

1961

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI  
WARSZAWA - MIEDZESZYN

Nr 3(3)

PRZEGLĄD  
ZAGADNIENI  
ŁĄCZNOŚCI

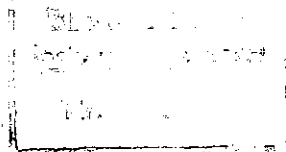
BIBLIOTEKA  
Instytutu Łączności



Wypisany  
z Bibl.



MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI



# PRZEGLĄD ZAGADNIEŃ ŁĄCZNOŚCI

ROK 1

WARSZAWA 1961

NR 3

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

Ośrodek Informacji Techniczno-Ekonomicznej

Kolegium Redakcyjne:

Przewodniczący - mgr inż. Zenon Szpigler

Członkowie:

mgr inż. Władysław Cetner, inż. Edmund Janowski,  
doc. Stefan Jasiński, mgr Kazimierz Kotowski,  
mgr inż. Adam Moniuszko, mgr inż. Józef Mozejko

Sekretarz Redakcji - Irena Kulko

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Ośrodek

Informacji Techniczno-Ekonomicznej

Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

---

Na prawach rękopisu - do użytku służbowego

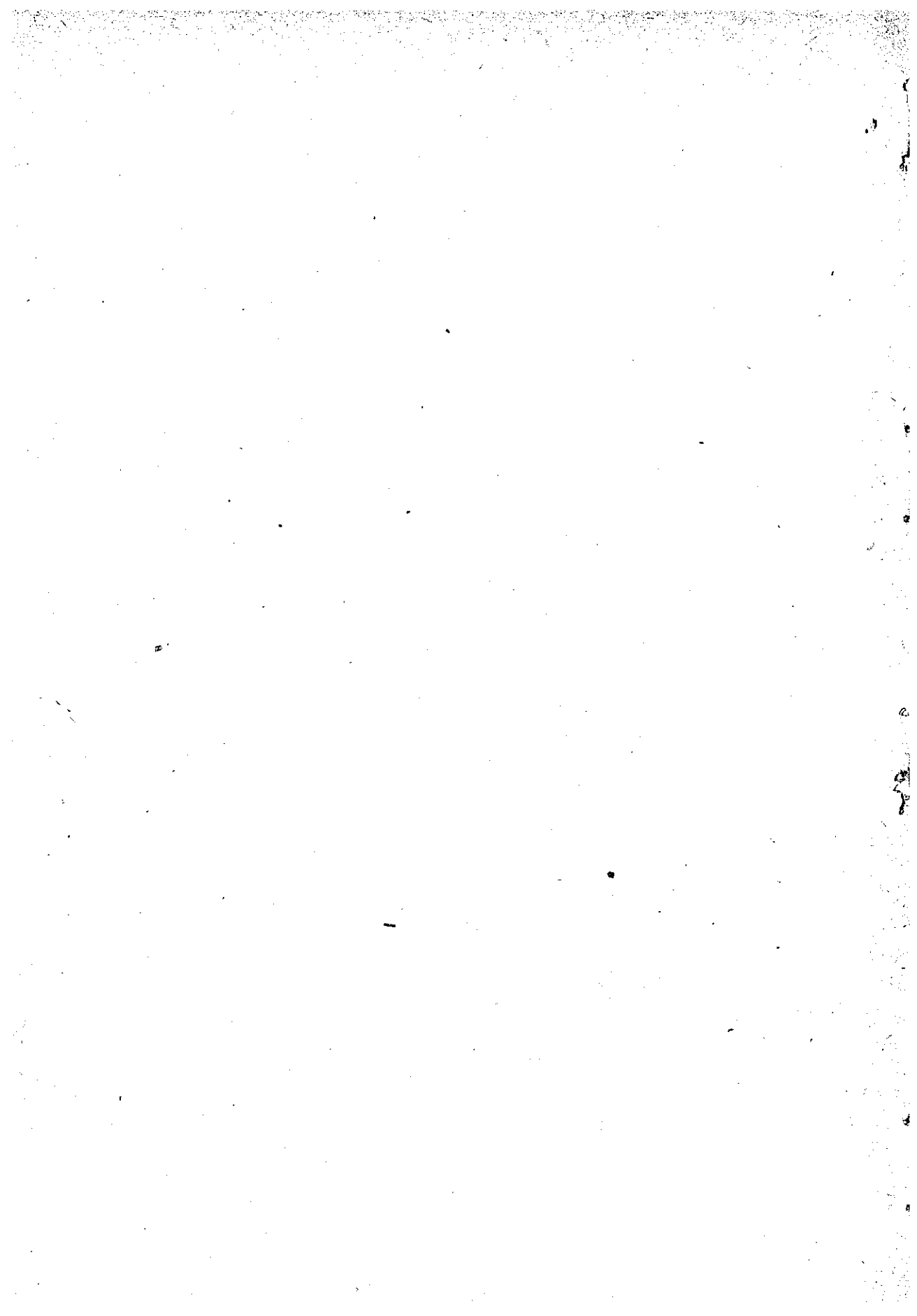
Dział Wydawniczy OKW Instytutu Łączności  
Format B5. Nakład 400. Druk. ukończono  
w lutym 1962 r

PRZEGLĄD  
ZAGADNIEN ŁĄCZNOŚCI

Kable współosiowe małowymiarowe

SPIS TREŚCI

	Str.
1. R.Bélus. Para współosiowa 1,18/4,43 mm znormalizowana, stosowana w kablach dalekosiężnych - Opracował L. Żołątkowski	1
2. R.Bélus i M. Troublé. Wyniki badań par współosiowych znormalizowanych typu 1,18/4,43 mm w kablu Marseille-Toulon - Opracował H. Pomirski	41
3. B.S.Helliwell i F. Wilkinson. System transmisyjny C300A na kablach współosiowych, małowymiarowych - Opracował H. Pomirski	91



621.395.741

621.315.212

PARA WSPÓŁOSIOWA 1,18/4,43 mm  
ZNORMALIZOWANA, STOSOWANA W KABLACH DALEKOSIĘŻNYCH<sup>1/</sup>

R. Béluş. Ingénieur en Chef des Télécommu-  
nications au Centre National d'Etudes des  
Telecommunications. Câbles et Transmission  
Octobre 1960, No 4.

#### STRESZCZENIE

Para współosiowa 2,6/9,5 została znormalizowana przez CCITT w ramach prac międzynarodowych. Od roku 1950 Zarząd Telekomunikacji francuskiej bada parę współosiową o przekroju mniejszym od znormalizowanego przez CCITT. Para ta, początkowo przeznaczona do połączeń radiolinii przekaźnikowych z ośrodkami telekomunikacyjnymi, została dostosowana do telefonii dalekosiężnej dzięki udoskonaleniu wzmacniaczy tranzystorowych. Pociągnęło to za sobą konieczność znormalizowania pary współosiowej o małej średnicy. W wyniku licznych studiów przeprowadzonych przez CNET, przy współudziale SOTELEC i po zainstalowaniu przez Société Anonyme de Télécommunications kabla doświadczalnego, francuski Zarząd Poczt i Telekomunikacji przystąpił do normalizacji pary współosiowej 1,18/4,43 mm z izolacją, która nazwana została balonową.

---

<sup>1/</sup> Na podstawie oryginału opracował L. Żołątkowski

Autor w artykule tym opisuje tę parę i podaje jej właściwości; wyniki pomiarów potwierdzają właściwości elektryczne otrzymane przy pierwszym wyprodukowanym kablu.

## 1. WSTĘP

Konieczność przedłużenia dalekosiężnych torów w kablach mieszanych /z parami współosiowymi, znormalizowanymi 2,6/9,5 mm/ narzucała od dość dawna konieczność opracowania kabli na małe odległości, których zasadniczym elementem byłaby para współosiowa o małej średnicy.

W tym celu skonstruowano pierwszą parę współosiową o małej średnicy. Początkowo para ta była przeznaczona dla 120 kanałów telefonicznych dwóch grup wtórnych i pasma częstotliwości 600 kHz. Pożądane było, żeby objętość tej pary, jeśli to będzie możliwe, była równa objętości czwórki symetrycznej o skręcie dwuparowym i średnicy żył 0,9 mm i żeby w kablu mieszanym można ją było umieścić zamiast omawianej czwórki. Długość odcinka wzmacniakowego powinna wynosić 9 km, tak jak dla pary znormalizowanej, a wzmacniaki powinny być typu klasycznego. To rozwiązanie możliwe do zrealizowania pod względem technicznym nie było rozwiązaniem optymalnie ekonomicznym; tym niemniej wyprodukowano dwa kable mieszane posiadające tego typu pary współosiowe: kabel Saint-Amand-Tour de Medon oraz kabel Tour Medon-Versailles. Pierwszy z tych kabli składa się z 2 par współosiowych 5/18 mm, 2 par współosiowych 2,6/9,5 mm, 8 par współosiowych 0,9/3,2 mm, 23 czwórek o skręcie gwiazdowym i średnicy żył 0,6 mm i jed-



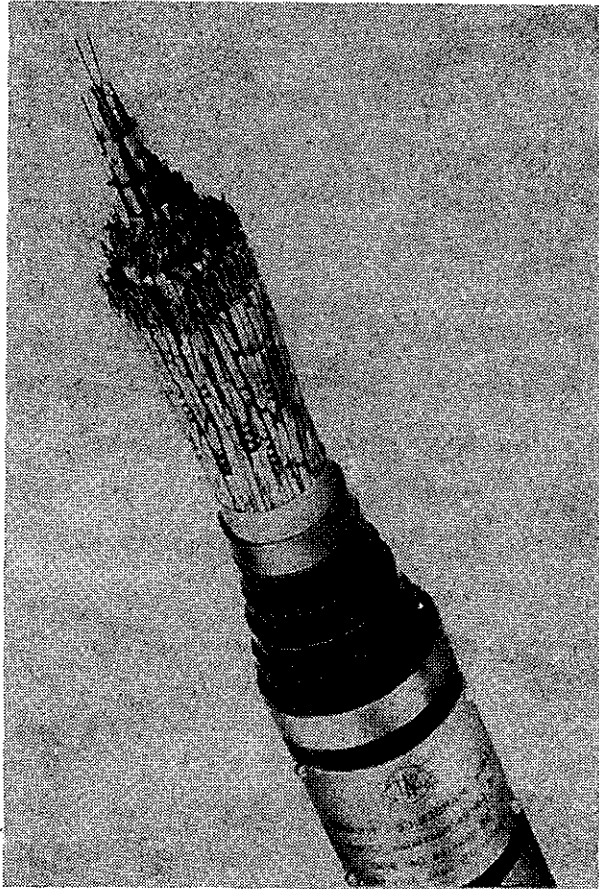
nej pary w izolacji z masy termoplastycznej o średnicy żył 0,9 mm. Drugi kabel składa się z 8 par współosiowych 0,9/3,2 mm i 4 czwórek o skręcie gwiazdowym i średnicy żył 0,6 mm. Kable te, wyprodukowane w latach 1952-1953, zostały ułożone w roku 1954.

Od czasu, gdy na skutek tranzystoryzacji wzmacniaków zmieniły się ceny łączy o średniej długości, określona została funkcja, jaką te łącza mają spełniać. Od tego momentu kabel mieszany z parami współosiowymi o małych średnicach zastosowano:

- bądź do budowy kabli modulacyjnych o długości kilku kilometrów, do połączeń radiolinii z ośrodkami telekomunikacyjnymi, bez wzmacniaków,
- bądź do transmisji trzeciej grupy 300 kanałowej pracującej w pasmie częstotliwości o szerokości około 1,5 MHz, ze wzmacniakami tranzystorowymi rozstawionymi co 6 km, dzięki czemu para współosiowa o małej średnicy stała się częścią składową kabla dalekosiężnego.

Ilość par współosiowych w kablach modulacyjnych tego typu jest krotnością 4 /kablę o 4, 8, 12 parach współosiowych itd./. Najczęściej stosuje się kable z 12 parami współosiowymi. Początkowo wybudowano dwa kable: Caen-Saint-Contest oraz Remes-Cessen z 12 parami współosiowymi 1,2/4,4 mm i z 8 czwórkami o skręcie gwiazdowym i średnicy żył 0,6 mm /1956/. Następnie wykonano 4 kable modulacyjne: Saint-Amand-Meudon, Nantes-Saint-Herblain, Lille-Loos, Le Havre-Havfleur /1957/.

Pierwszym kablem dalekosiężnym ze wzmacniakami tranzystorowymi i posiadającym pary współosiowe o małych średnicach jest kabel ułożony na trasie Marsylia-Nicea/rys.1/.



Rys. 1. Eksperymentalny kabel mieszany użyty do budowy linii na trasie Marsylia-Tulon. Kabel składa się z par współosiowych 1,18/4,43 oraz czwórek o skręcie dwuparowym i średnicach żył 0,9 mm

Kabel ten składa się z 5 par współosiowych i 38 czwórek o skręcie dwuparowym i średnicach żył 0,9 mm. 12 czwórek tego kabla nie spupinizowano.

Pierwszy odcinek ułożono między Marsylią a Tulonem i jest on obecnie w próbnej eksploatacji od kilku miesięcy; odcinki następne /Vidauban-Cannes oraz Cannes-Nice/ są w trakcie budowy.

Kable te nie są typowymi kablami znormalizowanymi, ponieważ zostały wyprodukowane zasadniczo do celów badawczych. W efekcie badań, mających na celu znormalizowanie pary współosiowej o małej średnicy, ustalono trzy rodzaje standardowych kabli dalekosiężnych:

- z wiązką 6 par współosiowych + 17 lub 40 albo 69 czwórek o skręcie gwiazdowym i o średnicy żył 0,9mm,
- z wiązką 8 par współosiowych + 21, 46 lub 77 czwórek o skręcie dwuparowym i o średnicy żył 0,9 mm,
- z wiązką 12 par współosiowych + 24 lub 52 czwórek o skręcie dwuparowym i o średnicy żył 0,9 mm.

W dalszym ciągu artykułu podano zasadnicze charakterystyki systemu transmisyjnego ze wzmacniakami liniowymi tranzystorowymi, oddanego do pracy na linii eksperymentalnej Marsylia-Tulon.

## 2. SYSTEM TRANSMISYJNY ZASTOSOWANY NA KABLU MARSYLIA-TULON

Wybrano system transmisyjny dwutorowy. Dla każdego kierunku przenoszenia zastosowano oddzielną parę współosiową.

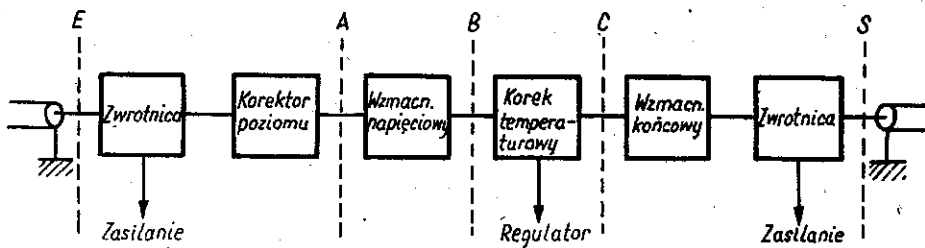
System ten umożliwia utworzenie 300 kanałów telefonicznych. Przesyłane częstotliwości zawarte są w pasmie od 45 kHz do 1400 kHz. Grupa 300 kanałów telefonicznych pracuje w pasmie częstotliwości od 60 do 1300 kHz. Pozostałe pasma częstotliwości są wykorzystane do zdalnej kontroli i dla częstotliwości pilotujących; częstotliwości pilotujące są 308 kHz i 1364 kHz.

Wzmacniaki są rozstawione co 6 km /w przyszłości po parze 1,18/4,43 mm będzie przesyłane pasmo częstotliwości od 60 do 4092 kHz /960 kanałów/ przy odcinkach wzmacniakowych 3 km  $\pm$  100 m. Wzmacniaki nie posiadają żadnej regulacji wykonywanej przez obsługę. Regulacja wzmocnienia kompensuje automatycznie zmiany tłumienności kabla w funkcji temperatury; ta automatyczna regulacja jest zapewniona przez termistory włączone w układ korektora temperaturowego; zmiany oporności termistora są wywołane, zależnie od typu wzmacniaka, bądź bezpośrednio przez temperaturę otoczenia, bądź też przez poziom częstotliwości pilotującej 1364 kHz.

Wzmacniaki liniowe są zdalnie zasilane prądem stałym. Prąd ten jest przesyłany po przewodach wewnętrznych dwóch par współosiowych. Każdy wzmacniak pobiera prąd 50 mA przy napięciu 24 V. Maksymalne napięcie między przewodem wewnętrznym i przewodem zewnętrznym, pary służącej do zdalnego zasilania, wynosi 200 V, co pozwala na zdalne zasilanie 13 wzmacniaczy. /Wartość napięcia została ograniczona do 200 V ze względu na bezpieczeństwo personelu. Kable mogą pracować przy napięciu zdalnego zasilania rzędu 400 V, co umożliwia zdalne zasilanie

nie odcinka o długości 180 km/. Przy napięciu wynoszącym 200 V długość odcinka zdalnie zasilanego z dwóch punktów jest większa niż 84 km.

Wzmacniak liniowy /rys. 2/ składa się ze wzmacniacza wstępnego, układu korektora temperaturowego i wzmacnia-



Rys. 2. Wzmacniak liniowy

Częstotliwość kHz	Poziom w E /N/		Poziom w A /N/		Poziom w B /N/		Poziom w C /N/		Poziom w S /N/	
	60	-4,6		-5,2		-4,30		-4,5		-3,5
600	-5,5		-5,5		-4,05		-4,5		-2,7	
1400	-5,8		-5,8		-3,80		-4,5		-1,5	

cza końcowego; zwrotnice umieszczone na wejściu i wyjściu oddzielają prąd stały zdalnego zasilania od pasma przesyłanych częstotliwości i zapewniają ochronę wzmacniacza przed napięciami przypadkowymi.

Wzmocnienie wzmacniaka przy  $17^{\circ}\text{C}$  wynosi 1,1 N przy częstotliwości 60 kHz oraz 4,3 N przy częstotliwości 1400 kHz. Poziom odniesienia mocy w kanale na wyjściu wzmacniaka liniowego wynosi - 3,5 N dla 60 kHz i -1,5 N dla 1400 kHz. Poziom mocy użytkowej wzmacniaka wynosi +1,4 N.

Dokładniejsze dane transmisyjne zostaną podane w artykule w Câbles et Transmission, który będzie poświęcony wyposażeniu systemu.

### 3. PARAMETRY CHARAKTERYZUJĄCE PARĘ WSPÓŁOSIOWĄ

Parę współosiową można scharakteryzować przy pomocy 6 następujących parametrów:

- d - średnica przewodu wewnętrznego,
- D - średnica wewnętrzna przewodu zewnętrznego,
- k - wypadkowy współczynnik względnej przenikalności dielektrycznej izolacji polietylenowo-powietrznej,
- C - pojemność jednostkowa,
- Z - oporność przy określonej częstotliwości,
- $\alpha$  - tłumienność jednostkowa przy określonej częstotliwości.

Częstotliwość z natury rzeczy wpływa na Z i  $\alpha$ . Zakładamy, że Z będziemy rozpatrywali przy częstotliwości nieskończenie wielkiej i oporność tę oznaczymy przez  $Z_{\infty}$ , przy częstotliwości zaś 1 MHz oznaczymy przez  $Z_1$ . Tłumienność jednostkową  $\alpha$  przy częstotliwości 1 MHz oznaczymy przez  $\alpha_1$ . Te sześć parametrów są uzależnione od siebie następującymi związkami:

$$/1/ \quad Z_{\infty} = \frac{60}{\sqrt{k}} \ln \frac{D}{d} \quad / \Omega / ;$$

$$/2/ \quad C = \frac{10^3 k}{18 \ln D/d} \quad / \text{nF/km} / ;$$

$$/3/ \quad \alpha_1 = \frac{R_1}{2 Z_1} \quad / \text{N/km przy } 10^0 \text{C} / , \text{ gdzie } R_1 \text{ jest}$$

opornością skuteczną pary przy  
częstotliwości 1 MHz.

$Z_1$  oraz  $R_1$  oblicza się z wartości  $d$ ,  $D$  oraz  $Z_{\infty}$ . Pozostają nam tylko trzy parametry niezależne, których wartość możemy ustalić dowolnie, w zależności od przeznaczenia lub przy ustalaniu warunków technicznych dla wytwórni.

Ilość parametrów niezależnych można zredukować do dwóch przez postawienie warunku, że wartość  $\alpha$  powinna przybrać wartość minimalną. Ta minimalna wartość  $\alpha$  wypada dla stosunku średnic  $D/d$  około 3,6.

Ponieważ zmiany  $\alpha$  /przy założeniu, że  $\alpha$  powinno przybrać wartość minimalną/ są wartościami nieskończenie małymi drugiego rzędu /przy nieskończenie małych zmianach pierwszego rzędu ustalanych parametrów/ i przebieg krzywej zmian  $\alpha$  jest bardzo płaski w pobliżu jej minimalnej wartości - warunek na minimalną wartość  $\alpha$  może nie być przestrzegany zbyt rygorystycznie, co daje pewną swobodę przy doborze średnic przewodów /przy ustalonych wartościach  $\alpha$  i  $Z$ /.

Stosowanie wzorów /1/, /2/ i /3/ umożliwia całkowite określenie parametrów pary współosiowej.

## 4. WYBÓR TYPU PARY WSPÓŁOSIOWEJ

Zgodnie z projektem na urządzenia transmisyjne /300 kanałów/ ustalono dla tłumienności  $\alpha_1$  przy 1 MHz i  $10^\circ\text{C}$  następującą wartość:

$$\alpha_1 = 0,61 \text{ N/km}$$

Przy rozstawieniu stacji wzmacniakowych tranzystorowych co  $6 \pm 0,1$  km,  $\alpha$  przy najwyższej częstotliwości przesyłanej 1,364 MHz /częstotliwość pilotująca/ wynosi 0,71 N/km, a wzmocnienie wzmacniaków przy tej częstotliwości 4,3 N.

Drugą wielkością ustalaną jest oporność falowa pary współosiowej. Administracja francuska sądzi, że pożądane jest zachowanie tej samej oporności jak dla pary znormalizowanej 2,6/9,5 ze względu na to, że nie zajdzie konieczność zmian metod pomiarowych, kabli stacyjnych i giętkich przewodów służących do przyłączania aparatury. Ustalono przeto, że

$$Z_1 = 75 \Omega \text{ przy częstotliwości 1 MHz.}$$

Dwie wspomniane wartości są ustalone a priori. Jeżeli chce się również określić wartość współczynnika przenikalności  $k$ , należy ustalić sposób wykonania pary, a w szczególności rodzaj izolacji. Administracja francuska z różnych rozwiązań wybrała izolację typu "balonowego", przy której otrzymuje się wypadkowy względny współczynnik przenikalności  $k = 1,175$ .



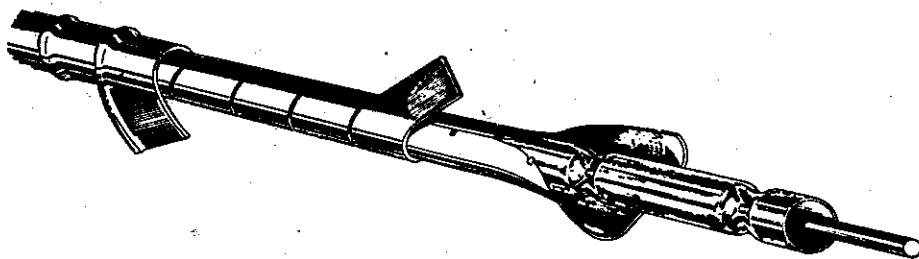
Wartości nominalne parametrów pary współosiowej 1,18/4,43 mm podano w poniższym zestawieniu.

N/km	$Z_1$ $\Omega$	k	d mm	D mm	C nF/km
0,61	75	1,175	1,18	4,43	49,30

Dla kompletnego określenia pary współosiowej należy jeszcze ustalić konstrukcję ekranu, która zależy od warunków ustalonych na przesłuch. Należy również ograniczyć niejednorodność konstrukcji pary zgodnie z warunkami przepisanyymi na dopuszczalne odchylenia oporności falowej torów.

#### 5. OPIS PARY WSPÓŁOSIOWEJ 1,18/4,43 mm

Rysunek 3 przedstawia parę współosiową znormalizowaną 1,18/4,43 mm. Przewód wewnętrzny wykonany z pełnego



Rys. 3. Para współosiowa znormalizowana 1,18/4,43 mm

drutu miedzianego o średnicy  $d = 1,18$  mm otoczony jest periodycznie zwężaną rurką polietylenową; odcinki rurki,

wypełnione powietrzem, tworzą jak gdyby wydłużone "balony". Na izolację nałożony jest rurowy przewód zewnętrzny utworzony z taśmy miedzianej o grubości 0,15 mm; średnica wewnętrzna przewodu zewnętrznego wynosi 4,43 mm. Brzegi taśmy, z której wykonany jest przewód, stykają się wzdłuż tworzącej i są utrzymywane w prawidłowym położeniu za pomocą małych karbów wytłoczonych do wnętrza przewodu. Karby te wgniatają się lekko w powierzchnię elastycznego dielektryka. Na przewód zewnętrzny nawinięte są w przeciwnych kierunkach dwie taśmy stalowe pomiedziane. Pierwsza taśma o grubości 0,09 mm nawinięta jest spiralnie w ten sposób, że brzegi zwojów nie stykają się ze sobą, druga zaś taśma stalowa o tej samej grubości jest nieco szersza i nawinięta na zakładkę. Ten układ taśm został wybrany po przestudiowaniu zjawisk przesłuchowych występujących między parami współosiowymi i czwórkami o skręcie dwuparowym.

Przewiduje się, że pary współosiowe będą umieszczone w kablu mieszanym, w którym będą znajdowały się jednocześnie czwórki o skręcie dwuparowym; pewna ilość tych czwórek nie będzie pupinizowana i zostaną one użyte dla telefonii nośnej.

## 6. PRODUKCJA PAR WSPÓŁOSIOWYCH 1,18/4,43 mm

Proces nakładania izolacji nazwanej izolacją rurkowo-balonową, produkcję i wykonanie pary współosiowej opisano w /1/. Ograniczymy się tutaj do przypomnienia, że urządzenie do nakładania izolacji składa się z natrys-

karki, która wyprasowuje rurkę polietylenową dokoła przewodu wewnętrznego o średnicy wewnętrznej większej od średnicy przewodu wewnętrznego oraz matrycy, która zwięźa periodycznie rurkę polietylenową w ten sposób, ażeby przewód wewnętrzny był umieszczony w tej rurce centrycznie,

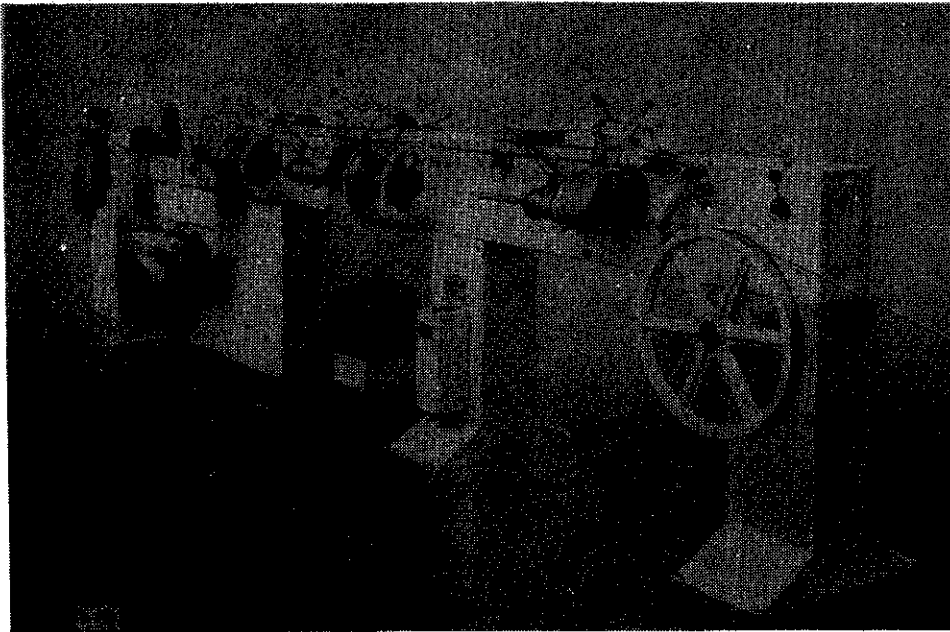
Natryskarka jest typu klasycznego i posiada cztery stopnie regulacji termicznej. Zwiężenia na rurce wykonuje się w momencie, gdy rurka izolująca jest jeszcze w stanie plastycznym, to znaczy przy wychodzeniu jej z natryskarki. Matryca ma dwa łańcuchy wykonane z materiału plastycznego. Każdy łańcuch tworzy obwód zamknięty. Na łańcuchu znajdują się wyprasowane wyżłobienia oraz tryby, które zapewniają periodyczność wykonywania zwiężeń rurki polietylenowej oraz zapewniają odpowiednie względem siebie ich położenie. Rura polietylenowa przesuwa się w sposób ciągły między łańcuchami, które ją unoszą z szybkością równą szybkości wyprasowywania. Dla zapewnienia dobrego przylegania rurki do wyżłobień, rurka jest wypełniona sprężonym gazem. Ażeby gaz nie rozdmuch rurki przy wyjściu z natryskarki, rurka z zewnątrz jest poddana ciśnieniu gazu, prawie kompensującemu ciśnienie wewnątrz rurki. Łańcuchy są wprawiane w ruch przez napędowe koła zębate i prowadnice oraz dociskane do siebie w ten sposób, ażeby ukształtować izolację z rury polietylenowej w miarę jej przesuwania się w sposób ciągły.

Izolacja z rurki jest już ukształtowana i ostudzona jeszcze przed opuszczeniem łańcuchów. Kształt wgniecia

rurki polietylenowej został opracowany w ten sposób, aże-  
 by para była szczelna w kierunku wzdłużnym.

Dokoła izolowanego przewodu jest umieszczony przewód  
 zewnętrzny o średnicy wewnętrznej 4,43 mm utworzony z  
 jednej taśmy miedzianej o grubości 0,15 mm. Wszystkie te  
 czynności są wykonywane w czasie jednego cyklu procesu  
 produkcyjnego. Sposób wykonywania tych czynności jest  
 opatentowany.

Rysunek 4 przedstawia maszynę do nakładania i formo-  
 wania przewodu zewnętrznego oraz do nawijania dwóch taśm  
 stalowych.



Rys. 4. Maszyna do nakładania przewodu zewnętrznego i  
 pomiedziowanych taśm stalowych

## 7. USTALENIE WARUNKÓW TECHNICZNYCH NA ODCINKI FABRYKACYJNE

Przy ocenie jakości wyprodukowanych odcinków fabrykacyjnych kabli niemożliwe jest określanie wszystkich sześciu parametrów z powodu zbyt dużej pracochłonności.

Poprzednio wykazaliśmy, że dostateczne jest sprawdzenie tylko trzech parametrów.

Przewodność  $\alpha$  nie można zmierzyć z dostateczną dokładnością. Średnica  $D$  jest trudna do określenia, ponieważ powierzchnia przewodu wzdłuż szwu jest nierówna/zębki oporowe/. W dodatku średnica  $D$  może być zlekka zdeformowana po nałożeniu taśm stalowych, a poza tym jest trudne dostępne dla wykonania pomiarów. Zresztą wielkość  $D$  określa się z punktu widzenia właściwości elektrycznych pary i różni się ona nieco od wymiarów fizycznych rury miedzianej. Średnicę  $d$  można zmierzyć za pomocą mikrometru, ale przy użyciu tego aparatu niemożliwe jest uchwycenie różnic między średnicami rzędu kilku mikronów, które są większe od wymaganej dokładności. Nie można również wykonać bezpośrednio pomiaru współczynnika przenikalności.

Z tych powodów Administracja francuska ograniczyła się do pomiarów wartości  $C$ ,  $Z$  oraz  $R_0$ .  $R_0$  jest opornością jednostkową przewodu wewnętrznego dla prądu stałego. Pomiar  $C$  jest wykonywany metodą mostkową.  $Z$  - określa się ze wskazań równoważników echometru, którym jednocześnie wykonuje się pomiar współczynnika odbicia. Technika tych pomiarów jest od dawna wypróbowana i łatwa. Wartości  $C$ ,

$Z$  i  $R_0$  są sprawdzane we wszystkich parach współosiowych; na podstawie wyników pomiarów  $C$ ,  $Z$  i  $R_0$  można obliczyć wartości pozostałych parametrów, ale wystarczy sprawdzenie tych wartości w bardzo dużych odstępach czasu. Wartości nominalne tych trzech sprawdzanych parametrów są następujące:

$$C = 49,3 \text{ nF/km}; \quad Z_1 = 75 \Omega; \quad R_0 = 15,1 \Omega / \text{km}.$$

Na podstawie studiów mających na celu ustalenie metody obliczania, określono tolerancje jednoznaczne dla wszystkich 6 parametrów. Najpierw ustalone dopuszczalne wartości rozrzutów  $Z$ ,  $C$  i  $R_0$ , a następnie obliczone teoretycznie dopuszczalne wartości rozrzutów  $k$ ,  $D$  oraz  $\alpha$ .

Po wykonaniu bezpośrednich pomiarów  $Z$ ,  $C$  i  $R_0$  wszystkich par współosiowych wykreślono statystyczne krzywe rozrzutu i ustalono warunki techniczne dla 100% i 70% pomierzonych wartości.

Ponieważ wartości  $k$ ,  $D$  i  $\alpha$  określono tylko dla kilku par i z tego powodu nie dysponowano kompletną krzywą rozrzutu, w warunkach technicznych podano tylko wartości graniczne, pomiędzy którymi te wartości powinny być zawarte /a więc dla 100% przypadków/.

Rozrzuty przyjęte dla  $Z$ ,  $C$  i  $R_0$  zostały ustalone a posteriori na podstawie pomiarów produkcji dostatecznie dużej liczby odcinków. Ażeby przejść od wartości stwierdzonych rozrzutów na parach próbnych do wartości przepisanych w warunkach technicznych, Administracja francuska ustaliła kryterium dobroci, a mianowicie:

$$q = T/\sigma$$

gdzie:

$\pm T$  - tolerancja zatwierdzona dla 100% przypadków, objętych warunkami technicznymi,

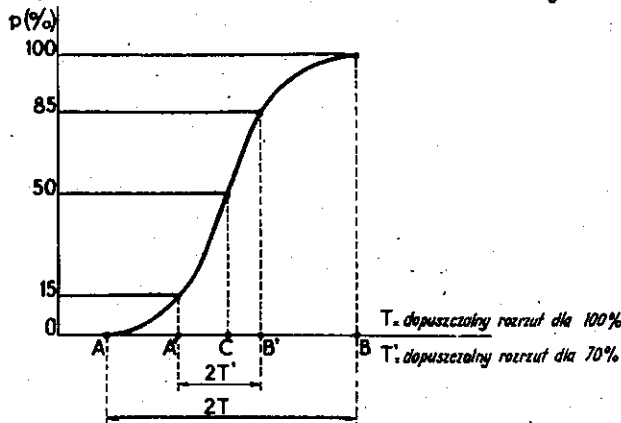
$\sigma$  - odchylenie standardowe rzeczywiście otrzymane w czasie produkcji.

Wartość  $q$  bliska 4 lub 5 wydaje się odpowiadać w sposób zadowalający normalnie kontrolowanej produkcji przemysłowej.

Jeżeli statystyczne krzywe rozrzutu produkcji są zgodne z prawem normalnym, to odstęp między granicami przewidzianymi dla 100% przypadków jest 6-krotnie większy od odchylenia standardowego, odstęp zaś między granicami przewidzianymi dla 70% przypadków jest w praktyce równy podwójnej wartości odchylenia standardowego.

W celu otrzymania warunków jednolitych ustalono dla 70% przypadków zakres rozrzutu równy  $2 T/3$ .

Wyniki tych rozważań zilustrowano na rysunku 5. Na krzy-



Rys. 5. Krzywa rozrzutu. C: wartość nominalna

wej statystycznej procentowego rozkładu wartości,  $2T$  odpowiada odstępowi całkowitemu AB /punkty 0% i 100%/, a  $2T' = 2T/3$  odstępowi A'B' /punkty 15% i 85%/.

Środek odcinka A'B' może niekiedy nie odpowiadać wartości nominalnej, przeciwnie niż to jest w przypadku odcinka AB.

Doświadczenia zebrane przy produkcji 560 odcinków par współosiowych z izolacją typu "balonowego" i o długości 460 m każdy umożliwiły ustalenie następujących wartości rozrzutu:

Rodzaj parametru \ Warunek	dla 100% przypadków	dla 70% przypadków
Oporność Z / $\Omega$ /	1,5	0,5
Pojemność C / nF/km/	1,8	0,6
Oporność $R_0$ / $\Omega$ /km/	0,72	0,24

Dla 100% przypadków przy wyśrodkowaniu wartości oporności falowej na  $75 \Omega$ , wartość jej może się zmienić w granicach od  $74,25$  do  $75,75 \Omega$ . Dla 70% przypadków odpowiedni rozrzut wynosi  $0,5 \Omega$ , ale wartość średnia może nieznacznie różnić się od wartości  $75 \Omega$ .

Pierwszy kabel z parami znormalizowanymi został ułożony między Le Havre i Havfleur. Kabel ten nie spełniał zastrzonych warunków; warunki te zostały spełnione dopiero przy budowie kabla ze wzmacniakami tranzystorowymi między Marsylią i Tulonem.



Rozrzuty przyjęte dla  $\alpha$ ,  $k$  i  $D$  dla 100% przypadków są następujące:

Wielkości	$\alpha_1$ /N/km/	$k$	$D$ /mm/
Rozrzut	0,020	0,05	0,12

Rozrzuty te odpowiadają rozrzutom zatwierdzonym dla  $Z$ ,  $C$  i  $R_0$ .

### 8. REGULARNOŚĆ OPORNOŚCI FAŁOWEJ

Pomimo że pary współosiowe obecnie nie są przeznaczone do przesyłania modulacyjnego sygnału telewizyjnego, wykonuje się pomiary współczynników odbicia we wszystkich odcinkach za pomocą echometra stosowanego do pomiaru par współosiowych 2,6/9,5 mm. Administracje otrzymują w ten sposób pożyteczne wiadomości dotyczące par współosiowych, a producenci sposób wygodny i szybki do kontroli jakości produkcji jej jednorodności.

Na podstawie wyników pomiarów ustalono wartość maksymalną współczynnika odbicia  $\frac{\Delta Z}{2Z}$  przy impulsie o szerokości równej lub mniejszej od 0,1 mikrosekundy dla 100% i 80% przypadków. Maksymalne współczynniki odbić ustalone w odpowiednich warunkach są następujące:

$\frac{\Delta Z}{2Z}$ w promillach	dla 100% przypadków	dla 80% przypadków
	4	2

## 9. PRZEŚLUCH

Zagadnienie przesłuchu jest wyjątkowo ważne; koszt ekranu i przewodu zewnętrznego stanowią 75% kosztu pary współosiowej; jest więc konieczne jak najstaranniejsze określenie wymiarów tych dwóch elementów.

Grubość przewodu zewnętrznego ustalono na 0,15 mm. Dla ekonomii oraz w celu spełnienia wymagań stawianych przez system zdalnego zasilania, przewody zewnętrzne kilku par znajdujących się w tym samym kablu stykają się z sobą. Przewody zewnętrzne nie są izolowane.

Przesłuchy między parami sąsiednimi oraz parami nie-sąsiednimi są trochę poprawione dzięki zwarceniu dróg przesłuchowych poprzez tory trzecie. Niezbędne jest, aby kontakt między taśmami stalowymi był stały dla uniknięcia szumów mikrofonowych.

Wzrost tłumienności zdalnoprzesłuchowej z częstotliwością jest zadowalająco szybki, dzięki czemu można ograniczyć się przy badaniach do wykonywania pomiarów przy częstotliwości 60 kHz, która to częstotliwość jest najniższą częstotliwością przesyłaną.

Administracja francuska przeprowadziła badania nad możliwością wykonania ekranu mniej skutecznego przez zastosowanie telefonii nośnej pracującej przy częstotliwościach większych od 300 kHz i na podstawie wykonanych pomiarów stwierdzono, że przy tym systemie można stosować jako ekran tylko jedną taśmę stalową. Jednak system ten został zarzucony ze względu na małą wytrzymałość mechaniczną takiej konstrukcji. Również z powodu małej wy-

trzymałości mechanicznej zarzucono stosowanie ekranu z jednej taśmy stalowej uformowanej w kształcie cylindra ze szwem podłużnym, pomimo że ekran taki jest bardzo korzystny z punktu widzenia przesłuchu. Rozwiązanie to zastosowane zostało do ekranowania par współosiowych 0,9/3,2 mm kabla mieszanego Saint-Amand-Meudon w 1955 r. i ponownie po raz ostatni w kablu modulacyjnym Saint-Amand-Meudon w 1957 r. Ze względów mechanicznych dwie taśmy są zawsze konieczne i w przypadku gdy dwie taśmy są nawinięte w tym samym kierunku, otrzymuje się najlepszą wytrzymałość mechaniczną. Jednak przesłuch znacznie się zmniejsza, jeśli dwie taśmy są nawinięte z tym samym skokiem w kierunkach przeciwnych; okoliczność ta zdecydowała o zastosowaniu tego sposobu nawijania taśm.

Korzystne jest, jeżeli pierwsza taśma położona jest w ten sposób, żeby zwoje jej nie stykały się z sobą; taśma druga powinna być ułożona w ten sposób, ażeby jej zwoje częściowo się na siebie nakładały, tak aby nie pozostawały miejsca na skrzyżowaniach obu taśm, w których para nie byłaby ekranowana. To nakrywanie się wymaga taśm cienkich. Ten sposób ekranowania jest szczególnie pożądanym w kablach dalekosiężnych i dzięki niemu udało się uzyskać lepsze wyniki.

Minimalna wartość ustalona przez Administrację francuską na odstęp zdalnopresłuchowy, na 6-kilometrowym odcinku wzmacniakowym w pasmie częstotliwości przesyłanych, począwszy od częstotliwości 60 kHz, wynosi 10,2 N. Ażeby wartość ta została zachowana, tłumienność przesłuchowa-

wa między torami odcinka kabla o długości 460 m powinna wynosić:

$$A_{pd} = 10,2 + \ln \frac{6}{0,46} \approx 12,8 \text{ N}$$

Ta wartość byłaby zadowalająca, gdyby w kablu istniały tylko dwie pary. Z uwagi jednak na to, że w kablu istnieje więcej par współosiowych oraz czwórki o skręcie dwuparowym niepupinizowane, wartość tę dla kabla Marsylia-Tulon podwyższono do 13,3 N. Warunek ten miał na celu zapewnienie otrzymania dobrych wartości tłumienności przesłuchu zdalnego i zbliżonego we wszystkich przypadkach, niezależnie od tego, w jaki sposób pary współosiowe byłyby eksploatowane w kablu mieszanym.

Zauważywszy że w przypadku par współosiowych tłumienność zbliżonopresłuchowa jest większa od odstepu zdalnopresłuchowego w odcinkach 6-kilometrowych, można stwierdzić, że dla zachowania warunku na wypadkowy przesłuch zdalny wystarczy zachować odstep zdalnopresłuchowy 10,2 N.

Rozpatrzmy teraz, jak przedstawia się zagadnienie przesłuchów w zależności od konstrukcji kabla, sposobów eksploatacji oraz ilości czwórek symetrycznych niepupinizowanych, wykorzystywanych przy wysokich częstotliwościach,

Przy rozpatrywaniu wpływu konstrukcji kabla na przesłuch należy rozpatrzeć dwa rodzaje stosowanych kabli:

- kable z 12 parami współosiowymi o małych przekrojach, ułożonymi w dwie warstwy /kable te są obecnie stoso-

wane jako kable modulacyjne dla radiolinii/.

- kable z mniejszą ilością par współosiowych umieszczonych w jednej warstwie /np. kabel Marsylia-Tulon/.

Konstrukcja kabli z 12 czwórkami jest korzystniejsza z punktu widzenia przesłuchu, ponieważ w kablu tym znaczna ilość przewodów zewnętrznych styka się z sobą i wyniki otrzymane przy badaniu tego typu kabli nie mogą być stosowane do kabli z mniejszą ilością par współosiowych.

Rozpatrzmy z kolei przesłuch występujący między parami współosiowymi i parami symetrycznymi niepupinizowanymi.

Oporność skrośna  $Z_{\pi}$  ekranu zależy od rodzaju przewodu zewnętrznego i ekranu. W równaniach wyrażających zależność przesłuchu od oporności skrośnej, oporność ta w przypadku rozpatrywania przesłuchów między parami współosiowymi występuje w drugiej potęgze, podczas gdy przy rozpatrywaniu przesłuchów między parami współosiowymi i parami symetrycznymi występuje w pierwszej potęgze. Należy więc stwierdzić, czy ustalona wartość na przesłuch 13,3 N między parami współosiowymi będzie również spełniona w przypadkach przesłuchu występującego między parami współosiowymi i czwórkami symetrycznymi.

Do chwili obecnej /manuskrypt tego artykułu był zgłoszony do wydawnictwa Câbles et Transmission 18 lipca 1960 r., a wydrukowany 4 sierpnia 1960 r., a więc od tej pory mogły nastąpić zmiany<sup>1/</sup>, Administracja francuska

<sup>1/</sup> przypisek tłumacza.

nie ustaliła warunków na przesłuch między parami współosiowymi i niepupinizowanymi czwórkami, wskutek tego tory symetryczne, wykorzystywane później przy wysokich częstotliwościach, w czasie odbiorów odcinków fabrykacyjnych są traktowane tak samo jak tory czwórek o skręcie dwuparowym kabli okręgowych.

Dopiero w czasie montażu wybiera się czwórki dla telefonii nośnej. Liczba tych czwórek może się zmieniać na poszczególnych odcinkach trasy w zależności od potrzeb. Powstałyby również trudności przy wyznaczaniu czwórek dla telefonii nośnej w wytwórniach, ponieważ zachodziłaby konieczność wykonania dodatkowo znacznej ilości pomiarów; na przykład w przypadku kabla Marsylia - Tulon ilość pomiarów, które należałoby wykonać w każdym odcinku fabrykacyjnym zwiększyłaby się o  $5 \times 2 \times 38 = 380$  /pięć par współosiowych oraz  $2 \times 38$  par symetrycznych/.

Wyjątkowo dla celów badawczych przy budowie kabla Marsylia-Tulon wykonano krzywe statystyczne przesłuchów między torami odcinków fabrykacyjnych o długości 460 m i przy częstotliwości 60 kHz.

Statystyczne krzywe rozrzutu wykonano dla:

- tłumienności zbliżnoprzesłuchowej między parami współosiowymi sąsiednimi i niesąsiednimi oraz
- tłumienności zbliżnoprzesłuchowej między parami współosiowymi i 22 czwórkami symetrycznymi warstwy zewnętrznej.

Stwierdzono, że statystyczne prawa rozrzutu dla obu tych rodzajów przesłuchu są bardzo do siebie zbliżone.

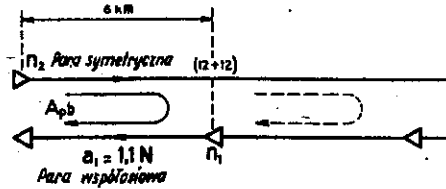
Bez względu na system transmisyjny telefonii nośnej pracującej na parach symetrycznych, odstęp zdalnoprzesłuchowy, gdy para współosiowa jest torem zakłócanym, a para symetryczna torem zakłócającym, powinien być  $\geq 10,2$  N przy odcinku kabla o długości 6 km. Przy obliczaniu odstępów zdalnoprzesłuchowego dla wszystkich rodzajów torów należy brać pod uwagę poziomy po stronie nadawczej i odbiorczej systemu pracującego na torach symetrycznych i systemu pracującego na parach współosiowych.

W kablu Marsylia-Tulon zastosowano na parach symetrycznych system jednotorowy /12 + 12/ dwunastokanałowy. Odstęp między kanałami wynosi 6 kHz, a pasmo częstotliwości skutecznie przesyłanych 12 - 168 kHz. Wzmacniaki liniowe są tranzystorowe i posiadają małe wzmocnienie w porównaniu ze wzmacniakami pracującymi na parach współosiowych [5].

Parametry obu typów wzmacniaków są następujące:

Rodzaj łącza	Indeks	Długość odcinka wzmacniakowego /km/	Tłumiennosc jednostkowa przy 60 kHz /N/	Poziom wyjściowy przy 60 kHz /N/
1,18/4,43	1	6	$a_1 = 1,1$	$n_1 = -3,5$
12 + 12	2	7,2		$n_2 = -1,2$

W naszym przypadku najtrudniej osiągnąć przepisany odstęp zbliżnoprzesłuchowy, gdy para współosiowa jest zakłócana /patrz rys. 6/.



Rys. 6. Droga przesłuchowa między parą współosiową i parą symetryczną

Jeżeli  $A_{pb}$  jest tłumiennością zbliżnoprzesłuchową pomierzoną między badanymi torami ułożonego kabla, to musi być spełnione równanie:

$$/n_1 - a_1/ - /n_2 - A_{pb}/ \geq 10,2 \text{ N}$$

skąd:

$$A_{pb} \geq 10,2 \text{ N} + /n_2 - n_1/ + a_1$$

czyli:

$$A_{pb} \geq 10,2 + /- 1,5 + 3,5/ + 1,1$$

a więc:

$$A_{pb} \geq 13,3 \text{ N.}$$

O wartości przesłuchu zbliżnego między torami odcinka wzmacniakowego często decyduje pierwszy odcinek fabrykacyjny o długości 460 m. Z tego też powodu należy starać się, ażeby przesłuch na odcinkach fabrykacyjnych między parami współosiowymi i czwórkami symetrycznymi przeznaczonymi dla telefonii nośnej posiadał odpowiednio wysoką wartość.



Rozpatrywany na rys. 6 przypadek, w którym stacje wzmacniakowe obu systemów nośnych schodzą się w jednym punkcie trasy, jest niekorzystny pod względem przesłuchu.

Z rozważania tego widać, szczególnie gdy kable posiadają niewielką ilość par współosiowych, że ustalona wartość 13,3 N minimalnej tłumienności przesłuchu między parami współosiowymi odcinka fabrykacyjnego nie jest zadowalająca w przypadku przesłuchu występującego między parami współosiowymi i czwórkami symetrycznymi odcinka fabrykacyjnego i należy dążyć do osiągnięcia wartości przesłuchu co najmniej 14 N.

W kablu Marsylia-Tulon warunek ten był spełniony i tłumienności zbliżnoprzesłuchowe między torami w odcinku wzmacniakowym osiągnęły wymagane wartości, ale wyniki otrzymane były bardzo zbliżone do minimalnych przepisanych wartości.

Ekran jak podano wyżej, wykonany jest z dwóch taśm stalowych o grubości 0,09 mm. Stalowe taśmy ekranu pomiedziowano, dzięki czemu można było zastosować cieńsze taśmy przy tej samej skuteczności ekranowania. Zmniejszenie się przesłuchu po pokryciu ekranu warstwą miedzi nie jest spowodowane warstwową konstrukcją ekranu /na przemian warstwy miedzi i stali/, ponieważ warstwa miedzi jest bardzo cienka i przy stosowanych częstotliwościach nie ma żadnego znaczenia. Pomiedziowanie taśm zmniejsza natomiast oporności styków między spiralami, co z kolei skraca drogę prądów płynących wzdłuż przewodu i daje korzystny efekt.

Zmniejszenie grubości taśmy jest korzystne również pod względem mechanicznym, ponieważ w czasie produkcji zmniejszają się naciągi taśm i przewód wewnętrzny jest mniej deformowany przy późniejszych operacjach. Warstwa miedzi na powierzchni stalowych taśm chroni ich powierzchnię i pary takie łatwiej konserwować w magazynach. Taśmy pomiedzowane są droższe od taśm niepomiedzowanych, ale użycie ich umożliwia zmniejszenie objętości pary, co w rezultacie jest korzystne pod względem ekonomicznym.

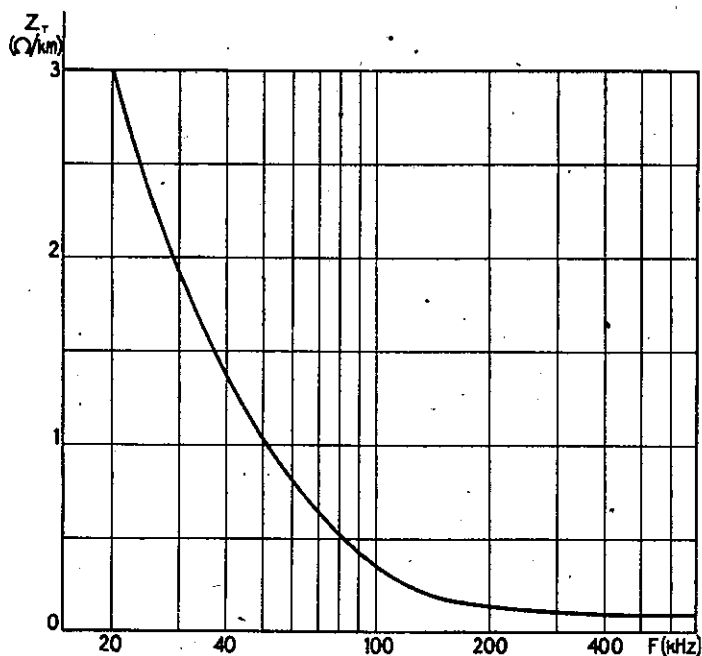
Zgodnie z warunkami technicznymi przesłuch jest sprawdzany między torami pierwszych odcinków fabrykacyjnych oraz w 5% wszystkich odcinków wyprodukowanych na dane zamówienie.

We wszystkich odcinkach fabrykacyjnych sprawdza się oporność izolacji /10000 M $\Omega$ .km przy napięciu 500 V, odczyt po czasie nie dłuższym od jednej minuty/ i wytrzymałość elektryczną izolacji /2000 V, 50 Hz podczas 1 minuty/.

## 10. PARAMETRY ELEKTRYCZNE

Na rysunkach od 7 do 11 podano wykresy parametrów elektrycznych par współosiowych 1,18/4,43 mm. Na rysunku 7 przedstawiono wykres oporności skrośnej pary współosiowej w funkcji częstotliwości, a na rysunku 8 wyniki pomiarów przesłuchu zbliżonego wykonane w wytwórni kabli między parami współosiowymi 460 metrowego odcinka kabla. Kabel ten został wykonany jako kabel eksperymentalny na trasę Marsylia-Tulon i składał się z 5 par współosiowych

znormalizowanych i dwóch warstw czwórek o skręcie dwuparowym i średnicach żył 0,9 mm.

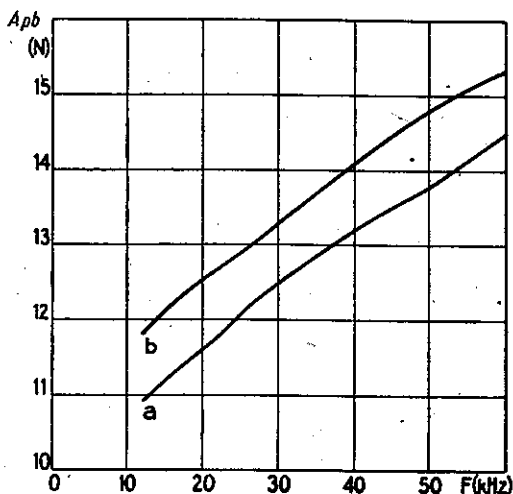


Rys. 7. Oporność skrośna  $Z_T$  pary współosiowej 1,18/4,43 w funkcji częstotliwości.

Z krzywych tych widać, że ustalony w warunkach technicznych warunek na minimalną wartość przesłuchu /13,3N przy 60 kHz/ został uzyskany ze znacznym zapasem.

Określono również na podstawie pomiarów odcinka kabla o długości 460 m, wybranego drogą losową z wyprodukowanych kabli, minimalną i średnią wartość przesłuchumędzy parami współosiowymi i czwórkami o skręcie dwuparowym.

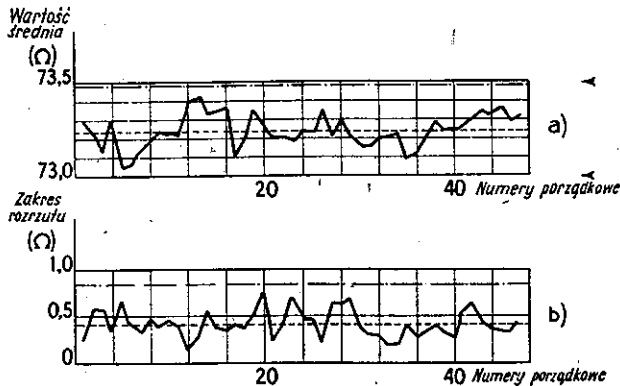
wym warstwy zewnętrznej. Przy częstotliwości 60 Hz /dane statystyczne z 220 pomiarów/ wartość minimalna wynosi 14,7 N, a wartość średnia /odpowiadająca 50% wszystkich przypadków/ 16,2 N.



Rys. 8. Tłumienność zbliżnoprzesłuchowa  $A_{pb}$  w funkcji częstotliwości  $F$  między parami współosiowymi 1,18/4,43mm w odcinku kabla o długości 460 m  
 a/ przesłuch między parami sąsiednimi,  
 b/ przesłuch między parami niesąsiednimi

Ze względu na doniosłość uruchomienia produkcji przemysłowej kabli z parami współosiowymi o małych średnicach służba kontroli Narodowego Centrum Studiów Telekomunikacji /Service du Contrôle du Centre National d'Etudes des Télécommunications/ postanowiła zastosować nowoczesną metodę statystycznej kontroli jakości, zaproponowaną przez A.M. Gervaise<sup>9a</sup>. [3].

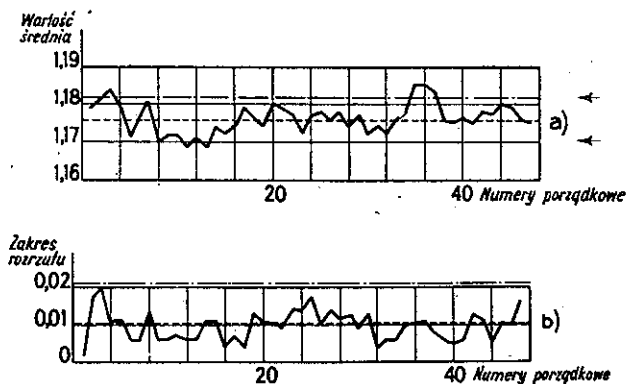
Na rysunkach od 9 do 11 podano wykresy wykonywane przy statystycznej kontroli jakości. Wykresy te zostały wykonane dla 235 par współosiowych 47 pierwszych odcinków kabli mieszanych o długości 460 m każdy, uzbrojonych taśmami stalowymi i wyprodukowanych na trasę Marsylia-Tulon.



Rys. 9. Oporność falowa  $Z_{\infty}$  par współosiowych 1,18/4,43-47 kabli mieszanych przy częstotliwości bardzo dużej, pomierzona w odcinkach kabli o długości 460 m.

- a/ wykres średniej wartości  $Z_{\infty}$  par jednego odcinka kabla w funkcji numerów porządkowych kabli,  
 b/ wykres przedstawiający zakres rozrzutu  $Z_{\infty \max} - Z_{\infty \min}$  sporządzony dla par kabla w funkcji numerów porządkowych kabla

Wykresy te umożliwiają śledzenie zmian wartości średniej w funkcji czasu i rozrzutu parametrów dla określonej produkcji. Wykresy te są wykonane dla oporności falowej przy częstotliwości bardzo dużej /rys. 9/, współczynnika przenikalności /rys. 10/ i maksymalnych wartości współczynnika odbicia /rys. 11/.



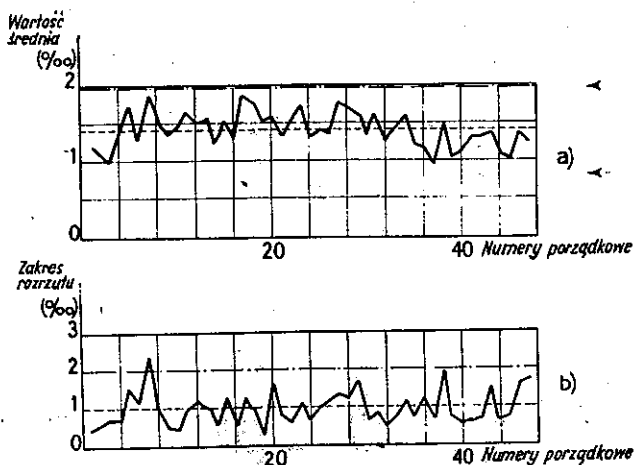
Rys. 10. Wypadkowy współczynnik przenikalności względnej  $k$  izolacji par współosiowych 1,18/4,43 mm ustalony w 47 odcinkach o długości 460 m każdy kabla mieszanego

- a/ wykres wartości średniej  $k$  w funkcji numerów porządkowych kabli,  
 b/ wykres zakresu rozrzutu  $/k_{\max} - k_{\min}/$  wypadkowego współczynnika przenikalności względnej izolacji par kabla w funkcji numerów porządkowych kabli.

Na każdym rysunku podano dwa wykresy. Wykres pierwszy /górny/ jest wykonany dla wartości średniej danego parametru, otrzymanej z pomiarów parametrów 5 par współosiowych rozpatrywanego odcinka fabrykacyjnego. Wykres drugi /dolny/ podaje zakres rozrzutu tych samych parametrów /zakres rozrzutu jest różnicą między wartością maksymalną i wartością minimalną parametrów otrzymanych z pomiarów 5 par współosiowych tego samego odcinka/.

Na wykresie zakresów rozrzutu prosta pozioma kropkowana odpowiada średniej wartości zakresu rozrzutu  $W$ , otrzymanej z pomiarów 235 par, a prosta składająca się z kresek i kropek odpowiada wartości 2,08  $W$ .

Na wykresie wartości średniej pozioma linia przerywana odpowiada średniej głównej  $X$  otrzymanej dla 235 par, a za pomocą strzałek oznaczone wartości odpowiadające  $X \pm 0,594 W$ .



Rys. 11. Wartości maksymalne współczynników odbicia otrzymane z pomiarów par współosiowych 1,18/4,43 mm 47 odcinków kabla mieszanego o długości 460 m każdy

a/ wykres wartości średniej maksymalnych współczynników odbicia w parach kabla w funkcji numerów porządkowych odcinków kabli

b/ wykres zakresu rozrzutu  $\delta_{\max} = \delta_{\min}$  maksymalnych wartości współczynników odbicia w parach kabla w funkcji numerów porządkowych kabla.

Tak jak to podano w cytowanym artykule /3/, przy normalnej produkcji wykres wartości średnich nie powinien przekraczać /oprócz przypadków wyjątkowych/ granic  $X \pm 0,594 W$ , a wykres zakresów rozrzutu - granicy 2,08 W.

Z wykresów tych widać, że produkcja przemysłowa par współosiowych o małych średnicach od samego początku by-

za kontrolowana wg metody kontroli jakości.

Wyniki statystyk wykonanych dla 5 par współosiowych 170 odcinków fabrykacyjnych o długości 460 m każdy, a więc dla zbioru 850 par pojedynczych są przytoczone w tabeli podanej poniżej.

W kolumnie pierwszej umieszczono wyniki otrzymane ze 112 odcinków kabla Marsylia-Tulon, a w kolumnie drugiej podano wyniki otrzymane z 58 odcinków kabla Vidauban-Cannes.

Oznaczenia przyjęte w tabeli są następujące:

- oporność falowa przy częstotliwości  
bardzo dużej  $Z_0 / \Omega /$
- pojemność jednostkowa  $C / \text{nF/km}/$
- oporność jednostkowa przewodu we-  
wnętrznego pomierzona prądem stałym  
i przeliczona dla temperatury  $10^\circ\text{C}$   $R_0 / \Omega/\text{km}/$
- tłumienność jednostkowa przy czę-  
stotliwości 1 MHz, przeliczona dla  
 $10^\circ\text{C}$  /tylko te dane statystyczne  
odnoszą się do mniejszej liczby od-  
cinków kabla/  $\alpha / \text{N/km}/$
- względny wypadkowy współczynnik  
przenikalności  $k$
- średnica elektryczna  $D \dots / \text{mm}/$
- współczynnik odbicia /impuls  
 $0,05 \mu\text{s}/$   $\delta = \frac{\Delta Z}{2Z}$   
/promille/



Dla tych parametrów podano w tablicy na str. 36:

- wartość środkową /50% przypadków/,
- wartość rozrzutu dla 100% /różnica między największą wartością maksymalną i najmniejszą wartością minimalną/,
- zakres rozrzutu dla 70% /różnica między wartością odpowiadającą 85% przypadków i wartością odpowiadającą 15% przypadków otrzymana z krzywych statystycznych rozrzutu rozpatrywanego parametru/. W przypadku rozrzutu normalnego zakres rozrzutu jest równy podwójnej wartości odchylenia standardowego.

#### 11. WNIOSKI

Para współosiowa 1,18/4,43<sup>o</sup> o małych wymiarach została przez Administrację francuską znormalizowana i użyta do budowy kabli modulacyjnych /przebieżnikowe linie radiowe/ oraz w najbliższej przyszłości zostanie wprowadzona do budowy dalekosiężnych linii kablowych.

Przy konstrukcji pary współosiowej nie zastosowano polietylenu piankowego, ponieważ technika jego produkcji jeszcze nie jest dostatecznie opracowana i podlega dalszym badaniom.

Obecnie znormalizowana para współosiowa zajmuje bardzo mało miejsca i stosowanie jej jest najekonomiczniejsze w porównaniu z innymi rozwiązaniami.

Produkcja została opracowana całkowicie, przy zastosowaniu oryginalnego rozwiązania technicznego. Dodajmy jeszcze, że para ta zachowuje się znakomicie pod wzglę-

T a b l i c a

Wyniki statystyczne otrzymane w wytwórni dla 850 par współosiowych  
1,18/4,43 mm

Parametry	560 par		290 par		Warunki techniczne	
	Marsylia- Tulon		Vidauban- Cannes		Wartość nominalna	Tolerancja
$Z_{\infty} / \Omega /$ Środkowa 1/ Zakres rozrzutu /100%/ Zakres rozrzutu /70%/	72,27 1,26 0,40		73,25 1,11 0,40		73	1,50 0,50
$C / nF / km /$ Środkowa Zakres rozrzutu /100%/ Zakres rozrzutu /70%/	49,33 1,15 0,44		49,36 1,09 0,46		49,30	1,80 0,60
$R_0 / \Omega / km /$ Środkowa Zakres rozrzutu /100%/ Zakres rozrzutu /70%/	15,07 0,32 0,13		15,06 0,23 0,08		15,10	0,72 0,24
$\alpha / N / km /$ Środkowa Zakres rozrzutu /100%/ Zakres rozrzutu /100%/ Zakres rozrzutu /100%/	0,608 0,015		0,605 0,013		0,610	0,020

1/ Wartość "średkowa" - odpowiada 50% rozpatrywanych przypadków

Parametry	560 par		290 par		Warunki techniczne	
	Marsylia-Tulon		Vidauban-Cannes		Wartość nominalna	Tolerancja
K						
Środkowa	1,175		1,176		1,175	
Zakres rozrzutu /100%/	0,031		0,023			0,050
/%						
Środkowa	1,33		1,40			4
100% wartości mniejszych od	3,66		2,66			2
80% "	1,73		1,66			
Przetuch /N/						
Minimum określone przez warunki techniczne						13,3
Minimum pomierzone w 5% kabli mieszanych	14,5		14,7			
D /mm						
Środkowa	4,436		4,437		4,43	
Zakres rozrzutu /100%/	0,117		0,083			0,120

dem mechanicznym /szczególnie pod względem znacznych wyboczeń/ w czasie produkcji, składowania i budowy linii.

Wysoka jakość techniczna, która była przedmiotem prac normalizacyjnych, była podyktowana tym, że w przyszłości znaczenie pary współosiowej o małym przekroju wzrośnie po zastosowaniu wzmacniaków tranzystorowych.

Para ta nadaje się do budowy długich łącz i przez gęściejsze rozstawienie wzmacniaków pośrednich można uzyskać znaczne poszerzenie pasma częstotliwości skutecznie przesyłanych do granic, które obecnie trudno przewidzieć. W rezultacie wzmacniaki na tranzystorach, zasilane zdalnie, będą mogły być włączane w linie tak jak obecnie są włączane skrzynie Pupina w tory pupinizowane.

Z tego powodu para współosiowa o małym przekroju powinna posiadać taką jakość, ażeby można było przesyłać po nich pasmo częstotliwości coraz szersze.

Dodajmy jeszcze, że para współosiowa 1,18/4,43 mm jest oryginalnym rozwiązaniem techniki francuskiej,

#### WYKAZ LITERATURY

1. G. Fuchs et P. Vergès: Isolation tabulaire ballon de polyéthylène pour câbles téléphoniques Câbles & Transmission, 14<sup>e</sup> N<sup>o</sup>, n<sup>o</sup> 2, 1960, str. 113-131.
2. Patenty francuskie n<sup>o</sup> 1 213 430. - Perfectionnement à la construction des paires coaxiales, i n<sup>o</sup> PV 827 935. - Dispositif de rubannage continu pour câbles de télécommunication électrique; déposés par la Société Anonyme de Télécommunication.

3. A.M. Gervaise. - La gestion de la qualité; application à la surveillance de la qualité de fonctionnement d'un système de transmission complexe, Câbles & Transmission, 13<sup>e</sup> N., n<sup>o</sup> 1, janv. 1959, str. 3-15.
4. R. Bélus. - La fabrication des paires coaxiales normalisées, Câbles Transmission, 9<sup>e</sup> N., n<sup>o</sup> 1, janv. 1955, str. 40-58, fig. 5c.
5. G. Fuchs et J. Boulin. - Système téléphonique à 12 voies, type 12 + 12, à équipement transistorisés, avec espacement des voies de 6 kHz, à paraître dans le n<sup>o</sup> de janv. 1961 de Câbles & Transmission.



WYNIKI BADAŃ PAR WSPÓŁOSIOWYCH ZNORMALIZOWANYCH  
TYPU 1,18/4,43 mm W KABLU MARSEILLE-TOULON<sup>1/</sup>

R. Bélus et M. Trouble. Resultats d'essais sur les paires coaxiales normalisées de 1,18/4,43 mm du câble Marseille-Toulon. Avril 1961. "Câbles et Transmission". No 2.

1. WSTEP

Kabel Marseille-Toulon zawiera 5 par współosiowych, znormalizowanych typu 1,18/4,43 mm, umieszczonych w rdzeniu i 38 czwórek trójskrętnych /DM/ o średnicy żył 0,9 mm, ułożonych w dwóch warstwach, zawierających odpowiednio 16 i 22 czwórki. Dwanaście czwórek warstwy zewnętrznej jest przeznaczonych do telefonii nośnej w zakresie do 168 kHz. Pary współosiowe utworzone są z miedzianego przewodu wewnętrznego o średnicy 1,18 mm, pokrytego izolacją polietylenową "balonową", na którą nawinięty jest miedziany przewód zewnętrzny w kształcie rury o średnicy wewnętrznej 4,43 mm. Tego rodzaju małowymiarowa para współosiowa była studiowana przez dłuższy czas i została zastosowana dzięki rozwojowi wzmacniaków tranzystorowych, które umożliwiły zagęszczenie stacji wzmacniakowych, a przez to stało się również możliwe zastosowanie pary o większej tłumienności niż pa-

---

<sup>1/</sup> Na podstawie oryginału opracował H. Pomirski.

ra typu 2,6/9,5 mm i znormalizowanie tej pary we Francji i na terenie międzynarodowym.

Linia kablowa Marseille-Toulon składa się z 9 odcinków wzmacniakowych o długości 7,3 km dla wiązek symetrycznych eksploatowanych w systemie nośnym /12 czwórek w warstwie zewnętrznej/ i z 11 odcinków wzmacniakowych dla systemu eksploatowanego na parach współosiowych. Długość tych ostatnich odcinków jest zbliżona do długości nominalnej 6 km, z wyjątkiem dwóch odcinków kończących się w Marseille i w Toulon /5 km i 4 km/.

Poniżej podane będą wyniki pomiarów wykonanych po zainstalowaniu kabla na parach współosiowych, jak również wyniki pomiarów przesłuchu pomiędzy parami współosiowymi i czwórkami symetrycznymi, przeznaczonymi do telefonii nośnej.

## 2. WARUNKI TECHNICZNE I METODY POMIARÓW

### 2.1. Uwagi ogólne

Do badania par współosiowych 1,18/4,43 mm, po ich zainstalowaniu, użyte były takie same metody, jakie około 10 lat temu używano do sprawdzania kabla współosiowego o parach 2,6/9,5 mm.

Kabel doświadczalny Marseille - Toulon pomyślany był jako przede wszystkim kabel telefoniczny i pod tym kątem zostały opracowane warunki techniczne. Zawierają one wymagania dotyczące równomierności oporności falowej /am-



plituda szczytowa krzywej echa<sup>1/</sup>, tłumienności, przesłuchu, wytrzymałości elektrycznej i oporności izolacji. Ponadto skontrolowane oporność falową i równoważną niejednorodność.

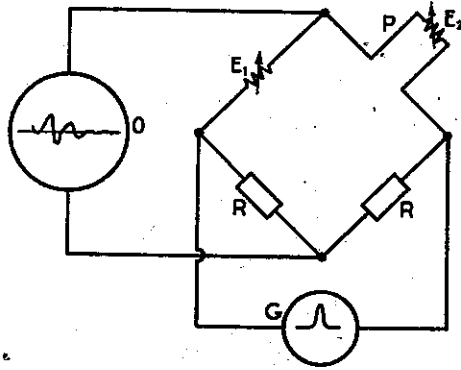
Badania odnoszące się do oporności falowej i równomierności oporności falowej wzdłuż toru wykonywano w stanie nieustalonym za pomocą impulsowego miernika echa. Używany był aparat zwany "transimetre" specjalnie skonstruowany przez Société Anonyme de Télécommunications /S.A.T./ i stosowany już od ok. 10 lat. Dwie kompletne instalacje umieszczone w wozach pomiarowych służą do pomiarów odbiorczych i okresowej konserwacji sieci kabli o parach współosiowych. Zasada mierników echa /echometrów/ jest dobrze znana /rys. 1/.

Mierzona para współosiowa włączona jest w jedno ramię mostka.

Układ zwany równoważnikiem oporności falowej, odtwarzający z dużą dokładnością i w szerokim pasmie częstotliwości część rzeczywistą i urojoną oporności charakterystycznej pary współosiowej, jest włączony w sąsiednie ramię mostka. Aparat wysyła do kabla impulsy, które po odbiciu od niejednorodności toru, powracają do początku kabla i są obserwowane na ekranie lampy oscyloskopowej.

---

<sup>1/</sup>krzywa echa = krzywa odpowiedzi = impulsowa charakt. niejednorodności.



Rys. 1. Schemat i zasada miernika echa

$E_1$  - równoważnik zmienny początku toru;  $E_2$  - równoważnik końca toru;  $G$  - generator impulsów;  $R$  - ramiona mostka;  $O$  - oscyloskop.

Transimètre S.A.T. umożliwia określenie różnych parametrów charakteryzujących równomierność oporności falowej kabla, a mianowicie:

- regulacja równoważnika początkowego daje informacje o miejscowej oporności falowej końca pary współosiowej;
- krzywa odpowiedzi /tzn. charakterystyka niejednorodności/ jest korygowana co do amplitudy i fazy w ten sposób, że dana niejednorodność toru uwidacznia się na oscyloskopie w postaci obrazu, którego kształt jest w dużym stopniu niezależny od umiejscowienia tej niejednorodności w kablu;
- może być także otrzymana krzywa odpowiedzi energii, jak również całkowita energia odbita na danej długości pary współosiowej. W tym pomiarze sygnały echa podlegają

tzw. "korekcji energii" w taki sposób, że energia odbita jest w znacznym stopniu niezależna od miejsca niejednorodności w kablu. Na przyrządzie otrzymuje się również bezpośredni odczyt równoważnej niejednorodności, przeliczonej na jeden kilometr toru. Definicja tego pojęcia będzie podana niżej.

Ogólnie biorąc pomiary wykonywane są z obydwóch końców odcinka wzmacniakowego. W każdym z pomiarów ma znaczenie półodcinek wzmacniakowy,

## 2.2. Kształt i szerokość impulsu

Stosowany jest impuls o kształcie sinusa do kwadratu. Czas trwania impulsu  $T$ , określony jako szerokość impulsu w połowie jego wysokości, powinien być dostosowany do szerokości pasma przesyłanego przez kabel.

Tłumienność pary współosiowej ogranicza /zmniejsza/ tę szerokość impulsu. Długość  $L$  kabla, na jakiej pomiar /z korekcją echa/ jest możliwy, określa się ze wzoru

$$L = KV\sqrt{T}$$

gdzie  $K$  jest współczynnikiem zależnym od typu pary współosiowej.

Dla pary znormalizowanej typu 1,18/4,43 mm współczynnik ten wynosi w przybliżeniu 5,1, gdy  $T$  wyrażone jest w  $\mu s$ , a  $L$  w km.

Zarząd Poczty i Telekomunikacji we Francji, przy badaniu par współosiowych w wytwórni i po zmontowaniu kabla, stosuje impulsy w kształcie sinusa w kwadracie o następujących czasach trwania:

Typ pary współosio- wej	Średnica w mm	5/18	2,6/9,5	2,6/9,5	2,6/9,5	1,18/4,43	1,18/4,43
	rodzaj eksploata- cji	telewi- zja	system 4 MHz	system 12 MHz	system 4 MHz	system 1,5 MHz	system 4 MHz /projekt/
Czas trwa- nia impul- su /μs/	w wy- twórni	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
	po zain- stalowa- niu	0,06	0,17	0,06	0,34	0,17	0,17

W przypadku pary 1,18/4,43 i systemu 1,5 MHz odległość  $L$  wyniesi ok. 3 km, tj. połowę długości odcinka wzmacniakowego /6 km/, co umożliwia całkowite badanie kabla półodcinkami wzmacniakowymi.

### 2.3. Największa wartość szczytowa

Wartość szczytową  $S_{\max}^{1/}$  otrzymuje się z krzywych echa po korekcji amplitudy i fazy.

Wymagania warunków technicznych, dotyczące największego echa na półodcinku wzmacniakowym, są zgodne z zaleceniami CCITT, a mianowicie:

Stosunek wartości szczytowej  $S_{\max}$  do podwójnej wartości oporności charakterystycznej półodcinka wzmacniakowego powinien być mniejszy od 0,008. Wymaganie to jest równoważne dwóm następującym ograniczeniom:

- wielkość szczytowa  $S_{\max}$  powinna być mniejsza od  $1,2\Omega$ ;
- tłumienność odbicia, wyrażona przez logarytm naturalny stosunku  $2Z/S_{\max}$ , powinna być większa od  $4,8 N$ .

Krzywa odpowiedzi była już uprzednio podana w tym kwartalniku [3] rys. 15.

### 2.4. Równoważna niejednorodność

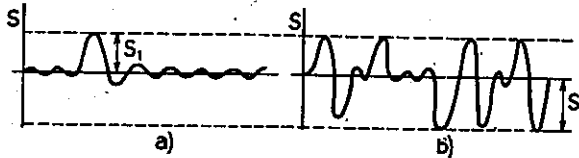
Znajomość tylko wartości szczytowej krzywej echa nie charakteryzuje w wystarczającym stopniu jednorodności

---

<sup>1/</sup> jest to wartość maksymalna odchylenia miejscowej oporności falowej od wartości średniej

oporności falowej. Na rysunkach 2a i 2b, na przykład, podane są wykresy echa dla dwóch odcinków kabla o tej samej wartości szczytowej  $S_{\max}$ , chociaż widoczne jest, że właściwości tych odcinków nie są jednakowe.

Należało więc wprowadzić dodatkowy parametr dla scharakteryzowania średnich /przeciętnych/ właściwości par współosiowych. Jako kryterium wybrano średnią energię odbitą w parze współosiowej i nazwano to kryterium równoważną niejednorodnością lub odchyleniem równoważnym.



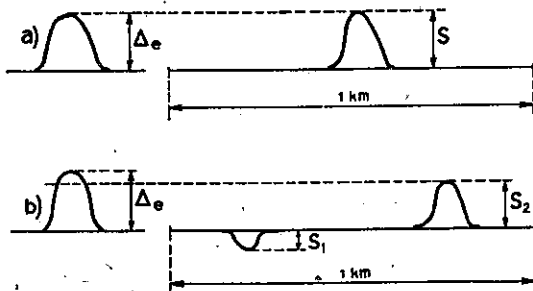
Rys. 2. Różne kształty krzywych echa

- a/ para wykazująca tylko jedną niejednorodność o amplitudzie  $S_1$
- b/ para wykazująca kilka niejednorodności o amplitudzie  $S_1$

Pojęcie to wprowadza się w sposób naturalny przy rozważaniu zagadnień związanych z podwójnym odbiciem /echem obcym/. Jest więc ono szczególnie ważne dla par współosiowych przeznaczonych do telewizji.

Wiadomo że równoważną niejednorodnością nazywamy taką /jedną/ nierównomierność /odchylenie/ oporności, na której powstaje taka sama ilość energii odbitej, jak na wszystkich nierównomiernościach oporności falowej, występujących w parze współosiowej.

Rozważmy odcinek pary współosiowej o długości 1 km i załóżmy, że istnieje w nim tylko jedna nierównomierność oporności falowej  $S$ , powodująca odbicie /rys. 3a/. W tym przypadku amplituda równoważnej niejednorodności jest oczywiście równa amplitudzie tej jedynej nierównomierności.



Rys. 3. Równoważna niejednorodność  $\Delta_e$  i nierównomierność oporności falowej  $S$

a/ przypadek jednej niejednorodności

b/ przypadek dwóch niejednorodności / $S_1$  i  $S_2$ /

Rozpatrzmy teraz przypadek dwóch nierównomierności  $S_1$  i  $S_2$  /rys. 3b/. Równoważna niejednorodność wyraża się w tym przypadku wzorem

$$\Delta_e^2 = S_1^2 + S_2^2$$

Wzór ten daje się łatwo uogólnić dla przypadku  $n$  oddzielonych /pojedynczych/ niejednorodności

$$\Delta_e^2 = \sum_{k=1}^n S_k^2$$

Jeżeli długość odcinka wynosi  $L$  km, to równoważna niejednorodność odniesiona do 1 km wynosi

$$\Delta_e^2 = \frac{1}{L} \sum_n S_k^2$$

Jeżeli założymy, że niejednorodności nie są rozdzielone i że krzywa echa ma przebieg dowolny, to rozszerzając pojęcie równoważnej niejednorodności podane uprzednio, przyjęto umownie określać równoważną niejednorodność w przeliczeniu na 1 km jako pojedyncze odchylenie oporności, umieszczone na początku kabla, które daje takie samo średnie odbicie energii, jak 1 km pary współosiowej. Parametr ten wyraża się więc w  $\Omega \cdot \text{km}^{-1/2}$ .

Transimetr /impulsowy miernik odbić/, firmy S.A.T, daje bezpośredni odczyt równoważnych niejednorodności odniesionych do 1 km, zgodnie z wyżej podaną definicją.

## 2.5. Oporność falowa

Zmiany w funkcji częstotliwości oporności falowej pary współosiowej 1,18/4,43 mm są znane zarówno z obliczeń teoretycznych, jak i z bardzo precyzyjnych pomiarów odcinków fabrykacyjnych w laboratoriach.

Jeżeli przez  $Z_\infty$  oznaczyć graniczną wartość oporności charakterystycznej przy bardzo dużych częstotliwościach, a przez  $Z_F$  oporność charakterystyczną przy częstotliwości  $F$ , to różnica  $Z_F - Z_\infty$  jest, praktycznie biorąc, taka sama dla wszystkich par współosiowych tej samej produkcji. Dla częstotliwości dostatecznie dużych



/>300 kHz/ różnica ta, w przypadku pary znormalizowanej, wyraża się przybliżonym wzorem

$$Z_f - Z_\infty = 1,95/\sqrt{F} - j 1,95/\sqrt{F}$$

Wynik otrzymuje się w  $\Omega$ , gdy F jest wyrażone w MHz.

Nie ma więc znaczenia, czy oporność falowa rozpatrywana jest przy tej częstotliwości czy przy innej. We Francji przyjęte jest rozważanie oporności falowej przy 1 MHz, przy czym część rzeczywistą oznacza się przez  $X_1$ . Dla pary współosiowej znormalizowanej typu 1,18/4,43 mm  $X_1 = 75 \Omega$ .

Oporność falową odcinków fabrykacyjnych w wytwórni określa się bądź ze średniej oporności mierzonej przy częstotliwości rezonansowej odcinka, bądź z połowy sumy oporności końców, odczytywanej na układach równoważających podczas zdejmowania krzywej echa. Na kablach zainstalowanych jeszcze kilka lat temu, przed wprowadzeniem pomiarów w stanie nieustalonym, zdejmowano punkt po punkcie krzywą zależności oporności falowej od częstotliwości i w warunkach technicznych podawano dopuszczalne odchyłki tej krzywej od oporności falowej średniej. Metodę tę zarzucono i obecnie zadowolamy się notowaniem wartości wskazań równoważnika początkowego, regulowanego podczas pomiarów transimetrem.

Żadne wymagania nie były podane w warunkach technicznych na kabel Marseille-Toulon, lecz zebrane dane były następnie przedmiotem studiów statystycznych. Rozrzut tej charakterystyki statystycznej jest określony w spo-

sób prosty, tj. przez różnicę dwóch wartości skrajnych: maksimum minus minimum.

## 2.6. Tłumiennosc

Tłumiennosc była mierzona metoda stosowana przy pomiarze par typu 2,6/9,4 mm. Jest to metoda klasyczna-porównawcza, opisana już w tym kwartalniku /zob. np. rys. 1 w artykule [6] wykaz literatury.

Warunki techniczne wymagają, aby tłumienność 1 km, sprowadzona do 10°C, była zawarta w granicach 0,60 ± 0,62 N/km. Na odcinku wzmacniakowym o długości 6 km tłumienność całkowita może więc zmieniać się od 3,60 do 3,72 N. Ta zmiana odpowiada zmianom długości

$$\frac{3,72 - 3,60}{0,61} \approx 0,2 \text{ km,}$$

to znaczy ± 100 m w stosunku do długości nominalnej odcinka wzmacniakowego. Jest to tolerancja, która została ustalona dla rozmieszczenia stacji wzmacniakowych pośrednich, zakopywanych w ziemi.

## 2.7. Przeskuch

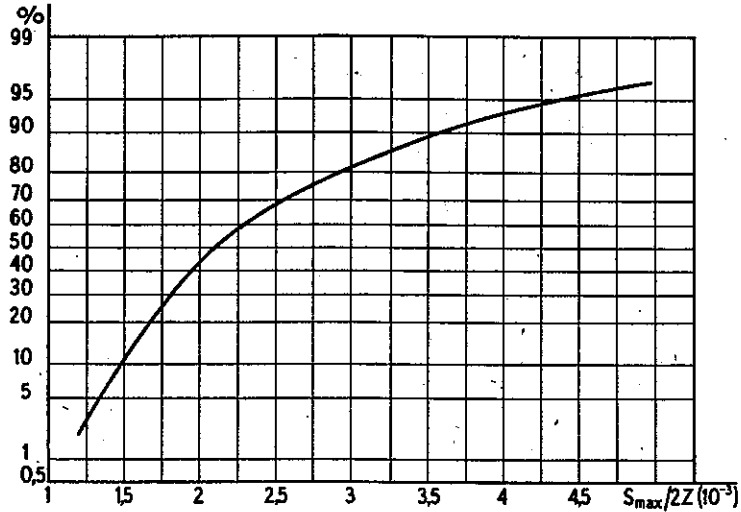
Odstęp od przeskuchu zdalnego i tłumienność zbliżno-przeskuchowa pomiędzy parami współosiowymi są mierzone metoda klasyczną za pomocą miernika przeskuchu S.A.T. /zob. np. [3] rys. 11/. Ten sam przyrząd jest używany do pomiarów przeskuchu pomiędzy parami współosiowymi i parami symetrycznymi.

Warunki techniczne wymagają, aby odstęp zdalnoprzęsłuchowy i odstęp zbliżnoprzęsłuchowy były większe od  $10,2 N_e$  przy 60 kHz. Wartość graniczną dla tłumienności zbliżnoprzęsłuchowej otrzymuje się przez dodanie do tłumienności podanej powyżej, tłumienności pary współosiowej przy 60 kHz, to jest  $1,1 N_e$ , co daje  $11,3 N_e$ .

### 3. WYNIKI POMIARÓW

Wyniki badań i pomiarów, wykonanych na odcinku wzmacniakowym ułożonego kabla, są podane w postaci krzywych statystycznych na rysunkach 4 + 8; z wyjątkiem tłumienności, o której dane są zebrane w tabelicy 1. Krzywe statystyczne wykreślono w ten sposób, że na osi rzędnych zostały odłożone procentowe ilości mniejsze lub równe wartościom odłożonym na osi odciętych. Poza tym wyniki zostały zestawione w tabelicy 2.

Na rys. 4 i 5 są przedstawione krzywe statystyczne, charakteryzujące niejednorodność par współosiowych. Charakterystyka statystyczna amplitud szczytowych krzywych odpowiedzi impulsowych wyrażonych w promiłach jest podana na rys. 4, a krzywa statystyczna równoważnej niejednorodności w odniesieniu do 1 km - na rys. 5.



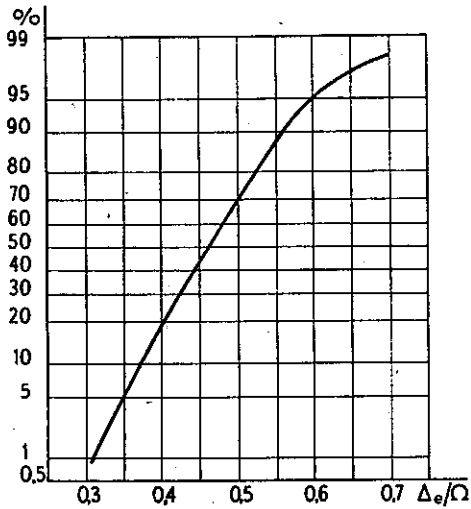
Rys. 4. Niejednorodność oporności falowej par współosiowych typu 1,18/4,43 mm

Krzywa statystyczna  $S_{max}/2Z$ , gdzie  $S_{max}$  jest amplitudą szczytową krzywych odpowiedzi impulsowych.

Statystyka została zestawiona ze 110 krzywych zdjętych na 11 odcinkach wzmacniakowych: długości 6 km każdy.

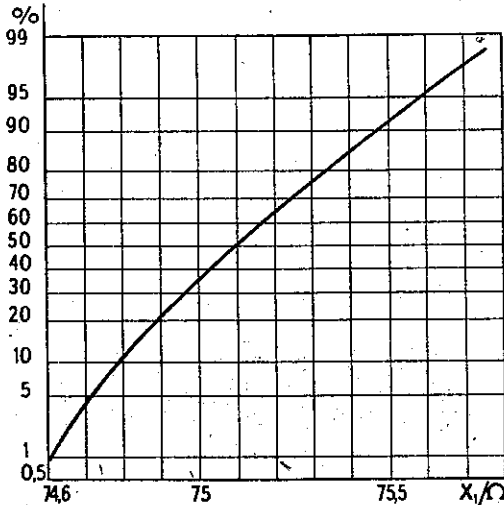
Max: 5,33 ‰ lub  $0,8\Omega$  - co odpowiada tłumienności echa 5,2 N /45,4 dB/;

50%: 2,1 ‰ lub  $0,31\Omega$  - co odpowiada tłumienności echa 6,2 N /53,8 dB/.



Rys. 5. Niejednorodność par współosiowych 1,18/4,43 mm  
 Krzywa statystyczna  $\Delta_e / \Omega$  /równoważnej niejednorodności w odniesieniu do 1 km/

Max: 0,77 $\Omega$ ; 50%: 0,46 $\Omega$ ; Min: 0,31 $\Omega$ .



Rys. 6. Krzywa statystyczna części rzeczywistej oporności falowej przy 1 MHz:  $X_1/\Omega$

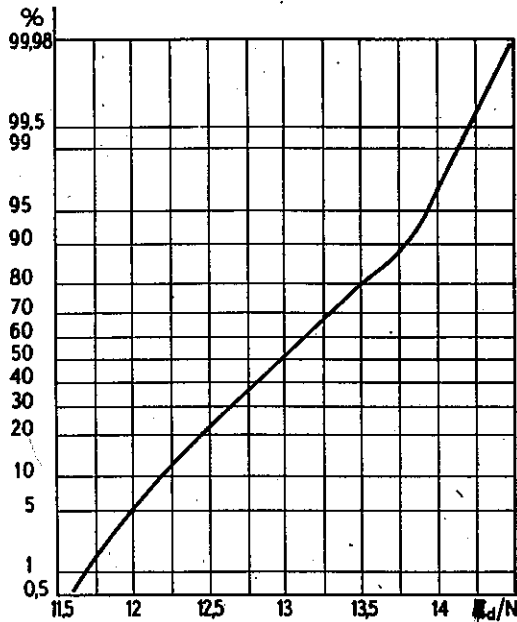
Statystyka zestawiona ze 110 pomiarów /11 odcinków wzmacniakowych po 6 km/.

Max:  $75,85\Omega$ ; 50%:  $75,10\Omega$ ; Min:  $74,60\Omega$ ;

Rozrzut  $1,25\Omega$

Na rys. 6 jest przedstawiona krzywa statystyczna części rzeczywistej oporności falowej  $X_1$  przy 1 MHz.

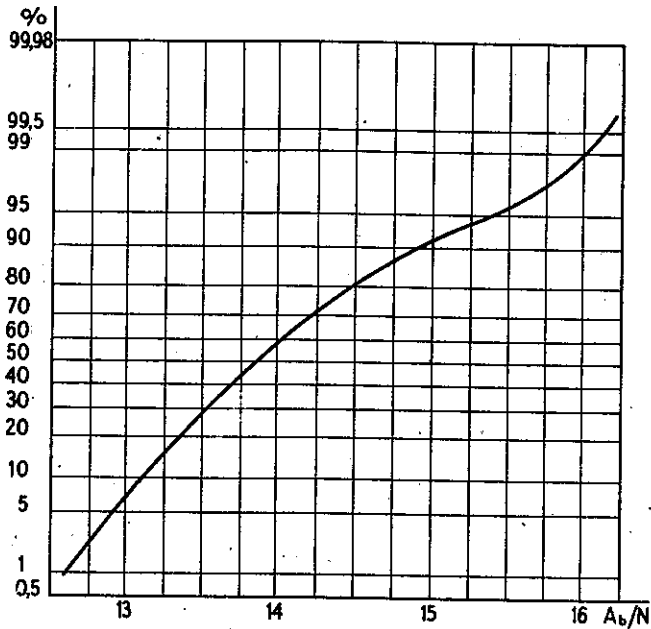
Na rys. 7 i 8 są przedstawione krzywe statystyczne odstepu zdalnoprzesłuchowego  $\Delta A_d$  i tłumienności zbliżno-przesłuchowej  $A_p$  pomiędzy parami współosiowymi, przy 60 kHz, mierzone na wszystkich parach współosiowych, na 11 odcinkach wzmacniakowych,



Rys. 7. Krzywa statystyczna odstepu zdalnoprzek-  
chowego  $\Delta A_d$  pomiędzy parami współosiowymi /przy  
60 kHz/

Statystyka zestawiona z 220 pomiarów /11 odcinków  
wzmacniakowym po 6 km/.

Min: 11,6 N; 50%: 13 N.



Rys. 8. Krzywa statystyczna tłumienności zbliżno-  
przesłuchowej  $A_b$  pomiędzy parami współosiowymi  
/przy 60 kHz/

Statystyka zestawiona z 440 pomiarów /11 odcinków  
wzmacniakowych po 6 km/

Min: 12,6 N; 50%: 13,8 N.

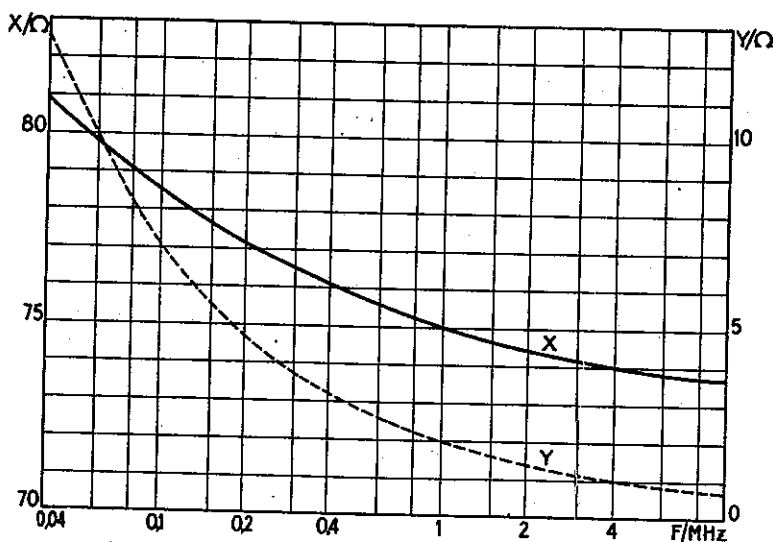


Tłumienność mierzona na 11 odcinkach wzmacniakowych przy 1 MHz, sprowadzona do 10°C, jest podana w tabelicy 1. Przy tej temperaturze średnia oporność dla prądu stałego wynosi 15,1  $\Omega$ /km.

T a b l i c a 1

Tłumienność jednostkowa  $\alpha$  przy 1 MHz i 10°C

Rodzaj wyników pomiarów		Tłumienność sprowadzona do 10°C	
		N/km	dB/km
Wyniki pomiarów na odcinkach wzmacniakowych oznaczonych cyframi od 1 do 11	1	0,604	5,25
	2	0,602	5,23
	3	0,604	5,25
	4	0,609	5,29
	5	0,607	5,27
	6	0,608	5,28
	7	0,608	5,28
	8	0,602	5,23
	9	0,606	5,26
	10	0,602	5,23
	11	0,609	5,29
Wyniki statystyczne	Średnio	0,605	5,26
	Max.	0,609	5,29
	Min.	0,602	5,23
	Rozrzut	0,007	0,06



Rys. 9. Krzywe przedstawiające część rzeczywistą X i część urojoną Y oporności charakterystycznej Z w funkcji częstotliwości F

$$/Z = X - jY/$$

Przypominamy, że krzywe przedstawiające tłumienność, oporność falową i przesłuch między parami współosiowymi typu 1,18/4,43 w funkcji częstotliwości były podane na rysunkach 12, 13 i 14 w artykule [4]. Na rysunku 9 jest podana krzywa przedstawiająca oporność falową średnią. Rysunek 10 przedstawia krzywą dającą wielkość Q, która charakteryzuje tłumienność i która jest zdefiniowana w artykule [6]. Jak powiedziano w cytowanym artykule, wielkość Q określa się wzorem

$$Q = \lg \frac{\propto F}{\propto_1 \sqrt{F}}$$

gdzie  $\alpha_F$  - jest tłumiennością przy częstotliwości  $F$ ,

a  $\alpha_1$  - tłumiennością przy 1 MHz.

Tłumienność  $\alpha_F$  przy danej częstotliwości określa się na podstawie  $Q$  i  $\alpha_1$  na zasadzie zależności:

$$\lg \alpha_F = Q + \lg \alpha_1 \sqrt{F}$$

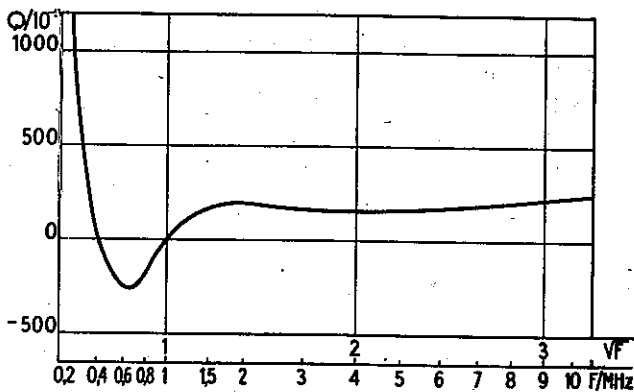
lub, gdy  $Q$  jest małe,

$$\alpha_F = \alpha_1 \sqrt{F} / 1 + \frac{Q}{M}$$

gdzie  $M = 0,4343$  i  $F$  - wyrażone w MHz.

Dla tych obliczeń bierze się  $Q$  z rys. 10 i przyjmuje się

$\alpha_1 = 0,605$  /wartość średnia tłumienności przy  $10^{\circ}\text{C}$  - tablica 1/.



Rys. 10. Tłumienność jednostkowa. Zmiany wielkości  $Q$  w funkcji  $\sqrt{F}$ .  $F$  - częstotliwość

Wyniki pomiaru otrzymane na odcinkach wzmacniakowych są zebrane w tabelicy 2.

T a b l i c a 2

Zestawienie wyników pomiarów par współosiowych typu 1,18/4,43 mm na odcinkach wzmacniakowych o długości 6 km

Mierzone wielkości	Cechy statystyczne wyników	Wymagania warunk. techn.	Wyniki otrzymane
Amplituda szczytu krzywej echa $S_{max}/2\%$ /promils/	Max.	8.	5,33
	50%		2,1
Równoważna niejednorodność $\Delta_e [ \Omega \cdot /km/^{-1/2} ]$	Max.		0,77
	50%		0,46
Oporność charakterystyczna $X_1$ przy 1 MHz /Ω/	50%		75,10
	Max.		75,85
	Min.		74,60
	Rozrzut		1,25
Tłumienność jednostkowa przy 1 MHz i 10°C /N/km/	Srednia	0,61	0,605
	Max.	0,62	0,609
	Min.	0,60	0,602
	Rozrzut	0,02	0,007
Odstęp zdalnoprzesyłowy $\Delta A_d$ przy 60 kHz /N/	Min.	10,2	11,6
	50%		13,0
Tłumienność zbliżono-przesłuchowa $A_b$ przy 60 kHz /N/	Min.	11,3	12,6
	50%		13,8

Z tablicy 2 wynika, że wymagania warunków technicznych są z nadmiarem spełnione.

#### 4. PORÓWNANIE WYNIKÓW POMIARÓW OTRZYMANYCH NA ODCINKACH FABRYKACYJNYCH I NA ODCINKACH WZMACNIAKOWYCH

W tablicy 3 są zgrupowane wyniki badań wykonanych na odcinkach fabrykacyjnych o długości 460 m w wytwórni, publikowane już gdzie indziej [2], i wyniki otrzymane na 11 odcinkach wzmacniakowych kabla Marseille-Toulon.

Po raz pierwszy była do dyspozycji tak znaczna ilość wyników pomiarów, odnoszących się do znormalizowanej pary współosiowej o małych wymiarach; przedsięwzięto wspólnie z S.A.T. studia nad porównaniem tych wyników badań w celu ustalenia, czy istnieje zależność między nimi i czy mogą one stanowić podstawę do oszacowania jakości transmisji zarówno telefonicznej, jak i telewizyjnej.

Aby ułatwić interpretację wyników i powiązać w dogodny sposób obie serie pomiarów, podane będzie w sposób ogólny, jak można scharakteryzować znormalizowaną parę współosiową z punktu widzenia jednorodności wewnętrznej toru.

##### 4.1. Schematyczne przedstawienie nierównomierności oporności falowej

Przy badaniu pary współosiowej za pomocą impulsu o czasie trwania  $T$ , można określić jej zachowanie się,

T a b l i c a 3

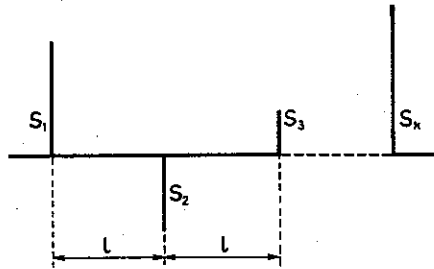
Porównanie wyników otrzymanych na odcinkach fabrykacyjnych o długości 400 m kabla o parach współosiowych 1,18/4,43 i na odcinkach wzmacniających o długości 6 km kabla zainstalowanego

Charakterystyki mierzone	Warunki pomiaru	Cecha statyst. wyników	Wyniki otrzymane	Wymagania warunków technicz.
Oporność falowa przy 1 MHz / $\Omega$ /	Kable w wytwórni	50%	75,22	75
		rozrzut	1,26	1,50
	Kable zainstalowane	50%	75,10	
		rozrzut	1,25	
Złumienność jednostkowa przy 1 MHz, sprowadzona do 10°C / N/km/	Kable w wytwórni	50%	0,608	0,610
		rozrzut	0,015	0,020
	Kable zainstalowane	50%	0,605	0,610
		rozrzut	0,007	0,020
Mierównomierność oporności falowej /promille/	Kable w wytwórni	50%	1,33	
	/impuls 0,05 ps/	Max.	3,66	4,0

Tablica 3 c.d.

Charakterystyki mierzone	Warunki pomiaru	Cecha statyst. wyników	Wyniki otrzymane	Wymagania warunków technicz.
Amplituda szczytowa krzywej echa. $S_{max}/2Z$ /promilley	Kable zainstalowane /impuls 0,34 $\mu$ s/	50% Max.	2,10 5,33	8,0
Mierównomierność oporności falowej / $\Omega$ /	Kable wytwórniki /impuls 0,05 $\mu$ s/	50% Max.	0,53 1,20	
Równoważna niejednorodność $[\Omega/km/\frac{1}{2}]$	Kable zainstalowane /impuls 0,34 $\mu$ s/	50% Max.	0,46 0,77	
Odstęp zdalno-przesłuchowy przy 60 kHz /N/	Kable zainstalowane	Min. 50%	11,6 13	10,2
Tłumiennosc zbliżono-przesłuchowa przy 60 kHz /N/	Kable wytwórniki	Min. 50%	14,5 15,8	13,5
	Kable zainstalowane	Min. 50%	12,6 13,8	11,3

jeśli chodzi o odbicia wewnętrzne, zakładając, że posiada ona umiejscowione nierównomierności oporności falowej o zmiennych amplitudach  $S_1, S_2, \dots, S_k, \dots, S_j$ , rozmieszczonych w odstępach  $V\tau/2$ , gdzie  $V$  = szybkość przenoszenia impulsu /rys. 11/.



Rys. 11. Schematyczne przedstawienie nierównomierności oporności falowej w parze współosiowej

$S_1, S_2, S_3, S_k$ ; nierównomierności rozmieszczone w równych odstępach;

$l = V\tau/2$  = odstęp między nierównomiernościami

Gdy impuls nie jest zbyt wąski lub ściślej, jeżeli odstęp  $l$  jest większy niż odległość korelacyjna nierównomierności wewnętrznych, zmienne  $S_k$  mogą być uważane za niezależne.

Można z tego obliczyć ilość nierównomierności na długości  $L$ , a mianowicie  $n = \frac{L}{l}$ .

Wydaje się, że jest to również słuszne dla znormalizowanej pary małowymiarowej, którą można scharakteryzować przez nominalną wartość nierównomierności wewnętrznej, wywołującej nierównomierność oporności miejscowej  $S$



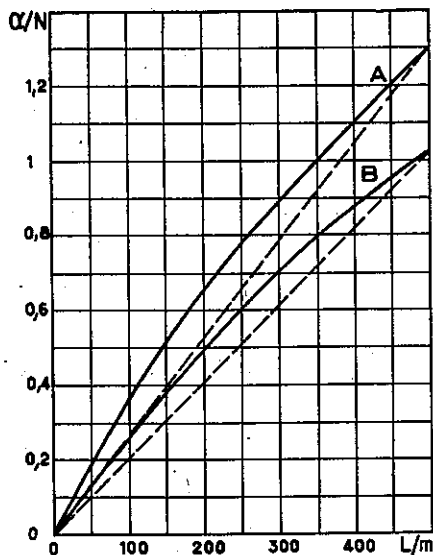
$$\sqrt{|S|^2} = \sigma = 0,1 \Omega$$

i przez wartości  $l$ ,  $n$  i  $n^0$  podane poniżej

Wielkości charakterystyczne	W wytwórni	Po zainstalowaniu kabla
Szerokość impulsu / $\mu s$ /	0,05	0,34
$l$ /m/	7	48
$n$ /ilość niejednorodności na kilometrze/	-	21
$n^0$ /ilość niejednorodności na odcinku fabrykacyjnym 460 m/	65	-

Przypomnijmy jeszcze, że w wytwórni używa się impulsu 0,05  $\mu s$ , lecz nie skorygowanego. Na rysunku 12 przedstawiony jest wykres tłumienności, której podlega impuls na swej podwójnej drodze w kablu: krzywa /A/ odpowiada tłumienności amplitudy szczytowej, krzywa /B/ - tłumienności energii. Dla zastosowania praktycznego upodobnijmy te krzywe do linii prostych /na rys. 12 - kreskowane/. Impuls 0,34  $\mu s$ , używany na trasie, jest korygowany co do amplitudy i fazy - jeżeli chodzi o krzywą echa i korygowany co do energii - jeżeli chodzi o pomiar równoważnej niejednorodności.

W tych warunkach rozważania dotyczące kabli zainstalowanych nie uwzględniają tłumienności pary współosiowej.



Rys. 12. Tłumienność  $\propto$  impulsów echa w funkcji odległości  $L$  niejednorodności /impulsy  $0,05 \mu s$ /

A - Przypadek korekcji amplitudy; B - Przypadek korekcji energii.

Dla uproszczenia i ułatwienia wykładu zostaną opuszczone obszerniejsze rozważania matematyczne.

#### 4.2. Równomierność oporności falowej

##### 4.2.1. Przypadek kabli zainstalowanych

Wartość szczytowa. Parametrem tu rozważanym jest amplituda maksymalna zdjęta na półodcinku wzmacniakowym, tj. na 3 km zmontowanego kabla.

Według tablicy podanej w 4.1., na tej długości występują  $21 \times 3 = 63$  niejednorodności.

Rząd wielkości największej występującej w zespole zmiennych nominalnych niejednorodności wewnętrznych  $\delta$  jest  $3\delta$ , tj.  $0,3\Omega$  lub dla stosunku  $S_{\max}/2Z = 0,3/150 = 0,002$ .

Równoważna niejednorodność. Na 1 km kabla istnieje 21 niejednorodności w określonych miejscach. Według rozważań w 2.4., oszacowanie równoważnej niejednorodności prowadzi do przyjęcia

$$\Delta_e = \delta \sqrt{21} \approx 0,1:4,6 = 0,46 \cdot \Omega/\text{km}^{-1/2}$$

4.2.2. Przypadek odcinków fabrykacyjnych w wytwórni

Wartość szczytowa. Kabel jest normalnie produkowany w odcinkach 460 m. Za pomocą impulsu  $0,05 \mu\text{s}$  znajduje się  $n = 65$  niejednorodności na długości 460 m. Na skutek tłumienności, której podlega impuls pomiarowy na podwójnej drodze od początku kabla do miejsca niejednorodności, odchylenie amplitudy  $S_k$ , znajdującej się na odcinku o numerze  $k$  o długości  $7$  m, zachowuje się na początku jak niejednorodność o amplitudzie skutecznej  $S_k e^{-\alpha k}$ , gdzie  $\alpha$  tłumienność odcinka o długości  $2 \times 7 = 14$  m /krzywa A na rys. 12/.

Uwzględniając tłumienność, nominalna niejednorodność wewnętrzna w odcinku fabrykacyjnym  $\delta$ , która wchodzi do rachunku, wyprowadza się z następującej zależności

$$\delta^2 = \delta_0^2 \frac{1 + e^{-2\alpha} + e^{-4\alpha} + \dots}{n} \approx \frac{\delta_0^2}{n} \frac{1 - e^{-2\alpha n}}{1 - e^{-2\alpha}}$$

Przy  $2\alpha = 0,036 \text{ N}$  i  $2\alpha n^0 = 2,4 \text{ N}$

będzie:

$$\sigma^2 = \frac{\sigma^2}{n'} \cdot \frac{1-1/11}{1-1/1037} = \frac{\sigma^2}{n'} \cdot 25,4$$

przy  $n^0 = 65$  otrzymamy:  $\sigma' = \sigma \sqrt{\frac{25,4}{65}} = 0,625\sigma \approx 0,063\Omega$ .

Stąd oblicza się maximum szczytu ocenianego na  $3\sigma'$ ,

$$S_{\max}^0 / 2Z = 0,19 / 150 \approx 1,3 \text{ promila}$$

Równoważna niejednorodność na odcinku fabrykacyjnym. Tę wielkość wyraża się, biorąc pod uwagę stłumienie energii /krzywa B na rys. 12/ przez sumę

$$\sigma_e^2 = \sigma^2 \left[ 1 + e^{-2\alpha'} + e^{-4\alpha'} + \dots \right] = \sigma^2 \frac{1 - e^{-2\alpha' n'}}{1 - e^{-2\alpha'}}$$

Przy  $2\alpha' = 0,028 \text{ N}$  i  $2\alpha' n^0 \approx 1,8 \text{ N}$  otrzymuje się

$$\sigma_e = \sigma \sqrt{30} = 5,5\sigma = 0,55\Omega \text{ /km/}^{-1/2}$$

Porównanie wielkości wyliczonych z wynikami pomierzonymi na odcinkach fabrykacyjnych i odcinkach wzmacniakowych wykazuje wielką zgodność i pozwala na stwierdzenie, że obie serie pomiarów są z pewnością ściśle ze sobą związane.

#### 4.3. Oporność charakterystyczna

Oporność charakterystyczna średnia jest zmierzona w wytwórni na wszystkich odcinkach fabrykacyjnych, zgodnie

z warunkami technicznymi. Po zainstalowaniu, jak to wynika z rozdz. 2.5, otrzymuje się wartości oporności falowej z odczytu na równoważniku wejściowym najlepiej dopasowanym do oporności falowej toru.

Warunki badania są w obydwóch przypadkach bardzo różne; mimo to stwierdza się bardzo dobrą zgodność statystyczną pomiędzy dwiema seriami pomiarów. Różnice pomiędzy wartościami średnimi  $/0,12 \Omega/$  są rzędu błędu pomiaru. Rozrzut jest, praktycznie biorąc, taki sam dla obydwóch serii, co objaśnia się tym, że długości umieszczone na wyjściu ze stacji pośrednich nie były specjalnie dobierane.

#### 4.4. Odchyłki oporności charakterystycznej

Krzywa oporności wejściowej pary współosiowej w funkcji częstotliwości wykazuje wahania wokół oporności średniej  $\bar{Z}$  [7].

Odchyłkę  $Z$  oporności falowej pary współosiowej przy danej częstotliwości określa się wg wzoru

$$\Delta Z = Z - \bar{Z}$$

Pomiar tej wielkości nie jest przewidziany dla par współosiowych w aktualnych warunkach technicznych, opartych na technice pomiarów w stanie nieustalonym.

Spróbujmy określić te odchyłki, wychodząc ze schematycznego przedstawienia niejednorodności wewnętrznych /rozd. 4.1./, dla przypadku, gdy czas trwania użytego

impulsu wynosi  $0,34 \mu\text{s}$  i w założeniu, że wszystkie  $S_k$  są niezależne i że odstęp pomiędzy dwiema sąsiednimi niejednorodnościami wynosi  $48 \text{ m}$ .

Odchyłka oporności falowej wyraża się wzorem

$$\Delta Z = \sum_{k=1}^{k=\infty} S_k e^{-2k\gamma_f l}$$

gdzie  $\gamma_f$  - tłumowność równa  $\alpha_f + j\beta_f$  przy rozpatrywanej częstotliwości, a  $l$  - odległość między sąsiednimi niejednorodnościami, wynosząca  $48 \text{ m}$ .

Obliczenie średniej kwadratowej modułu wykonuje się mnożąc obie strony równania przez ich wielkości sprzężone i sumując

$$\sqrt{|\Delta Z|^2} = \frac{5}{\sqrt{1 - e^{-4\alpha_f l}}} \approx \frac{5}{\sqrt{4\alpha_f l}}$$

Impulsowi o czasie trwania  $\tau$  odpowiada częstotliwość  $= 1/2\tau$ , czyli w naszym przypadku:

$$f = 1/2 \cdot 0,34 \approx 1,5 \text{ MHz}$$

Tłumienność jednostkowa przy tej częstotliwości wynosi

$$\alpha_f = 0,61 \cdot \sqrt{1,5} \approx 0,75 \text{ N/km};$$

$$4\alpha_f l = 4 \cdot 0,75 \cdot 48 \cdot 10^{-3} = 0,144 \text{ N i } \sqrt{4\alpha_f l} = 0,38$$

skąd

$$\sqrt{|\Delta Z|^2} = 0,1/0,38 \approx 0,27 \Omega.$$

Jeżeli przejdziemy do części rzeczywistych odchyłek oporności falowej /tylko te części są najczęściej mierzone/ to możemy założyć

$$\sqrt{\Delta Z_r^2} = \sqrt{|\Delta Z|^2} / \sqrt{Z} \approx 0,19 \Omega$$

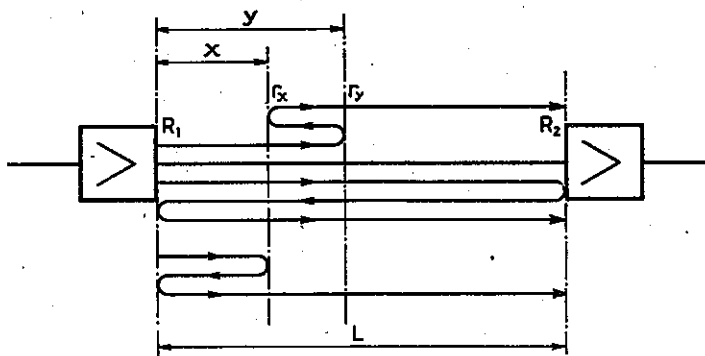
i przyjmując dla maksymalnej odchyłki prawdopodobną trzy lub czterokrotną wartość otrzymaną poprzednio. Będzie więc albo

$$\Delta Z_{rmax} / Z = 0,57 / 75 \approx 0,76\%$$

albo

$$\Delta Z_{rmax} / Z = 0,76 / 75 \approx 1\%$$

Te liczby pokrywają się z wynikami kilku próbnych pomiarów wykonanych na kablu Marseille - Toulon /zob. tytułem przykładu, krzywą oporności podaną w [1], rys.13/.



Rys. 13. Schemat obrazujący różne drogi prądów odbitych, które przyczyniają się do powstawania echa obcego /trainage/

$R_1, R_2$  - współczynniki odbicia pomiędzy wzmacniakami i kablami;

$r_x, r_y$  - współczynniki odbicia odpowiadające nierównościom wewnętrznym kabli;

$L$  - odległość między stacjami

## 4.5. Echo obce /trainage/

Mówiliśmy, że w pierwszym etapie, gdy pasmo przenoszonych częstotliwości było ograniczone do 1,5 MHz, stosowanie znormalizowanej pary współosiowej, małowymiarowej do przesyłania sygnałów telewizyjnych nie było przewidywane.

Jest jednak rzeczą naturalną przewidywanie rozszerzenia pasma częstotliwości pod kątem widzenia transmisji telewizyjnych. Zajmiemy się tu głównie przestudiowaniem echa obcego w parze małowymiarowej.

Nie jesteśmy w możności sprecyzowania charakterystyk systemu, który będzie stosowany we Francji w przypadku transmisji modulacji telewizyjnej po torach kablowych. Jakikolwiek będzie ten system jest rzeczą pewną, że para 2,6/9,5 mm daje większe możliwości niż para 1,18/4,43 mm. W tym rozdziale postaramy się udowodnić, że w pewnych przypadkach para małowymiarowa /1,18/4,43 mm/ również umożliwia przesyłanie modulacji telewizji. Dla zbadania tych możliwości rozpatrzmy jeden z przeciętnych przypadków rozważanych przez CCITT /Księga Czerwona, zagadnienie 22 i załączniki, s.163 + 208 [8]/.

System rozpatrywany jest 625 liniowy, co odpowiada szerokości pasma przenoszonego przez tor rzędu 6 MHz. Przy tej częstotliwości tłumienność liniowa pary 1,18/4,43 mm wynosi  $0,61 \sqrt{6} = 1,5$  N.

W rozważaniach naszych przyjmujemy długość odcinka wzmacniakowego równą 3 km. Na długości toru 1000 km będą więc 333 odcinki wzmacniakowe.



Metoda obliczeniowa została przyjęta prawie taka sama, jak w odpowiedzi przesłanej do CCITT, dotyczącej 29 zagadnienia I Komisji Studiów /Księga Czerwona, s. 240, załącznik 2 do zagadnienia 29 i s. 242 + 246 załącznik 5 do zagadnienia 29 [8] /.

Dane doświadczalne podane w niniejszym artykule zostały uzupełnione wynikami specjalnych prób, wykonanych podczas montażu odcinka wzmacniakowego Marseille-La Ciotat.

Pomiary wykonane były metodą impulsową /impuls  $0,17\mu s$ / na odcinkach o długości 3 km /zob. [1] rys. 16/.

#### 4.5.1. Obliczenie echa obcego na łączu o długości 1000 km

Zastosujmy oznaczenia z publikacji [8] i przypomnijmy, że analiza różnych przyczyn powstawania echa obcego prowadzi do rozważania następujących współczynników odbicia:

$R_1$  i  $R_2$  - współczynniki odbicia pomiędzy kablem i wyposażeniem na wejściu i wyjściu wzmacniaków;

$r_x \dots r_y$  - współczynniki odbicia w punktach o odciętych  $x \dots y$  kabla, odpowiadające niejednorodnościom wewnętrznym i niejednorodnościom w miejscach połączenia odcinków fabrykacyjnych.

Jak to widać z rys. 13, echo obce można uważać jako skutek następujących odbić:

- podwójne odbicia między wzmacniakami,
- podwójne odbicia pomiędzy niejednorodnościami kabla,
- odbicia złożone pomiędzy niedopasowaniami wzmacniaków i niejednorodnościami kabla.

Od rzędu wielkości współczynników odbicia, jakie te przyczyny wywołują, zależy ich stopień ważności.

#### 4.5.1.1. Rząd wielkości współczynników odbicia

Pomiary wzmacniaków zainstalowanych na kablu Marseille-Toulon pozwalają mniemać, że maksymalną wartość 5% dla współczynników  $R_1$  i  $R_2$  daje się łatwo utrzymać.

Maksymalne współczynniki odbić na kablu są średnio rzędu 0,002 i można zauważyć, że niejednorodności na złączach są tego samego rzędu wielkości, co niejednorodności wewnętrzne kabla.

#### 4.5.1.2. Czas trwania echa obcego

Echo obce, wywołane przez nierównomierność  $r_x$  i  $r_y$ , jest opóźnione w stosunku do sygnału zasadniczego o czas  $\theta = 2/y-x/V$  i moduł jego amplitudy  $q/\theta = r_x \cdot r_y e^{-2\alpha/y-x/}$ .

Jeśli przyjąć przedstawienie schematyczne, według którego niejednorodności rzeczywiste są zastąpione niejednorodnościami zlokalizowanymi w odstępach stanowią-

cych krotność  $\sqrt{T}/2$ , to widać, że echo obce jest wynikiem nakładania się sygnałów elementarnych, przesuniętych w czasie o krotność  $T$ .

Z drugiej strony czas trwania echa obcego jest ograniczony przez czas  $\theta_{\max}$  przebiegu /tam i z powrotem/ impulsu na odcinku wzmacniakowym

$$\theta_{\max} = 2L/V = 2 \cdot 3 / (0,278 \cdot 10^6) = 22 \text{ } \mu\text{s}.$$

#### 4.5.1.3. Określenie echa obcego, powodowanego podwójnymi odbiciami na wzmacniakach

a/ Na odcinku wzmacniakowym

$$q_1 / \theta_{\max} = R_1 \cdot R_2 \cdot e^{-2\alpha L}$$

Rozważana tłumienność  $2\alpha L$  jest tłumiennością szczytowego napięcia impulsu  $0,17 \text{ } \mu\text{s}$ , który przebiegł w kablu  $6 \text{ km}$ , czyli wynosi ona  $3,2 \text{ N}$ ;  $1/e^{-3,2} = 1/25$ . Wartość ta została określona doświadczalnie.

$$q_1 / \theta_{\max} = 15 \cdot 10^{-2} / 2 \cdot 1/25 = 100 \cdot 10^{-6}$$

Tłumienność  $3,2 \text{ N}$  jest również tą tłumiennością, która wpływa na sygnał stały o częstotliwości  $950 \text{ kHz}$ . Wartość  $q_1 / \theta_{\max}$  może być w ten sposób przybliżona do granicy prowizorycznie ustalonej przez CCITT dla złożonego odbicia w pobliżu częstotliwości nośnej; granica ta wynosi  $300 \cdot 10^{-6}$  dla  $8 \text{ km}$ , czyli będzie  $113 \cdot 10^{-6}$  dla  $3 \text{ km}$ .

b/ Na łączu 1000 km

Odbicia pomiędzy kablem i wyposażeniem mają charakter systematyczny w tym sensie, że amplituda echa obcego jest proporcjonalna do ilości odcinków wzmacniakowych, o ile ich długości są dokładnie jednakowe.

W rzeczywistości wkład do globalnego echa obcego w danym momencie opóźnionym o  $\theta_{\max}$  w stosunku do sygnału głównego, na odcinku wzmacniakowym, którego długość różni się od długości średniej o  $\pm \delta L$  zmienia się; zmniejsza się, gdy  $\delta L$  rośnie i jest do pominięcia, gdy  $\delta L = \sqrt{l}/2 = 24$  m.

Z drugiej strony wielkość rozrzutu długości odcinków wzmacniakowych jest ograniczona do  $\pm 100$  m, a przyjmując, że wewnątrz tych granic rozrzut ten będzie zgodny z prawem Gaussa, można oszacować na 60% liczbę odcinków, których długość jest równa długości średniej  $\pm 24$  m.

Wprowadzając współczynnik 0,5 uwzględniający efekt kompensacji w związku z rozrzutem długości w tym przedziale, można napisać:

$$q_1 / \theta_{\max} / = 100 \cdot 10^{-6} \cdot 0,5 \cdot N \cdot 60 \cdot 10^{-2}$$

Ilość odcinków wzmacniakowych  $N = 333$ ,

skąd

$$q_1 / \theta_{\max} / = 100 \cdot 10^{-6} \cdot 0,5 \cdot 333 \cdot 0,6 \approx 1\%$$

#### 4.5.1.4. Określenie echa obcego, wywołanego podwójnymi odbiciami wewnątrz kabla

Pomiary wykonane w wytwórni wykazują, że amplituda falowań  $q_2/\theta/$  na długości 1 km jest rzędu  $q_2/0//4$ , skoro  $\theta$  stanie się większe od 0,17  $\mu$ s. Otóż  $q_2/0/$  jest związane z równoważną niejednorodnością zależnością

$$q_2/0/ = (\Delta_e/2Z)^2$$

Zgodnie z rozdz. 4.1., można oszacować równoważną niejednorodność przeliczoną na 1 km na:

$$\Delta_e = \sigma \sqrt{\frac{1000}{24}} = 0,1 \cdot 6,5 = 0,65 \Omega$$

Jest więc na 1 km

$$q_2/0/ = /0,65/150/2 \approx 20 \cdot 10^{-6} \text{ i}$$

$$q_2/0/ = /20/4/ \cdot 10^{-6} = 5 \cdot 10^{-6}$$

Wpływy różnych długości kabla na wypadkowe echo obce nie są więc powiązane między sobą i nierównomiernościami złączy, są jak wykazano wyżej, porównywalne do nierównomierności wewnętrznych. Mamy więc dla łącza o długości 1000 km:

$$q_2/0/ \approx 5 \sqrt{1000} \cdot 10^{-6} \approx 1,58 \cdot 10^{-4}$$

Gdy weźmiemy teraz pod uwagę okres czasu  $\theta \leq 0,17 \mu$ s, to zauważymy, że w tym przypadku sygnał echa obcego przy-

chodzi, praktycznie biorąc, w tym samym czasie co sygnał główny; zjawisko przyjmuje inny aspekt i upodabnia się do dodatkowej tłumienności, wywołanej stratami na skutek odbicia.

Stratę energii na skutek odbicia wylicza się z wartości odnoszącej się do 1 km, którą oszacowaliśmy na  $20 \cdot 10^{-6}$ . Dla łącza o długości 1000 km otrzymamy:

$$q_2/\theta/ \approx 20 \cdot 10^{-6} \cdot 1000 \approx 2\%$$

4.5.1.5. Określenie echa obsego, wywołanego podwójnymi odbiciami między kablem i urządzeniami wzmacniakowymi

Najważniejszy składnik otrzymuje się dla odbicia na maksymalnej niejednorodności w pobliżu krańców odcinka. Wartość dla tego rodzaju niejednorodności jest:

$$S/2\% = 0,002$$

Na odbicie na jednym wzmacniaku /na początku lub na końcu odcinka/ przypada więc:

$$q_3/\theta/ \approx 2R_1 \cdot 10^{-3} \text{ lub } 2R_2 \cdot 10^{-3} = 2 / 5 \cdot 10^{-2} / \cdot 10^{-3} = 10^{-4}$$

Łącząc te dwa wyrażenia wg prawa dodawania kwadratów otrzymamy dla odcinka wzmacniakowego o długości 3 km

$$q_3/\theta/ = 10^{-4} \cdot \sqrt{2}$$

a dla łącza o długości 1000 km

$$q_3/\theta/ = 10^{-4} \cdot \sqrt{2} \cdot \sqrt{1000/3} = 10^{-2} \sqrt{2/30} = 0,26\%$$

#### 4.5.1.6. Zestawienie wyników rozważań

Układ części składowych echa obcego:  $q_1$ ,  $q_2$ ,  $q_3$ :

- składowa  $q_2/\theta/$  oddziałuje na sygnał zasadniczy; może ona osiągnąć 2%;
- składowa  $q_1/\theta_{\max}/$  jest oddzielona w czasie od innych składowych; jest ona rzędu 1%;
- składowe  $q_2/\theta/$  i  $q_3/\theta/$  powinny być sumowane wg prawa kwadratów; wypadkowa jest rzędu 0,3%.

#### 4.5.2. Wnioski

Ścisłe prawidła, umożliwiające ustalenie dopuszczalnych granic dla poszczególnych części składowych echa obcego, nie są jeszcze sformułowane przez organizacje międzynarodowe. Zbliżając wartości określone powyżej do granic podanych na obrysie /gabarycie/ krzywych odpowiedzi w stanie nieustalonym /rys. 4 do 7 w załączniku 1 Księgi Czerwonej CCITT str. 343/ wydaje się że:

- tłumienność dodatkowa  $q_2/\theta/$ , z którą należy się liczyć podczas korekcji, nie sprawia kłopotu;
- składowa  $q_1/\theta_{\max}/$  pozostaje w granicach dopuszczalnych współczynnik odbicia na wejściu, który oszacowaliśmy na 5%, prawdopodobnie może być bez większych trudności jeszcze zmniejszony, o ile okaże się to konieczne;

- człony falujące  $q_2/\theta$  i  $q_3/\theta$ , które mogłyby się stać kłopotliwe, gdyby ich amplituda była duża /gdyż niemożliwe byłoby zaradzenie im/, nie wnoszą żadnych odczuwalnych zakłóceń do transmisji telewizyjnej.

#### 4.6. Tłumienność

Średnia wartość tłumienności mierzonej na odcinkach wzmacniakowych jest nieco mniejsza od zmierzonej w wytwórni.

Różnica ta jest nieznaczna i wywołana prawdopodobnie, niedokładnością /niepewnością/ temperatury /0,003 N odpowiada odchyłce temperatury  $1,5^{\circ}\text{C}$ /. Jak należało oczekiwać, wielkość rozrzutu po zainstalowaniu kabla zmniejszyła się, gdyż tłumienność ta odpowiada już średniej z tłumienności różnych odcinków fabrykacyjnych, tworzących odcinek wzmacniakowy.

#### 4.7. Przesłuch

Zagadnienie ogólne, dotyczące przesłuchu w kablach mieszanych, zawierających pary małowymiarowe, będzie tematem artykułu, który ukaże się w jednym z najbliższych numerów kwartalnika Câbles et Transmission [9].

W skrócie można powiedzieć, że przy odstepie zdalno-przesłuchowym przeliczenie wartości otrzymanych w wytwórni  $\Delta A_d'$  na wartości na odcinkach wzmacniakowych  $\Delta A_d$  odbywa się wg teoretycznej zależności.

$$\Delta A_d = \Delta A_d' - \lg v$$



gdzie  $V$  - ilość odcinków fabrykacyjnych na odcinku wzmacniakowym.

W naszym przypadku

$$V = 6/0,46 \approx 13,$$

skąd

$$\Delta A_d \approx \Delta A_d^0 \approx 2,6$$

Wielkość wyliczona wynosi więc

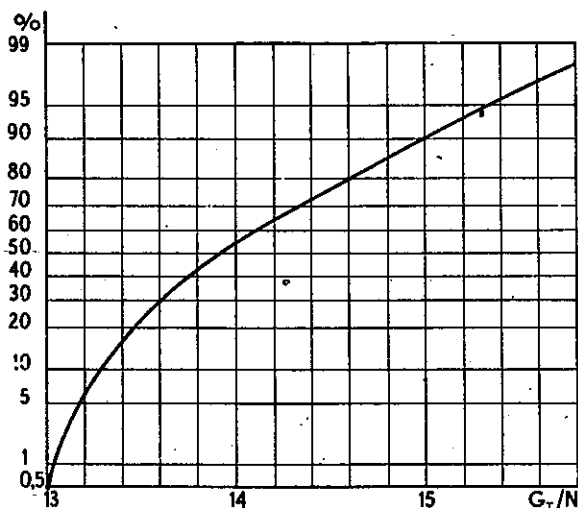
$$\Delta A_d = 15,8 - 2,6 = 13,2 \text{ N},$$

Przy średniej, rzeczywiście zmierzonej, wynoszącej 13 N.

#### 5. PRZESEŁUCH MIĘDZY PARAMI WSPÓŁOSIOWYMI I CZWÓRKAMI TRÓJSKRETNymi

Na rysunkach 14 i 15 podane są wykresy krzywych statystycznych wielkości charakteryzujących przesłuch pomiędzy parami współosiowymi i torami macierzystymi 12 czwórek DM, z warstwy zawierającej 22 czwórki DM przeznaczone do telefonii nośnej. Przy pomiarach tych pary współosiowe były zakłócające, a pary symetryczne - zakłócanne.

Jak to było powiedziane w rozdz. 1, dwa rozpatrywane systemy mają odcinki wzmacniakowe o różnych długościach /6 km dla par współosiowych i 7,3 dla systemu 12-krotnego, eksploatowanego na parach czwórek DM/. Pary współosiowe przechodzą bez rozcięcia przez pośrednie stacje



Rys. 14. Krzywa statystyczna wielkości zdalnoprzesłuchowej  $G_T^{-1}$  pomiędzy parami współosiowymi i czwórkami symetrycznymi przeznaczonymi do telefonii nośnej /przy 60 kHz/

Statystyka zestawiona na podstawie 240 pomiarów wykonanych w Marsylii i Tulonie /stacje wzmacniakowe główne/ na dwóch odcinkach wzmacniakowych, kończących się na stacjach głównych /o długościach 5 i 4 km/.

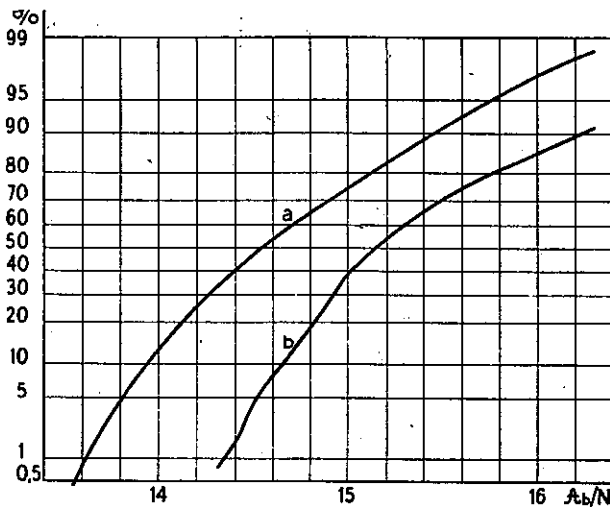
Min. 13 N; 50%; 13,9 N

wzmacniakowe, systemu 12-krotnego: wspólnymi stacjami są tylko stacje główne. Z tych powodów przesłuch pomiędzy parami współosiowymi i parami symetrycznymi był mierzo-

$1/G_T$  - wielkość zdalnoprzesłuchowa /grandeur télédia-phonique/ jest wartością tłumienności odczytaną na skali przesłuchomierza /która to wartość ma być skorygowana ze względu na różne oporności falowe/, jest wartością mierzoną w układzie jak przy pomiarze przesłuchu zdalnego pomiędzy parą współosiową zakłócającą i parą symetryczną zakłócaną na odcinku o długości 4 do 6 km.

ny tylko ze stacji głównych. Długość tych odcinków wzmacniakowych końcowych jest różna od pozostałych /5 km od strony Marsylii, 4 km od strony Tulonu/.

Zestawienie wyników pomiarów przesłuchu pomiędzy parami współosiowymi i czwórkami przeznaczonymi do telefonii nośnej podaje tablica 4.



Rys. 15. Krzywe statystyczne tłumienności zbliżnoprzesłuchowej  $A_p$  pomiędzy parami współosiowymi i czwórkami przeznaczonymi do telefonii nośnej /przy 60 i 120 kHz/

Statystyka zestawiona na podstawie 240 pomiarów wykonanych w Marsylii i Tulonie /stacje główne/ na dwóch odcinkach wzmacniakowych kończących się w stacjach głównych /o długościach 5 i 4 km/

Krzywa a/  $A_p$  przy 60 kHz; Min. 13,5 N; 50%; 14,5 N.

Krzywa b/  $A_p$  przy 120 kHz; Min. 14,3 N; 50%; 15,1 N.

T a b l i c a 4

Zestawienie wyników pomiarów przesłuchu pomiędzy parami współosiowymi i czwórkami do telefonii nośnej. Pomiaru wykonano na odcinkach o długości 460 m w wytwórni i na odcinkach wzmacniakowych o długości 4 i 5 km, po zainstalowaniu kabla

Miejsce pomiaru	Wielkość mierzona	Rodzaj statystyczny pomiaru	Wyniki otrzymane /N/
Kable zainstalowane /przy 60 kHz/	przesłuch zdalny $G_T$	Min.	13
		50%	13,9
Kable w wytwórni /przy 60 kHz/	Tkumienność	Min.	14,7
		50%	16,2
Kable zainstalowane /przy 60 kHz/	zbliżność przesłuchowa	Min.	13,5
		50%	14,6
Kable zainstalowane /przy 120 kHz/		Min.	14,6
		50%	16,2

Otrzymane wartości wskazują na możliwość spełnienia wymagań zalecanych przez CCITT co do przesłuchu niezrozumiałego i szumów przesłuchowych. Temat ten będzie rozwinięty w artykule, który ukaże się wkrótce w kwartalniku [9] Câbles et Transmission.

## 6. WNIOSKI

Dodatnie wyniki otrzymane na parach współosiowych za-  
instalowanego kabla Marseille-Toulon potwierdzają wy-  
soką jakość techniczną pary małowymiarowej, co już sy-  
gnalizowano w artykule poświęconym pomiaram odcinków fa-  
brykacyjnych w wytwórni [2]. Jak wynika z tego artyku-  
łu, para współosiowa małowymiarowa została należycie  
opracowana i została znormalizowana, w związku z rozwo-  
jem wzmacniaków tranzystorowych, umożliwiającymi zmniej-  
szenie odległości między stacjami wzmacniakowymi.

Wnioski poprzednio wyciągnięte pozostają słuszne i  
można obecnie potwierdzić, że para ta aktualnie prze-  
widziana do przenoszenia grupy trzeciego rzędu o 300  
łączach, ze wzmacniakami tranzystorowymi rozmieszczony-  
mi co 6 km, może być używana do przenoszenia pasma o  
większej szerokości, przy zmniejszonej odległości mię-  
dzy stacjami wzmacniakowymi.

## WYKAZ LITERATURY

1. G. Fuchs et P. Vergès - Isolation tabulaire "ballon"  
de polyéthylène pour câbles téléphoniques. Câbles  
et Transmission, nr 2, kwiecień 1960, s. 113-131.
2. G. Fuchs et P. Vergès - New Low-Loss "Balloon" Type  
Polyethylene Insulation for Telecommunication Cables.  
Publikacja opracowana na "Ninth Annual Symposium on  
Technical Progress in Communication Wires and Cables",

30 października, 1 i 2 grudzień 1960, Asbury Park, New-Jersey, U.S.A.

2. R. Bélus - La paire coaxiale de 1,18/4,43 mm normalisée pour câble à grande distance. Câbles et Transmission, nr 4, październik 1960, s. 294-306.
3. G. Fuchs et J. Boulin - Système téléphonique transistorisé à 12 voies, du type 12 + 12, avec espacement de voies de 6 kHz. Câbles et Transmission, nr 1, stycznia 1961, s. 72-89.
4. G. Fuchs et P. Fenouillet - Essais en régime transitoire des câbles après pose. Publikacja opracowana na "Colloque sur la théorie de la technique des impulsions". Paryż, 5-10 paźdz., 1953.
5. G. Fuchs - Réflexions dues aux irrégularités d'impédance dans un câble coaxial. Câbles et Transmission, nr 2, kwiecień 1953, s. 122-141.  
G. Fuchs - Reflections in a coaxial cable due to impedance irregularities, zamieszczone w monografii /nr 25/ w "The Proceedings of the Institution of Electrical Engineers", Vol. 99, Part IV, 1952.
- R. Bélus - La fabrication des paires coaxiales normalisées. Câbles et Transmission, nr 1, stycznia 1955, s. 40-58.
6. R. Bélus et M. Troublé - Méthode et résultats de mesures d'affaiblissement sur paires coaxiales normalisées de 2,6/9,5 mm. Câbles et Transmission, nr 2, kwiecień 1960, s. 149-169.

7. L. Parcé - Paires concentriques pour hautes fréquences. Annales des Postes, Télégraphes et Téléphones, nr 5, maj 1939, s. 362-389 i nr 6, czerwiec 1939. s. 433-450.
8. CCITT - Księga Czerwona, tom 1, 1-ère Assemblée Plénière, Genève, grudzień 1956.
9. G. Fuchs et P. Dubois - Diaphonie dans les câbles composites à paires coaxiales de 1,18/4,43 mm. Ukaże się w najbliższych numerach Câbles et Transmission.





621.315.212  
621.395.4:621.315.2

SYSTEM TRANSMISYJNY C300A  
NA KABŁACH WSPÓŁOSIOWYCH, MAŁOWYMIAROWYCH<sup>1/</sup>

B.S. Helliwell and F. Wilkinson. The C300A small diameter coaxial system. A.T.E. Journal, Volume 16, Nr 1,2 i 3 z 1960 r.

1. WSTĘP

Przesyłanie dużych grup kanałów telefonicznych po wieloparowych kablach współosiowych i wyrównanych parach symetrycznych ma obecnie już całkowicie ustaloną postać, przy użyciu wzmacniaków lampowych, rozmieszczonych np. co 3 mile /ok. 4,8 km/ dla systemów 12 MHz i co 12 mil /pk. 19 km/ dla systemów 60 kanałowych. Z chwilą pojawienia się tranzystorów, zaistniała możliwość stosowania podobnych systemów, lecz wykazujących wiele zalet w porównaniu z istniejącymi systemami lampowymi. Główne zalety nowych systemów są następujące:

1. Znaczne zmniejszenie kosztów systemu na skutek możliwości stosowania kabla o większej tłumienności, a więc o mniejszej średnicy żył.
2. Dłuższy czas pracy i większa pewność działania tranzystorów w porównaniu z lampami.

---

<sup>1/</sup>Opracował na podstawie oryginału H. Pomirski.

3. Mała moc wydzielana i małe rozmiary urządzeń wzmacniakowych umożliwiają budowę wzmacniaków /stacji wzmacniakowych/ podziemnych.

Możliwość stosowania wzmacniaków podziemnych stanowi poważny krok naprzód, gdyż kupno lub dzierżawa działki ziemi pod budowę naziemnej stacji wzmacniakowej sprawia wiele trudności, zwłaszcza w miejscowościach o zwartej zabudowie. Poza dużymi kosztami, formalności prawne mogą spowodować wielomiesięczne lub nawet kilkuletnie opóźnienie w instalacji systemu teletransmisyjnego.

Urządzenie podziemne wprowadza oczywiście swoje własne problemy, związane z pomieszczeniami i konserwacją. W związku z tymi zagadnieniami są wysuwane dwie alternatywy:

- a/ Umieszczanie aparatury w całkowicie szczelnych skrzyniach. W tym przypadku, w razie uszkodzenia należałoby wymienić całą skrzynię, co związane jest z pracochłonną operacją - wykonaniem złącza kablowego. Nieszczelną skrzynię należy wtedy odesłać do warsztatów lub ją wyrzucić, gdy naprawa okaże się nieopłacalna z powodu zbyt dużych kosztów. Tego rodzaju postępowanie ma miejsce przy kablach podwodnych.
- b/ Umieszczanie urządzenia w łatwo otwieranych skrzyniach, które po ponownym zamknięciu muszą być całkowicie szczelne przez wiele lat od chwili zamknięcia. Ta metoda umożliwia indywidualną wymianę zespołów wewnątrz skrzyni.

Metoda stosowana przy kablach podwodnych może okazać się atrakcyjną dla przyszłych systemów transmisyjnych, lecz przekreśla ona główną zaletę instalacji lądowych - łatwą dostępność do urządzeń wzmacniakowych.

W systemie C300A zostały zastosowane skrzynie otwierane; zespoły w nich umieszczone są łączone za pomocą łączników wtykowych. Po wymianie uszkodzonego zespołu skrzynia może być w ciągu kilku minut całkowicie szczelnie zamknięta. Takie rozwiązanie ma tę dużą zaletę, że wszelkie zmiany korekcji, które mogą okazać się potrzebne, są łatwo wykonalne. Drugim ważnym punktem jest względnie łatwe odszukanie uszkodzonego /wytwarzającego szumy/ wzmacniaka, przez prostą jego zamianę, podczas gdy przy postępowaniu stosowanym przy kablach podwodnych mogłoby to stanowić trudne zadanie chyba, że wprowadzono skomplikowane i podwyższające znacznie koszty badania z urządzeń końcowych, stosowane w systemach transatlantyckich.

Cały system C300A został zaprojektowany w ten sposób, aby spełniał swe podstawowe zadanie transmisyjne zgodnie z wymaganiami CCITT i aby koszty systemu oraz wydatki na jego utrzymanie były jak najmniejsze.

## 2. KABEL WSPÓŁSIOWY MAŁOWYMIAROWY

Do przenoszenia, stosowanego w systemie C300A pasma o szerokości 60 + 1304 kHz, przystosowany jest małowymiarowy kabel współosiowy typu 163B, ostatnio wprowadzony do produkcji przez przemysł brytyjski. Tłumien-

ność tego kabla przy 1 MHz i 10°C wynosi 10,6 dB/milę /ok. 0,8 N/km/, co umożliwiło przyjęcie odcinka wzmacniakowego o długości 4000 jardów /ok. 3,66 km/. Przewód wewnętrzny stanowi pełny drut miedziany o średnicy 0,038 cala /ok. 0,97 mm/ i oporności 38Ω/milę /ok. 25Ω/km. Izolację pomiędzy przewodem wewnętrznym i zewnętrznym stanowi piankowy polietylen, naprasowany na przewód wewnętrzny do średnicy 0,155 cala /ok. 3,94 mm/.

CCITT dopuszcza obecnie dwie wartości modułu oporności falowej kabli współosiowych małowymiarowych: 65Ω i 75Ω. Wartość 75Ω przyjęta została na terenie międzynarodowym dla pary 0,375 cala /2,6/9,5 mm/ lecz dla częstotliwości 1 MHz w przypadku pary współosiowej małowymiarowej zamiast 2,5 MHz jak dla pary 2,6/9,5 mm.

Przenikalność dielektryczna materiału izolacyjnego w kablu 163 B jest utrzymywana o wartości 1,45, co powoduje, że moduł oporności falowej gotowej pary wynosi 75Ω przy 1 MHz. Przewód zewnętrzny zrobiony jest z miękkiej taśmy miedzianej o grubości 0,007 cala /ok. 0,18 mm/ zwinętej podłużnie w kształt rurki otaczającej izolowany przewód wewnętrzny. Stykające się krawędzie taśmy są lekko karbowane, aby ułatwić właściwe ułożenie się krawędzi i utrzymać nominalną średnicę wewnętrzną, wynoszącą 0,163 cala /ok. 4,14 mm/. Ekran magnetyczny i dodatkowe wzmocnienie mechaniczne tworzą dwie taśmy z miękkiej stali o grubości 0,004 cala /ok. 0,1 mm/ każda, ściśle przylegające do taśmy miedzianej i nawinięte spiralnie jedna na drugą w ten sposób, że taśma druga po-

krywa prześwity powstałe pomiędzy zwojami taśmy pierwszej.

Para współosiowa jest pokryta /uszczelniona trzema samosklejającymi się taśmami z polichlorku winylu, nałożonymi wzdłużnie. Grubość utworzonej w ten sposób warstwy izolacyjnej wynosi co najmniej 0,005 cala /ok. 0,13 mm/. Taśmy te są barwione w celu ułatwienia rozpoznania poszczególnych par. Na te trzy taśmy nawinięta jest spiralnie, na zakładkę, taśma z przezroczystego polichlorku winylu, aby zapewnić dobre przyleganie taśm podczas następnych procesów fabrykacyjnych.

Typowy kabel zawiera cztery lub sześć par współosiowych skręconych razem z umieszczonymi w przestrzeni między nimi parami symetrycznymi o izolacji polietylenowej. Mogą być jednak produkowane także inne typy kabli o liczbie par współosiowych od 1 do 8.

Pary symetryczne wykorzystywane są do celów sygnalizacyjnych i kontrolnych, zgodnie z przyjętą praktyką w systemach współosiowych. Na skręcony ośrodek kabla naprasowana jest powłoka z masy polietylenowej, zawierającej gumę butylową i sadze. Przy kablach napowietrznych często stosowany jest zamiast polietylenu polichlorek winylu, jako posiadający nieco większą wytrzymałość na ścieranie.

W przypadku gdy w kablu wymagane są również tory eksploatowane akustycznie, skręcone pary współosiowe tworzą rdzeń kabla, na który nawija się jedną lub dwie warstwy czwórek symetrycznych w izolacji papierowej lub

polietylenowej. W przypadku czwórek w izolacji papierowej stosowana jest zwykle powłoka ołowiana lub alumiowa.

Na trasach, na których ma być układany kabel do telefonii naturalnej, dodanie jednej lub kilku par typu 163 B okazuje się bardzo ekonomicznym środkiem zaopatrzenia tras w tory nośne. W tablicach 1 i 2 podane są dane dotyczące budowy typowych kabli mieszanych, tj. kabli, zawierających pary współosiowe i wiązki symetryczne.

T a b l i c a 1

Kable mieszane w powłoce termoplastycznej zawierające czwórki symetryczne w izolacji polietylenowej

Budowa kabla			Najmniejsza grubość powłoki	Najmniejsza średnica zewnętrzna
Ilość par współosiowych	Ilość par w rdzeniu	Ilość czwórek gwiazdowych /0,9 mm/	mm	mm
2	8	11	1,78	27,4
2	8	115	2,67	65,4
4	5	12	1,78	29,5
4	5	120	2,79	67,6
6	5	14	1,91	32,8
6	5	130	2,79	70,5
8	6	16	2,03	36,6
8	6	100	2,67	64,5

T a b l i c a 2

Kable mieszane w powłoce ołowianej zawierające czwórki symetryczne w izolacji powietrzno-papierowej

Budowa kabla			Najmniejsza grubość powłoki	Najmniejsza średnica zewnętrzna
Ilość par współosiowych	Ilość par w rdzeniu	Ilość czwórek gwiazdowych /0,9 mm/	mm	mm
2	8	14	1,75	23,9
2	8	224	2,77	66,5
4	5	16	1,80	26,4
4	5	238	2,79	68,6
6	5	18	1,88	29,0
6	5	252	2,87	70,6
8	14	22	1,98	33,0
8	14	222	2,82	68,6

### 2.1. Łączenie kabli

Łączenie kabli mieszanych, tj. kabli zawierających pary współosiowe i wiązki symetryczne, składa się z dwóch odrębnych czynności:

- a/ łączenia par współosiowych i umieszczonych w przestrzeni między nimi par symetrycznych /w rdzeniu/,
- b/ łączenia i uszczelniania powłok kablowych.

### 2.1.1. Łączenie par współosiowych

Stosowana początkowo metoda, opracowana przez Zarząd poczty brytyjskiej, została zmodyfikowana w porozumieniu z przemysłem brytyjskim. Przewody wewnętrzne par współosiowych są łączone techniką lutowniczą, przy użyciu lutowia ze srebra zawierającego topniki. Ciepło jest wytwarzane przez prąd elektryczny o dużym natężeniu, dostarczany z przenośnego generatora.

Izolacja pomiędzy przewodem wewnętrznym i zewnętrznym jest nałożona ponownie na miejsce zlutowania żył, a przywrócenie jej ciągłości i wodoszczelności osiąga się w podgrzewanej elektrycznie formie. Wiązki symetryczne /pary w rdzeniu/ są łączone w ten sam sposób jak pary współosiowe. Zabezpieczenie szczelności ośrodka kabla chroni go od korozji mogącej powstać na skutek przedostawania się przez nieszczelną powłokę wody, która pod działaniem prądu zdalnego zasilania może podlegać elektrolizie.

Przewody zewnętrzne są łączone w podobny sposób jak wewnętrzne, a następnie są odpowiednio ukształtowane wokół izolowanych przewodów wewnętrznych. Taśmy stalowe są ponownie nałożone na złącze, aby zachować ciągłość ekranu magnetycznego, a następnie całkowicie wykonane złącze pary współosiowej jest owinięte samosklejającą się taśmą z polichlorku winylu. Ciągłość nałożonej na parę podczas jej fabrykacji taśmy plastycznej, stanowiącej zaporę dla wilgoci, jest w ten sposób na wykonanych złączach zachowana.



### 2.1.2. Uszczelnianie złącza

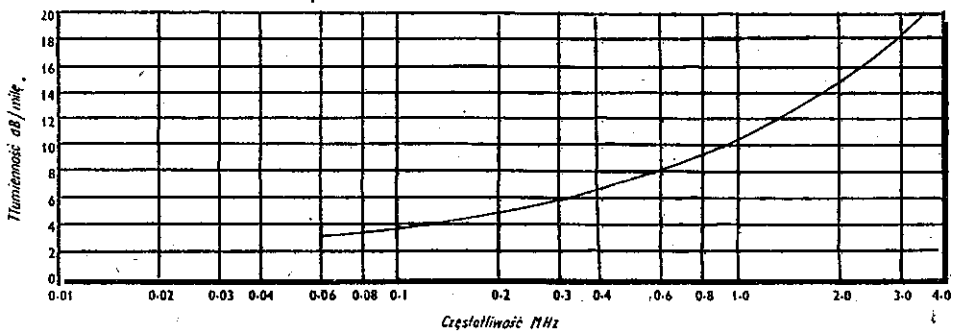
Pewność działania całego systemu zależy od dobroci wykonania złączy, które powinny być całkowicie wodoszczelne. W kablach o powłokach termoplastycznych są stosowane trzy rodzaje uszczelniania złączy:

- a/ za pomocą korków gumowych mechanicznie zaciśniętych na powłoce obydwóch łączonych kabli i metalowego cylindra zamykającego złącze;
- b/ za pomocą ściśle dopasowanej rurki polietylenowej, która dociśnięta jest do powłoki kabli kilkoma warstwami klejącej taśmy polietylenowej; te ostatnie, w celu zabezpieczenia przed ścieraniem, owinięte są warstwami taśmy z polichlorku winylu;
- c/ za pomocą formowania wtryskowego. Na złącze nasuwa się ściśle dopasowaną rurkę polietylenową, którą następnie łączy się na obydwóch końcach z powłoką kabla za pomocą natryśniętej masy polietylenowej.

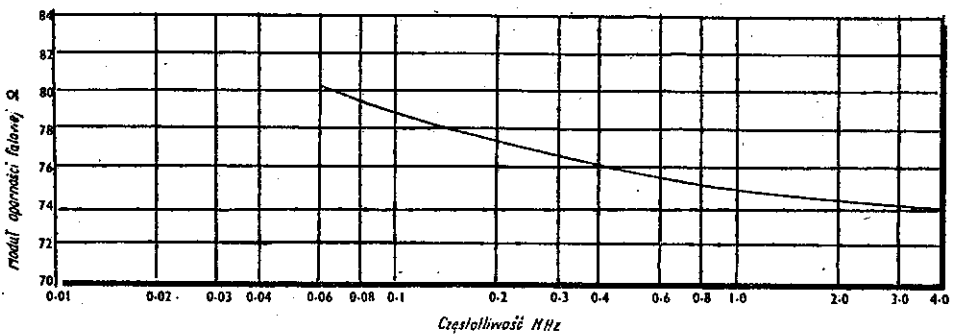
Poczta brytyjska zaleca stosowanie formowania wtryskowego, jako jedynej metody /spośród trzech wymienionych wyżej/ gwarantującej szczelność w ciągu bardzo długiego okresu czasu.

Kable są poddawane bardzo ostrym próbom w czasie fabrykacji i przed wysyłką z wytwórni, aby mieć pewność, że zmontowany odcinek wzmacniakowy o długości 4000 jardów spełni wszystkie wymagania warunków technicznych.

Na rysunku 1 jest podany wykres charakterystyki tłumienności kabla w funkcji częstotliwości, a rysunek 2 przedstawia charakterystykę oporności falowej w funkcji częstotliwości.



Rys. 1. Charakterystyka tłumienności kabla w funkcji częstotliwości



Rys. 2. Charakterystyka oporności falowej kabla w funkcji częstotliwości

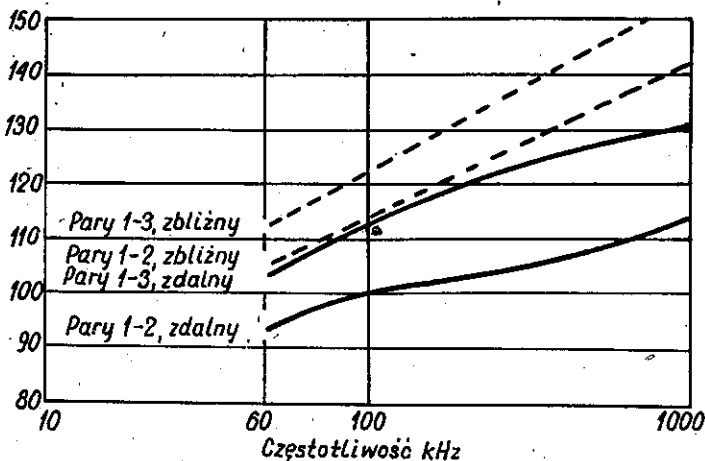
## 2.1.3. Przesłuch

Cechą charakterystyczną współosiowych kabli małowymiarowych jest znacznie większy niż w kablach standardowych /2,6/9,4 mm/ przesłuch, na skutek zmniejszonej grubości przewodu zewnętrznego i cieńszych stalowych taśm ekranujących. Podczas gdy przesłuch w kablu 2,6/9,4 mm jest dostatecznie mały, aby można go było pominąć, to w kablach małowymiarowych musi on być brany pod uwagę, zwłaszcza przy 60 kHz, kiedy jest on największy.

CCITT zajmuje się obecnie ustaleniem zaleceń co do wielkości dopuszczalnego przesłuchu. Opierając się na zaleceniach przyjętych dla kabla typu 2,6/9,4 mm, wydaje się, że dla odcinka o długości 3,66 km /4000 jardów/ odstęp zdalnopresłuchowy powinien wynosić w kablu małowymiarowym 91 dB /ok. 10,5 N/ dla wszystkich przenoszonych częstotliwości, a tłumienność zbliżnopresłuchowa powinna wynosić  $86 + 50,5 \sqrt{f}$  dB, gdzie  $f$  jest częstotliwością w MHz. Przy 60 kHz daje to 98 dB /ok. 11,3 N/. Na rys. 3 podane są typowe krzywe tłumienności przesłuchu w funkcji częstotliwości dla 4-parowego, współosiowego kabla małowymiarowego; /dla odcinka wzmacniakowego 3,66 km/. Z rysunku tego widać, że wyżej podane wymagania są ledwie spełnione.

Jednakże wymagania wyżej podane opierają się na założeniu dodawania się napięć na odcinku o długości 100 mil /ok. 160 km/ i wiele zarządów telekomunikacji proponuje złagodzenie problemu przez wprowadzenie systematycznego odwracania fazy we wzmacniaku, aby uniknąć /dodawania się

napięć przesłuchowych. Urządzenia umożliwiające wykonanie tej czynności są przewidziane w systemie C300A.



Rys. 3. Typowe wartości tłumienności przesłuchu na odcinku wzmacniakowym o długości 3,66 km w 4-parowym kablu współosiowym, małowymiarowym

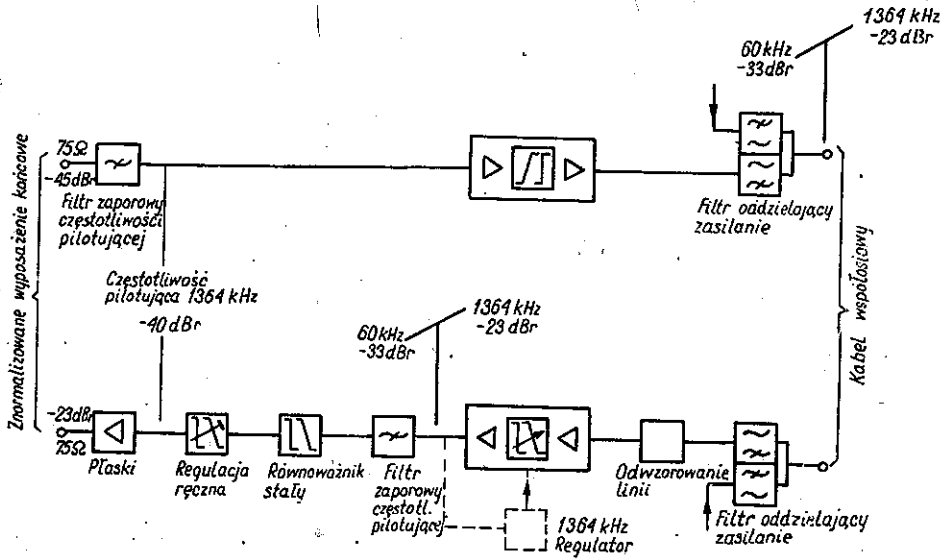
### 3. PROJEKTOWANIE SYSTEMU

Nominalną długość odcinka wzmacniakowego wybrano 4000 jardów. Przy podziemnych wzmacniakach instalowanych w studniach kablowych nie ma trudności w rozmieszczeniu wzmacniaków w odstępach co 4000 jardów, lecz w razie potrzeby można dozwolnić na tolerancję długości w pojedynczych odcinkach wzmacniakowych do 200 jardów /ok. 180 m/. W każdym wzmacniaku została przewidziana możliwość łatwego wtrącania linii sztucznych, odtwarzających krótkie odcinki kabla.

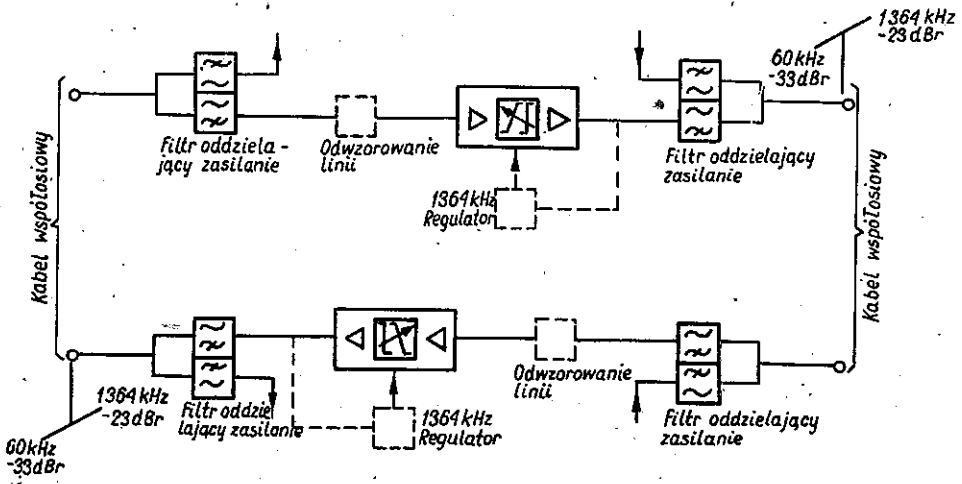
Przy długości odcinka wzmacniakowego 3,66 km, maksymalna wzmacnienie wzmacniaka powinna wynosić 26,9 dB /ok. 3,1 N/ przy bezwzględny poziomie mocy użytecznej ok. 0 dBm/0 dBm/. Odpowiada to dobrze właściwościom i działaniu dostępnych tranzystorów przydatnych dla tego rodzaju wzmacniaków, został więc zastosowany we wszystkich stopniach wzmacniania jeden znormalizowany typ tranzystora. Odstęp 4000 jardów został wybrany dlatego, że jest to podwójna długość znormalizowanego odcinka pupinizacyjnego i na wielu trasach kablowych istnieją studnie kablowe co 4000 jardów.

Prąd kontrolny jest przesyłany na częstotliwości 1364 Hz z poziomem bezwzględny odniesionym do względnego poziomu zerowego - 10 dB /- 10 dBm0/. Kontroluje on regulowane wzmacniaki liniowe, które wyrównują wahania tłumienności kabla wywołane zmianami temperatury. Przewiduje się, że przy normalnej pracy w klimacie umiarkowanym takie regulatory będą potrzebne co cztery stacje, przy maksymalnych wahaniami tłumienności w kablu rzędu  $\pm 2,5$  dB /ok. 0,28 N/, które powinny być skorygowane. W wielu przypadkach ta dynamiczna regulacja może być jeszcze zredukowana przy użyciu termistorów kontrolowanych przez otaczającą temperaturę wzmacniaka, ponieważ wzmacniaki podziemne dokładnie powtarzają temperaturę kabla, a ciepła powstającego w nich mają bardzo mało.

Przy kablach podwodnych i napowietrznych, gdzie zmiany temperatury są większe, może zaistnieć potrzeba gęstszego rozstawienia regulatorów. Na rysunkach 4 i 5 przedstawione są schematy blokowe wzmacniaków końcowego i zasilanego zdalnie.



Rys. 4. Wzmacniak końcowy



Rys. 5. Wzmacniak zdalnie zasilany

Minimalny względny poziom na wejściu wzmacniaka wynosi  $-45$  dB / $-45$  dBr/, a na wyjściu z traktu liniowego  $-23$  dB / $-23$  dBr/. Przed nadaniem na linię zastosowana jest preemfaza  $10$  dB.

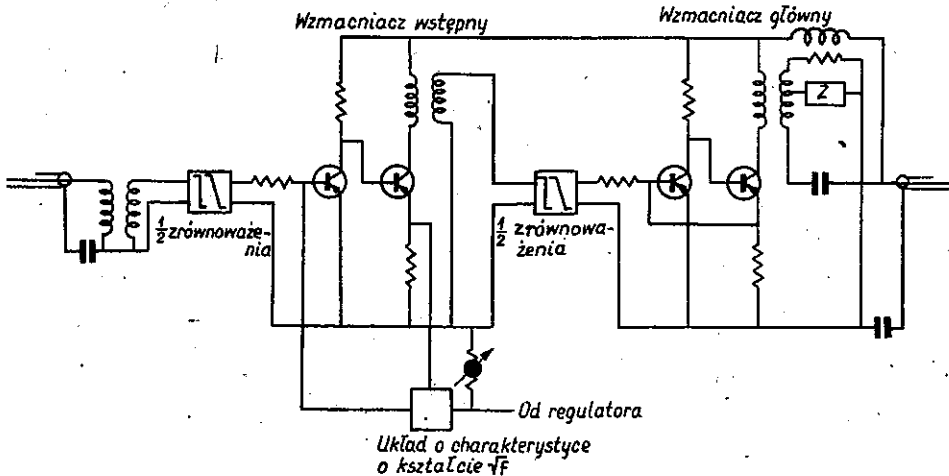
Wzmacniaki pośrednie są zasilane poprzez wewnętrzne przewody par współosiowych. Stosowane jest zasilanie szeregowym prądem stałym o maksymalnym napięciu  $550$  V między przewodami wewnętrznymi dwóch par współosiowych. Prąd jest dostarczany poprzez zwykły szeregowy regulator, zawierający lampę elektronową, ograniczającą natężenie prądu zasilającego do  $50$  mA, w warunkach normalnej pracy. Prąd o takim natężeniu uważany jest za bezpieczny i nie wymagający stosowania specjalnych środków dla ochrony personelu konserwującego urządzenia. Obwód zasilający prądu stałego jest bardzo odpowiedni do tego celu i użycie lampy elektronowej jest usprawiedliwione z tego względu, że punkty zasilające, odległość między którymi może wynosić do  $70$  mil /ok.  $112$  km/, są zawsze na stacji obsługiwanej.

Diody Zenera są użyte do kontrolowania prądu liniowego i dawania alarmu przy odchyleniach jego natężenia od wartości nominalnych. Wyłączające zasilanie, gdy prąd wzrasta ponad  $55$  mA, na skutek jakichś katastrofalnych uszkodzeń zespołu zasilania. Przy wahaniami napięcia źródeł zasilania w granicach  $\pm 15\%$ , wahania prądu zasilania wynoszą  $\pm 1\%$  od  $50$  mA. Jest to nawet lepiej niż system w rzeczywistości wymaga. Wzmacniak nie regulowany wymaga do zasilania tylko  $11$  mA. Pozostałość z  $50$  mA jest zu-

żyta na pracę dynamicznych regulatorów i związanych z nimi urządzeń sygnalizujących odchylenie częstotliwości pilotującej.

### 3.1. Wzmacniacze liniowe i regulatory

Schemat wzmacniacza liniowego przedstawiony jest na rysunku 6.



Rys. 6. Wzmacniacz liniowy

Wzmacniacze regulowane i nie regulowane są bardzo podobne. W nie regulowanych wzmacniaczach obwód regulacyjny jest po prostu usunięty i zastąpiony opornikiem.

Wzmacniacz główny składa się z dwustopniowego układu o równoległym sprzężeniu zwrotnym, zawierającego dwa tranzystory, o wzmacnieniu 12 dB. Ma on układ wyjściowy typu Brogle'a, dopasowujący wzmacniacz do kabla. Wzmacniacz wstępny jest podobnego typu, lecz ma wzmacnienie



17 dB i obwód otwarty sprzężony z drugą połową głównego korektora. Każdy z tych wzmacniaczy ma płaską charakterystykę, a korekcja odbywa się za pomocą korektora  $75\Omega$ . Cel rozdzielania korekcji jest ten, że wspólnie z preemfazą o 10 dB ułatwia spełnienie wymagań dotyczących modulacji skrośnej, stawianych wzmacniaczowi. Zrównoważenie podzielone jest na dwie równe części w celu ułatwienia fabrykacji.

Spodziewane właściwości wzmacniacza przedstawione są w tabelicy 3.

T a b l i c a 3

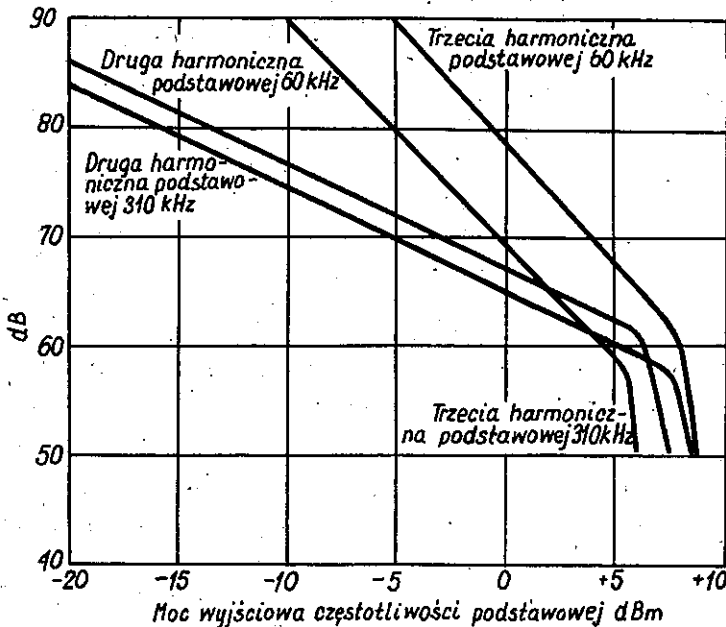
## Spodziewane właściwości wzmacniacza

Szerokość pasma	60 do 1364 kHz
Poziom mocy użytecznej	+5 dB /+5 dBm/
Tłumienność niedopasowania na wyjściu	>20 dB w całym pasmie
Tłumienność niedopasowania na wejściu	>20 dB w całym pasmie
Wzmocność	29 dB przy 1364 kHz
Tłumienność harmonicznych przy podstawowej 310 kHz o mocy 1 mW	60 dB 2-harmoniczna 65 dB 3-harmoniczna
Odchylenie wzmocności od wartości nominalnej	$\pm 0,1$ dB w całym pasmie
Współczynnik szumów	9 dB przy 60 kHz spadający do 7 dB przy 300 kHz i wyżej
Zmiana wzmocności przy + 10 procentowej zmianie napięcia zasilania prądu stałego	0,06 dB
Pobór mocy	11 mA, 15 V

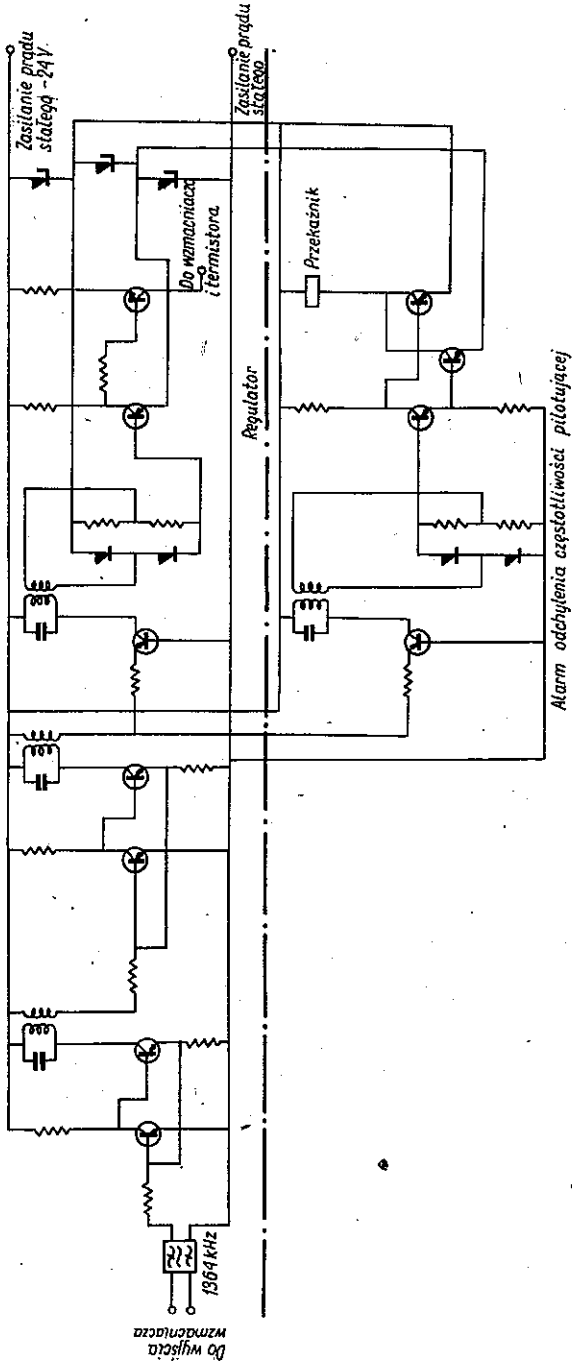
Wybrany układ o równoległym sprzężeniu zwrotnym zapewnia względnie stabilną pracę wzmacniaka zarówno przy wahaniach zasilania, jak i przy wahaniach temperatury.

Przewidywane zmiany temperatury w otoczeniu urządzeń zmontowanych w studniach kablowych wynoszą 5 do 30°C /w klimacie umiarkowanym/, przy czym na niektórych odcinkach są one wyrównywane przez regulatory. Ponieważ natężenie prądu zasilania wynosi 50 mA  $\pm$  1%, te zmiany wzmocnienia wywołane wahaniami zasilania są bardzo małe /mniejsze od ok. 0,02 dB/.

Przebiegi typowych charakterystyk nieliniowości wzmacniaka przedstawione są na rys. 7.



Rys. 7. Typowe charakterystyki harmoniczných wzmacniaka



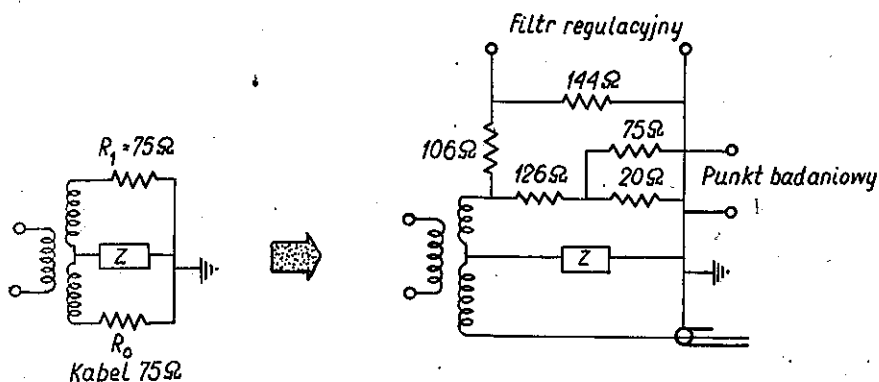
Rys. 8. Schemat regulatora

Poza zakresem temperatur  $0 \pm 45^{\circ}\text{C}$  zmiany odstępów harmonicznych są rzędu 1 dB, a więc dostatecznie małe, aby je pominąć przy projektowaniu systemu.

Wzmacniak regulowany ma wzmocnienie sterowane przez układ korygujący według zależności  $\sqrt{f}$ , umieszczony w gałęzi sprzężenia zwrotnego dwustopniowego wzmacniacza wstępnego. Wielkość zmiany wzmocnienia jest kontrolowana przez regulator działający na bezpośrednio podgrzewany termistor w układzie czwórnika mającego charakterystykę o kształcie  $\sqrt{f}$ . Maksymalne wahanie wzmocnienia przy 1364 kHz wynosi  $\pm 4$  dB.

Schemat zasadniczy regulatora przedstawiony na rys. 8 jest umowny, z tym, że częstotliwość kontrolna /pilotująca/ 1364 kHz jest wydzielona przez filtr, wzmocniona do ok. 8 dB, wyprostowana i porównana z napięciem wzorcowym odgałęzionym z diod Zenera. Wypadkowa różnica potencjałów działa na termistor poprzez dwustopniowy wzmacniacz prądu stałego.

Metoda odgałęziania częstotliwości kontrolnej z układu wyjściowego jest przedstawiona na rys. 9. Użyty jest układ wyjściowy typu Broglia, który w zasadzie ma dwa wyjścia  $R_0$  i  $R_1$ , gdzie  $R_0$  przedstawia w tym przypadku kabel  $75\Omega$ , a  $R_1$  jest  $75\Omega$  opornikiem dopasowującym. Pożoga całkowitej mocy wzmacniacza płynie do toru, druga pożoga jest wydzielona w oporniku. Ta moc, która jest normalnie tracona w  $R_1$  jest tu doprowadzana do wejścia regulatora oraz do wejścia przenośnego wskaźnika poziomu prądu pilotowego i szerokopasmowego miernika poziomu.



Rys. 9. Uproszczony układ obwodu wyjściowego

Regulator filtru wyodrębniającego częstotliwość prądu pilotowego /1364 kHz/ został tak zaprojektowany, aby jego tłumienność niedopasowania była jak największa, większa od 20 dB w całym przenoszonym pasmie od 60 do 1364kHz. W praktyce mały tłumik oporowy zwiększa jeszcze tę tłumienność do ponad 30 dB i podobny tłumik oporowy jest włączony przed wejściem do przenośnego wskaźnika poziomu prądu pilotowego i szerokopasmowego miernika poziomu. Można zauważyć, że stan jałowy czy zwarciový na zaciskach wyjściowych tego przyrządu ma mały wpływ na skuteczną wartość  $R_1$  i stąd jego wpływ na przekazywanie do linii  $R_0$  i na tłumienność dopasowania, widzianą od strony  $R_0$ , może być pominięty. Zalety tego rodzaju urządzenia w porównaniu z wysokoomowym odgałęzieniem zaczepowym od linii można ująć następująco:

a/ Dostyc wysoki poziom wejsciowy do regulatora ukł-  
wia wzmacnienie wymagane od wysoce stabilnego wzmac-  
niacza częstotliwości kontrolnej /pilotującej/ w re-  
gulatorze.

b/ System może być kontrolowany na wyjściu przenoś-  
nego wskaźnika poziomu prądu pilotowego i szerokopa-  
smowego miernika poziomu ze znikomym oddziaływaniem  
na transmisję i na tłumienność niedopasowania, wi-  
dzianą od strony toru, tak że tor transmisyjny jest  
odizolowany od punktu badaniowego, opisanego poniżej.

Wzmacniak składa się z zespołu trzech płytek ze sche-  
matem drukowanym. Na wierzchu zespołu przewidziane jest  
urządzenie do płaskiej regulacji krzywej wzmacnienia w  
granicach do 3 dB oraz do wtrącania linii sztucznych, od-  
twarzających krótkie odcinki kabli, co może się okazać  
potrzebne przy długich systemach.

Budowa wzmacniaka regulowanego jest podobna, lecz  
składa się on z sześciu płytek ze schematem drukowanym.  
Również do regulatora włączony jest tranzystorowy obwód  
alarmowy odchylenia częstotliwości prądu pilotowego, któ-  
ry wysyła sygnał ostrzegawczy o uszkodzeniu systemu, gdy  
częstotliwość prądu pilotowego odchyli się o więcej niż  
 $\pm 3$  dB od nominalnej.

### 3.2. Obudowa wzmacniaków i wprowadzenie kabli

Wymagania stawiane obudowom wzmacniaków są następu-  
jące:

- łatwość zmontowania w znormalizowanej studni kablowej o średnicy wężu 2 stopy i 6 cali ang./ok.76 cm/;
- łatwość otwierania dla celów konserwacyjnych i całkowita szczelność po zamknięciu. Każda obudowa poddawana jest ciśnieniu 10 lb/cal<sup>2</sup> /ok. 0,68 atm./.  
Spadek ciśnienia w ciągu jednego roku nie powinien przekraczać 2 lb /ok. 0,14 atm./, tak że uzupełnianie ciśnienia powinno odbywać się tylko raz do roku;
- czas pracy powinien wynosić co najmniej 50 lat. Odporność na korozję powinna być bardzo duża, gdyż niekiedy obudowa może być miesiącami zanurzona w wodzie /całkowicie lub częściowo/;
- wytrzymałość mechaniczna powinna być dostatecznie duża, aby zabezpieczyć znajdujące się wewnątrz urządzenia od uszkodzeń w czasie transportu i w miejscu zainstalowania.

Wydawało się, że wiele spośród nowoczesnych mas termoplastycznych będzie stanowić odpowiedni materiał na obudowy, lecz bliższe badania wykazały, że występują tu różnorakie trudności. Przede wszystkim brak im odpowiedniej sztywności, aby przy ciśnieniu 10 lb/cal<sup>2</sup> /0,68 atm/ mogły wykazać całkowitą szczelność. Również istnieje obawa co do wytrzymałości niektórych wzmocnionych rodzajów plastików będących w stałym styku z wodą.

W danym przypadku jako materiał na obudowę wybrano żeliwo z domieszką niklu. Badania przeprowadzone na od-

cinku Slough-Reading wykazały, że przewidywany czas pracy skrzyni ze zwykłego, szarego żeliwa, umieszczonej w studni kablowej stale zalewanej wodą, wynosić będzie co najmniej 10 lat, gdyż po upływie jednego roku korozja była całkowicie do pominięcia. Żeliwo z domieszką niklu ma odporność na korozję co najmniej dziesięciokrotnie większą niż zwykłe żeliwo szare, a więc czas pracy skrzyni wynosić będzie ok. 50 lat, przy minimalnej konserwacji, polegającej głównie na okazjnym smarowaniu prętów ryglujących /zamykających/ skrzynię. Pręty ryglujące umożliwiają otwarcie i zamknięcie skrzyni w ciągu jednej minuty i jej uszczelnienie dzięki umieszczonej w pokrywie przekładce neoprenowej. Żądane ciśnienie w skrzyni osiąga się za pomocą pompy nożnej poprzez wentyl Schradera, który powinien mieć założoną pokrywę pyłową, aby zapewnić wymagany stopień szczelności. Każda skrzynia posiada styk ciśnieniowy, który uruchamia alarm poprzez obwód kontrolny, gdy ciśnienie spadnie do wartości 5 lb /ok. 0,34 atm./ powyżej ciśnienia atmosferycznego. Łatwo wymienny osuszalnik jest wmontowany w pokrywę skrzyni.

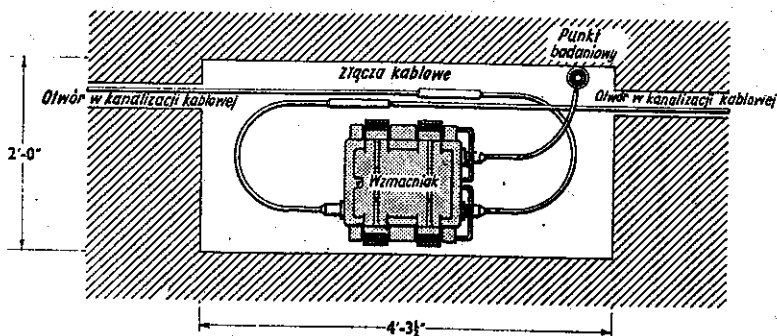
We wczesnym stadium projektowania systemu zdecydowano, że skrzynia powinna być całkowicie szczelnym elementem, niezależnym od kabla. Było to konieczne w tym celu, aby woda, która dostała się do kabla wskutek nieszczelności jego powłoki, nie mogła się dostać do skrzyni i uszkodzić wyposażenie wzmacniaka. Poza tym, uszczelniona niezależnie skrzynia potrzebna jest po to, aby można było utrzymać kable pod ciśnieniem. Jeżeli skrzynie nie byłyby uszczelnione niezależnie, to ich otwarcie dla celów



konserwacyjnych powodowałyby spadek ciśnienia w kablu na całej długości trasy. Musi więc być w miejscach wejścia kabli do skrzyni przegroda nie przepuszczająca wody i powietrza.

Główne uszczelnienia wprowadzenia kabla uzyskuje się przez usunięcie izolacji polietylenowej ze wszystkich żył i wypełnienie przestrzeni między żyłami oraz między żyłami i ściankami otworów wejściowych zalewą żywiczną, przeznaczoną do spełniania funkcji uszczelki. Specjalny uchwyt /klamra/ kablony jest przewidziany do zabezpieczenia uszczelki żywicznej przed naprężeniami mechanicznymi, aczkolwiek sama uszczelka posiada dość dużą wytrzymałość mechaniczną. Wprowadzenie kabla jest uszczelniane w stosunku do głównej obudowy wzmacniaka za pomocą znormalizowanego pierścienia "O", wzmocnionego uszczelką żywiczną, a główna nakrętka mocująca tulejkę wpustową dla kabla znajduje się wewnątrz skrzyni, a więc nie podlega korozji.

Kompletne wzmacniaki wysyłane są z tulejkami wpustowymi i kablami połączeniowymi o długości ok. 12 stóp. /ok. 3,65 m/, tak że zainstalowanie wzmacniaka sprowadza się do włączenia kabla połączeniowego do kabla głównego w sposób podobny do stosowanego przy cewkach pupinowskich. Wzmacniaki tranzystorowe są umieszczane wewnątrz obudowy, przed wysyłką. W skrzyni mieszczą się cztery wzmacniaki tranzystorowe, zespół kontrolny i zespół nasłuchowo-rozmówniczy. Rysunek 10 przedstawia typową instalację skrzyni w studni kablowej.



Rys. 10. Typowa instalacja skrzyni w studni kablowej

#### 4. URZĄDZENIA BADANIOWE

Przewidziany jest zewnętrzny punkt badaniowy, z którego mogą być kontrolowane zarówno parametry transmisyjne jak i zasileniowe, istniejące na trasie kabla. Dostępne jest również gniazdko wtykowe do włączania zespołu nasłuchowo-rozmównego; gniazdko to jest połączone równoległe z podobnym gniazdkiem, umieszczonym wewnątrz głównej obudowy. Punkt badaniowy może być albo w studni, albo nad ziemią. W tym ostatnim przypadku system może być sprawdzany bez otwierania studni, za pomocą przenośnego zestawu do pomiarów poziomu. Punkt badaniowy został tak zaprojektowany, że powstałe w nim lub w kablu łączącym go ze studnią uszkodzenia /dostanie się wody, całkowite zwarcie lub odłączenie się kabla/ mają minimalny wpływ na pracę systemu. Poza tym tranzystorowy przenośny zestaw zasilany z baterii używany do pomiarów poziomu ma tak małą oporność wejściową /rzędu  $1\ \Omega$ /, że wpływ wil-

gotności na pomiary jest minimalny. Zestaw ten może być użyty do pomiaru poziomu prądu pilotowego o częstotliwości 1364 kHz lub jako szerokopasmowy miernik poziomu /w paśmie 60 + 1300 kHz/ przy regulowaniu systemu. Punkt badaniowy ma własną pokrywę z umieszczonym w niej małym osuszalnikiem.

#### 4.1. Sygnały alarmowe i kontrola

Alarm jest wysyłany ze wzmacniaka, gdy:

- ciśnienie gazu w skrzyni zmniejszy się o 5 lb /ok. 0,34 atm/,
- nastąpi zanik prądu zasilającego /prąd stały 50 mA/,
- odchylenie poziomu częstotliwości kontrolnej od nominalnej wyniesie więcej niż  $\pm 3$  dB. Ten alarm jest przewidziany tylko we wzmacniakach regulowanych.

Urządzenie alarmowe włącza opór na jedną z par symetrycznych /w rdzeniu/, po której alarm zostaje przeniesiony do wzmacniaka końcowego. Dwie pary w rdzeniu kabla są użyte do wskazania, jakiego rodzaju uszkodzenie nastąpiło /zwarcie, przerwa czy uziemienie/. Zwykły pomiar oporności pętli par w rdzeniu określi, który wzmacniak jest uszkodzony, gdyż oporności włączone na pary symetryczne w rdzeniu są charakterystyczne dla każdego wzmacniaka. Obwód nasłuchowo-rozmówny zajmuje dalszą parę symetryczną, z umowną pupinizacją w punkcie wzmocnienia; cewka pupinizacyjna jest wmontowana wewnątrz obu-

dowy wzmacniaka. Przewidziano przenośny, tranzystorowy zestaw nasłuchowo-rozmówny, który może być włączany do par rdzeniowych. Zawiera on układ dzwonienia prądem stałym i wzmacniacz akustyczny o dużej wzmocności, który może być dołączony do linii na nadawanie z poziomem bezwzględnym +20 dB albo może dawać przy odbiorze wzmocnienie 50 dB.

#### 4.2. Wyposażenie końcowe

Wyposażenie końcowe wzorowane jest na wyposażeniu A.T.E. typ CM opisanym w A.T.E. Journal, z lipca 1959. Niektóre ciężkie elementy, jak np. transformatory mocy, zmontowane są na płytach u spodu stojaka końcowego.

#### 4.3. Badania przeprowadzone na odcinku Slough-Reading

Aby zdobyć doświadczenie w instalowaniu i konserwacji wzmacniaków umieszczanych pod ziemią, przeprowadzono, przy udziale poczty brytyjskiej, badania na istniejącym kablu współosiowym typu 2,6/9,4 mm. Wybrane odcinek Slough-Reading. Długość kabla na tym odcinku wynosi 20 mil ang. /ok. 32,2 km/. Na kablu istnieją 3 punkty wzmocnienia. Stojak końcowy był zainstalowany w Reading, tworzenie pętli umożliwione było w Slough. Wyposażenie było zainstalowane w październiku 1958 r. i częstotliwość kontrolna była stale od tego czasu przesyłana. Prototypowe wzmacniaki zmontowane były w skrzyniach. Skrzynie były ustawione w studniach kablowych, w których przez szereg

kolejnych miesięcy głębokość wody dochodziła do dwóch stóp /ok. 60 cm/. W ciągu całego okresu czasu nie było uszkodzeń we wzmacniakach tranzystorowych.

