 dB. W łączach dosyłowych natomiast korzysta się najczęściej z kabli o tłumienności jednostkowej 2,3 dB, a ostatnio również o tłumienności 1,16 dB.

Korzyści z tak rozumianej typizacji konstrukcji wydają się tak oczywiste, że nie wymagają specjalnych uzasadnień. Oprócz tego uzyskuje się przy tym znaczne ułatwienie procesu eksploatacji, a w szczególności w odniesieniu do serwisu. Wszystko to powoduje zmniejszenie koniecznych nakładów ekonomicznych i w konsekwencji uatrakcyjnienie oferowanej abonentowi usługi.

## 2.5. Wyznaczenie wartości poziomu eksploatacyjnego sygnałów przesyłanych w instalacjach WAIZ

Jednym z istotnych zadań procesu projektowania jest wyznaczenie wartości poziomów sygnałów przewidzianych do transmisji w projektowanej instalacji. Ze względów praktycznych używa się często w tym przypadku pojęcia poziomu eksploatacyjnego  $p_e$ , ponieważ jego wartość odpowiada wartościom poziomów poszczególnych sygnałów w warunkach eksploatacyjnych. Wartości poziomów sygnałów radiofonicznych i telewizyjnych określa się jako wartości skuteczne napięcia odpowiednio sygnału nośnej programu radiofonicznego i sygnału nośnej programów telewizyjnych w momentach impulsów synchronizujących<sup>\*)</sup>. Efektem końcowym rozważań powinno być wyznaczenie wartości poziomu eksploatacyjnego poszczególnych sygnałów oraz liczby możliwych połączeń kaskadowych odcinków wzmacniakowych (stacji wzmacniających) w gałęzi instalacji.

<sup>\*)</sup> W założeniu, że są rozpatrywane sygnały wizyjne o polaryzacji negatywnej.



Wyznaczanie odpowiednich poziomów sygnałów w sieci opiera się na następujących założeniach:

- 1) do rozważań przyjmuje się wyłącznie sygnały telewizyjne;
- 2) gałąź instalacji składa się z  $n$  jednakowych odcinków wzmacniakowych;
- 3) wzmocnienie wynikowe odcinka wzmacniakowego wynosi 0 dB;
- 4) wzmocnienie  $S$ (dB), współczynnik szumu  $F$ (dB), maksymalny poziom wyjściowy  $p_o$ (dB $\mu$ V) i znamionowa wartość odstepu sygnału i produktów modulacji skrośnej  $D_{oskr}$  (dB) dotyczą parametrów wypadkowych stacji wzmacniających;
- 5) wymagane na końcu gałęzi wartości odstępów szumu i produktów modulacji skrośnej wynoszą odpowiednio  $D_{wsz}$  (dB) i  $D_{wskr}$  (dB).

#### 2.5.1. Wyznaczenie maksymalnej wartości poziomu eksploatacyjnego $p_{e_{max}}$ poszczególnych sygnałów

Powszechnie stosowaną definicją maksymalnej wartości poziomu wyjściowego  $p_o$  szerokopasmowego układu wzmacniającego jest taki poziom, przy którym jest zachowana odpowiednia wartość odstepu produktów modulacji skrośnej  $D_{oskr}$ , wynosząca najczęściej 60 dB. Do pomiarów wykorzystuje się trzysygnałową metodę szerokopasmową [7]. Wartości poziomów sygnałów pomiarowych w tej metodzie są tak dobrane, że sumaryczne wystereowanie odpowiada wypadkowemu wystereowaniu dwoma sygnałami o wartościach poziomów równych  $p_o$ . Ponieważ zmiany w (dB) poziomów produktów modulacji skrośnej są trzykrotnie większe od zmian w (dB) poziomów sygnałów je wywołujących, to zależność  $D_{skr}$  od poziomu wyjściowego  $p_{wy}$  dwóch jednakowych sygnałów na wyjściu stacji wzmacniającej jest następująca:

$$D_{skr} = D_{oskr} + 2 (p_o - p_{wy}) \quad (1)$$

Jeżeli jednocześnie są przesyłane więcej niż dwa jednakowe sygnały to zależność (1) przybiera postać:

$$D_{\text{skr}} = D_{\text{oskr}} + 2(p_0 - p_{\text{wy}}) - C \log(m-1) \quad (2)$$

gdzie:  $m \geq 2$  - liczba przesyłanych sygnałów,

$C$  - stała o wartości 10-20; stosuje się najczęściej wartość  $C$  rzędu 16,5.

Po odpowiednich przekształceniach, dla  $D_{\text{skr}} = D_{\text{wskr}}$  otrzymamy:

$$P_{\text{wyl}} = p_0 - \frac{D_{\text{wskr}} - D_{\text{oskr}}}{2} - \frac{C}{2} \log(m-1) \quad (3)$$

W interpretacji fizycznej  $P_{\text{wyl}}$  oznacza maksymalną dopuszczalną wartość poziomu wyjściowego stacji dla wymaganych wartości  $D_{\text{wskr}}$  i  $m$  oraz dysponowanych wartości  $p_0$  i  $D_{\text{oskr}}$  (parametry zastosowanych układów). Jeżeli jednak połączymy w łańcuch  $k$  układów o odstępach produktów modulacji skrośnej  $D_i$ , to odstęp wypadkowy  $D_w$  na wyjściu łańcucha określa się wzorem:

$$D_w = 20 \log \frac{1}{\sum_{i=1}^k 10^{-\frac{D_i}{20}}} \quad (4)$$

gdzie:  $i = 1, 2 \dots k$

Dla  $D_1 = D_2 = \dots = D_k = D_{\text{oskr}}$

$$D_w = D_{\text{oskr}} - 20 \log k \quad (5)$$

Stąd odstęp wypadkowy  $D_{\text{wskr}}$  na wyjściu gałęzi instalacji składającej się z  $n$  jednakowych odcinków wzmacniakowych,

w której przesyłanych jest jednocześnie  $m$  sygnałów o jednakowych poziomach określa się zależnością:

$$D_{\text{wskr}} = D_{\text{oskr}} + 2 (p_0 - P_{\text{wyl}}) - C \log(m-1) - 20 \log n \quad (6)$$

Natomiast maksymalną dopuszczalną wartość poziomu eksploatacyjnego na wyjściu poszczególnych stacji określa się następująco:

$$P_{e_{\text{max}}} = P_{\text{wy}_{\text{max}}} = p_0 - \frac{D_{\text{wskr}} - D_{\text{oskr}}}{2} - \frac{C}{2} \log(m-1) - 10 \log n \quad (7)$$

Oznaczając przez  $A = p_0 - \frac{D_{\text{wskr}} - D_{\text{oskr}}}{2} - \frac{C}{2} \log(m-1)$  otrzymamy

$$P_{e_{\text{max}}} \leq A - 10 \log n \quad (8)$$

### 2.5.2. Wyznaczanie minimalnej wartości poziomu eksploatacyjnego $P_{e_{\text{min}}}$ poszczególnych sygnałów

Czynnikiem ograniczającym od dołu wartość poziomu eksploatacyjnego jest wymagany odstęp szumu  $D_{\text{wsz}}$ . Poziom szumu  $P_{\text{sz}}$  na wyjściu układu o wzmacnieniu  $S$  (dB) i współczynniku szumu  $F$  (dB) określa się zależnością:

$$P_{\text{sz}} \text{ (dB } \mu\text{V)} = P_{\text{osz}} \text{ (dB } \mu\text{V)} + S \text{ (dB)} + F \text{ (dB)} \quad (9)$$

gdzie:  $P_{\text{osz}} = 20 \log \cdot \sqrt{kT\Delta FR}$  oznacza poziom szumu termicznego rezystora o wartości  $R$  w temp.  $T = 290 \text{ K}$  i w pasmie częstotliwości  $\Delta F$  (MHz),

$k$  - stała Boltzmanna =  $1.38 \cdot 10^{-23} \text{ W/K}$ .

Ponieważ na wyjściu układu  $D_{osz} = P_{wy} - P_{sz}$ , stąd minimalną wartość poziomu wyjściowego określa się zależnością:

$$P_{wy_{min}} > D_{osz} + P_{sz} \quad (10)$$

Dla połączonych w łańcuch  $k$  układów o odstępach szumu  $D_i$  odstęp wypadkowy  $D_{wsz}$  wynosi:

$$D_{wsz} = 10 \log \frac{1}{\sum_{i=1}^k 10^{-\frac{D_i}{10}}} \quad (11)$$

gdzie:  $i = 1, 2 \dots k$

$$\text{Dla } D_1 = D_2 = \dots D_k = D_{osz} \quad (12)$$

$$D_{wsz} = D_{osz} - 10 \log k$$

Jeżeli jest wymagane, aby na wyjściu gałęzi instalacji, składającej się z  $n$  jednakowych stacji wzmacniających, odstęp sygnał/szum był równy odstępowi uzyskiwanemu na wyjściu poszczególnych stacji ( $D_{wsz} = D_{osz}$ ), to minimalną wartość poziomu eksploatacyjnego określa się za pomocą następującego wzoru:

$$P_{e_{min}} = P_{wy_{min}} - D_{osz} + P_{osz} + F + S + 10 \log n \quad (13)$$

oznaczając przez  $B = D_{osz} + P_{osz} + F + S$  otrzymamy:

$$P_{e_{min}} > B + 10 \log n \quad (14)$$

W zależności (13) pominięto ewentualny udział odcinków kablowych. Jest to dopuszczalne, ponieważ poziom szumu na

wyjsciu układu biernego jest równy szumowi rezystora o wartości równej oporności wyjściowej układu. Innymi słowy, dla celów praktycznych odstęp sygnał/szum wzdłuż odcinka kablowego może być traktowany jako wartość stała.

Zależności (8) i (14) w układzie współrzędnych prostokątnych ( $P_{wy}; n$ ), przedstawiają odpowiednie proste, a wartości stałych A i B punkt ich przecięcia z osią  $P_{wy}$ . Wartość

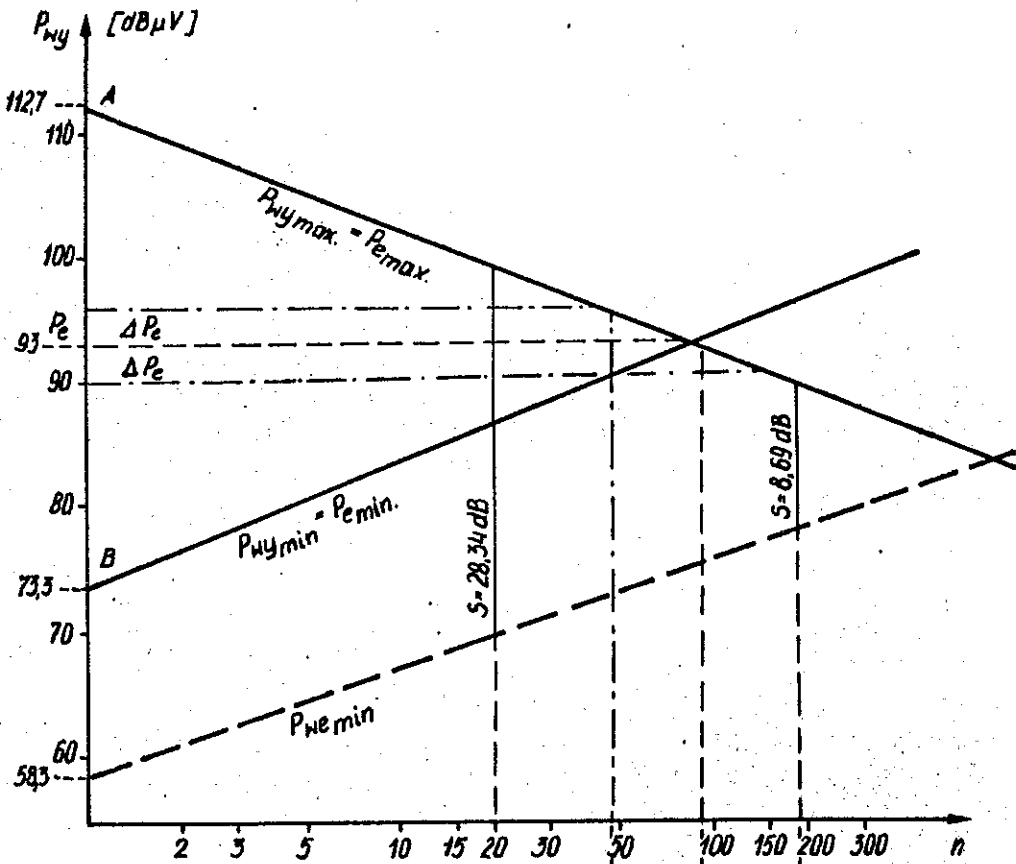
$$n = 10 - \frac{A - B}{20} \quad (\text{punkt przecięcia prostych } P_{e_{\max}} \text{ i } P_{e_{\min}})$$

oznacza maksymalną teoretyczną liczbę możliwych połączeń kaskadowych ( $n_{\max}$ ) jednakowych odcinków wzmacniakowych, a odpowiadająca mu wartość poziomu eksploatacyjnego  $p_e$  jest jego wartością znamionową. Oczywiście w praktyce liczba możliwych połączeń kaskadowych ( $n_p$ ) jest znacznie mniejsza od  $n_{\max}$ , ponieważ przy projektowaniu każdej instalacji jest konieczne zachowanie pewnej rezerwy, to znaczy określonych odstępów wartości znamionowej  $p_e$  od dopuszczalnych wartości  $P_{e_{\max}}$  i  $P_{e_{\min}}$ . Wielkość tej rezerwy jest uza-

leżniona od parametrów transmisyjnych ośrodka odbiorczego, stacji wzmacniających i kabli, a bezpośrednio od wahań poziomu sygnałów użytecznych na wyjściu ośrodka odbiorczego i poszczególnych stacji wzmacniających. Dla celów praktycznych wykorzystuje się do 50%  $n_{\max}$ .

Na rys. 10 przedstawiono przykładowy wykres zależności  $P_{wy} = f(n)$  dla następujących warunków wyjściowych:

- wymagane odstęp  $D_{wskr} > 62$  dB, a  $D_{wsz} < 46$  dB;
- $m = 8$  kanałów telewizyjnych;
- parametry stacji wzmacniających:  $S = 15$  dB;  $F = 10$  dB;  
 $P_0 = 120$  dB  $\mu$ V;  $D_{oskr} = 60$  dB;
- $P_{osz} = 2,3$  dB  $\mu$ V (dla  $R = 75 \Omega$  i  $\Delta F = 5,7$  MHz);
- $C = 15$ .

Rys. 10. Zależność  $P_{wy} = f(n)$ 

Na podstawie powyższych danych można określić:

$$A = 112,66 \text{ dB } \mu\text{V}, \quad B = 73,3 \text{ dB } \mu\text{V}, \quad \text{stąd}$$

$$n_{\max} = 92,9, \quad P_e = 93 \text{ dB } \mu\text{V}.$$

Jeżeli założymy  $n_p = 0,75 n_{\max} = 69$ , to otrzymamy:

$$P_{e_{\max}} = 94,3 \text{ dB } \mu\text{V} \quad \text{oraz} \quad \Delta P_{e_1} = P_{e_{\max}} - P_e = 1,3 \text{ dB},$$

$$P_{e_{\min}} = 91,7 \text{ dB } \mu\text{V} \quad \text{oraz} \quad \Delta P_{e_2} = P_e - P_{e_{\min}} = 1,3 \text{ dB}.$$

Natomiast gdy  $n_p = 0,5$ ,  $n_{max} = 46$ , to wówczas  $\Delta P_{e_1} = \Delta P_{e_2} = \Delta P_e = 3$  dB.

W interpretacji fizycznej oznacza to, że dla danej wartości  $n_{max} = f(A, B)$ , gdzie A i B są określone odpowiednio zależnościami (8) i (14), uzyskiwana długość gałęzi instalacji, (zależna głównie od wartości  $n_p$ ), jest odwrotnie proporcjonalna do wartości spodziewanych odchyłek poziomu eksploatacyjnego od jego wartości znamionowej.

Głównymi przyczynami niestabilności poziomu eksploatacyjnego sygnałów przesyłanych w instalacjach są wahania natężeń pól elektromagnetycznych odpowiadających im sygnałów pożądanym oraz zależność od częstotliwości, czasu i warunków otoczenia parametrów transmisyjnych instalacji. Należy więc eliminować bądź przynajmniej osłabiać ich szkodliwe oddziaływanie. Uzyskuje się to przez stosowanie odpowiednich elementów konstrukcyjnych instalacji, układów automatycznej regulacji poziomu sygnałów pożądanym w ośrodku odbiorczym i układów automatycznej regulacji poziomu sygnałów w sieci przesyłowej, układanie kabli w ziemi oraz możliwie staranną korekcję charakterystyk tłumieniowych torów kablowych.

W celu przedstawienia zależności długości gałęzi instalacji i liczby stosowanych w niej stacji wzmacniających (o określonych parametrach technicznych) przyjmijmy, że w przykładzie jak na rys. 10 mamy do czynienia tylko z jedną stacją. Jej wzmocnienie wynosiłoby  $54,36 (P_{wymax} - P_{wemin})$  dB. Długość gałęzi byłaby ograniczona długością kabla o tłumieniu 54,36 dB.

Gdyby natomiast zastosować łańcuch o 20 stacjach o takich samych F i  $p_0$ , to dla założonych wymagań ich wzmocnienie wynosiłoby 28,34 dB, a długość gałęzi wyrażona dopuszczalnym tłumieniem kabli miałaby wartość 566,8 dB. Z uwagi na zasięg, optymalna wartość wzmocnienia wynosi 8,69 dB. Dla rozpatrywanego przypadku oznaczałoby to możliwość połączenia w łańcuch ( $n_{max}$ ) aż 192 stacji o wzmocnieniu sumarycznym 1668,48 dB. Wzmocnienie 8,69 dB nie jest jednak wartością

optymalną. I to zarówno z uwagi na budowę stacji wzmacniających (układów wzmacniaczy), jak również i na budowę sieci przesyłowych. Z tego względu w praktyce spotyka się wzmocnienia wzmacniaczy rzędu 14-30 dB.

W dotychczasowych rozważaniach przyjęto jako założenie uproszczające, że są rozpatrywane wyłącznie sygnały telewizyjne oraz że sieć ma budowę jednorodną. Pominięcie sygnałów radiofonicznych przy wyznaczaniu sumarycznego występowania jest jednak w warunkach rzeczywistych dopuszczalne, ponieważ ich poziom eksploatacyjny jest na ogół o około 10 dB niższy od poziomu sygnałów telewizyjnych. Założenie natomiast jednorodności sieci powodowało że, każdy odcinek wzmacniakowy ma jednakowy udział w powstawaniu określonego typu zakłóceń lub zniekształceń. Pomimo że ściśle rozumienie takiego rozkładu parametrów jest ujęciem teoretycznym, to również w praktyce, z wystarczającą dla tego celu dokładnością, można wyróżnić w sieci przesyłowej odcinki jednorodne. Do takich można zaliczyć odpowiednie gałęzie sieci magistralnej, rozprowadzającej i budynkowej. Sprawą istotną w takim przypadku jest właściwy, dostosowany do funkcji pełnionych przez te gałęzie, podział tolerancji założonych parametrów transmisyjnych.

Względy techniczno-ekonomiczno-organizacyjne powodują, że w praktyce każda kablowa sieć przesyłowa, obejmująca drogi transmisyjne od ośrodka odbiorczego do gniazda abonenckiego, ma charakter niejednorodny i najczęściej dzieli się na 2 do 4 poziomy sieciowe. Budowę każdego z tych poziomów można traktować jako jednorodną.

W poziomach sieciowych A kładzie się główny nacisk na uzyskanie możliwości dużej liczby połączeń kaskadowych stacji wzmacniających. W znacznie mniejszym stopniu dotyczy to poziomów sieciowych B i sieci budynkowych. Natomiast w stacjach wzmacniających sieci rozprowadzających starszego typu [10], na wyjściach w kierunku poziomów sieciowych C (rys. 6) oraz na wyjściach stacji wzmacniających sieci budynkowych są wymagane stosunkowo duże wartości poziomów sygnałów transmitowanych. Jest to podyktowane koniecznością doprowadzenia, przy



użyciu wyłącznie elementów biernych, sygnałów do dużej liczby przyłączy budynkowych lub gniazd abonenckich skupionych jednak na niewielkim obszarze.

2.5.3. Podział założonych wartości wynikowych odstępów  $D_{wskr}$  i  $D_{wsz}$  na poziomy sieciowe.

2.5.3.1. Budowa jednorodna sieci przesyłowej

W sieci jednorodnej każdy poziom sieciowy ma jednakowy udział w tworzeniu  $D_{wskr}$  i  $D_{wsz}$ . Występuje tutaj pełna analogia do rozważań przedstawionych w pkt. 2.5.1 i 2.5.2, gdy w miejsce stacji wzmacniających przyjmuje się poziomy sieciowe.

Jeżeli przez  $l$  oznaczymy liczbę poziomów sieciowych a przez  $D_{pskr}$  i  $D_{psz}$  przypadające na te poziomy odstępów odpowiednie produktów modulacji skrośnej i szumu, to otrzymamy:

$$D_{pskr} = D_{wskr} + 20 \lg l \quad \text{i} \quad D_{psz} = D_{wsz} + 10 \lg l, \quad (15)$$

stąd:

$$\Delta D_{skr} = D_{pskr} - D_{wskr} = 20 \lg l \quad (16)$$

$$\Delta D_{sz} = D_{psz} - D_{wsz} = 10 \lg l$$

Należy przy tym wyraźnie podkreślić, że omawiana kwestia dotyczy parametrów transmisyjnych poziomów sieciowych jako całości, nie wnikając w ich budowę wewnętrzną.

Odpowiednie wartości wymaganych, w celu zachowania założonych  $D_{wsz}$  i  $D_{wskr}$ , "przyrostów" odpowiednich odstępów w zależności od liczby poziomów sieciowych podano w tablicy 1.

Tablica 1

Wartości wymaganych "przyrostów" odpowiednich odstępów w zależności od liczby poziomów sieciowych

1	1	2	3	4
$\Delta D_{sz}$ [dB]	0	3	5	6
$\Delta D_{skr}$ [dB]	0	6	10	12

Jeżeli przyjmiemy jednorodną budowę określonego poziomu sieciowego, to do obliczeń liczby możliwych w nim połączeń kaskadowych odcinków wzmacniakowych  $n$  i wartości poziomu eksploatacyjnego  $p_e$  transmitowanych sygnałów należy przyjmować wartości  $D_{psz}$  i  $D_{pskr}$ , obliczone z zależności (15).

### 2.5.3.2. Sieć niejednorodna

Każdy poziom sieciowy może mieć różny, dostosowany do pełnionej przez niego funkcji w sieci, udział w tworzeniu  $D_{wsz}$  i  $D_{wskr}$ . Jak już wspomniano, linie magistralne powinny być przystosowane do przesyłania sygnałów na dalsze odległości i z tego względu są budowane w postaci łańcuchów wieloogniowych (duża liczba odcinków wzmacniakowych). Natomiast podstawowym zadaniem linii rozprowadzających i sieci budynkowych jest doprowadzenie sygnałów do dużej liczby odpowiednio przyłączy budynkowych i gniazd abonenckich, skupionych na stosunkowo niewielkim obszarze. Liczba możliwych połączeń kaskadowych w tym przypadku ma znaczenie drugorzędne, natomiast zachodzi tu potrzeba zapewnienia możliwie wysokiego poziomu wyjściowego. W takiej sytuacji jest zalecane stosowanie sieci niejednorodnej.

Firma Siemens np. dla sieci składającej się z sieci magistralnej oraz sieci rozprowadzających i budynkowych ponumerowanych odpowiednio 1, 2 i 3 zaleca [5] wartości przedstawione w tablicy 2.

Tablica 2

Wartości dla sieci niejednorodnej  
proponowane przez firmę Siemens

Nr sieci	1	2	3
$\Delta D_{sz}$ [dB]	2	8	8
$\Delta D_{skr}$ [dB]	10	10	10

Dla sieci magistralnej według danych jak w przykładzie w pkt. 2.5.2. otrzymamy:

$A = 107,66 \text{ dB}\mu\text{V}$ ;  $B = 75,3 \text{ dB}\mu\text{V}$ ;  $n_{\text{max}} = 41,5$  i  $p_e = 91,5 \text{ dB}\mu\text{V}$ ,

przy tym dla celów praktycznych wielkości  $n$  należy zawsze ograniczać do wartości całkowitej. Gdyby w sieciach rozprzewadzających i budynkowych zastosować stacje o tych samych parametrach, to otrzymamy  $n_{\text{max}} = 20,8$ , a  $p_e = 94,5 \text{ dB}\mu\text{V}$ . Natomiast jeżeli zastosujemy stacje o  $S = 30 \text{ dB}$  i pozostałych parametrach jak wyżej, to  $n_{\text{max}} = 3,7$  a  $p_e = 102 \text{ dB}\mu\text{V}$ .

Jak wynika z [11], w obecnie budowanych w RFN sieciach miejscowych, szerokopasmowych systemów telekomunikacyjnych poczty niemieckiej w poziomach sieciowych A i B stosuje się  $p_e = 90 \text{ dB}\mu\text{V}$ ,  $n_p = 20$ , a  $S = 14 \text{ dB}$ . Maksymalna wartość poziomu na wyjściach wzmacniaczy  $W_c$  i wyjściach stacji budynkowych jest tam rzędu  $106 \text{ dB}\mu\text{V}$ . W tych warunkach przewiduje się transmisję do 12 programów telewizyjnych i 24 radiofonicznych o bardzo wysokich parametrach jakościowych.

Reasumując powyższe, można stwierdzić, że w większości zastosowań praktycznych bardziej przydatny jest niejednorodny typ sieci przesyłowej z takim podziałem parametrów transmisyjnych, aby linie sieci magistralnej umożliwiały transmisję sygnałów na dalsze odległości, natomiast sieci rozprzewadzające i budynkowe były przystosowane do obsługi możliwie dużej liczby abonentów rozmieszczonych na stosunkowo niewielkim obszarze.

## 2.6. Zagadnienia stałości poziomu eksploatacyjnego sygnałów użytecznych

Z rozważań przeprowadzonych w pkt. 2.5 wynika, że warunkiem koniecznym do uzyskania wymaganych wskaźników jakościowych każdej transmisji jest utrzymywanie w założonych tolerancjach wartości poziomów przesyłanych sygnałów. Wymaganie to dotyczy każdego punktu drogi transmisyjnej.

Występują tu dwie zasadnicze przyczyny zmian wartości poziomu eksploatacyjnego, a mianowicie zależność:

- 1) tłumienności bądź wzmocności elementów składowych instalacji od częstotliwości,
- 2) tłumienności lub wzmocności tych elementów od warunków otoczenia (temperatura, wilgotność, ciśnienie atmosferyczne) oraz od napięć zasilania i od czasu (starzenie).

#### 2.6.1. Korekcja charakterystyki częstotliwościowej tłumienności wynikowej odcinków wzmacniakowych

##### 2.6.1.1. Korektory odcinków wzmacniakowych

Zasadniczym miejscem powstawania zniekształceń tłumieniowych odcinków wzmacniakowych jest kabel koncentryczny. Różni się przy tym dwa źródła zniekształceń. Jedno z nich wiąże się organicznie z konstrukcją i oznacza określoną zależność tłumienności kabla od częstotliwości  $[a = C \sqrt{f}]$ , a drugie jest spowodowane wzdłużną niejednokrotnością oporności falowej kabla jako skutek jego wadliwego wykonania lub uszkodzenia. O ile korekcja zniekształceń wywołanych zależnością tłumienności kabla od częstotliwości jest możliwa i celowa, o tyle w przypadku niejednorodności oporności falowej korekcja skutków tego zjawiska jest nie tylko złożona technicznie, ale i nie dająca gwarancji oczekiwanych rezultatów. W takiej sytuacji jedyne logiczne rozwiązanie stanowi rezygnacja z wykorzystania takiego kabla. Należy przy tym zaznaczyć, że współczesne technologie wytwarzania kabli skutecznie eliminują możliwość powstawania tego typu deformacji, a ich źródłem w zdecydowanej większości przypadków jest niewłaściwe obchodzenie się z kablem w trakcie jego transportu, przechowywania bądź budowy torów kablowych.

Zakładając, że właściwie skompletowana stacja wzmacniająca ma płaską (z dopuszczalną tolerancją) częstotliwościową charakterystykę wzmocności wynikowej, korekcja odcinka

wzmacniakowego będzie polegała na skompensowaniu zniekształceń tłumieniowych toru kablowego. W tym celu w stacjach wzmacniających znajdują się układy korektorów kablowych, a ponadto w bardzo wielu przypadkach wzmacniacze liniowe takich stacji (przeznaczone do kompensacji tłumienności odcinka kablowego) dysponują możliwością, (w niewielkim zakresie), płynnej regulacji nachylenia częstotliwościowej charakterystyki wzmacnienia.

Stała  $C$  we wzorze  $a = C \sqrt{f}$ , reprezentująca cechy konstrukcyjne kabla, może być różna dla różnych typów kabli. W praktyce zmienna jest także długość odcinków wzmacniakowych. W konsekwencji występuje potrzeba dysponowania asortymentem korektorów dostosowanych do rodzaju wykorzystywanego kabla i długości odcinków wzmacniakowych. Wymogi ekonomiczności oraz przydatność praktyczna spowodowały w zasadzie powszechne przyjęcie idei konstrukcji korektorów kablowych opartych na różnicy tłumienności dla skrajnych częstotliwości transmisyjnego pasma  $f_d$  i  $f_g$  (np. 47-230 MHz lub 47-300 MHz), a nie długości odcinków kablowych. Potrzeby unifikacji rozwiązań systemowo-konstrukcyjnych instalacji, z jednej strony, i występowanie w praktyce odcinków wzmacniakowych o różnych długościach, z drugiej, powodują na stacji wzmacniającej konieczność jednoczesnej kompensacji konkretnej wartości tłumienności odcinka kablowego oraz korekcji jego zniekształceń tłumieniowych. W związku z tym są spotykane dwa typy korektorów. Jeden jest przeznaczony wyłącznie do korekcji zniekształceń, w którym uzupełniającą (w stosunku do odcinka o maksymalnej długości) wartość tłumienności uzyskuje się przez wykorzystanie odpowiednich tłumików. Drugi typ korektorów realizuje jednocześnie obie funkcje.

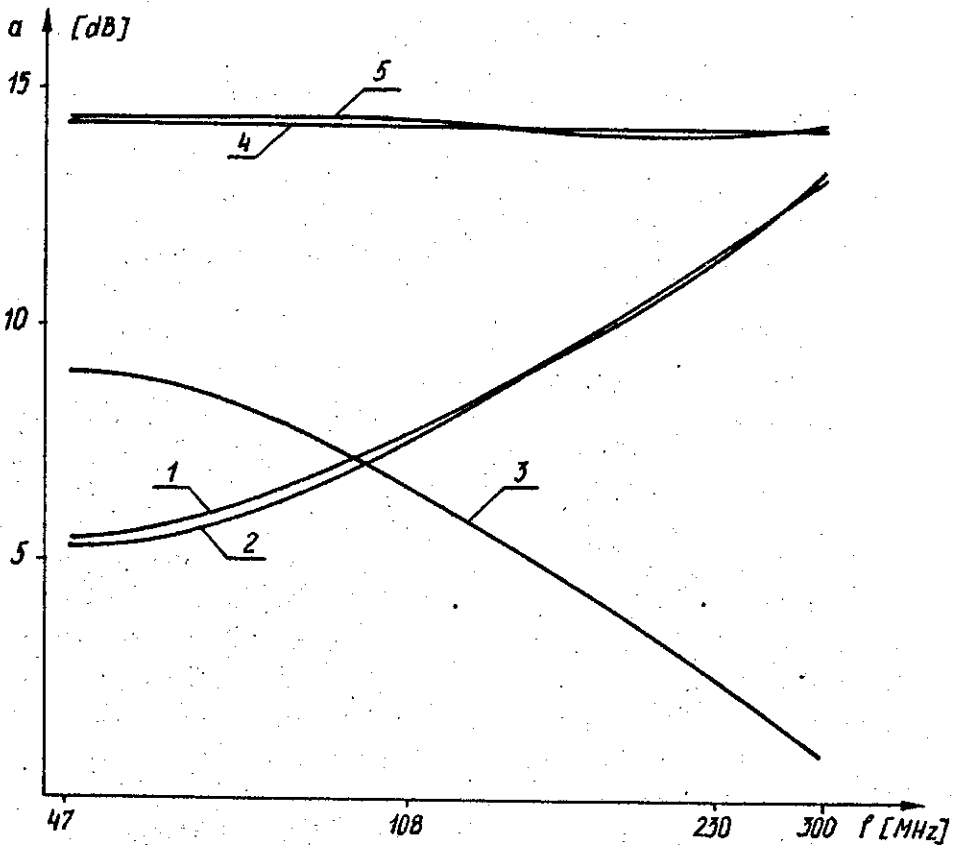
Należy przy tym zwrócić uwagę, że w przypadku stosowania korektorów pierwszego typu w obliczeniach wypadkowego współczynnika szumu stacji wzmacniającej należy uwzględnić wartość tłumienności podstawowej korektora (przy  $f_g$ ). Wartość tłumienności kabla również w dużym stopniu zależy od temperatury

otoczenia, a ponadto zależność ta jest zmienna w funkcji częstotliwości. Z tego względu zależnie od sposobu układania kabli (nad ziemią lub w ziemi) do obliczeń korektora przyjmuje się dwie różne temperatury otoczenia. Dla kabli układanych nad ziemią przyjmuje się najczęściej temperaturę 20°C, a w ziemi 10°C. Odpowiednio dla tych temperatur określa się różnicę tłumienności odcinka kablowego  $\Delta a = a_{fg} - a_{fd}$ , która stanowi kryterium wyboru właściwego korektora. Ze względów ekonomicznych, dysponuje się na ogół ograniczoną liczbą korektorów i dlatego w wielu przypadkach nie uda się skorygować odcinka kablowego z wymaganą dokładnością. O ile jest to dopuszczalne ze względów systemowych, wymagana korekcja uzupełniająca tego odcinka powinna być uwzględniona przy korekcji odcinka następnego.

#### 2.6.1.2. Korektory systemowe

W praktyce przy użyciu korektorów kablowych zniekształcenia tłumieniowe odcinków kablowych mogą być skompensowane dokładnie (ze znaną dokładnością) jedynie dla częstotliwości  $f_d$  i  $f_g$ , ponieważ nawet przy założeniu stosowania właściwych korektorów dla określonego kabla występuje możliwość niedopuszczalnych błędów korekcji wewnątrz przenoszonego pasma częstotliwości. Jest to spowodowane głównie skończoną dokładnością wykonania kabli i korektorów. Z taką sytuacją mamy do czynienia przy użyciu korektorów nie w pełni odpowiednich dla danego kabla.

Na rys. 11 przedstawiono przykład korekcji odcinków kablowych przy użyciu takiego samego korektora dla różnych, aczkolwiek o bardzo zbliżonych konstrukcjach kabli. Dla odcinka wzmacniakowego o długości 400 m, zbudowanego z kabla PKP3 (firmy Bosch) (wykres 1), wymagana do korekcji różnica tłumienności wynosi  $\Delta a = 8$  dB. Z zastosowaniem korektora o charakterystyce jak na wykresie 3 uzyskujemy w przedziale 49-300 MHz stałą wartość tłumienności wynikowej 14,2 dB (wykres 4).



Rys. 11. Korekcja odcinków kablowych

1 - 400 m odcinka kabla PKP3  $\Delta a = a_{300} - a_{47} = 8$  dB; 2 - 267 m odcinka kabla PKP4  $\Delta a = a_{300} - a_{47} = 8$  dB; 3 - "idealny" korektor dla odcinka kabla (1); 4 - tłumienność wynikowa odcinka kabla (1) i korektora (3); 5 - tłumienność wynikowa odcinka kabla (2) i korektora (3).

Dla innego odcinka wzmacniakowego o długości 267 m, zbudowanego z kabla PKP4 (firmy Bosch) (wykres 2),  $\Delta a = 8$  dB. Jeżeli w tym przypadku zastosujemy także korektor jak na wykresie 3, to uzyskane wahania tłumienności wynikowej będą przekraczały 0,2 dB (wykres 5). O ile taką dokładność korekcji jednego odcinka wzmacniakowego można by było uznać za wystarczającą, to już zniekształcenia wynikowe kilku odcinków mogłyby się okazać niedopuszczalne.

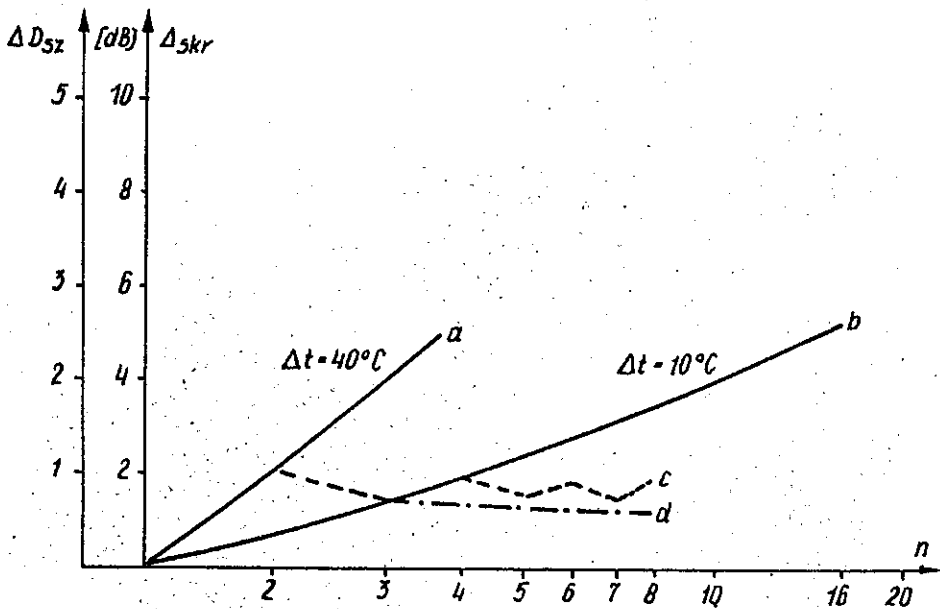
W takich sytuacjach stosuje się na ogół korektory dodatkowe, nazywane systemowymi, których zadaniem jest korekcja wynikowa charakterystyki tłumieniowej określonej liczby kolejnych odcinków wzmacniakowych. Są to korektory budowane dla konkretnych zastosowań, aczkolwiek dla zunifikowanych kabli i korektorów kablowych występuje możliwość budowy rodziny korektorów systemowych o względnie uniwersalnym zastosowaniu.

### 2.6.2. Eliminacja wpływu zmian warunków otoczenia i procesów starzenia

Główną przyczyną zmian tłumienności (wzmocności) wynikowej odcinków wzmacniakowych, a w konsekwencji i całej gałęzi sieci przesyłowej jest zależność tłumienności kabla od temperatury. Zmiany te powodują zmiany wartości poziomu eksploatacyjnego, a więc i zmiany wynikowych odstępów szumu oraz produktów zniekształceń nieliniarnych.

Na podstawie [2] na rys. 12 i 13 przedstawiono, tytułem przykładów wpływ zmian temperatury otoczenia na zmiany odstępów szumu i produktów modulacji skrośnej oraz zasięgu gałęzi sieci. Zjawisko to jest oczywiście niekorzystne, a zatem konieczne staje się stosowanie określonych środków zaradczych. Należy przede wszystkim dążyć do wytworzenia i stosowania elementów oraz rozwiązań systemowych instalacji w miarę możliwości jak najmniej czułych na zmienność warunków otoczenia. Zaleca się więc stosowanie stabilizacji napięć roboczych, specjalnych konstrukcji mechanicznych stacji wzmacniających, układanie kabli w ziemi oraz układów korekcyjnych opartych na systemach automatycznej regulacji. Na rys. 12 krzywe c i d pokazują wynik stosowania automatycznych układów regulacji poziomu (ARP). Jak widać z tego rysunku, warunkiem utrzymania  $\Delta D_{sz} = 1$  dB lub  $\Delta D_{skr} = 2$  dB jest konieczność zastosowania układów ARP w co czwartej stacji dla  $t = 10^\circ\text{C}$  i w co drugiej dla  $t = 40^\circ\text{C}$ .

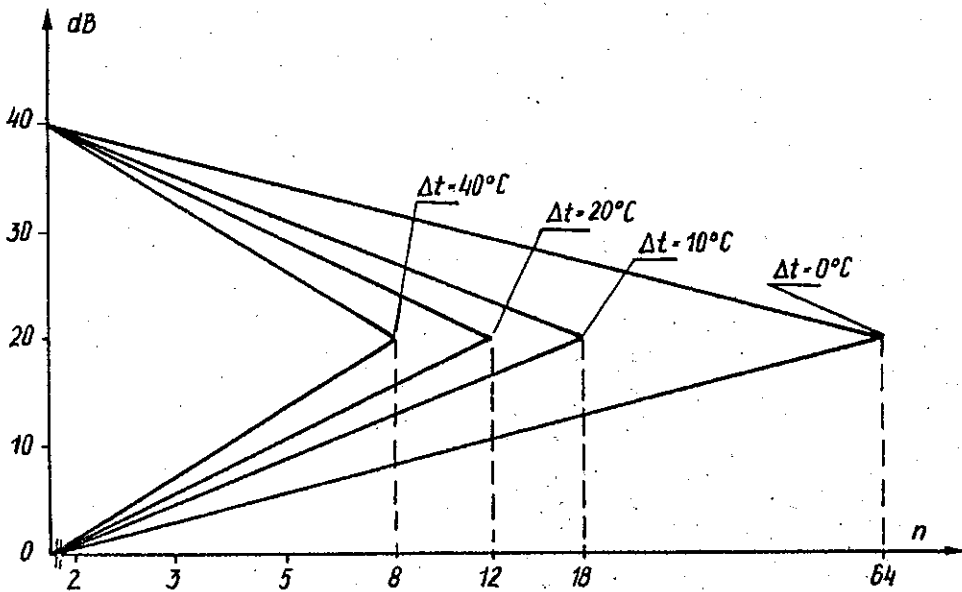




Rys. 12. Wpływ zmian temperatury na zmiany odstępów sygnał/szum i sygnał/produkty modulacji skrośnej w gałęzi instalacji

a i b - bez układów automatycznej regulacji; c i d - przy zastosowaniu takich układów.

Ogólnie mamy do czynienia z dwoma zasadniczymi typami automatycznych regulacji (korekcji) poziomu eksploatacyjnego. Ideą pierwszego jest odpowiednia zmiana funkcji przenoszenia układu wykonawczego w zależności od zmiany wartości obserwowanego parametru. W odniesieniu do temperatury otoczenia oznaczałoby to w przypadku korekcji charakterystyki tłumieniowej, określoną zmianę tłumienności układu korekcyjnego w zależności od zmian temperatury. Względna prostota konstrukcji i eksploatacji takich układów przemawiałaby za powszechnością ich zastosowania. Jednak ten typ ARP jest obciążony bardzo istotną wadą bowiem receptory zmian temperatury są tu umieszczone w pewnym oddaleniu od kabli, co powoduje możliwość występowania znacznych różnic temperatur otoczenia kabli i receptorów oraz wynikających stąd konsekwencji.



Rys. 13. Teoretyczny wpływ zmian temperatury otoczenia na zasięg gałęzi instalacji bez układów automatycznej regulacji

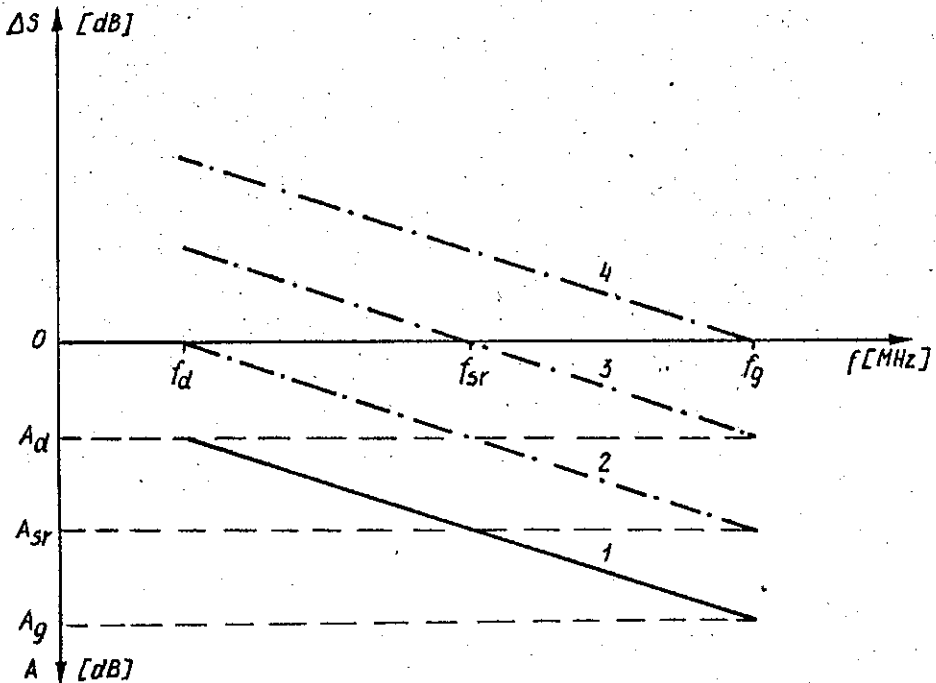
$n$  - liczba połączeń kaskadowych odcinków wzmacniających

Innym rozwiązaniem jest bezpośrednio wykorzystywanie (jako kryterium regulacji funkcji przenoszenia układów korekcyjnych), wartości poziomów specjalnych sygnałów kontrolnych, przesyłanych łącznie z sygnałami użytecznymi. W ten sposób każda zmiana wartości poziomu sygnału kontrolnego, niezależnie od jej przyczyny, wywoła zadziałanie układów regulacyjnych. Występuje więc możliwość kompensacji wszelkich zmian tłumienności wynikowej drogi przesyłowej.

Z tego właśnie względu, powszechnie stosowana w systemach teletransmisyjnych, idea wykorzystywania specjalnych sygnałów kontrolnych (tzw. pilotów) jako nośników informacji o aktualnym stanie drogi transmisyjnej znalazła również szerokie zastosowanie w systemach WAIZ i stanowi ona podstawę do budowy wymienionego już drugiego typu układów ARP. W tego typu rozwiązaniach, na stacjach wzmacniających wartości

napięcia (poziomu) sygnałów pilotowych odbieranych z toru są porównywane z bardzo stabilnymi źródłami napięć odniesienia. Wielkość różnic wartości tych napięć stanowi kryterium regulacji funkcji przenoszenia układu wykonawczego. Oczywiście o dokładnej korekcji zmian tłumienności drogi transmisyjnej można w tym przypadku mówić wyłącznie w odniesieniu do częstotliwości sygnału pilotowego. W celu eliminacji tej niedogodności należałoby stosować dużą liczbę sygnałów kontrolnych, która w warunkach rzeczywistych nie jest do przyjęcia.

Na rys. 14 przedstawiono skutek korekcji odcinka kablowego z wykorzystaniem jednoczęstotliwościowych układów automatycznej regulacji poziomu, dla różnego rozkładu sygnałów pilo-

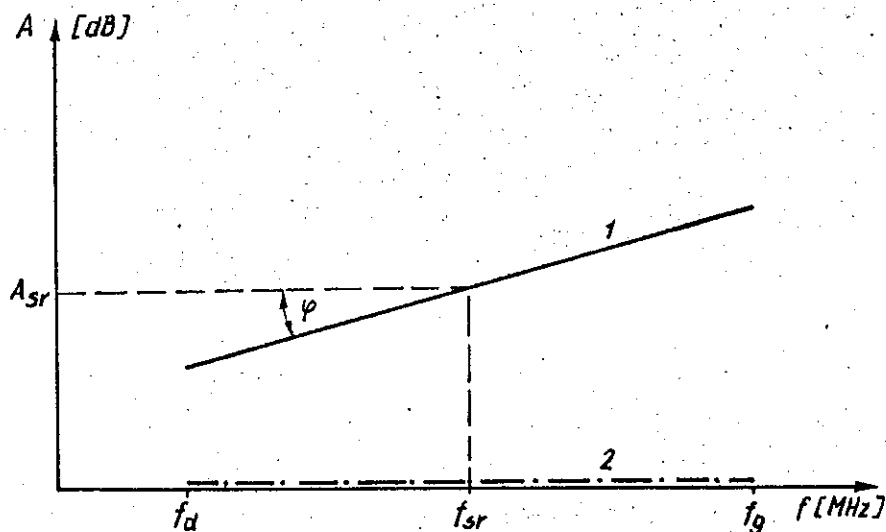


Rys. 14. Zastosowanie jednoczęstotliwościowego układu automatycznej regulacji poziomu (ARP)

- 1 - przebieg tłumienności odcinka toru kablowego bez ARP;  
 2, 3 i 4 - po zastosowaniu jednoczęstotliwościowego układu ARP odpowiednio dla częstotliwości  $f_d$ ,  $f_{sr}$  i  $f_g$ .

wych w przenoszonym pasmie częstotliwości. Naturalnie w żadnym z wymienionych przypadków nie uzyskuje się korekcji nachylenia charakterystyki tłumieniowej zniekształceń tłumieniowych toru kablowego, a ponadto przy wykorzystaniu sygnałów pilotowych o częstotliwościach równych częstotliwości środkowej lub górnej z przenoszonego pasma występuje niebezpieczeństwo przekroczenia ( $\Delta S$ ) dopuszczalnych wartości poziomu eksploatacyjnego sygnałów rozmieszczonych poniżej tych częstotliwości. Z powyższych względów w praktyce najczęstsze zastosowanie znalazły systemy ARP wykorzystujące właściwości obu omówionych sposobów korekcji, to znaczy stosuje się układy kompensacji tłumienności i zniekształceń tłumieniowych odcinków wzmacniakowych, pracujące na zasadzie automatycznej regulacji poziomu.

Na rys. 15 pokazano rezultat pracy takiego typu układu, wykorzystującego jeden sygnał pilotowy, umieszczony najczęściej w pobliżu częstotliwości  $f_{sr} = \sqrt{f_d \cdot f_g}$ . W układzie występuje ścisły (założony na podstawie danych katalogowych

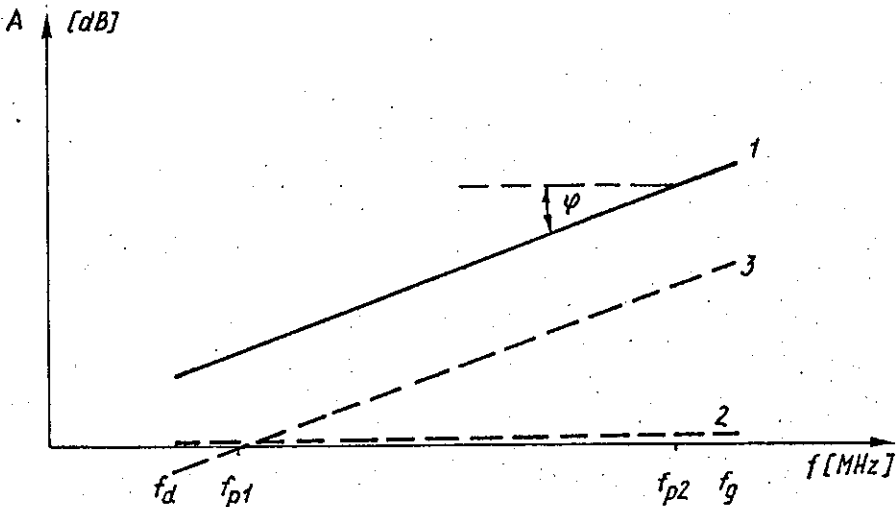


Rys. 15. Zastosowanie układu ARP z korekcją nachylenia częstotliwościowej charakterystyki tłumieniowej  
1 - przed korekcją; 2 - po korekcji.

stosowanych kabli) związek pomiędzy  $A_{sr}$  i kątem nachylenia charakterystyki tłumieniowej  $\varphi$ . Mimo, że przy użyciu takiego układu można stosunkowo dokładnie skompensować zmiany tłumienności toru kablowego wynikającego ze zmiany temperatury otoczenia, to jego zastosowanie we współczesnych systemach jest ograniczone. Ścisła zależność  $A_{sr}$  i  $\varphi$ , nieodzowna w przypadku korekcji temperaturowych zniekształceń tłumieniowych, może stać się przyczyną dodatkowych zniekształceń, jeżeli  $A_{sr}$  zmieni się pod wpływem innych przyczyn. Występuje tutaj sytuacja podobna do omawianej przy opisywaniu układów pierwszej grupy. W celu eliminacji tej wady układ wykonawczy musi otrzymywać minimum dwie informacje dotyczące każdorazowego położenia charakterystyki tłumieniowej toru kablowego we współrzędnych prostokątnych  $A$  i  $f$  (wartość tłumienności przy określonej częstotliwości). Jest to realizowane przez wykorzystanie dwóch sygnałów pilotowych, ułożonych w pobliżu dolnej i górnej częstotliwości przenoszonego pasma częstotliwości. Część układu sterowana pilotem dolnym, ma za zadanie kompensację tłumienności, natomiast druga część, sterowana pilotem górnym, koryguje zniekształcenia tłumieniowe. Kryterium dla wymaganej zmiany nachylenia charakterystyki (kąt  $\varphi$ ) w tym przypadku stanowi różnica poziomów odbieranych z toru sygnałów pilotowych.

Na rys. 16 przedstawiono wynik pracy takiego układu.

Oceniając zakres zastosowania ARP, można stwierdzić, że systemy automatycznej regulacji poziomu znajdują zastosowanie w zdecydowanej większości współczesnych instalacji. Wynika to stąd, że w dużych instalacjach (duża liczba odcinków wzmacniakowych), w których jest rozprowadzana duża liczba sygnałów użytecznych, uzyskanie wymaganych parametrów transmisyjnych jest obecnie możliwe wyłącznie z zastosowaniem do tego celu systemów ARP. Niejako dodatkową korzyścią w tym przypadku jest możliwość wykorzystania informacji uzyskiwanych z układów ARP do celów systemu zdalnego nadzoru stanu dróg transmisyjnych, również nieodzownego w takich instalacjach. Jednak elementy wykonawcze tych systemów,



Rys. 16. Zastosowanie układu ARP wykorzystującego dwa sygnały pilotowe o częstotliwościach  $f_{p1}$ ,  $f_{p2}$

1 - przed korekcją; 2 - po korekcji; 3 - idealizowany stan przejściowy

tzn. układy wzmacniająco-korekcyjne, należy stosować tylko w liczbie niezbędnej, za czym przemawiają względy ekonomiczne. Stacje wzmacniające wyposażone w układy wzmacniająco-korekcyjne systemu ARP są bowiem znacznie kosztowniejsze od stacji bez takich układów. Nie jest to jednak jedyny powód. Nie rozpatrując szczegółowo wszystkich negatywnych skutków stosowania systemów ARP<sup>\*)</sup>, należy podkreślić w szczególności jeden z nich, a mianowicie, że system ARP może być przyczyną określonej niestabilności wzmocnienia wynikowej gałęzi sieci. Zarówno bowiem amplituda, jak i czas wygaszania pasożytniczych oscylacji są w pewnym stopniu proporcjonalne do liczby pracujących kaskadowo układów wzmacniająco-korekcyjnych. W tym więc przypadku też jest konieczny racjonalny kompromis.

<sup>\*)</sup> Informacje na ten temat podano w [2].

## 2.7. Dobór kanałów transmisyjnych

Pasmo transmisyjne sieci dosyłowej WAIZ zawiera się w przedziale częstotliwości 48,5 - 294 MHz. W sieciach budynkowych jest ono poszerzone w dolnej części o zakres radiofoniczny dla fal długich, średnich i w krótkich, a w górnej części - o zakresy IV i V TV. Dla obecnych potrzeb liczba dysponowanych kanałów transmisyjnych powinna więc być w zasadzie w zupełności wystarczająca. W praktyce jednak, z uwagi na występujące zakłócenia w elementach instalacji antenowych oraz określoną niedoskonałość odbiorników abonenckich, liczba możliwych do wykorzystania kanałów w.cz. jest znacznie mniejsza. Źródłem zakłóceń mogą być zarówno sygnały zewnętrzne jak i wewnętrzne, powstające w określonych elementach składowych instalacji.

Zakłócenia mogą powodować odbierane przez zespoły antenowe wszelkie sygnały o częstotliwościach  $f_z$  wynikających z zależności:

$$n f_0 \pm m f_z = f_p,$$

gdzie:  $f_0$  i  $f_p$  są odpowiednio częstotliwością generatora lokalnego w odbiorniku oraz częstotliwością leżącą w pasmie częstotliwości pośredniej;

$f_z$  - znajduje się w pasmie kanałów transmisyjnych, a wartości poziomów tych sygnałów są odpowiednio duże lub ekranowanie poszczególnych elementów instalacji niewystarczające.

Natomiast źródłem zakłóceń wewnętrznych są przede wszystkim pasożytnicze produkty przemian częstotliwości i niekształceń nieliniarnych.

Ze względu na kumulację skutków wszelkiego rodzaju zakłóceń w najtrudniejszej sytuacji znajduje się odbiornik abonencki, do którego docierają jednocześnie wszystkie sygnały użyteczne i zakłócające. Przy tym każdy odbiornik abonencki może jeszcze sam być źródłem zakłóceń dla innych odbiorników.

Przy obecnym poziomie techniki na świecie w zakresie przewodowego rozprowadzania do abonentów sygnałów radiofonicznych i telewizyjnych, istotnym warunkiem jej dalszego rozwoju jest rozwiązanie zagadnienia parametrów odbiornika abonenckiego. Urządzenie takie powinno być nieczułe na zakłócenia zewnętrzne, posiadać możliwie niskie wartości poziomów sygnałów pasożytniczych w gnieździe antenowym i dysponować zdolnością poprawnego odbioru wszystkich sygnałów możliwych do przesłania przy użyciu instalacji kablowych<sup>\*)</sup>. Ponieważ w konkretnych przypadkach, przy wyznaczaniu kanałów transmisyjnych praktycznie nie można z góry zaniedbać żadnego źródła potencjalnych zakłóceń, procedura ta jest zagadnieniem złożonym obliczeniowo i wymaga dokładnej znajomości parametrów technicznych instalacji i odbiorników abonenckich oraz natężeń pól elektromagnetycznych sygnałów zakłócających<sup>\*\*)</sup>.

Z uwagi na to, że w warunkach rzeczywistych niezwykle rzadko występują kanały transmisyjne wolne od wszelkich zakłóceń, kryterium ich doboru do eksploatacji wynika z sumarycznej oceny zakłóceń, których poziom nie powinien przekraczać odpowiednich krzywych ochronnych przyjętych przez CCIR.

W zależności od stopnia "czystości" poszczególnych kanałów wydaje się słuszne przyjęcie następującej hierarchii przydzielania kanałów poszczególnym programom:

- 1) ogólnopolskim i regionalnym z danego terenu,
- 2) regionalnym sąsiednich terenów,
- 3) krajów sąsiadujących,
- 4) radiofonicznym długo i średniofalowym (przemiana w ośrodku odbiorczym modulacji AM/FM).

---

\*) Jest to poważne zadanie dla konstruktorów nowoczesnych odbiorników, a w przypadku użytkowania odbiorników dotychczas produkowanych może się okazać konieczne stosowanie układów odpowiednich konwertorów abonenckich.

\*\*\*) Bliższe dane w tych zagadnieniach można znaleźć w [3] i [4].



## 2.8. Zasilanie urządzeń wchodzących w skład wyposażenia instalacji

Jednym z podstawowych elementów niezawodności eksploatacyjnej systemów teletransmisyjnych jest zapewnienie bezprzerwowego zasilania w energię elektryczną urządzeń WAIZ.

Pracę taką uzyskuje się w wyniku wyboru źródeł bądź urządzeń zasilających charakteryzujących się dużą niezawodnością, a ponadto przez stosowanie ich rezerwowania układami włączającymi się automatycznie.

W WAIZ stosuje się dwa sposoby zasilania urządzeń elektrycznych, które są zlokalizowane w ośrodku odbiorczym i na stacjach wzmacniających sieci przesyłowej:

- zasilanie lokalne, gdy podstawowe źródło zasilania (najczęściej 220 V 50 Hz) znajduje się w danym obiekcie i służy bezpośrednio do wytworzenia napięcia roboczego;
- zasilanie zdalne, gdy na danym obiekcie do wytworzenia napięcia roboczego zasilania jest wykorzystywana odpowiednio przetworzona energia elektryczna źródła podstawowego.

Zasilane lokalnie są z założenia ośrodki odbiorczy i stacje wzmacniające sieci budynkowych. Wymagania niezawodnościowe dotyczące zasilania ośrodka odbiorczego zmuszają do stosowania tam układów automatycznej rezerwacji źródeł podstawowych i urządzeń przetwórczych. Natomiast w stacjach wzmacniających sieci budynkowych są rezerwowane co najwyżej urządzenia przetwórcze, gdyż najczęściej przerwa w dopływie energii elektrycznej dotyczy jednocześnie zarówno stacji wzmacniającej, jak i abonentów zamieszkujących dany budynek.

Na znacznie trudniejsze warunki napotyka się przy konstrukcji systemu zasilania stacji wzmacniających sieci dosyłowej. Stosunkowo często mamy tutaj do czynienia z sytuacją braku dostępności (w sposób ekonomicznie zasadny), do podstawowych źródeł zasilania lub też źródła te nie zapewniają wymaganej ciągłości dostawy energii elektrycznej. Konieczne jest zatem stosowanie zasilania zdalnego. W tym celu stosuje się napięcie

przemienne 50 Hz o wartości znamionowej, np. 42 V lub 65 V, a do przesyłania energii zdalnego zasilania wykorzystuje się kable transmisyjne sygnałów użytecznych. Przy doborze sprzętu należy pamiętać, że zarówno kable jak i inne urządzenia odcinków wzmacniakowych, przez które może przepływać prąd zdalnego zasilania, powinny być w tym celu specjalnie przygotowane.

W sieci przesyłowej spotyka się także jeszcze inny rodzaj zdalnego zasilania, a mianowicie przez wykorzystywanie napięcia roboczego. W ten sposób mogą być zasilane stacje wzmacniające i przedwzmacniacze antenowe.

#### 2.8.1. Zasilanie lokalne

Podstawowym warunkiem realizacji lokalnego zasilania jest obecność na danym obiekcie podstawowego źródła zasilania. W celu wytypowania właściwych urządzeń zasilania jest niezbędne:

- określenie układu zasilania obiektu z uwagi na wymagania niezawodnościowe,
- określenie wartości wymaganego napięcia roboczego,
- zbilansowanie poborów prądu roboczego przez urządzenia znajdujące się na danym obiekcie.

#### 2.8.2. Zasilanie zdalne

##### 2.8.2.1. Zasilanie przedwzmacniaczy antenowych

Przewiduje się wykorzystywanie tu stałego napięcia roboczego (najczęściej 24 V) dosyłanego bezpośrednio przewodem doprowadzenia antenowego z ośrodka odbiorczego lub ze stacji wzmacniającej sieci budynkowej.

#### 2.8.2.2. Zasilanie sąsiednich stacji wzmacniających stałym napięciem roboczym

W przypadku gdy na jednej z blisko położonych sąsiednich stacjach wzmacniających występuje określony nadmiar prądu roboczego zasilania, jest możliwe jego wykorzystywanie do zasilania stacji sąsiedniej. Przy takim sposobie zasilania należy zwrócić szczególną uwagę na to, aby ewentualny spadek napięcia na drodze przesyłowej nie zmienił wymaganych warunków zasilania stacji sąsiedniej. Do przesyłania energii zasilania wykorzystuje się specjalne przewody.

#### 2.8.2.3. Zasilanie stacji wzmacniających napięciem przemianym 50 Hz

W tym celu jest niezbędne stosowanie stabilizatorów napięcia przemiennego 220 V, 50 Hz i zasilaczy zdalnego zasilania, nazywanych dalej odpowiednio urządzeniami zdalnego zasilania (UZZ) i zasilaczami (Z). Najczęściej stosuje się zdalne zasilanie typu równoległego, to znaczy odbiorniki energii zdalnego zasilania - zasilacze Z są dołączane równolegle do toru przesyłowego. Zapewnia to znaczną elastyczność w konstrukcji systemu, wymaga jednak wydajnych prądowo UZZ oraz możliwie małych strat energii na drodze przesyłowej i w zasilaczach Z. Ponieważ zasięg zdalnego zasilania dla konkretnego UZZ zależy od poborów prądu na stacjach oraz spadków napięć na drodze przesyłowej, przy projektowaniu WAIZ z punktu widzenia zdalnego zasilania należy dążyć:

- przy kompletacji stacji wzmacniających do stosowania urządzeń możliwie mało energochłonnych,
- przy doborze kabli transmisyjnych do stosowania przewodów o możliwie małych opornościach dla prądu stałego.

Miejscom lokalizacji UZZ (wprowadzenie energii zdalnego zasilania) mogą być: ośrodek odbiorczy oraz poszczególne stacje wzmacniające sieci dosyłowej. Ze względów techniczno-ekonomicznych nie przewiduje się zdalnego zasilania stacji wzmac-

niających sieci budynkowych. W stacjach wzmacniających najkorzystniejsze jest umieszczenie UZZ w obiektach, które spełniają następujące warunki:

- mają dostęp do sieci prądu przemiennego 220 V, 50 Hz;
- są miejscem rozgałęziania instalacji;
- same pobierają znaczną ilość energii elektrycznej<sup>\*)</sup>.

### 3. OGÓLNE ZASADY BUDOWY I PRZEKAZYWANIA WAIZ DO EKSPLOATACJI

W pkt. 2 przedstawiono najistotniejsze elementy fazy projektowania WAIZ, której wynik stanowi projekt techniczny wraz z instrukcją eksploatacji. Dalszymi etapami budowy instalacji jest jej wykonanie i przekazanie do eksploatacji.

W procesie wykonywania instalacji można wyróżnić następujące etapy:

- gromadzenie urządzeń oraz elementów wchodzących na wyposażenie instalacji;
- prace montażowe;
- prace uruchomieniowe;
- regulację instalacji;
- pomiary powykonawcze.

#### 3.1. Gromadzenie sprzętu

Urządzenia i elementy przeznaczone do zamontowania powinny być zgodne z projektem technicznym. Każde odstępstwo, które mogłoby mieć wpływ na parametry techniczno-eksploatacyjne instalacji powinno uzyskać akceptację jej projektanta.

Istotnym wymogiem w procesie gromadzenia sprzętu jest konieczność przestrzegania kompletności dostaw odpowiednich

---

<sup>\*)</sup> Bliższe informacje można znaleźć w [5].

zespołów funkcjonalnych. Ma to szczególne znaczenie dla zespołów, których wynikowe parametry techniczne są zależne w sposób znaczący od wzajemnego zestrojenia układów wchodzących na ich wyposażenie. Ponieważ w zdecydowanej większości przypadków takie zestrojenie jest możliwe wyłącznie przy użyciu specjalistycznej aparatury pomiarowej, w działaniach praktycznych występują dwie następujące sytuacje. W pierwszej, właściwa kompletacja sprzętu odbywa się u producenta, a jej potwierdzeniem powinien być protokół pomiarowy podstawowych parametrów technicznych zespołów. W drugiej, gdy pozyskiwane zespoły nie są fabrycznie skompletowane, należy zwrócić szczególną uwagę na poprawność ich zestrojenia. W sposób niejako klasyczny może wystąpić taka sytuacja w przypadku wynikowych zniekształceń tłumieniowych kompletnej stacji wzmacniającej.

### 3.2. Prace montażowe

Prace montażowe powinny być wykonywane na podstawie dokumentacji projektu technicznego. Zaleca się, aby przed montażem układów antenowych w obiektach, dla których w trakcie projektowania instalacji nie było możliwości pomiaru natężeń i kierunków pól elektromagnetycznych sygnałów pożądaných i zakłócających (np. w obiektach nowo wznoszonych) lub gdy zaistniały zmiany terenowe mogące mieć wpływ na propagację fal elektromagnetycznych, wykonać pomiary kontrolne w miejscu określonym w projekcie technicznym. Jeżeli uzyskane wyniki pomiarowe różnią się od wartości założonych w projekcie, prace montażowe należy wstrzymać do czasu weryfikacji projektu.

### 3.3. Prace uruchomieniowe

Wszystkie układy funkcjonalne po ich zamontowaniu podlegają uruchomieniu. Proces uruchamiania polega na sprawdzeniu

jednego lub kilku wybranych parametrów charakterystycznych. Powinna być przestrzegana zasada, że wszystkie elementy przewidziane do regulacji eksploatacyjnych, np. regulatory wzmacnienia lub nachylenia częstotliwościowej charakterystyki wzmacnienia wzmacniaczy, powinny znajdować się w położeniach początkowych bądź środkowych.

### 3.4. Regulacja instalacji

Regulacja polega na wzajemnym połączeniu uruchomionych bloków funkcjonalnych instalacji oraz dobraniu wartości określonego parametru eksploatacyjnego z założoną w projekcie tolerancją. Najczęściej parametrem tym jest tłumienność (wzmocność) wynikowa. Drugim parametrem wymagającym sprawdzenia i ewentualnego doregulowania jest charakterystyka częstotliwościowa tłumienności (wzmocności) wynikowej sieci przesyłowej.

### 3.5. Pomiary powykonawcze

Protokół pomiarów powykonawczych jest dokumentem kończącym proces wykonywania instalacji, a zgodność uzyskanych wyników z danymi projektowymi stanowi podstawę do przekazania instalacji do eksploatacji. Pomiary powykonawcze są jak dotychczas jednym z najtrudniejszych w realizacji etapów procesów budowy instalacji. Wynika to głównie z poważnych trudności w zaadoptowaniu dla potrzeb instalacji jako całości metod i aparatury stosowanych do pomiarów poszczególnych ich elementów. Rozwiązaniem najprostszym i najskuteczniejszym pod względem poprawności merytorycznej byłoby dysponowanie odpowiednią aparaturą pomiarową przystosowaną do pracy w terenie. Niestety, według posiadanych informacji, takiego kompletu aparatury, przynajmniej na krajowym rynku nie ma. Rozwiązywanie tego problemu, jak wynika z doświadczeń innych krajów, odbywa się w dwóch różnych co do zakresu, ale zbieżnych we wspólnym

celu płaszczyznach działania. W płaszczyźnie pierwszej wy-  
siłki są skierowane na wytworzenie właściwej aparatury po-  
miarowej. Głównym zadaniem drugiej jest natomiast dążenie do  
możliwego ograniczenia liczby każdorazowo koniecznych pomia-  
rów powykonawczych. Odbywa się to w dwóch etapach. W pierwszym,  
dzięki uzasadnionej również innymi względami unifikacji roz-  
wiązań systemowych instalacji i sprzętu wchodzącego w skład  
ich wyposażenia uzyskuje się dogodne warunki do dużej powta-  
rzalności parametrów transmisyjnych instalacji i związków  
pomiędzy nimi. Natomiast zadaniem drugiego etapu jest uzyska-  
nie, przez szczegółowe badania obiektów doświadczalnych,  
możliwie pełnej informacji techniczno-eksploatacyjnej o tych  
obiektach.

Na podstawie tak ukształtowanego zakresu doświadczeń można  
wnioskować, że w instalacji poprawnie zaprojektowanej i wyko-  
nanej przy użyciu odpowiedniego sprzętu, w której wartość  
i charakterystyka częstotliwościowa tłumienności wynikowej,  
szum termiczny oraz wartości poziomów sygnałów użytecznych  
w gniazdach abonenckich mieszczą się w założonych toleranc-  
jach, występuje stosunkowo niewielkie prawdopodobieństwo  
jej niesprawności eksploatacyjnej.

Zgodnie z powszechnie przyjętą zasadą, ośrodek odbiorczy  
z siecią dosyłową i poszczególne sieci budynkowe mogą być  
budowane niezależnie od siebie. W każdym z tych obiektów  
do zakresu obowiązkowych pomiarów powykonawczych należy za-  
liczyć:

- kontrolę natężeń pól elektromagnetycznych sygnałów pożąda-  
nych i zakłócających w miejscu rozmieszczenia anten odbior-  
czych;
- kontrolę wartości i częstotliwościową charakterystykę tłu-  
mienności wynikowych w poszczególnych kanałach;
- wartości poziomów sygnałów użytecznych w przyłączach bu-  
dynkowych dla sieci dosyłowych i w gniazdach abonenckich  
sieci nie budynkowych.

Każdy wykonawca instalacji powinien dysponować możliwościami wykonania takiego zakresu pomiarów. Nie przesądzając kwestii struktur związków organizacyjnych jednostek zajmujących się budową i eksploatacją WAIZ jest warunkiem koniecznym istnienie w kraju także jednostek umożliwiających przeprowadzenie pełnych badań instalacji. Do obowiązków wykonawcy instalacji należy, w uzasadnionych przypadkach, przeprowadzenie także jej pełnych badań.

#### 4. ROZBUDOWA I PRZEBUDOWA INSTALACJI WAIZ

W pkt. 1 nakreślono zakres możliwych zmian w budowie instalacji odpowiadających pojęciom rozbudowy i przebudowy. Natomiast teraz zostaną przedstawione zasadnicze uwarunkowania podjęcia tych działań.

##### 4.1. Rozbudowa

Zasadniczym celem rozbudowy instalacji, w zakresie ujętym w jej projekcie, jest zwiększenie liczby transmitowanych sygnałów użytecznych i/lub liczby obsługiwanych abonentów. Występuje zatem potrzeba:

- zmiany bądź uzupełnienia wyposażenia układów anten odbiorczych i traktów kanałowych w ośrodku odbiorczym i/lub;
- dołączenia do sieci dosyłowej odpowiednich sieci budynkowych, nowo wybudowanych lub przekształconych z dotychczasowych budynkowych antenowych instalacji zbiorowych.

Nie wchodząc w szczegóły ewentualnych zagadnień organizacyjnych, wydaje się w pełni uzasadnione wymaganie, stawiane projektantom, dotyczące potrzeby uwzględnienia w projekcie instalacji możliwych technicznie rezerw systemowych, które mogłyby być wykorzystane do jej rozbudowy. Przemawiają za tym względy techniczne i szeroko rozumiany interes społeczny. Odpowiednia regulacja prawna w tym zakresie i zdrowa konkurencja powinny być wystarczającym do tego celu gwarantem.



#### 4.2. Przebudowa

Konieczność przebudowy instalacji podyktowana jest najczęściej potrzebami:

- zwiększenia liczby transmisyjnych sygnałów lub liczby obsługiwanych abonentów;
- poprawy jakości sygnałów odbieranych u abonentów;
- przystosowania istniejącej instalacji do aktualnych wymagań urbanistycznych, ochrony środowiska, modernizacji obiektów budowlanych itp.;
- dostosowania istniejącej instalacji do potrzeb infrastruktury telekomunikacyjnej na danym terenie.

Każdą przebudowę z punktu widzenia systemowego należy traktować podobnie jak budowę nowej instalacji. Dotyczy to w szczególności fazy projektowania, gdyż w wielu przypadkach dopasowanie instalacji do nowych potrzeb będzie wymagało gruntownego jej przeprojektowania. Założeniem wyjściowym do podjęcia przebudowy instalacji, podobnie jak i do budowy nowej, jest potrzeba zaspokojenia potrzeb już istniejących i dających się przewidzieć w przyszłości. Natomiast wymagane każdorazowo nakłady finansowe powinny decydować o wyborze alternatywnego rozwiązania w zakresie przebudowy instalacji już istniejącej lub budowy nowej.

#### 5. PODSUMOWANIE

Pojawienie się od pewnego czasu możliwości odbioru w kraju programów telewizyjnych emitowanych w systemie radiodifuzji satelitarnej wywołało znaczny wzrost zainteresowania problematyką skutecznego odbioru oraz dosyłania do abonentów większej liczby sygnałów radiofonicznych i telewizyjnych, będących nośnikami odpowiednich programów. Niejako z założenia jest predysponowana do tego celu metoda tak zwanego odbioru zbiorowego. Jej jak dotychczas najskuteczniejszym w

działaniu, urzeczywistnieniem są telewizja kablowa i osiedlowe antenowe instalacje zbiorowe. Znaczne koszty społeczne związane z realizacją praktyczną takich przedsięwzięć obligują do tworzenia warunków umożliwiających uniknięcia stosowania rozwiązań doraźnych i prowizorycznych. Z tego względu wydaje się niezbędne wytyczenie w kraju stosownych kierunków rozwoju tej dziedziny, a następnie określenie zalecanych do stosowania rozwiązań systemowych. Wyraźnym ułatwieniem tego zadania jest znaczne opóźnienie rozwoju tej dziedziny techniki w kraju, co pozwala na racjonalną weryfikację, z punktu widzenia potrzeb krajowych, stosowanych obecnie rozwiązań na świecie. Częścią integralną tego zagadnienia jest także szeroko rozumiana problematyka odbiorników abonenckich.

Interes społeczny zatem wymaga możliwie pilnego uporządkowania zagadnień prawno-organizacyjno-technicznych. Stanowiłoby to znaczne wsparcie dla wszelkiego rodzaju pożytecznych inicjatyw i tamę dla realnego niebezpieczeństwa totalnego bałaganu systemowego w tej dziedzinie.

Intencją autora było pewne przybliżenie problemów występujących przy realizacji przedsięwzięcia, jakim jest budowa WAIZ. Telewizja kablowa, która powinna być przedmiotem obecnego zainteresowania, stawia wyższe wymagania w tym względzie, a w szczególności wskazuje na potrzebę traktowania jej już obecnie jako jednej z gałęzi telekomunikacji.

#### WYKAZ LITERATURY

1. Entzerrung von Breitbandkabelstrecken in Kobelfernsehanlagen. NTZ, Nr 8, 1975.
2. Finckh E. Thoner G.: Pegelhaltung in Gross - Gemeinschaftsantennen Anlagen. Funkschau, Nr 8, 1975.
3. Gościński A.: Metodyka doboru kanałów transmisyjnych w szerokopasmowej sieci przesyłowej wielkich antenowych instalacji zbiorowych. Krajowe Sympozjum Telekomunikacji, Bydgoszcz 1988. Tom D.

4. Gościński A., Zbrowski L.: Opracowanie programów na EMC kompatybilnych do IBM w celu optymalnego wyboru kanałów transmisyjnych w sieci przesyłowej antenowych instalacji zbiorowych dla systemów radiofonicznych i telewizyjnych. Ił O/Gdańsk, 1988.
5. Katalogi firm: Bosch, Fuba i Siemens.
6. Mitrowan M.: Grundlegende Gedanken zum Bau zukünftiger Kabelfernschanlagen. NTZ, Nr 2, 1977.
7. PN-79/T-05210. Antenowe instalacje zbiorowe. Ogólne wymagania i badania.
8. Racuk S.: Nowoczesne metody odbioru i doprowadzania do abonentów programów radiofonicznych i telewizyjnych. Krajowe Sympozjum Telekomunikacji, Bydgoszcz 1988. Tom D.
9. Racuk S.: Wielkie antenowe instalacje zbiorowe - pierwszy krok do zintegrowanych szerokopasmowych systemów telekomunikacyjnych. Krajowe Sympozjum Telekomunikacji, Bydgoszcz 1987. Tom D.
10. Racuk S.: Wielkie antenowe instalacje zbiorowe. Przegląd Telekomunikacyjny, nr 9, 1988.
11. Stekle H.: Breitbandverteilnetze der Deutschen Bundespost. TTK R.V. Decker's Verlag G. Schenck.
12. Thoner G.: Betrachtung verschiedener Netzstrukturen für das Kabelfernsehen. Funkschau, Nr 19, 1978.
13. Wymagania techniczno-eksploatacyjne na system WAIZ w kraju. Projekt uzgodniony. Ił O/Gdańsk, 1986.

