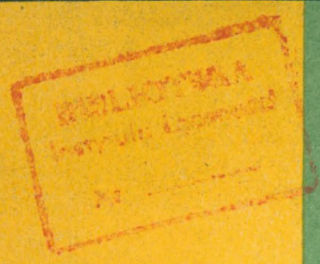


1 9 6 6

Nr 7 (58)

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

WARSZAWA — MIEDZESZYN



PRZEGLĄD ZAGADNIEŃ ŁĄCZNOŚCI





PRZEGLĄD ZAGADNIEŃ ŁĄCZNOŚCI

ROK 6

WARSZAWA 1966

NR 7(58)

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

Ośrodek Informacji Techniczno-Ekonomicznej

Kolegium Redakcyjne:

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

Członkowie:

mgr inż. Władysław Adaszewski, inż. Edmund Janowski,
prof. Stefan Jasiński, mgr inż. Stanisław Kobus,
mgr inż. Adam Moniuszko, mgr inż. Józef Możejko,
mgr Zofia Życińska

Sekretarz Redakcji - Irena Kulko

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Ośrodek

Informacji Techniczno-Ekonomicznej

Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

Redaktor: J. Borkowska

Montaż tekstu: B. Drabik

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 700. Druk ukończono
w lutym 1967 r.

PRZEGLĄD
ZAGADNIENÍ ŁĄCZNOŚCI

Teletransmisyjny system 300-krotny

SPIS TREŚCI

Str.

Cz. Klimek i St. Jankowski - Teletransmisyjny system 300-kanalowy V-300 w kolejnictwie NRF

1

Czesław Klimek
Stefan Jankowski

TELETRANSMISYJNY SYSTEM 300-KANAŁOWY V-300 W KOLEJNICTWIE NRF

1. WSTĘP

Wzdłuż ważnych linii kolejowych ułożone są kable teletransmisyjne, za pośrednictwem których administracja kolei przeprowadza rozmowy telefoniczne bliskiego i dalekiego zasięgu. W ostatnim czasie podobnie jak w pocztowej łączności powszechnego użytku tak i w kolejnictwie wzrasta zapotrzebowanie na łącza telefoniczne. W kolejnictwie spowodowane to jest dążeniem do podniesienia pewności i bezpieczeństwa ruchu kolejowego oraz wzrostem jego natężenia.

W kablach z torami naturalnymi nośnymi dotychczas stosowanych przez kolejnictwo NRF, czwórki o skręcie gwiazdowym (najczęściej pupinizowane o średnicy żył 0,9 i 1,4 mm) używane były do telefonicznych połączeń naturalnych pomiędzy poszczególnymi dworcami kolejowymi. Natomiast czwórki o skręcie gwiazdowym (z żyłami o średnicy 1,2 i 1,4 mm), uwielokrotniane dwunastokrotnymi systemami nośnymi Z12, wykorzystywano do ruchu dalekosięznego. Obecnie już bardzo rozległa i silnie rozgałęziona sieć kablowa kolejnictwa NRF wynosi ponad 7500 km [1]. Na kilku głównych trasach istnieją jeszcze łącza nośne na liniach napowietrznych. Jednakże plany kolejnictwa przewidują, że w czasie

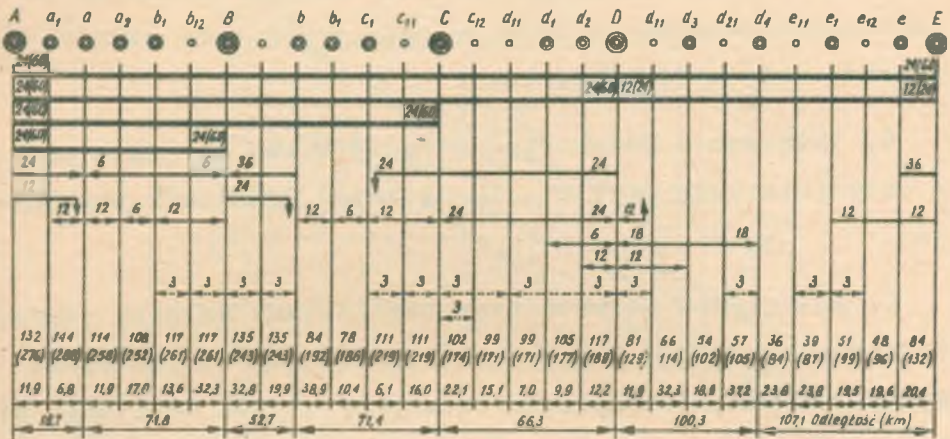
wykonywania robót elektryfikacyjnych skablowane będą także i te linie napowietrzne. Do tego celu powinien być użyty kabel, który zapewniłby, przy nieco większym koszcie, załatwienie przyszłych potrzeb na łącza telefoniczne. W związku z tym dążeniem i z obecnym zapotrzebowaniem na większą ilość łączy telefonicznych oraz faktem, że przemysł NRF rozpoczął produkcję kabli z parami współosiowymi małowymiarowymi 1,2/4,4 mm (para taka ma zewnętrzny wymiar taki sam, jak tradycyjna czwórka gwiazdowa o średnicy żył 1,4 mm) powstała konieczność opracowania analizy techniczno-ekonomicznej kolejowej sieci teletransmisyjnej, która wskazałaby, jakie rodzaje kabli teletransmisyjnych mają być układane wzdłuż linii kolejowych oraz jakie powinny być stosowane teletransmisyjne systemy nośne.

2. ANALIZA TECHNICZNO-EKONOMICZNA KOLEJOWEJ SIECI TELETRANSMISYJNEJ

Analiza techniczno-ekonomiczna sieci teletransmisyjnej była przeprowadzona w NRF, lecz tylko dla warunków panujących w pocztowej łączności powszechnego użytku. Jednakże przeniesienie wyników tych badań nie mogło być bezkrytyczne, ponieważ pomijając o wiele cieńsze wiązki w łączności dalekosiężnej kolejnictwo wymaga na wszystkich trasach dużej ilości odgałęzień, wprowadzanych na nastawnie, posterunki kontrolne, budki telefoniczne do celów sygnalizacji kolejowej i łączności telefonicznej.

Jako podstawę do badań ekonomiczności łączności w ko-

lejnictwie przyjęto 500 km odcinek trasy kablowej od stacji A do E [2] wraz z całą siecią różnych połączeń telefonicznych przedstawionych na rys. 1.



uprzed podanych liczb połączeń
potrzeba było 20 par o żyłkach
ø 14 i 16 par o żyłkach 0,9 mm
dla połączeń odgaleśnianych po śro-
doku. Cyfry podają liczbę połą-
czeń, cyfry w nawiasach okre-
sają możliwości zwiększenia
liczby wymaganych połączeń

Dla rozważanych przypadków

=====	1	2	3	4	5
=====		V 300	V 300	V 300	VZ-12M
-----	V 300		VZ-12M	MF	MF
-----		VZ-12M	MF	MF	MF

Rys. 1. Plan połączeń telefonicznych badanego pod względem ekonomiczności 500 km odcinka trasy kablowej

Przy rozważaniach ekonomiczności porównano między sobą następujące warianty rozwiązań:

1. Wszystkie połączenia realizowane są przy użyciu te-
letransmisyjnego systemu nośnego V 300 na dwóch pa-
rach współosiowych małowymiarowych.

2. Połączenia dalekosiężne realizowane są przy uży-
ciu teletransmisyjnego systemu nośnego V 300 na dwóch pa-
rach współosiowych małowymiarowych, a połączenia w posz-
czególnych sieciach okręgowych przy użyciu teltransmi-
syjnego systemu nośnego VZ-12M na czwórkach symetrycznych.

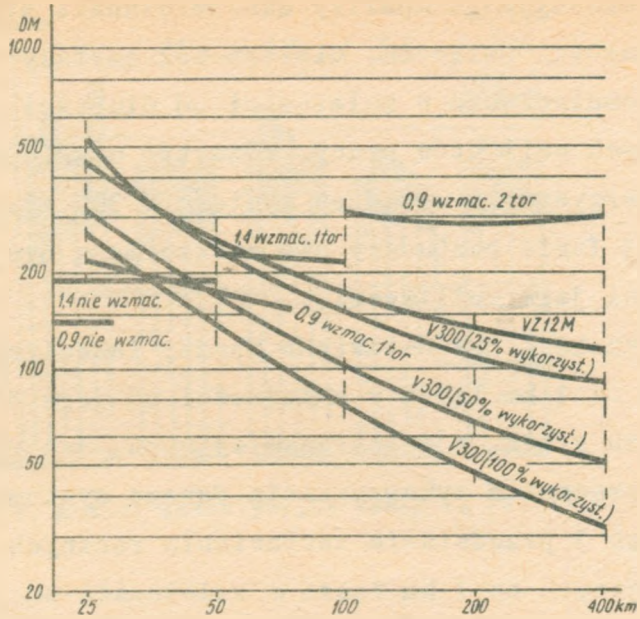
3. Połączenia dalekosiężne realizowane są jak w p. 2, natomiast dłuższe połączenia w sieciach okręgowych przy użyciu teletransmisyjnego systemu nośnego VZ-12M na czwórkach symetrycznych, a krótsze połączenia przy użyciu urządzeń telefonii naturalnej.

4. Połączenia dalekosiężne realizowane są jak w p. 2, a wszystkie inne przy użyciu urządzeń telefonii naturalnej.

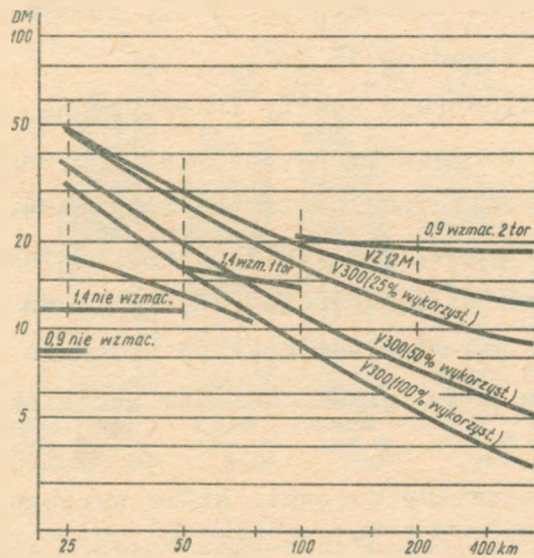
5. Połączenia dalekosiężne realizowane są przy użyciu teletransmisyjnego systemu nośnego WZ-12M na czwórkach symetrycznych, a wszystkie inne przy użyciu telefonii naturalnej.

Analiza techniczno-ekonomiczna stosowania jednego z ww. rozwiązań została przeprowadzona przez dwie niemieckie firmy, zajmujące się produkcją sprzętu teletransmisyjnego (Telefunken i Siemens-Halske) oraz dwóch specjalistów kolejnictwa NRF (W. Leitenberger i W. Salamann) [2] niezależnie od siebie, a uzyskane rezultaty porównania kosztów, które zestawiono na rys. 2 i 3, zgadzały się z kilkuprocentową dokładnością.

W wyniku tej analizy uznano wariant 4 za najbardziej ekonomiczny dla całego badanego odcinka. Okazało się przy tym, że dla części odcinka DE wariant 5 jest najtańszy. Przyczyna tkwi w tym, że w wariancie 4 przyjęto także połączenia w sieci okręgowej, które na odcinku DE są znacznie dłuższe niż na odcinku AD, jako połączenia naturalne, zamiast jako kanały teletransmisyjnego systemu V-300.



Rys. 2. Koszty inwestycyjne przypadające na 1 km łącza telefonicznego



Rys. 3. Koszty roczne (eksploatacja plus amortyzacja) przypadająca na 1 km łącza telefonicznego

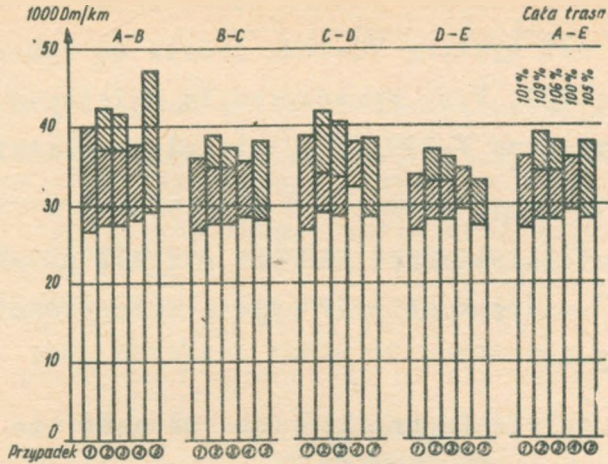
Przy dokonywaniu analizy ekonomiczności nie można pominąć długości połączeń, dlatego też zostały ustalone koszty kilometroląca w zależności od długości połączenia dla różnych wariantów pracy. Poza tym uwzględniono stopień wykorzystania urządzeń systemu V-300, ponieważ w pierwszej fazie rozbudowy nie zawsze mogą być wykorzystane w pełni jego możliwości.

Na rysunku 2 przedstawiono koszty inwestycyjne przypadające na 1 km łącza w zależności od jego długości dla rozmaitych systemów teltransmisyjnych, jak również dla różnych procentów wykorzystania danego systemu.

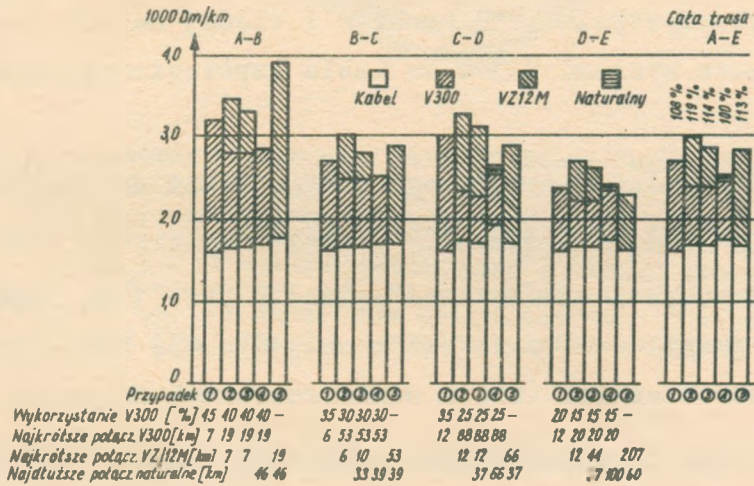
Rysunek 3 przedstawia zestawienie rocznych kosztów, przypadających na 1 km łącza w zależności od jego długości dla tych samych wariantów jak na rys. 2. Uwzględniają one koszty eksploatacyjne i amortyzację przy stopie procentowej 5,5%, biorącej pod uwagę czas amortyzacji kabli 50 lat, a urządzeń 15 lat.

Rysunek 4 ilustruje koszty inwestycyjne, zaś rys. 5 koszty roczne rozliczone na poszczególne odcinki, wg rys. 1 dla pięciu omówionych wariantów rozwiązań. Dla pierwszych trzech części, jak i dla całego odcinka trasy, rozwiązanie 4 jest najkorzystniejsze. Tylko na odcinku DE rozwiązanie 4 pod względem kosztów urządzeń jest na trzecim miejscu, a pod względem kosztów rocznych na drugim miejscu.

Poniżej zestawiono wnioski, które wyciągnąć można z omawianej analizy techniczno-ekonomicznej z punktu widzenia planowania nowych kolejowych tras kablowych.



Rys. 4. Koszty inwestycyjne trasy wg rys. 1



Rys. 5. Koszty roczne (eksploatacja plus amortyzacja) trasy wg rys. 1

1. Teletransmisyjne systemy nośne V-300 są bardziej ekonomiczne niż systemy VZ-12M, jeżeli są wykorzystane więcej niż w 20%. Przy wykorzystaniu mniejszej liczby łączy niż 60 systemu V-300, ekonomiczniejszy staje się system VZ-12M.

2. Łącza telefoniczne, których długość przekracza 75km powinny być realizowane przy użyciu teletransmisyjnych systemów nośnych.

3. Łącza telefoniczne których długość nie przekracza 50 km powinny być realizowane przy użyciu urządzeń telefonii naturalnej.

4. Łącza, których długość zawiera się między 50-75 km powinny być realizowane na kablach symetrycznych przy użyciu urządzeń VZ-12M, gdy wykorzystuje się 6 kanałów. Przy wykorzystywaniu 12 kanałów i więcej należy stosować urządzenia systemu V-300 na kablu współosiowym małowymiarowym.

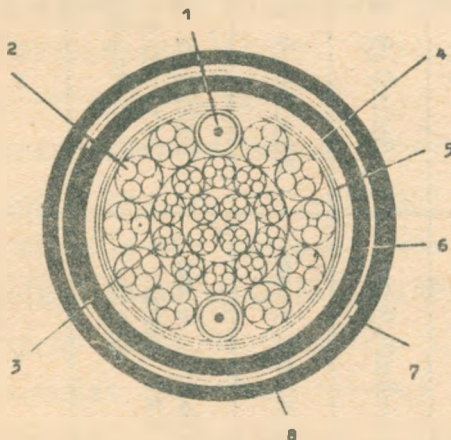
5. Nie należy używać tego samego kabla do urządzeń systemu V-300 i urządzeń systemu VZ-12M.

6. Założenia ekonomiczne podane w pkt. 1 są wówczas ważne, jeżeli na trasie kabla znajdują się przynajmniej dwie duże łącznice (np. w pomieszczeniach dyrekcyj).

7. Kable z symetrycznymi czwórkami nośnymi wtedy są stosowane do pracy z systemem VZ-12M, kiedy trzeba umieścić łącza na brzegu dużej sieci teletransmisyjnej względnie w grupie sieci okręgowej.

3. DANE TECHNICZNE KABLI

Opierając się na wynikach techniczno-ekonomicznej analizy kolejowej sieci teletransmisyjnej ustalone zostały dla potrzeb kolejnictwa NMF cztery typy kabla mieszanego z parami współosiowymi małowymiarowymi 1,2/4,4 mm [2]. Z tych czterech typów, zestawionych w tabl. 1, na rys. 6 pokazany jest przekrój kabla 50-parowego, który produk-



Rys. 6. Przekrój 50-parowego dalekosiętnego kabla telefonicznego (typ 2Kx/20/28 firmy Siemens i Halske)

1 - dwie pary współosiowe małowymiarowe 1,2/4,4 mm; 2 - 10 czwórek naturalnych o skręcie gwiazdowym (20 par) i średnicy żył 1,4 mm; 3 - 14 czwórek naturalnych o skręcie gwiazdowym (28 par) i średnicy żył 0,9 mm; 4 - oplot; 5 - płaszcz aluminiowy 1,2 mm; 6 - wewnętrzna osłona ochronna; 7 - pancerz stalowy 2x0,5 mm; 8 - zewnętrzna osłona ochronna

wany i oferowany jest przez kablowy przemysł niemiecki (np. PLibc-Kbk 50p firmy Telefunken i 2Kx/20/28 firmy Siemens-Halske [1][7]). Oprócz tego firma Siemens-Halske uruchomiła w 1964 r. produkcję kabla mieszanego z 4 parami współosiowymi małowymiarowymi 1,2/4,4 mm, 32 parami o średnicy żył 1,4 mm i 32 parami 0,9 mm [1].

T a b l i c a 1

Typ kabla	38 par	44 pary	50 par	62 pary
1 warstwa	2x2x1,4 mm	6x2x0,9 mm	8x2x0,9 mm	2x2x0,9 mm
2 warstwa	16x2x0,9 mm	19x2x0,9 mm	20x2x0,9 mm	12x2x0,9 mm
3 warstwa	18x2x1,4 mm 2x1 para wspól.	18x2x1,4 mm 2x1 para wspól.	20x2x1,4 mm 2x1 para wspól.	24x2x0,9 mm
4 warstwa	-	-	-	22x2x1,4 mm 2x1 para wspól.

Kabel mieszany z dwoma parami współosiowymi zdecydowano się układać wzdłuż głównych tras kolejowych. Natomiast kabel z czterema parami współosiowymi znajdzie zastosowanie tam, gdzie dwa kable, każdy z dwoma parami współosiowymi, przychodzące z różnych kierunków, miałyby biec razem do wspólnego punktu węzłowego.

Zgodnie z zaleceniami CCITT kolejnictwo NRF przyjęło parę współosiową o oporności falowej 75Ω i w porozumieniu z przemysłem opracowało na nie wymagania techniczno-eksploatacyjne (Pflichtenheft) [3]. Wyciąg z tych wymagań podany jest w załączniku nr 1.

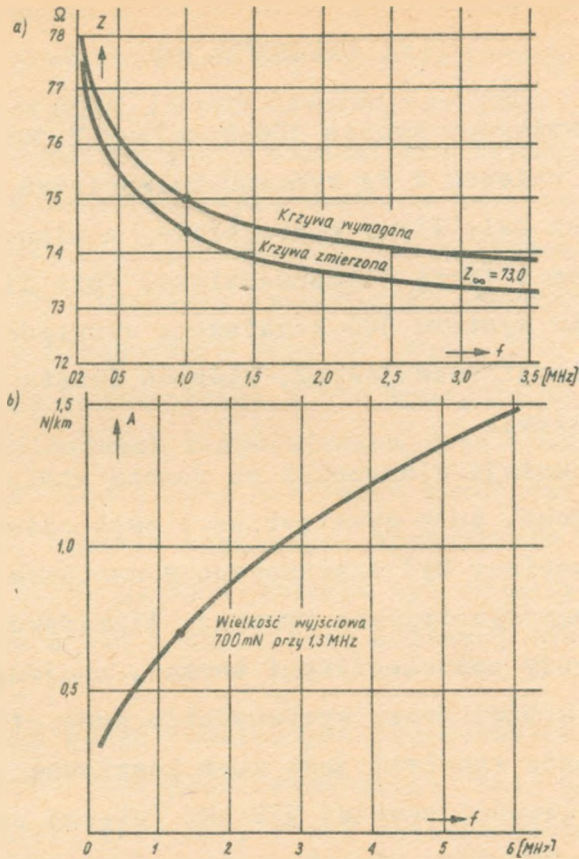
Wymagania techniczno-eksploatacyjne ustalają jedynie wielkości elektryczne i wymiary par współosiowych małowymiarowych, a nie zajmują się dokładną budową pary.

Dla przykładu podamy kilka wyników pomiarów wykonanych na próbnym odcinku kabla 38-parowego [2]. W tabl.2 przedstawione są wartości oporności falowej i współczynnika odbicia, zaś na rys. 7 pokazano przebieg oporności falowej i tłumienności jednostkowej w funkcji częstotliwości. Rys. 8 przedstawia pomierzone wartości tłumienności zbliżno i zdalnoprzęsłuchowej pomiędzy parami współosiowymi dla różnych częstotliwości.

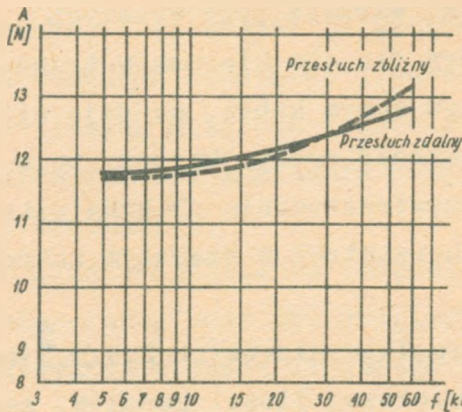
T a b l i c a 2

	Pierwsza para współosiowa	Druga para współosiowa	Wartość wg D.B. "Pflichtenheft"
Oporność falowa dla $f = 1 \text{ MHz}$ (patrz również rys. 7)	$Z_p = 74,5 \Omega$ $Z_k = 74,5 \Omega$	$Z_p = 74,0 \Omega$ $Z_k = 74,4 \Omega$	$75 \Omega^x)$
Maksymalny współ. odbicia r_{\max} (mierzone z jednego końca)	$1,6 \text{ ‰}$	$1,9 \text{ ‰}$	Wszystkie odcinki fabrykacyjne odcinka wzmacniakowego $\cong 12 \text{ ‰}$
r_{\max} (mierzone z drugiego końca)	$2,2 \text{ ‰}$	$2,2 \text{ ‰}$	95% odcinków fabrykacyjnych odcinka wzmacniakowego $\cong 6 \text{ ‰}$

x) Wartość średnia odcinków fabrykacyjnych należących do jednego odcinka wzmacniakowego $75,0 \pm 2,0 \Omega$, największe dopuszczalne odchyłki poszczególnych wartości od średniej: $3,0 \Omega$.



Rys. 7. Charakterystyki elektryczne pary współosiowej małowymiarowej 1,2/4,4 mm w funkcji częstotliwości: a) oporności falowej, b) tłumienności przesłuchowej



Rys. 8. Tłumienność przesłuchowa pomiędzy parami współosiowymi małowymiarowymi

4. SYSTEM V-300

Teletransmisyjny system 300-kanalowy V-300 był opracowywany na wniosek i wg wymagań kolejnictwa NRF jednocześnie przez dwie firmy przemysłowe, a mianowicie firmę Telefunken i firmę Siemens-Halske. Obie firmy przy opracowywaniu systemu 300-kanalowego uwzględniły szereg nowych koncepcji rozwojowych, których istota omówiona zostanie poniżej.

Przy transmisji wiadomości za pomocą kabla stosowane są, jak wiadomo, tory symetryczne i współosiowe. Jakże zatem tory powinny być zastosowane w systemie 300-kanalowym? Systemy symetryczne wymagają likwidowania przesłuchu pomiędzy poszczególnymi torami, znajdującymi się w tym samym kablu, przez wyrównywanie symetrii czwórek. To wyrównywanie symetrii jest zbyt kosztowne przy pasmach częstotliwości powyżej 552 kHz (więcej niż 120 kanałów). Poza tym tory dla obu kierunków transmisji, ze względu na duże różnice poziomów, muszą być umieszczone w oddzielnych kablach. Natomiast tłumienność przesłuchowa między torami współosiowymi wzrasta przy wyższych częstotliwościach tak, że tory dla obu kierunków transmisji mogą znajdować się w tym samym kablu, co daje niższe koszty kabla i większą pewność pracy. Oprócz tego przy późniejszym, większym zapotrzebowaniu na kanały telefoniczne kabel może być wykorzystany w szerszym zakresie częstotliwości.

Obok par współosiowych normalnowymiarowych 2,6/9,5 mm, przeznaczonych do tworzenia większej ilości kanałów, zo-

stała opracowana w ostatnim okresie czasu para współosiowa małowymiarowa $1,2/4,4$ mm, która nadaje się do tworzenia średniej liczby kanałów np. 300.

Możliwość zastosowania wzmacniaczy tranzystorowych zwiększa ekonomiczność wykorzystania pary współosiowej małowymiarowej w teletransmisyjnych systemach nośnych o średniej ilości kanałów. Wzmacniacze tranzystorowe odznaczają się nieznacznym poborem prądu, niewielkimi wymiarami (małą pojemnością) i nie wymagają specjalnego dozoru. Te własności i spodziewana duża trwałość i niezawodność działania dały możliwość wprowadzenia nicobsługiwanych, zdalnie zasilanych wzmacniaków przelotowych. Wzmacniaki takie można dobudować np. do mufy kablowej i ułożyć razem z nią w studziencie kablowej lub bezpośrednio w ziemi.

Nieznacznym kosztem podziemnych przelotowych stacji wzmacniakowych jest podstawową cechą nowej techniki.

Bardzo mały pobór mocy przez nicobsługiwane stacje przelotowe pozwala na uniknięcie stosowania kosztownego zasilania zdalnego prądem zmiennym i użycie zasilania zdalnego prądem stałym poprzez żyłę wewnętrzną pary współosiowej z szeregowo połączonymi wzmacniakami. Dzięki temu odpadają dodatkowe urządzenia prostownicze w zdalnie zasilanych stacjach wzmacniakowych, a wymagania na filtry zwrotnicy zasilania można zrealizować bardzo prostymi środkami.

W celu spełnienia rachunku ekonomicznego w warunkach kolejnictwa musi być uwzględniona możliwość prostego wydzielenia z pasma liniowego oraz wprowadzenia do niego

grup kanałów na obsługiwanych stacjach przelotowych.

System V-300, który oprócz uwzględnienia ww. koncepcji spełnia wszystkie zalecenia CCITT, został po raz pierwszy zainstalowany przez firmę Telefunken na 30 km odcinku Wuppertal-Hagen [4], [6], 300 km trasy kolejowej Essen-Frankfurt nad Menem w ramach planowanego kablowania sieci teletransmisyjnej kolejnictwa.

Oddanie tego odcinka do eksploatacji odbyło się po szczegółowych pomiarach i badaniach w dn. 30 sierpnia 1963 r. Dla kolejnictwa NRF było to jednocześnie oddanie do eksploatacji pierwszego systemu wielokanałowego.

Na trasie próbnej 44% ogólnej długości kabla ułożone było w ziemi, pozostała zaś część długości kabla wprowadzono do kanalizacji betonowej.

Firma Siemens-Halske do przeprowadzenia prób ze swoim systemem V-300 otrzymała do dyspozycji od zarządu kolci NRF kabel (typu 2kx/20/28) o długości 30 km, ułożony pomiędzy miejscowościami Gemünden nad Menem i Elm powiat Schlüchtern wzdłuż zelektryfikowanej linii kolejowej trasy Würzburg-Fulda [7] [8] [9].

Próby eksploatacyjne urządzeń na tym odcinku prowadzone były przez półtora roku od lipca 1963 r.

Zgodnie ze zwyczajem oraz wymaganiami CCITT urządzenia techniczne systemu V-300, podobnie jak urządzenia innych systemów wielokrotnych, dzielone są na urządzenia końcowe (krotnice) i urządzenia stanowiące wyposażenie traktu liniowego.

W części nadawczej krotnic tworzone jest za pomocą czterech stopni modulacji pasmo liniowe, natomiast w

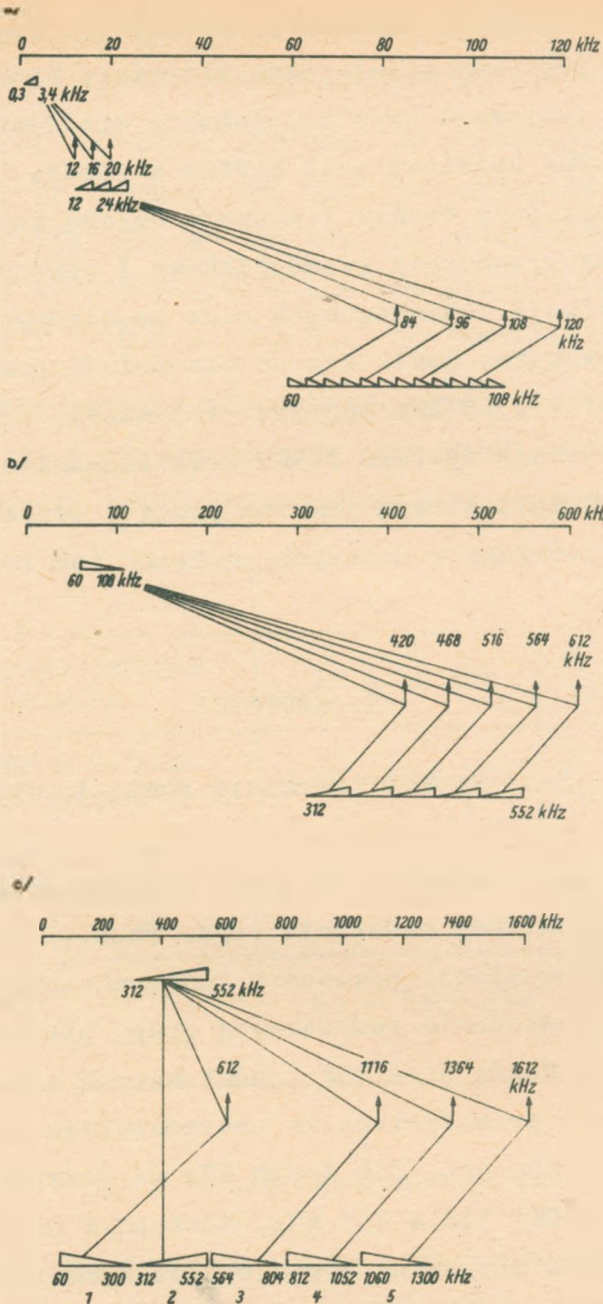
części odbiorczej w kolejności odwrotnej, uzyskiwane jest powtórnie 300 pasm małej częstotliwości. Sposób tworzenia pasma liniowego oraz kompletacja urządzeń krotnicy systemu V-300 omówiona jest krótko w rozdz. 5.

Do wyposażenia traktu liniowego należą kabel współosiowy oraz urządzenia (wzmacniakowe i pomocnicze) naziemnych stacji obsługiwanych oraz podziemnych stacji nieobsługiwanych, konieczne do transmisji pasma częstotliwości $60 + 1300$ kHz poprzez ten kabel. Urządzenia traktu liniowego systemu V-300 oraz zagadnienia z nim związane są zasadniczym tematem pracy i dlatego zostały obszernie omówione w dalszych punktach (od rozdz. 6) artykułu.

5. KROTNICE

5.1. Sposób tworzenia pasma liniowego

Liniowe pasmo nośne powstaje w urządzeniach krotnic po czterostopniowej modulacji (rys. 9a,b,c). Pierwsze dwa stopnie modulacji przenoszą pasmo akustyczne $300 + 3400$ Hz w położenie podstawowej grupy pierwotnej (PGP) $60 + 108$ kHz. Każde pięć PGP (podstawowych grup pierwotnych) zostaje przeniesione za pośrednictwem częstotliwości nośnych 420, 468, 516 i 612 kHz do podstawowej grupy wtórnej (PGW) $312 + 552$ kHz. Następnie pięć PGW (podstawowych grup wtórnych) zostaje ułożonych za pośrednictwem częstotliwości nośnych 612, 1116, 1364 i 1612 kHz w położenie pasma liniowego $60 + 1300$ kHz.



Rys. 9. Plan częstotliwości systemu V-300: a) tworzenie podstawowej grupy pierwotnej, b) tworzenie podstawowej grupy wtórnej, c) tworzenie liniowego pasma transmisyjnego

Poszczególne grupy wtórne przyjmują w pasmie częstotliwości liniowym następujące położenia:

GW I	60 + 300 kHz	po przemianie 612 kHz
GW II	312 + 552 kHz	bez przemiany (PGW)
GW III	564 + 804 kHz	po przemianie 1116 kHz
GW IV	812 + 1052 kHz	po przemianie 1364 kHz
GW V	1060 + 1300 kHz	po przemianie 1612 kHz

Stopniowy sposób budowy pasma liniowego z położenia kanałów i liczbę kanałów przedstawia tabl. 3. Rozdział na kanały telefoniczne następuje w odwrotnej kolejności.

T a b l i c a 3

1 grupa wstępna = 3 kanały	12 - 24 kHz	W panelu przemien- nika kanałowego
1 PGP = 4 GWst = 12 kanałów	60 - 108 kHz	W zespole wzmac- niacza grupowego
1 PGW = 5 PGP = 60 kanałów	312 - 552 kHz	W panelu prze- miennika grup pierwotnych
5 PGW = 300 ka- nałów	60 - 1300 kHz	W panelu prze- miennika grup wtórnych

5.2. Kompletacja krotnic

W skład krotnic każdej stacji końcowej wchodzi sto-
jak przemienników kanałowych (SPK), stojak przemienni-
ków grup pierwotnych (SPGP), stojak systemowy (SS V-300).

Pod względem konstrukcji mechanicznej stojaki wykonywane dla kolejnictwa bardzo mało różnią się od stojaków wykonywanych dla poczty NRF (konstrukcja 52). Ich wyposażenie zostało jedynie dopasowane do wymagań kolejnictwa NRF.

5.3. Stojak przemienników kanałowych

Stojak przemienników kanałowych (SPK) pokazany na rys. 10, zawiera 20 paneli przemian kanałowych (PK); 5 zespołów wzmacniaczy grupowych, zasilacz, zespół pomiarowy oraz pole obsługi z zespołem nasłuchowo-rozmównym. Zespoły te są podobne do zespołów systemu VZ-12M i nawzajem wymienne. Każdy panel PK zawiera, oprócz urządzeń przemiany, modulator dla nadajnika częstotliwości zewowej i odbiornik częstotliwości zewowej pozapasmowej 3850 Hz. Cztery panele PK tworzą grupę pierwotną. Stojak przemiany kanałowej zawiera zatem panele dla pięciu grup pierwotnych (60 kanałów). Ilość stojaków SPK uzależniona jest od wymaganej liczby kanałów. Np. wymaga się 3 stojaków SPK, jeżeli należy dołączyć więcej kanałów niż 120, a mniej niż 180.

5.4. Stojak przemienników grup pierwotnych

Stojak przemienników grup pierwotnych (SPGP) jest jeden na każdej stacji końcowej (rys. 11). Zawiera on 10 paneli przemienników grup pierwotnych, z czego 5 dla kierunku nadawczego i 5 dla kierunku odbiorczego. Jeden o-

bejmuje w kierunku nadawczym 5 grup pierwotnych połączonych w jedną grupę wtórną, natomiast panel kierunku odbiorczego wydziela z podstawowej

grupy wtórnej 5 grup pierwotnych. Stojak zawiera zatem panele do utworzenia pięciu grup wtórnych, tzn. 300 kanałów. Może on oprócz tego zawierać filtry transferowe grup pierwotnych i wtórnych.

5.5. Stojak systemowy

W stojaku systemowym (SS V-300) znajdują się wszystkie urządzenia, które potrzebne są do przemiany pięciu grup wtórnych w położenie przewidziane dla pasma liniowego 60 + 1300 kHz (rys. 12). Stojak zawiera oprócz pięciu paneli przełączników grup wtórnych i urządzeń generacyjnych, także urządzenia zaliczające się do wyposażenia traktu liniowego. Dzięki takiej kompletacji urządzeń system może być stosowany na niewielkich stacjach końcowych.

Listwa z łączownikami i swrotnicami szalnego zasilania		
Wzmoc. cs. nośnych kanał. i wt. grup Gen. cz. sygn. i prądów pilotowych grupowych		
Wzmoc. cs. nośnych gr. pierw. i wtór.		
Dzielnik 372/12 ⁴ /12 ⁴ / ₄ Gen. harm. 12 ⁴ /12 ⁴ / ₄		
Gen. podst. 1	Przeł. cz. sygn. nośn.	Gen. podst. 2
Wzmocniak nadawczy		
Wzmocniak odbiorczy		
Panel korektorów		
Układ sprzęgający grupy wtórne		
Przełącznik grup wtórnych 5		
Przełącznik grup wtórnych 4		
Przełącznik grup wtórnych 3		
Przełącznik grup wtórnych 2		
Przełącznik grup wtórnych 1		
Urząd. szalnego zasilania		
Zasilacz		
Zasilacz		

Rys. 12. Plan wyposażenia stojaka systemowego V-300 (SS V-300)

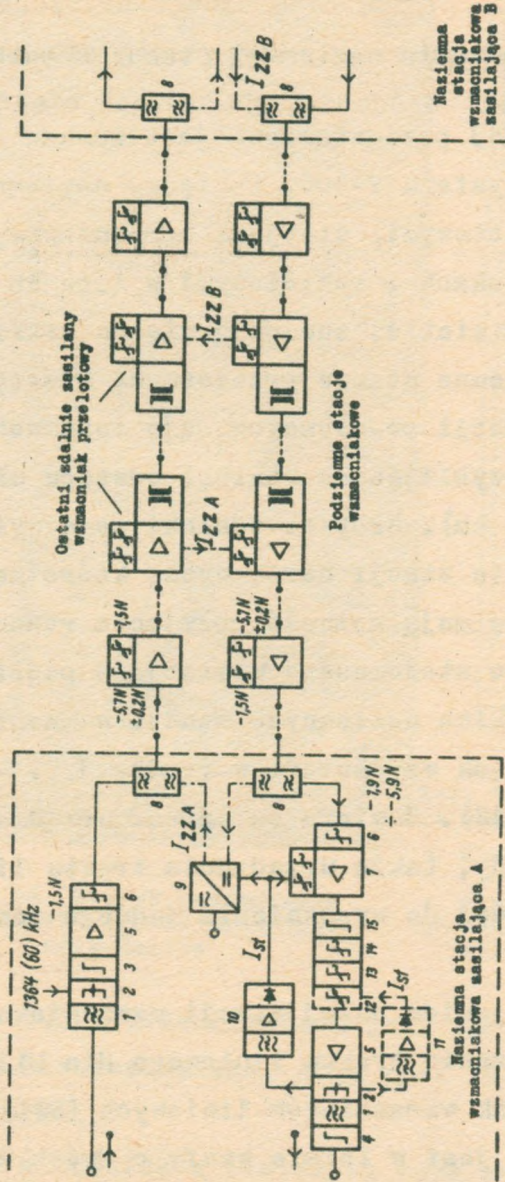
6. URZĄDZENIA TRAKTU LINIOWEGO

6.1. Urządzenia naziemnej stacji wzmacniakowej

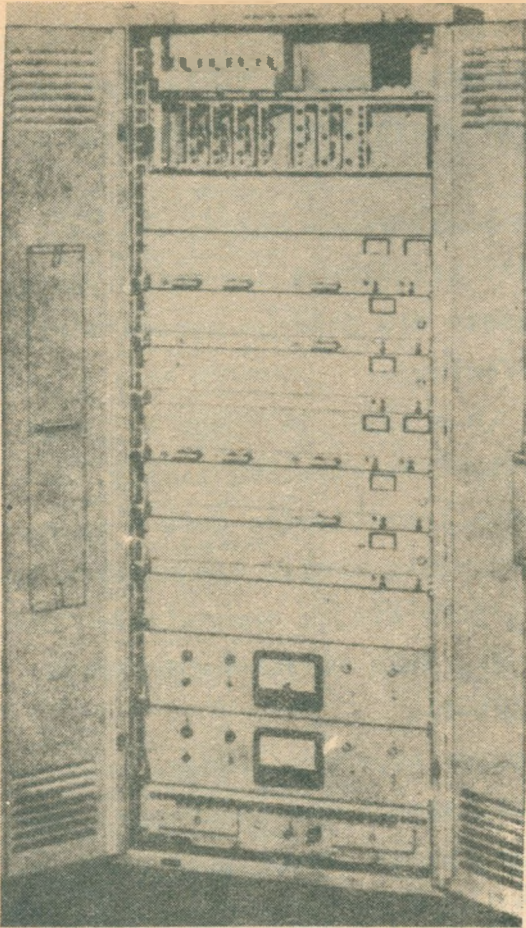
Na rysunku 13 przedstawiona jest zasada budowy traktu liniowego systemu V-300. Pomiędzy naziemnymi (końcowymi lub przelotowymi) stacjami wzmacniakowymi, umieszczonymi w budynkach i rozłożonymi w terenie w dużych odległościach od siebie, znajdują się na trasie zdalnie zasilane podziemne stacje przelotowe. Prosty sposób umieszczania stacji podziemnych daje możliwość utrzymania z dużym przybliżeniem stałego odstępu między tymi stacjami (co 6 km). Krótsze odcinki mogą występować tylko w sąsiedztwie stacji naziemnych, które ze względu na swą lokalizację mają możliwość przyjęcia różnego sprzętu dodatkowego nie stosowanego w stacjach podziemnych.

Dla niewielkich naziemnych stacji wzmacniakowych przewidziany jest jak wspomniano w rozdz. 5.5. - stojak systemowy (rys. 12). Zawiera on oprócz urządzeń generacyjnych i przemiany, także urządzenia traktu liniowego w ilości koniecznej do wyposażenia jednego zestroju systemu V-300.

Typowym stojakiem dużej stacji wzmacniakowej, zawierającym wyposażenie traktu liniowego dla kilku zestrojów, jest stojak wzmacniaków liniowych (SWL). Stojak ten wykonywany jest w formie szafy o dwóch wysokościach 1,5 m względnie 2,6 m i może on być stosowany na stacjach końcowych i przelotowych jako stojak wzmacniaków końcowych względnie przelotowych. Fotografia stojaka o



Rys. 13. Zasada budowy traktu liniowego V-300



Rys. 14. Stojak wzmacniaków liniowych (1,5 m) firmy Siemens-Halske

Listwa z łączówkami, zwrotnicami szalnego zasilania i korektorami kabli stacyjnych
Wzmacniak nadawczy ^{*1)}
Wzmacniak odbiorczy
Panel korektorów
Wzmacniak nadawczy [*]
Wzmacniak odbiorczy
Panel korektorów
Zaporowy filtr ^{**)} transfer.
Urszadz. szalnego zasilania
Urszadz. szalnego zasilania
Zasilacz

Rys. 15. Plan wyposażenia stojaka wzmacniaków liniowych (1,5 m)

x) dla SWIK - panel wzmacniaka nadawczego

dla SWIP - panel połączeniowy

xx) dla SWLT - panel transferowy tylko dla SWLT

wysokości 1,5 m przedstawiona jest na rys. 14a w wykonaniu firmy Siemens-Halske, a na rys. 14b w wykonaniu firmy Telefunken.

Stojak wzmacniaków liniowych może być przystosowany do transferów, po umieszczeniu w nim dodatkowych paneli z filtrami transferowymi.

W stojaku wzmacniaków liniowych oprócz urządzeń transmisyjnych (wzmacniakowych) mieszczą się także urządzenia pomocnicze systemu wraz z urządzeniami zdalnego zasilania.

Rysunek 15 pokazuje rozmieszczenie urządzeń na 1,5 m stojaku, który może przyjąć urządzenia dla dwóch zestrojów stacji końcowej względnie dla jednego zestawu stacji przelotowej lub transferowej.

W stojaku o wysokości 2,6 m (rys. 16) mogą być umieszczone urządzenia dla dwukrotnie większej liczby zestawów. Wyposażenie stojaka kompletowane jest w zależności od jego przeznaczenia: jako stojak wzmacniaków liniowych końcowych (SWL-K), jako stojak wzmacniaków liniowych przelotowych (SWL-P), jako stojak wzmacniaków liniowych - transferowy (SWL-T).

Dla stacji końcowej komplet urządzeń jednego zestawu SWL-K składa się z panela wzmacniaka nadawczego, panela wzmacniaka odbiorczego, panela korektorów oraz panela zdalnego zasilania. Schemat urządzeń wzmacniakowych stacji końcowej przedstawiony jest na rys. 17a.

W panelu wzmacniaka nadawczego znajdują się:

- urządzenie związane z automatyczną regulacją poziomu, a więc filtry zaporowe prądów pilotowych, układy wprowadzające i odgałęziające prądy pilotowe oraz sygnalizujące przekroczenie ich poziomu,

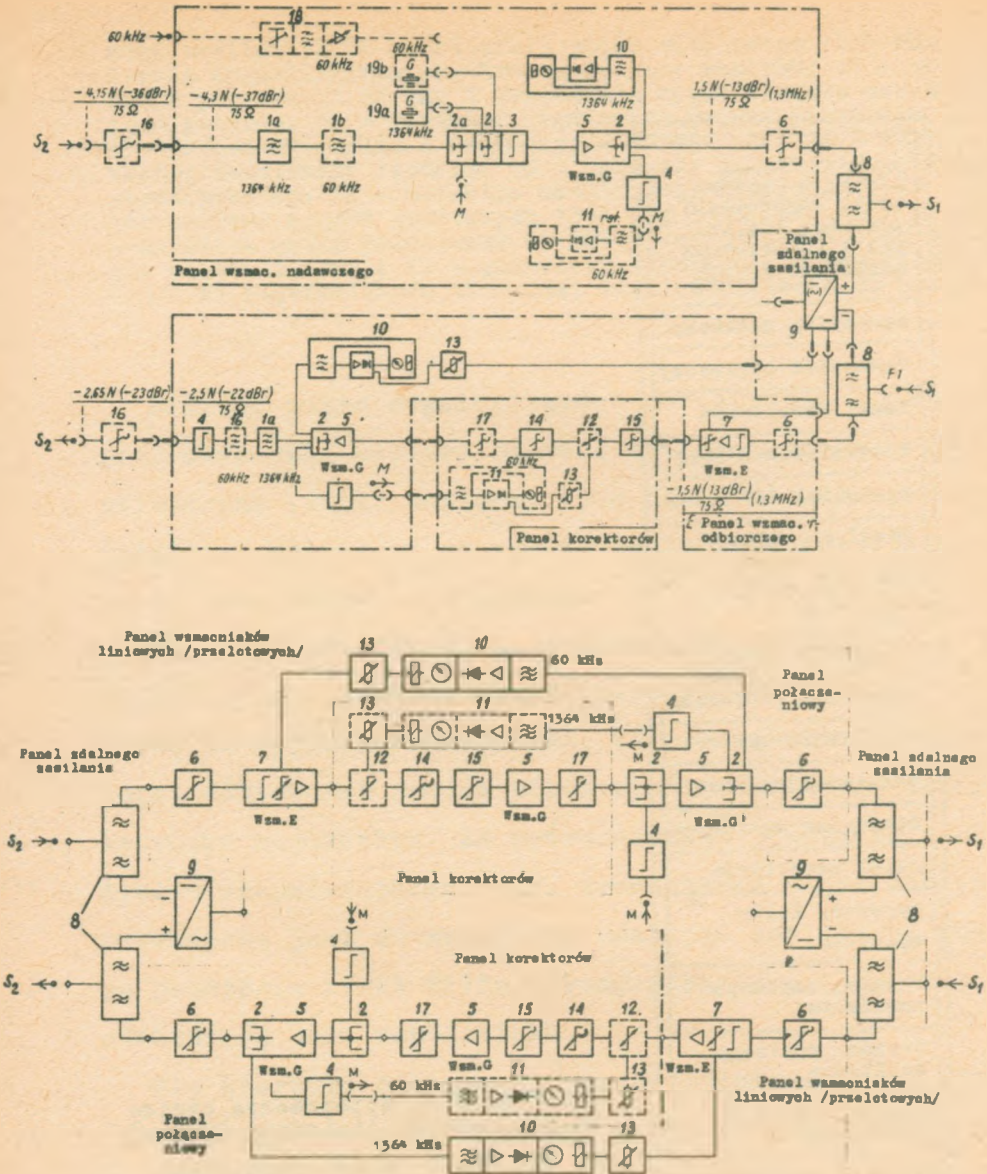
- układ preemfazy,

- wzmacniacz o płaskiej charakterystyce częstotliwości.

Listwa z łączówkami, zwrotnicami zdalnego zasilania i korektorami kabli stacyjnych
Wzmacniak nadawczy ^{x)}
Wzmacniak odbiorczy
Panel korektorów
Wzmacniak nadawczy ^{x)}
Wzmacniak odbiorczy
Panel korektorów
Zaporowy filtr ^{xx)} transfer.
Wzmacniak nadawczy ^{x)}
Wzmacniak odbiorczy
Panel korektorów
Wzmacniak nadawczy ^{x)}
Wzmacniak odbiorczy
Panel korektorów
Zaporowy filtr ^{xx)} transfer.
Urząd. zdalnego zasilania
Urząd. zdalnego zasilania
Urząd. zdalnego zasilania
Urząd. zdalnego zasilania
Zasilacz

Rys. 16. Plan wyposażenia stojaka wzmacniaków liniowych (2,6 m)

- x) dla SWLK - panel wzmacniaka nadawczego
dla SWLP - panel połączeniowy
dla SWLT - panel transferowy
xx) tylko dla SWLT



Rys. 17. Schematy blokowe naziemnych stacji wzmacniakowych: a) końcowej stacji, b) przelotowej stacji (poziomy podane są dla $f = 1,3$ MHz)

1 - filtry zaporowe prądów pilotowych: a) 1364 kHz, b) 60 kHz (na żądanie); 2 - układy rozgałęźne służące np. do wprowadzenia i odgałęzienia prądów pomiarowych, pilotowych oraz poszczególnych grup kanałów; 3 - układy preemfazy; 4 - układy deemfazy; 5 - wzm. G - wzmacniak o prostoliniowej charakterystyce częstotliwości; 6 - zespół uzupełniający tor; 7 - wzm. E - wzmacniak liniowy korygowany; 8 - zwrotnica szalnego zasilania; 9 - urządzenie nadawcze zdalne

nego zasilania; 10 - odbiornik prądu pilotowego 1364 kHz i urządzenia sygnalizujące przekroczenie jego poziomu; 11 - odbiornik prądu pilotowego 60 kHz i urządzenia sygnalizujące przekroczenie jego poziomu; 12 - korektor regulowany prądem pilotowym 60 kHz; 13 - część sterująca i regulacyjna układu ARP; 14 - korektor dokładny regulowany ręcznie; 15 - korektor zniekształceń błędów systematycznych; 16 - korektor okablowania stacyjnego; 17 - korektor poziomu prądów pilotowych 1364 kHz i 60 kHz; 18 - wzmacniacz - nadajnik prądu pilotowego 60 kHz przewidziany w celu porównywania częstotliwości; 19 - generator - nadajnik prądu pilotowego:
 a) częstotliwość 1364 kHz, b) częstotliwość 60 kHz

Liniowe pasmo częstotliwości dostarczone z przemiany grup wtórnych, dociera poprzez filtry zaporowe prądów pilotowych (filtr zaporowy 1364 kHz i 60 kHz) przez rozgałęźnik, potrzebny do wprowadzenia impulsów zdalnej kontroli lub prądów pomiarowych, a także prądów pilotowych, przez układ precyfazy, do wzmacniacza nadawczego o płaskiej charakterystyce częstotliwości (wzmac. G). Dołączone na wyjściu wzmacniacza, za pomocą układu rozgałęźnego, odbiorniki prądów pilotowych umożliwiają kontrolę kierunku nadawczego. Za pośrednictwem przełączalnych zespołów uzupełniających tor, przenoszone pasmo liniowe doprowadzone jest do zwrotnicy zdalnego zasilania, gdzie po przejściu przez filtr górnoprzepustowy łączy się z odchodzącą parą współosiową.

Dla kierunku odbiorczego przewidziane są dwa panele (panel wzmacniacza odbiorczego i panel korektorów), które zawierają wzmacniak liniowy z korekcją, tzw. korygowany (wzm. E) oraz urządzenie potrzebne do całkowitej korekcji odbieranego ze strony przeciwnej pasma liniowego. Tłumienie wnoszone przez korektory kompensowane jest za pomocą wzmacniacza o płaskiej charakterystyce wzmoc-

nienia (wzm. G), takiego samego jak wzmacniacz nadawczy. Poprzez filtry zaporowe prądów pilotowych i układ deemfazy, przenieszone pasmo liniowe już o prostoliniowej charakterystyce częstotliwości przekazane zostaje do urządzeń modulacyjnych (krotnic). Na wyjściu wzmacniacza o płaskiej charakterystyce (wzm. G) wyodrębnione są za pomocą odpowiednich odbiorników częstotliwości prądów pilotowych. Prąd pilotowy 1364 kHz wykorzystywany jest do regulacji poziomu. Współpracująca z odbiornikiem część sterująca i regulacyjna dostarcza prąd nastawny, który oddziałuje tak na wzmocnienie wzmacniacza odbiorczego (w 60%), jak również, w mniejszym stopniu (w 40%), na napięcie zdalnego zasilania (tylko w systemie firmy Telefunken).

Przy dłuższych odcinkach trasy mogą być wprowadzone w panelu korektorów urządzenia automatycznej regulacji wzmocnienia dla częstotliwości 60 kHz, konieczne do zmniejszenia odchyłek tłumienności wynikowej w dolnej części przenoszonego pasma.

Korektory stacyjne przełączane w stopniach po 50 mN, które umieszczone są na listwie górnej stojaka, umożliwiają, w przypadku różnych odległości między stojakami na stacji końcowej, odpowiednie dopasowanie pod względem linearności poziomu pasma częstotliwości wzmacniaczy liniowych (nadawczych i odbiorczych) do urządzeń modulacyjnych. Mogą one skorygować zniekształcenia kabla stacyjnego o maksymalnej długości 80 m.

Dla stacji przelotowej komplet urządzeń jednego zestawu stojaka SWL-P zawiera dla każdego kierunku trans-

misji panel wzmacniaka liniowego (przelotowego), panel korektorów, panel połączeniowy oraz panel zdalnego zasilania. Schemat blokowy stacji pokazano na rys. 17b.

Panel wzmacniaka liniowego (przelotowego) w przybliżeniu odpowiada panelowi wzmacniaka odbiorczego stacji końcowej. Nie wchodzi do niego między innymi filtry zaporowe prądów pilotowych i układ deemfazy.

Stojak transferowy (SWL-T), jak już wspomniano, tworzony jest ze stojaka wzmacniaków liniowych przelotowych przez wyposażenie każdego kierunku transmisji w panel transferowy zamiast panelu połączeniowego. W panelu tym umieszczony jest między innymi wzmacniak nadawczy, odbiornik prądu pilotowego 1364 kHz wraz z urządzeniami służącymi do sygnalizacji przekroczenia poziomu wyjściowego wzmacniaka nadawczego, filtry zaporowe prądów pilotowych dla odgałęzionego kierunku oraz układy deemfazy względnie prcemfazy (patrz rys. 46). Do transferu bezpośredniego grupy pierwotnej lub wtórnej bez powtórnego wprowadzenia jej do transmitowanego pasma wymagane są jedynie układy rozgałęźne bez filtrów. Natomiast w przypadku transferu z powtórnym wprowadzeniem grup wtórnych oprócz układów rozgałęźnych konieczne są także filtry. Filtry wraz z układami rozgałęźnymi umieszczone są w panelu filtrów transferowych.

6.2. Urządzenia podziemnej stacji wzmacniakowej

Wzmacniak przelotowy podziemnej stacji wzmacniakowej wykonany jest w postaci bloku wzmacniakowego. Blok wzmac-

niakowy o wymiarach 192 x 285 x 198 mm i pojemności 9,3 dcm³ zawiera wzmacniaki dla obu kierunków transmisji, urządzenie zdalnego zasilania wraz ze zwrotnicami filtrowymi, filtr pasmowy konieczny do kontroli zdalnej oraz odgromowe urządzenie zabezpieczające.

Wzmacniak liniowy każdego kierunku jest dwukrotnie ekranowany w celu uzyskania dużej wartości tłumienności przesłuchowej pomiędzy obu kierunkami transmisji.

Blok wzmacniakowy wkładany jest do żeliwnej obudowy, do tzw. skrzyni wzmacniakowej, łączącej się z boku z mufą kablową.

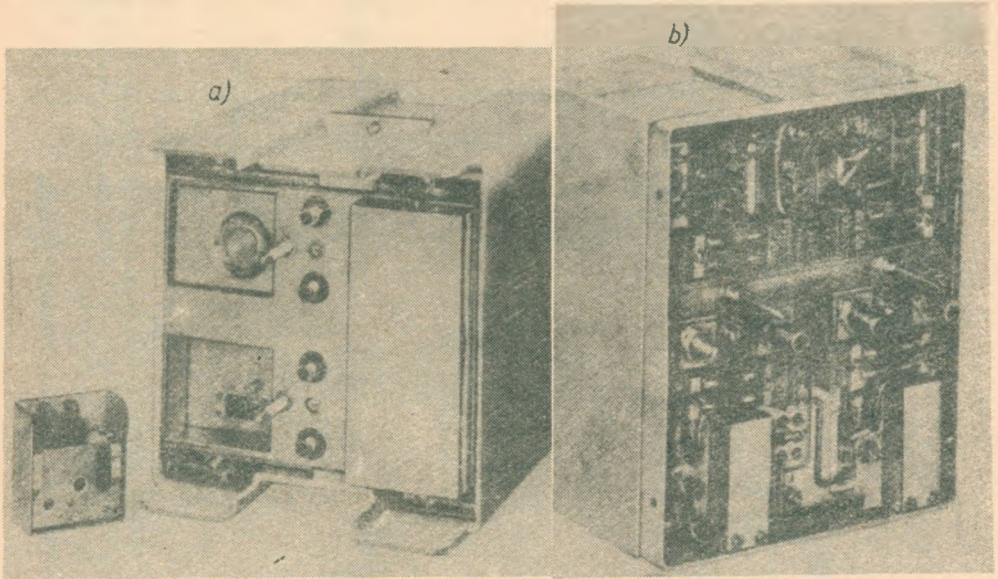
W skrzyni wzmacniakowej znajduje się wyposażenie dla łącza służbowego, a mianowicie przenośnik zabezpieczający i gniazdo dołączeniowe. Obudowa żeliwna zabezpiecza blok przed uszkodzeniami mechanicznymi lub wpływami klimatycznymi. Wnętrza skrzyni wzmacniakowej jak i mufy kablowej są hermetyczne i oddzielone wzajemnie od siebie.

Ze względu na zdalne zasilanie szeregowie prądem stałym w systemie V-300 zastosowano tzw. pływający potencjał (wyjaśnienie tego pojęcia patrz rozdz. 10) co spowodowało, że tor współosiowy (żyła wewnętrzna i zewnętrzna) izolowane są od powłoki kabla i od ziemi. Metalowa obudowa każdego wzmacniaka w bloku wzmacniakowym ma potencjał żyły zewnętrznej toru współosiowego. Niebezpieczne dla życia napięcia mogą występować pomiędzy obudową każdego wzmacniaka a obudową skrzyni wzmacniakowej i mufy kablowej, mającą potencjał ziemi.

Izolująca pokrywa nad każdym wzmacniakiem zapobiega

przed dotknięciem do prowadzącej napięcie obudowy wzmacniaka.

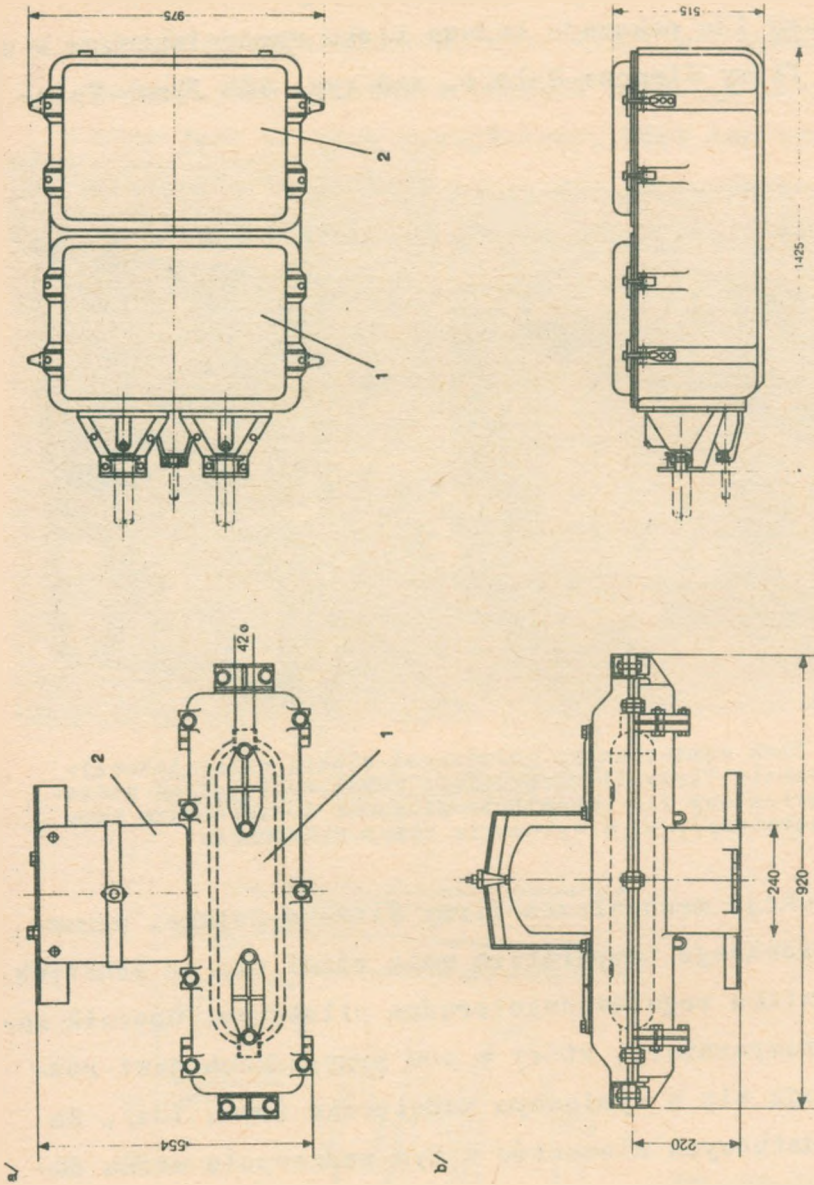
Rysunek 18a pokazuje budowę bloku wzmacniakowego w wykonaniu firmy Siemens-Halske, zaś rys. 18b firmy Telefunken.



Rys. 18. Blok wzmacniakowy podziemnej stacji wzmacniakowej: a) w wykonaniu firmy Siemens-Halske (obok wyciągnięty podzespół przewidziany dla ustawienia długości i sterowania temperatury), b) w wykonaniu firmy Telefunken

Konstrukcja mechaniczna firmy Siemens-Halske, wzmacniaka sterowanego temperaturą mało różni się od konstrukcji wzmacniaka regulowanego prądem pilotowym. Opornik zależny od temperatury, który w obu przypadkach jest różny, znajduje się w wymiennym pudełeczku (rys. 18a). Za pomocą dodatkowych elementów w tym podzespole można dopasować wzmacniak liniowy sterowany temperaturą w ustalonym zakresie do długości odcinka wzmacniakowego.

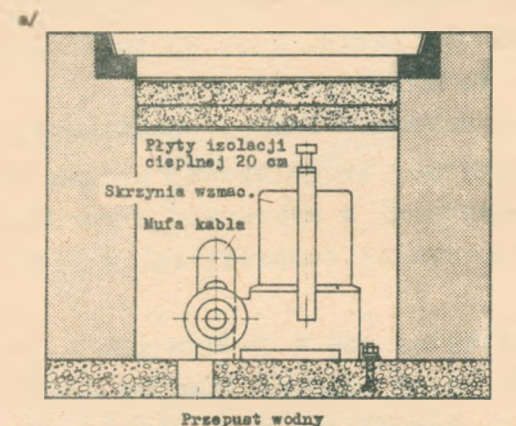
Firma Telefunken przewiduje, że dobudowana do mufy ka-



Rys. 19. Ubudowa żelazna wtykanek stacji wzmocniającej (firmy Telefunken):
 a) dla jednego wtykanego bloku wzmocniającego, b) dla sześciu wtykanych blo-
 ków wzmocniających

1 - mufa kablowa, 2 - mufa wzmocniająca

blowej skrzynia wzmacniakowa może być wyposażona w zależności od jej wielkości w jeden lub sześć wtykanych bloków wzmacniakowych (rys. 19a i b). Wzmacniak przewodziany jako ostatni w odcinku zdalnego zasilania wyposażony jest we wtyk przejściowy. Wtyk ten zawiera dla obu kierunków transmisji po jednym przenośniku służącym do oddzielenia odcinków zdalnego zasilania oraz filtr zaporowy do ograniczenia zakresu zdalnej kontroli. Oprócz tego tworzona jest tu pętla zdalnego zasilania przez połączenie obu żył wewnętrznych dla prądu stałego.



Rys. 20. Podziemna stacja wzmacniakowa: a) przekrój przez studzienkę kablową, b) wykres temperatur w styczniu 1963 r.

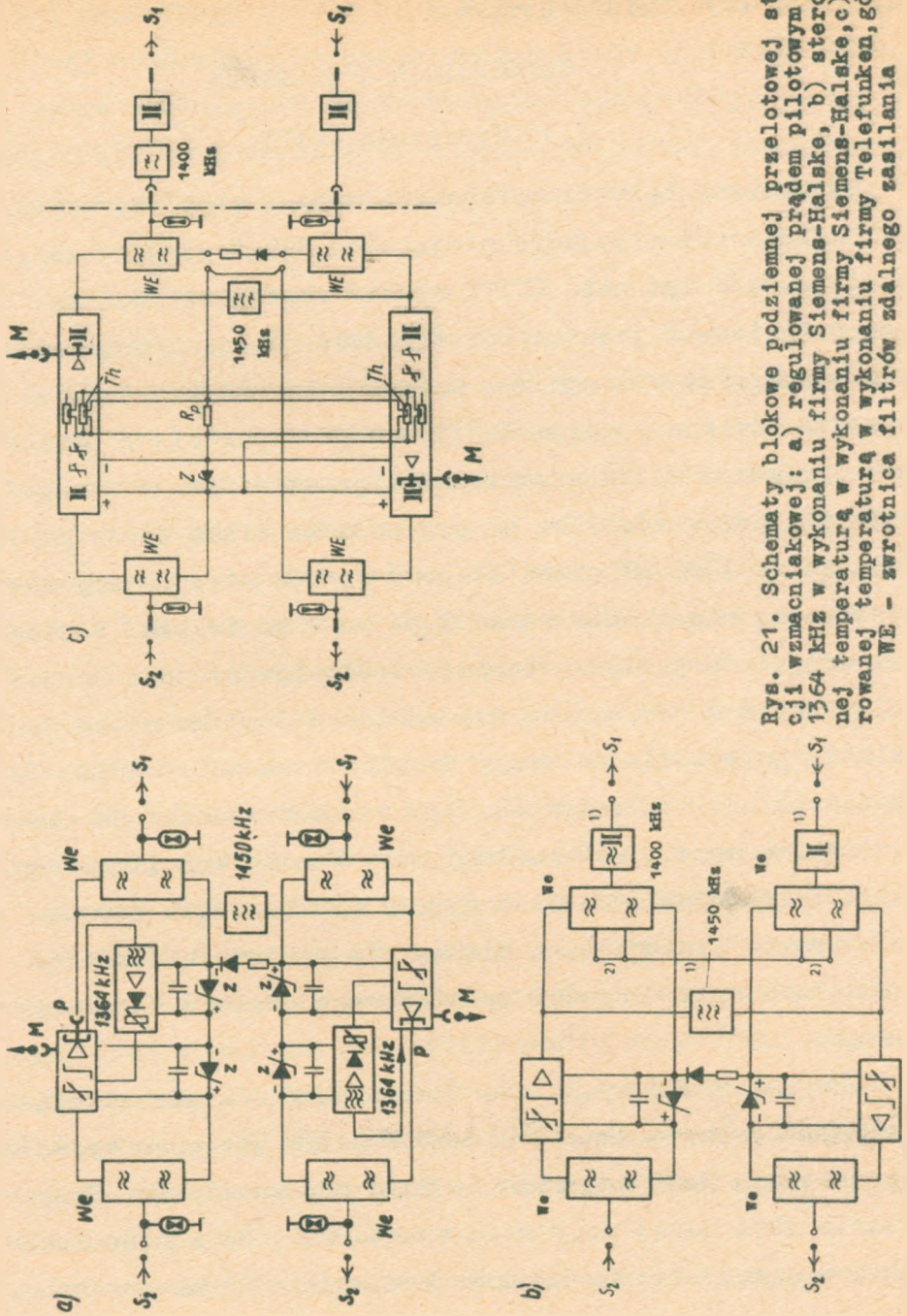
Przewiduje się, że stacje wzmacniakowe będą zakopywane w ziemi podobnie jak skrzynie pupinizacyjne. Na razie wszystkie podziemne stacje nieobsługiwane umieszczane są w studzienkach kablowych, które ułatwiają konserwację i naprawę.

Firma Telefunken nie wymaga dla swoich wzmacniaków, aby studzienki miały specjalną izolację cieplną, ponieważ przy zastosowanej metodzie regulacji poziomów temperatura otoczenia wzmacniaków może być dowolna. Natomiast przy metodzie sterowania temperaturowego wzmacniaków użytych przez firmę Siemens-Halske temperatura otoczenia wzmacniaków musi odpowiadać w miarę możliwości jak najdokładniej temperaturze kabla. Rys. 20 pokazuje, w jaki sposób zagadnienie to firma rozwiązała.

Rysunek 21a przedstawia schemat blokowy podziemnej przelotowej stacji wzmacniakowej (regulowanej prądem pilotowym i sterowanej temperaturą) w wykonaniu firmy Siemens-Halske a rys. 21b (sterowanej temperaturą) w wykonaniu firmy Telefunken.

Zwrotnica zdalnego zasilania, tak w jednym jak i w drugim wykonaniu, oddziela pasmo transmisyjne od prądu stałego zdalnego zasilania. Równolegle do zacisków zasilających wzmacniaka dołączony jest kondensator o bardzo dużej pojemności i dioda Zenera w kierunku zaporowym; oba elementy chronią wzmacniak przed przepięciami, które mogą wystąpić np. przez oddziaływanie linii energetycznych na tor współosiowy.

Wzmacniaki obu kierunków w wykonaniu firmy Telefunken połączone są równolegle dla prądu stałego. W obwodzie zasilania znajduje się także opornik i równolegle połączone układy termistorowe (Th). Na wyjściu wzmacniaka jednego a na wejściu wzmacniaka drugiego kierunku znajdują się wysokoomowe dzielniki napięcia; przez nie



Rys. 21. Schematy blokowe podziemnej przelotowej stacji wzmacniakowej: a) regulowanej prądem pilotowym 1364 kHz w wykonaniu firmy Siemens-Halske, b) sterowanej temperaturą w wykonaniu firmy Siemens-Halske, c) sterowanej temperaturą w wykonaniu firmy Telefunken, gdzie WE - zwrotnica filtrów zdalnego zasilania

i przez filtr pasmowy powracają w kierunku stacji nadawczej impulsy zdalnej kontroli.

7. WZMOCNIENIE I KOREKCJA

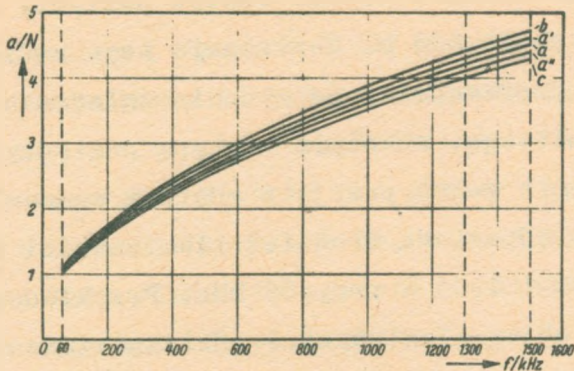
7.1. Wymagania CCITT

Od systemu teletransmisyjnego wymaga się, aby przemienniki wiadomości z jednego miejsca do drugiego bez zniekształceń. W tym celu CCITT wydał szereg zaleceń na trakt liniowy i jego części składowe. W łączu odniesienia o długości 2500 km moc szumów w kanale telefonicznym nie powinna przekraczać 10000 pW w punkcie o poziomie względnym 0. Na przemienniki przewidziano z tego 2500 pW, pozostałe 7500 pW przypada na trakt liniowy. Dzieląc te 7500 pW przez długość traktu otrzymujemy dopuszczalną moc szumów równą 3 pW na 1 km traktu. Ponieważ przesłuch pomiędzy torami współosiowymi jest bardzo mały, zatem dopuszczalną moc zakłóceń 3 pW/km można podzielić po połowie na szумы cieplne i na zakłócenia od zniekształceń nieliniowych. Wychodząc z warunku na szумы cieplne oraz z maksymalnej mocy wzmacniaka liniowego, można dokonać obliczenia i wyboru podstawowych parametrów traktu liniowego, a mianowicie poziomu nadawczego wzmacniaka oraz długości podstawowego odcinka wzmacniakowego.

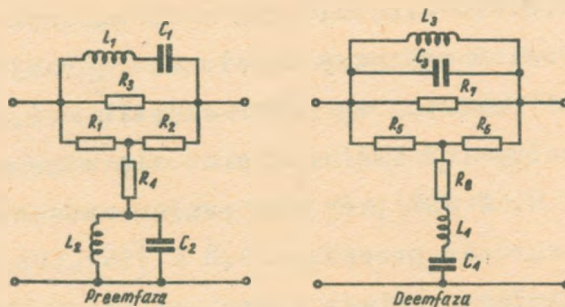
Maksymalna moc wyjściowa wzmacniaków zdalnie zasilanych jest ograniczona, ponieważ z dużym poziomem wyjściowym związana jest odpowiednio duża moc zasilania. Przesyłanie zbyt dużej mocy może spowodować, że zdalne zasilanie większej liczby wzmacniaków będzie nieekonomiczne. Z analizy tego zagadnienia wynika, że np. zwiększenie po-

ziomu nadawczego o 0,35 N, a więc podwojenie mocy wyjściowej wzmacniaka zwiększa odstęp pomiędzy wzmacniakami tylko o około 600 m. Rozważania tego rodzaju w ramach CCITT doprowadziły do wydania zalecenia dla systemu 300-kanalowego, odnośnie odstępu pomiędzy wzmacniakami. W systemie V-300 przyjęto odcinek wzmacniakowy równy 6 km, co odpowiada średniej tłumienności toru 4,2 N przy 1,3 MHz i 1,03 N przy 60 kHz. Przykładowo podano na rys. 22 przebieg tłumienności odcinka wzmacniakowego dla różnych temperatur i długości. Ze względu na nieznaczną tłumienność kabla przy niższych częstotliwościach poziom nadawczy w tym zakresie może być położony poniżej poziomu nadawczego częstotliwości 1,3 MHz. Wprowadzenie preemfazy, tzn. uzależnienie poziomu nadawczego od częstotliwości, pozwala uzyskać korzystniejsze wartości tłumienia zniekształceń nieliniowych oraz wartość szumów całkowitych. Poziom nadawczy kanału dla górnej granicy pasma (1,3 MHz) powinien wg CCITT wynieść - 1,5 N, zaś dla dolnej granicy (60 kHz) zawierać się w granicach od - 2,1 do - 3,2 N. W NRF przyjęto poziom nadawczy kanału - 2,3 N, stąd wartość preemfazy 0,8 N [16]. Po stronie odbiorczej preemfaza zostaje zniesiona przez układ deemfazy. Stąd graniczna moc wysterowania wzmacniaka powinna być powyżej + 1,4 N (16,5 mW). Dla trzystu kanałów telefonicznych CCITT ustalili równoważną moc szczytową sygnału wielokanałowego przy poziomie niezależnym od częstotliwości równą + 2,65 Nm0.

Łudowę układów preemfazy i deemfazy przedstawiono na rys. 23.



Rys. 22. Tłumienność odcinka wzmacniakowego kabla współosiowego małowymiarowego dla kilku jego długości i kilku temperatur
 $a - 6,03$ km przy 10°C $a'' - 6,03$ km przy 0°C
 $a' - 6,03$ km przy 20°C $b - 6,31$ km przy 10°C
 $c - 5,71$ km przy 10°C



Rys. 23. Układy preamfazy i deemfazy (Δp 1300 kHz i 60 kHz = 0,8 N)

Wartości elementów:

R_1, R_2 ,	$R_8 = 52,6 \Omega$	$L_1 = 13,7 \mu\text{H}$
$R_5, R_6 - 75 \Omega$	$C_1 = 958 \text{ pF}$	$L_2 = 5,39 \mu\text{H}$
$R_3 - 103,5 \Omega$	$C_2 = 2440 \text{ pF}$	$L_3 = 4,3 \mu\text{H}$
$R_4 - 54,3 \Omega$	$C_3 = 3050 \text{ pF}$	$L_4 = 17,13 \mu\text{H}$
$R_7 - 107 \Omega$	$C_4 = 765 \text{ pF}$	

7.2. Parametry

Wychodząc z wymagań CCITT ustalono wymagania i parametry wzmacniaka liniowego korygowanego (wzm. E).

Szumy cieplne i zniekształcenia nieliniowe wnoszone przez wzmacniak liniowy korygowany (wzm. E), przeznaczony dla toru o długości 6 km, mogą wynosić średnio około 18 pW. Szum całkowity zdalnie zasilanego wzmacniaka korygowanego (wzm. E) współpracującego z torem jest w rzeczywistości znacznie mniejszy. Dla przykładu podano na rys. 24 uzyskane przez firmę Siemens-Halske wyniki obliczeń i pomiarów mocy szumów w 3 kanałach telefonicznych (o szerokości pasma 3100 Hz każdy), uzyskane w trakcie o długości 100 km i odniesione do 1 km i poziomu względnego 0.

Wymagania na przesłuch pomiędzy wzmacniakami obu kierunków jednego systemu są wysokie, jeśli oba kierunki transmisji wykorzystywane są oddzielnie (np. radiowy program nadawany w obu kierunkach). Tłumienność przesłuchowa musi być wtedy dla każdego wzmacniaka większa niż 10,5 N.

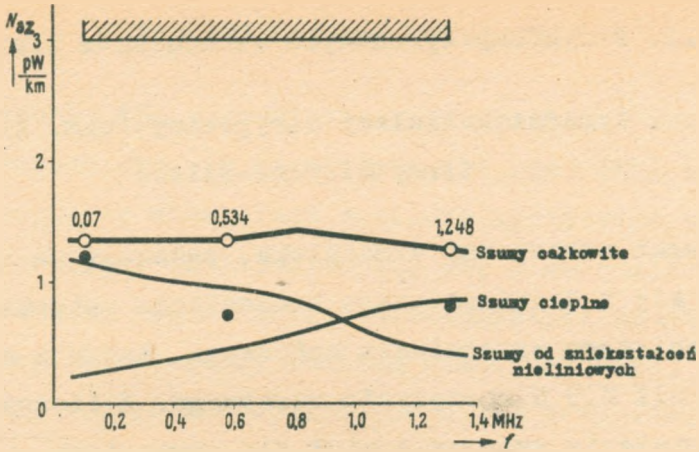
Aby poziom rzeczywisty (pracy) wzmacniaków przelotowych pomiędzy dwoma stacjami naziemnymi nie różnił się bardzo od poziomu nominalnego oraz w celu umożliwienia korekcji na stacji naziemnej prostymi środkami, dokładność przebiegu charakterystyki częstotliwościowej każdego wzmacniaka w zakresie 60 kHz + 1,5 MHz musi być lepsza niż $\pm 0,03$ N. Zakres częstotliwości został tu rozszerzony w górę do 1,5 MHz w celu objęcia tą dokład-

nością również częstotliwości impulsowej metody lokalizacji uszkodzeń (zdalnej kontroli). Każdy wzmacniak przelotowy kompensuje tłumienność poprzedzającego go odcinka wzmacniakowego, a charakterystyka częstotliwości (z preemfazą) i poziom na wyjściu wszystkich przelotowych wzmacniaków korygowanych (wzm. E) są jednakowe. Każdy wzmacniak korygowany (wzm. E) stacji podziemnej dopasowany jest do przydzielonego mu odcinka wzmacniakowego za pośrednictwem ręcznie regulowanych, a także automatycznie sterowanych korektorów.

Korektory nastawne pozwalają na skompensowanie różnic długości toru, a korektory sterowane automatycznie na skompensowanie zmiany jego tłumienności w funkcji zmian temperatury.

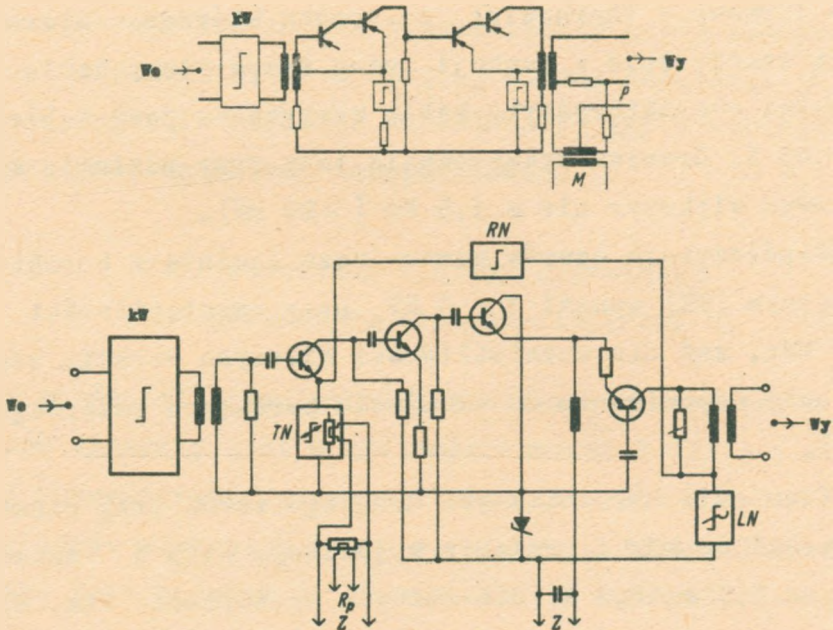
Tłumienność odcinka wzmacniakowego toru współosiowego przy częstotliwości 1,3 MHz i średniej temperaturze kabla $+8^{\circ}\text{C}$ może wynosić $4,2 \text{ N} \pm 0,2 \text{ N}$, co odpowiada długości $6,0 \text{ km} \pm 280 \text{ m}$.

Dzięki odpowiedniemu dopasowaniu oporności pozornej wzmacniaka przelotowego do toru unika się zniekształceń tłumieniowych, które pochodzą od odbić. Korekcja tych zniekształceń wymagałaby dodatkowych dużych nakładów środków. Współczynnik odbicia został ustalony poniżej 12% w całym zakresie częstotliwości.



Rys. 24. Psufometryczna moc szumów urządzeń traktu liniowego, odniesiona do 1 km i punktu o poziomie względnym zero dla kanału telefonicznego o szerokości 3100 Hz

○ - obliczona; ● - pomierzona na 100 km trasie traktu liniowego



Rys. 25. Uproszczony schemat zasadniczy korygowanego wzmacniacza liniowego wzm. E: a) w wykonaniu firmy Siemens-Halske, b) w wykonaniu firmy Telefunken

7.3. Przykłady wykonanych wzmacniaków liniowych

Wzmacniak liniowy korygowany (wzm. E)
firmy Siemens-Halske

Schemat zasadniczy wzmacniaka, pokazany na rys. 25a, składa się z dwustopniowego wzmacniacza wstępnego oraz dwustopniowego wzmacniacza końcowego. Każdy z nich ma więcej niż 2,9 N sprzężenia zwrotnego. Z licznych układów sprzężenia wybrany został dla wzmacniacza wstępnego taki, który daje niewielkie szумы, zaś dla wzmacniacza końcowego taki, który wprowadza największe tłumienie harmonicznych. Korektor wzmacniacza wstępnego zawiera opornik o charakterystyce zależnej od temperatury (oznaczenie firmowe - Thernewid), za pomocą którego sterowane jest wzmocnienie w funkcji zmian temperatury kabla. Nominalna charakterystyka kabla korygowana jest lepiej niż $+ 0,03$ N. Granica wysterowania leży przy poziomie wyjściowym większym niż $+ 1,5$ Nm (> 20 mV).

Współczynnik szumów wzmacniacza łącznie z korektorem wstępnym (WK) wynosi $3 + 5 kT_0$ przy częstotliwości 1,3 MHz, zaś dla częstotliwości niższych wzrasta zdecydowanie odpowiednio do tłumienia korektora wstępnego (KW).

Tłumienie harmonicznych drugiego rzędu przy częstotliwości 60 kHz i poziomie wyjściowym $-1,5$ N zawiera się od $9,5 + 10,0$ N (dla różnych egzemplarzy wzm. E), przy częstotliwościach wyższych - nieco spada.

Tłumienie harmonicznych trzeciego rzędu w całym zakresie częstotliwości ma wartość ok. $12,7$ N.

Wzmacniak firmy Telefunken

Na rysunku 25b przedstawiony jest schemat zasadniczy układu wzmacniaka. Za korektorem wstępnym (KW) znajduje się 4-stopniowy wzmacniacz o silnym sprzężeniu zwrotnym. Układ korekcyjny (LN) znajdujący się w obwodzie wyjściowym pozwala na dopasowanie charakterystyki wzmacniacza do istniejącej długości odcinka wzmacniakowego. Jest on nastawiany w pięciu stopniach po 0,1 N przy 1364 kHz. Za pomocą układu (RN) podawane jest napięcie sprzężenia zwrotnego do emitera pierwszego stopnia. Znajduje się tu również układ zaopatrzony w termistory (TN), który steruje wzmocnieniem i korekcją w sposób ciągły w zależności od prądu zdalnego zasilania. Sterowanie to daje już przy najmniejszych zmianach temperatury kabla znaczne zmiany wzmocnienia, co z drugiej strony warunkuje dużą stałość napięcia zdalnego zasilania ($\pm 1\%$) i szczególnie staranną budowę układu termistorowego.

7.4. Wzmacniak liniowy o płaskiej charakterystyce wzmocnienia (wzm. G)

Do wyrównania tłumienności podstawowej korektorów i filtrów wymagany jest w systemie wzmacniak liniowy o płaskiej charakterystyce wzmocnienia (wzm. G).

Układowo wzmacniak ten w rozwiązaniu firmy Siemens-Halske jest podobny do dwustopniowego wzmacniacza końcowego wzmacniaka liniowego korygowanego (wzm. E). Zamiast dwójnika zależnego od częstotliwości w obwodzie

sprężenia zwrotnego znajduje się oporność rzeczywista. Wzmacniak ten spełnia takie same wysokie wymagania odnośnie nieliniowości co wzmacniak korygowany (wzm. E).

7.5. Korekcja traktu liniowego

W teletransmisyjnych systemach nośnych tłumienność toru i innych urządzeń traktu liniowego zależna jest od częstotliwości, lecz przy pewnej określonej temperaturze jest dotąd stała, dopóki nie nastąpią zmiany tłumienności uwarunkowane starzeniem. Ta średnia tłumienność traktu liniowego wyrównywania i korygowania jest w każdej podziemnej stacji wzmacniakowej, następującej po każdym odcinku wzmacniakowym (za pomocą liniowych wzmacniaków korygowanych (wzm. E), co omówiono już w rozdz. 7.1.) oraz na każdej naziemnej stacji wzmacniakowej, zlokalizowanej po kilku (maks. 20 + 24) odcinkach wzmacniakowych.

Naziemna stacja wzmacniakowa oprócz liniowego wzmacniaka korygowanego (wzm. E) wyposażona jest w dodatkowe środki korekcji przeznaczone do usunięcia zniekształceń, zbierających się na trasie między stacjami naziemnymi, a mianowicie korektor zniekształceń systematycznych, korektor dokładny i korektor prądów pilotowych. Korektory te nastawiane są ręcznie. Stosowane są tu także korektory regulowane prądem pilotowym, a więc pracujące automatycznie (patrz rozdz. 8).

Korygowanie na stacjach przelotowych małych, systematycznych zniekształceń charakterystyki częstotliwości poszczególnych wzmacniaków przelotowych, jest nieekono-

miczne, gdyż zniekształcenia te są rzędu dokładności pomiaru ($0,01 + 0,015 N$). Dopuszcza się zatem niedostateczną korekcję powodującą na stacji naziemnej zniekształcenia rzędu $0,30 N$, które są skorygowane przez stały czwórnikowy korektor zniekształceń systematycznych. Oprócz zniekształceń systematycznych muszą być wyrównywane zniekształcenia przypadkowe, wynikające z tolerancji odcinków fabrykacyjnych kabla, dopasowania itp. Korygowane są one za pomocą korektora dokładnego. Korektor ten jest nastawny i pozwala na podniesienie względnie obniżenie poziomu w dowolnym punkcie charakterystyki przenoszonego pasma. Przy tym amplituda, szerokość pasma i częstotliwość rezonansowa może być ustawiana niezależnie jedna od drugiej.

Korektor dokładny w wykonaniu firmy Siemens-Halske ma zakres regulacji amplitudy $\pm 0,4 N$, zaś firmy Telefunken $\pm 0,3 N$.

Korektor dokładny firmy Siemens-Halske stanowią dwa nastawne dwuczłonowe korektory regulowane, które współpracują z włączonym między nimi wzmacniaczem o płaskiej charakterystyce wzmocnienia (wzm. G). Wzmacniacz wyrównuje tłumienność podstawową drogi transmisyjnej i pozwala na regulację wzmocnienia o $0,5 N$ w niewielkich skokach.

Ponieważ poziomy prądów pilotowych 1364 kHz oraz 60 kHz są użyte jako kryteria wzmocnienia i korekcji przenoszonego pasma 60 + 1300 kHz, zatem odstęp ich poziomu od poziomu tego pasma musi mieć dokładnie określoną wartość ($1,15 N$ poniżej pomiarowego poziomu kanałowe-

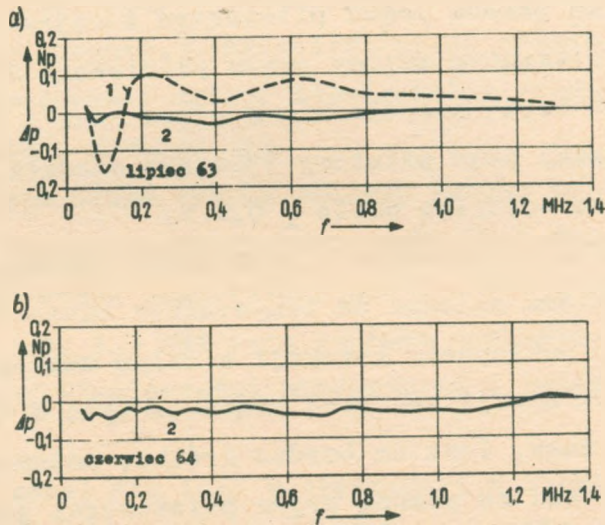
go) tak na wyjściu strony nadawczej, jak i w punkcie wydzielania prądu pilotowego każdej naziemnej stacji wzmacniakowej. Występujące na odcinku pomiędzy dwoma stacjami naziemnymi odchyłki prądów pilotowych w stosunku do przenoszonego pasma są wyrównywane przez korektor prądów pilotowych. Tłumienność korektora nastawiana jest oddzielnie dla częstotliwości 136⁴ kHz i 60 kHz.

Niedokładności korekcji temperaturowych zmian tłumienności toru korektorów znajdujących się we wzmacniakach korygowanych (wzm. E) są wyregulowywane w naziemnej stacji wzmacniakowej za pomocą liniowego prądu pilotowego 136⁴ kHz.

Ponieważ dla długich tras zmiany tłumienności kabla przy niższych częstotliwościach nie zostają w pełni uchwycone przez układ regulacji 136⁴ kHz, dla skorygowania tych błędów i poprawienia stabilności tłumienności wynikowej może być wprowadzony korektor dodatkowy dla dolnej części przenoszonego pasma, regulowany automatycznie za pomocą prądu pilotowego 60 kHz. Zagadnienie automatycznej regulacji poziomu omówiono dokładnie w rozdz. 8 artykułu.

Zespoły uzupełniające tor VL na wejściu i wyjściu naziemnej stacji wzmacniakowej (przelotowej lub końcowej) są potrzebne po to, aby uzupełnić tłumienność krótszego odcinka wzmacniakowego, znajdującego się pomiędzy naziemną stacją wzmacniakową a pierwszą podziemną stacją przelotową tak, aby znalazło się ono w zakresie regulacji liniowego wzmacniaka korygowanego (wzm. G). Tłu-

mienność toru odcinka wzmacniakowego graniczącego z naziemną stacją wzmacniakową powinna zawierać się w granicach od około 0,4 N do 4,4 N przy 1,3 MHz, co dla kabla współosiowego małowymiarowego odpowiada długości odcinka wzmacniakowego od 0,6 do 6,3 km.



Rys. 26. Odchyłki poziomu (Δp) od wartości wymaganej pomierzone na 100 km trasie próbnej: a) po uruchomieniu w lipcu; b) po rocznej eksploatacji w czerwcu 1964 r.

1 - krzywa bez korekcji dokładnej, 2 - krzywa z korekcją dokładną

Zespoły te składają się z czterech przelączanych stopni po 0,4 N; 0,8 N; 1,2 N i 2,4 N przy 1,3 MHz.

Pomiary, jakie zostały wykonane przez firmę Siemens-Halske na 100 km trasie próbnej z 18 wzmacniakami korygowanymi (wzm. E) i czterema zespołami uzupełniającymi tory wykazały, że można było uzyskać podczas uruchomienia dokładność korekcji rzędu $\pm 0,02$ N w zakresie częstotliwości od 0,06 + 1,3 MHz [7]. Na rys. 26a pokazana

jest odchyłka Δp wzmocnienia skutecznego trasy od wartości nominalnej bez i z korekcją dokładną, uzyskaną na końcu trasy próbnej. W celu zbadania długookresowej stałości korekcji i działania sterowania temperaturowego u-
nieruchomiono na naziemnej stacji końcowej automatyczną regulację za pomocą prądu pilotowego i rejestrowano przyrządem samopiszącym zmiany prądu pilotowego 1364 kHz. Tłumienność toru zmieniła się w ciągu roku o około 2,4 N, a przychodzący prąd pilotowy 1364 kHz śledził te zmiany z największą odchyłką około $\pm 0,2$ N.

Sterowanie temperaturowe zredukowało występujące tu wahania poziomu zależne od temperatury około 6-krotnie. Aby ustalić dokładność korekcji w całym zakresie częstotliwości, na stacji końcowej włączona była w większych odstępach czasu, lecz na bardzo krótko, automatyczna regulacja poziomu za pomocą prądu pilotowego; jedną z przemierzonych krzywych pokazuje rys. 26b.

Podczas półtorarocznej pracy przy niezmiennym ustawieniu korektora dokładnego w naziemnej stacji końcowej i korektorów wzmacniaków (wzm. E) stacji podziemnych błąd korekcji dla wszystkich mierzonych krzywych w żadnym przypadku nie był większy niż $\pm 0,08$ N.

Odchyłki od początkowo pomierzonej krzywej występowały przeważnie w zakresie częstotliwości poniżej 200 kHz.

8. REGULACJA POZIOMÓW

Za pomocą podanych w rozdz. 7.5. środków korekcji wyrównywane są średnie wartości tłumienności traktu linio-

wego, odpowiadające średniej temperaturze kabla. Jednakże skutek wahań temperatury powstawać będą dodatkowe zmiany tłumienności. W wyniku wahań temperatury zmienia się przede wszystkim oporność rzeczywista toru. Zmiany temperatury w kablu współosiowym działają w ten sposób, jak gdyby kabel przy średniej temperaturze uległ wydłużeniu lub skróceniu. Częstotliwościowa zależność w ten sposób spowodowanej zmiany tłumienności zgodna jest w przybliżeniu z funkcją \sqrt{f} .

Biorąc pod uwagę 100 km odcinek kabla, przy temperaturze $+8^{\circ}\text{C}$, mamy do skorygowania ok. 70 N tłumienności. W przypadku wahań temperatury kabla o $\pm 8^{\circ}\text{C}$ zmiany tłumienności przy 1,3 MHz tego odcinka dochodzą do $\pm 1,2$ N, czyli zmiany tłumienności między zimą a latem wynoszą 2,4 N.

Jeżeli kabel nie leży bezpośrednio w ziemi, a np. w betonowej kanalizacji, co również ma często miejsce, wówczas zmiany tłumienności uwarunkowane temperaturą są znacznie większe.

Ze względu na to, że wymagania na stałość poziomu systemu V-300 są bardzo wysokie, a mianowicie w dowolnym punkcie traktu liniowego nie może być przekroczona odchyłka tłumienności o $\pm 0,2$ N, wynika stąd konieczność wyrównywania wahań tłumienności w czasie w odpowiednich punktach traktu.

Z podanych wyżej obliczeń temperaturowych wahań tłumienności wynika, że takie wyrównywanie powinno odbywać się np. w co drugiej stacji.

Ponieważ zauważalne zmiany temperatury kabla następują w ciągu wielu godzin, zatem celowe jest stosowanie automatycznego a nie ręcznego wyrównywania tłumienności. Może być to dokonane za pośrednictwem regulacji lub sterowania.

Jako kryterium nastawiania regulacji liniowej (jako regulację liniową oznacza się regulację, która wyrównuje tłumienność kabla zależnie od temperatury) stosuje się napięcie prądów pilotowych usytuowanych poza użytecznym pasmem przenoszonych częstotliwości.

Prądy pilotowe wprowadzane są ze stałym napięciem na początku odcinka regulacyjnego traktu liniowego, a poziom ich w torze ulega tłumieniu analogicznie jak sygnał użyteczny. Napięcia prądu pilotowego po określonej długości trasy wyprowadzane są z wyjścia wzmacniaków liniowych i używane do ich regulacji.

Gdy poziom prądu pilotowego różni się od wartości wymaganej, wówczas wzmacniak podlega regulacji w ten sposób, aby poziom częstotliwości prądu pilotowego osiągnął wartość wymaganą. Dla kabla współosiowego o przebiegu tłumienności wg funkcji \sqrt{f} wystarczy tylko jeden prąd pilotowy, za pomocą którego można nastawić korektor o odpowiednim przebiegu tłumienności.

Regulacja za pomocą prądu pilotowego pozostawia po sobie na wyjściu regulowanego wzmacniaka błąd wynikowy zależny od metody regulacji. Przy regulatorze o działaniu proporcjonalnym, pozostający błąd wynikowy, zależny jest od nachylenia regulacji i wielkości odchyłki poziomu prądu pilotowego, będącej do wyregulowania, natomiast

przy regulatorze o działaniu całkowym błąd wynikowy będzie określony tylko przez czułość zadziałania układu.

Regulacji liniowej stawiane są następujące wymagania:

- dobra własność dynamiczna,
- duża szybkość regulacji,
- ekonomiczność.

W celu utrzymania pracy traktu liniowego w przypadku braku prądu pilotowego wymaga się, aby istniejące wzmocnienie wzmacniaka regulowanego utrzymywane było w dalszym ciągu.

Obwód regulatora wyposażony jest w tym celu w odpowiedni mechaniczny lub elektroniczny układ blokady, który zatrzymuje regulator na swej chwilowej pozycji. Regulacja posiada na ogół razem z układem blokującym własności o działaniu całkowym.

Automatyczna liniowa regulacja poziomu za pomocą prądu pilotowego pozwala na bardzo dokładne utrzymanie poziomu; jednakże jest ona bardzo kosztowna. Oprócz tego jest ona skomplikowana technicznie ze względu na dużą ilość elementów, a kontrola takich układów regulacyjnych umieszczonych w podziemnych nieobsługiwanych stacjach wzmacniakowych staje się bardzo trudna. Z tych przyczyn dąży się do tego, aby wzmacniaki podziemne były sterowane czujnikami temperaturowymi, a powstałe wskutek niedokładności sterowania odchyłki poziomu były regulowane za pomocą regulatorów prądu pilotowego, umieszczonych w większych odległościach.

Sterowanie wzmacniaków w zależności od zmian tempe-

ratury może odbywać się kilkoma sposobami, np. sam kabel może być użyty jako czujnik temperaturowy.

W tym samym stopniu, jak temperatura kabła wpływa na tłumienność toru, zmienia się również oporność toru w kablu dla prądu stałego. Zgodnie z tą zmianą oporności można sterować, za pomocą odpowiedniego układu, wzmocnienie jednego lub kilku wzmacniaków liniowych. Prostszy sposobem sterowania wzmacniaka jest oddziaływanie temperatury otoczenia wzmacniaka na czujnik sterujący bezpośrednio wzmocnieniem. Do automatycznego utrzymania poziomu wystarczy zależny od temperatury opornik umieszczony np. w korektorze wzmacniaka.

Dokładność sterowania temperaturowego zależy od tego, jak dokładnie zgrane są ze sobą zmiany temperatury wzmacniaka i odcinka kabla, inaczej mówiąc zależy od różnicy temperatury $\Delta\vartheta$.

Do automatycznego sterowania wzmacniaków w systemie V-300 firmy Siemens-Halske i Telefunken zastosowały dwie różne metody.

Firma Siemens-Halske użyła tradycyjnej metody sterowania za pomocą zależnego od temperatury opornika w korektorze wzmacniaka.

Błąd korekcji Δp zależny jest od liczby wzmacniaków liniowych i różnicy temperatur $\Delta\vartheta$, tj. zgodności temperatury kabla i wzmacniaka.

Przy określonej dokładności korekcji Δp (np. $\pm 0,3 N$) rys. 27 pozwala ustalić liczbę wzmacniaków sterowanych temperaturowo (n), gdy temperatura kabla i czujnika we wzmacniaku różni się o $\Delta\vartheta$.

Przy odchyłce temperaturowej, jednakowej dla wszystkich odcinków wzmacniakowych, rzędu 3 stopni błąd korekcji wynosi $0,3 N$ dopiero po 13 wzmacniakach sterowanych

temperaturowo. Na tej trasie co 14 wzmacniak (a więc co 84 km) musiałby być regulowany automatycznie za pomocą prądu pilotowego. Przeprowadzone próby [9] z 16 wzmacniakami sterowanymi temperaturowo na 100 km trasie wykazały w ciągu roku, że wahania poziomu (Δp) wynosiły na końcu trasy $\pm 0,2$ N. Przenosząc ten wynik na rys. 27 otrzymuje się odchyłkę temperaturową $\Delta \vartheta$ średnio $\pm 1,5$ stopnia dla wartości średniej przy 50 km.

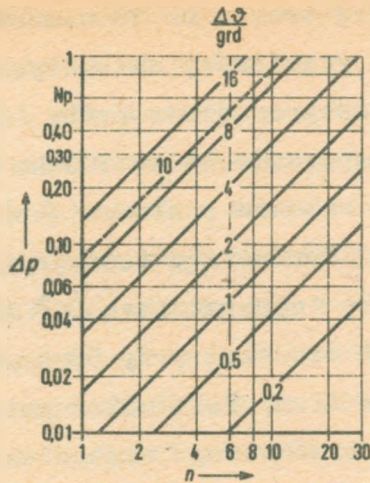
Zastosowana przez firmę Telefunken metoda [10], [11], [12] sterowania temperaturowego wzmacniaków systemu V-300 używa sam kabel jako czujnika temperatury, a prąd zdalnego zasilania, płynący poprzez żyłę wewnętrzną pary współosiowej, jako prądu nastawnego.

Metoda ta jest bardzo ciekawa technicznie i wykazująca cechy nowości, choć jeśli chodzi o zasadę działania przypomina metodę sterowania wzmacniaków, zastosowaną we francuskim systemie 12 MHz (2700-kanalowym).

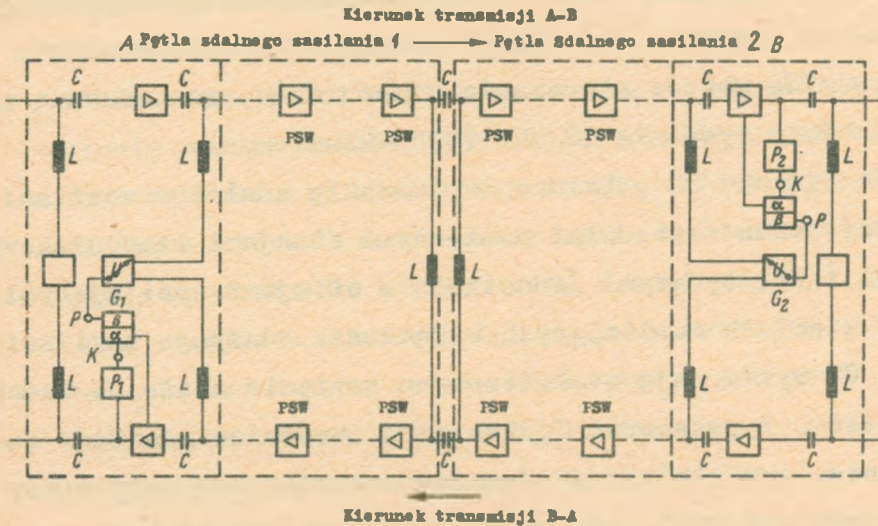
Na rysunku 28 pokazano usytuowanie zdalnego zasilania między dwoma sąsiednimi naziemnymi stacjami wzmacniakowymi (A i B), będącymi jednocześnie stacjami zasilającymi.

W stacjach zasilających urządzenia zdalnego zasilania G1 i G2 wytwarzają stabilizowane napięcia stałe U. Indukcyjność L i pojemność C, tworzące zwrotnice zdalnego zasilania, rozdzielają w odpowiednich stacjach prąd stały zdalnego zasilania od nośnych sygnałów użytecznych.

Gdy napięcia pracy zdalnie zasilanych wzmacniaków (rys. 21b) stabilizowane są przez diody Zenera, a napięcie urządzenia (źródła) zdalnego zasilania na stacji zasilającej utrzymywane jest w wyznaczonych granicach, wów-



Rys. 27. Błąd korekcji Δp przy 1300 kHz po liczbie n temperaturowo sterowanych wzmacniakach, jeśli temperatura kabla i wzmacniaków jest różnicą temperatur ΔU



Rys. 28. Zasada regulacji liniowej z zastosowaniem sterowania wzmacniaków prądem zdalnego zasilania

A, B - naziemne stacje zasilające, PSW - podziemne zdalnie zasilane stacje wzmacniakowe, C_1, C_2 - nadajniki zdalnego zasilania, LC - zwrotnice prądu pilotowego, P_1, P_2 - regulatory prądu pilotowego

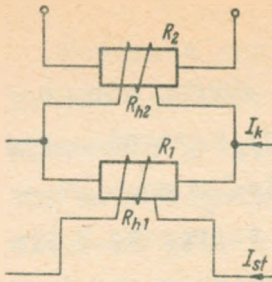
czas prąd stały zdalnego zasilania określony jest głównie przez zależny od zmian temperatury opór żyły wewnętrznej pary współosiowej, a tym samym jest on miarą zależnej od temperatury zmiany tłumienności kabla.

Jako człony nastawne zastosowano termistory. Ponieważ są one zależne od temperatury, muszą być kompensowane temperaturowo, aby na nie oddziaływał tylko prąd nastawny. Kompensacja temperaturowa termistorów nie może mieć wstecznego działania na prąd zasilający, jak również nie może wpływać na opór pętli zdalnego zasilania. Z tego względu nie można zastosować tu znanej dotychczas kompensacji temperaturowej, przy której równoległe do grzejnika pośrednio podgrzanego termistora w członie nastawnym przewidziany jest układ z bezpośrednio podgrzanym termistorem.

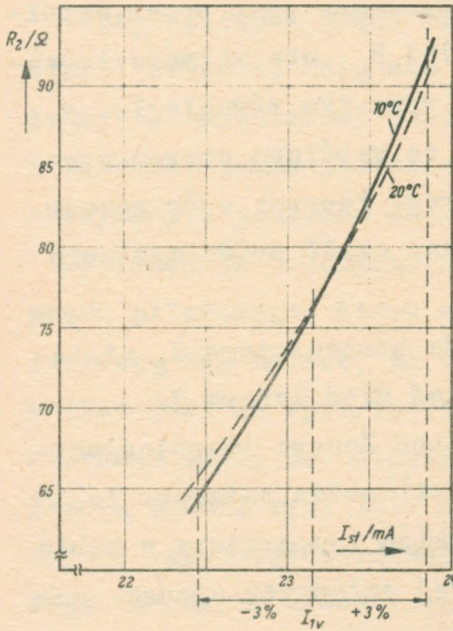
Inne trudności wynikają z tego, że regulacja wzmocnienia często realizowana jest w pętli sprzężenia zwrotnego wzmacniacza. Korzystnymi układami okazały się tu takie, w których ze wzrostem oporu członu nastawnego spada wzmocnienie i na odwrót. Z tego względu prąd zdalnego zasilania nie może być używany bezpośrednio do sterowania termistora członu nastawnego, ponieważ przy wzroście temperatury, a tym samym i tłumienia, prąd zasilania jest mniejszy, opór termistora większy, a wzmocnienie mniejsze. Aby temu zapobiec, należało zastosować układ kaskadowy dwóch pośrednio podgrzewanych termistorów, patrz rys. 29. Do termistora 1 należy grzejnik R_{h1} oraz oporność wyjściowa termistora R_1 . Podobnie do termistora 2 należy grzejnik R_{h2} oraz oporność wyjściowa R_2 termistora.

Zmniejszający się prąd nastawny, który jest częścią prądu zdalnego zasilania przepływa przez grzejnik R_{h1} , podczas gdy przez układ równoległy R_1 i R_{h2} przepływa stała wartość prądu pomocniczego I_k . Przy wzroście prądu I_{st} oporność R_1 staje się coraz mniejsza przy stałej temperaturze otoczenia, co za tym idzie znacznie większa część prądu I_k przepływa przez R_1 , tymczasem R_2 jest mniej nagrzewany i jego oporność wzrasta. Przy rosnącej temperaturze otoczenia oraz przy stałym - niezmiennym prądzie I_{st} oporność R_1 staje się mniejsza, wtedy większa część prądu I_k przepływa przez R_1 (patrz R_{h2} mniejsza), a R_2 jest mniej nagrzewany, tak że jego ubytek oporności w wyniku podwyższenia temperatury jest skompensowany. Termistor 1 powoduje więc nie tylko odwrócenie znaku współczynnika temperaturowego, ale również kompensację zmian temperatury otoczenia, a termistor 2 jest właściwym członem nastawnym. Moc pobrana przez oporność R_2 może być w tym bilansie pominięta.

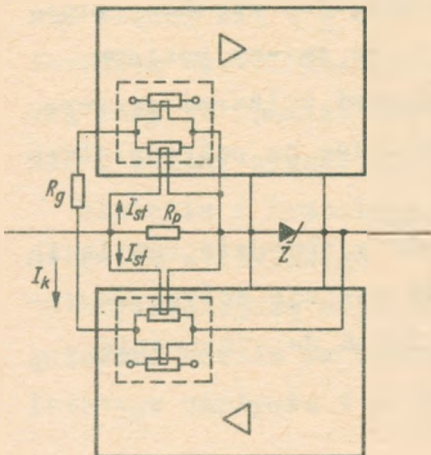
Na rysunku 30 pokazano przebieg oporności układu kaskadowego dwóch pośrednio podgrzewanych termistorów przy małych zmianach prądu i temperaturze otoczenia 10°C i 20°C . Przy zmianie prądu nastawnego o $\pm 3\%$ (co odpowiada mniej więcej zmianie temperatury kabla o $\pm 10\%$) zmiana oporności R_2 termistora 2 wynosi około $\pm 19\%$. Zmiana ta wystarcza, aby zmienić wzmocnienie wzmacniaków w potrzebnym zakresie. Tego rodzaju kaskadowy układ termistorów przewidziany jest w każdym podziemnym wzmacniaku. Rys. 31 przedstawia układ zastępczy stacji wzmacniakowej dla prądu stałego. Przewidziano tu szeregowo-równo-



Rys. 29. Układ kaskadowy (łańcuchowy) dwóch pośrednio podgrzewanych termistorów



Rys. 30. Przebieg oporności układu kaskadowego dwóch pośrednio podgrzewanych termistorów przy małej zmianie prądu i temperaturze otoczenia 10°C i 20°C



Rys. 31. Układ zastępczy podziemnej stacji wzmacniakowej dla prądu stałego

ległe zasilanie, przy którym wzmacniaki obydwu kierunków transmisji w każdej podziemnej stacji wzmacniakowej są połączone dla prądu stałego równoległe, a same stacje wzmacniakowe podziemne połączone są szeregowo. W tym układzie napięcie zasilania obydwu wzmacniaków podziemnej stacji wzmacniakowej stabilizowane jest przez wspólny układ diod Zenera Z. Grzejniki R_{h1} obu układów łańcuchowych termistorów łączone są przy tym równoległe, a oba układy równoległe R_1 i R_{h2} ze wspólnym oporem ograniczającym R_g łączone są w szereg. Poprzez opór równoległy R_p odprowadzana jest zbędna część prądu zdalnego zasilania.

Napięcie zasilające dla prądu pomocniczego I_k stabilizowane jest również przez układ diod Zenera Z.

Przez odpowiednie dobranie diod Zenera (współczynnika cieplnego różnicowej oporności) można osiągnąć to, że przy założeniu jednakowych zmian temperatury w kablu i podziemnej stacji wzmacniakowej całkowity spadek napięcia w podziemnej stacji wzmacniakowej pozostaje stały, niezależnie od pór roku warunkujących wielkość prądu zdalnego zasilania. Oznacza to, że zmiany poziomu transmisji spowodowane temperaturowymi zmianami oporności miedzi kabla są dokładnie wyrównane za pośrednictwem zmian prądu zdalnego zasilania.

Przy średniej temperaturze kabla w obwodzie zasilania płynie prąd 125 mA, z czego 100 mA zostaje zużyte do zasilania wzmacniaków, a pozostałe 25 mA do sterowania termistorów.

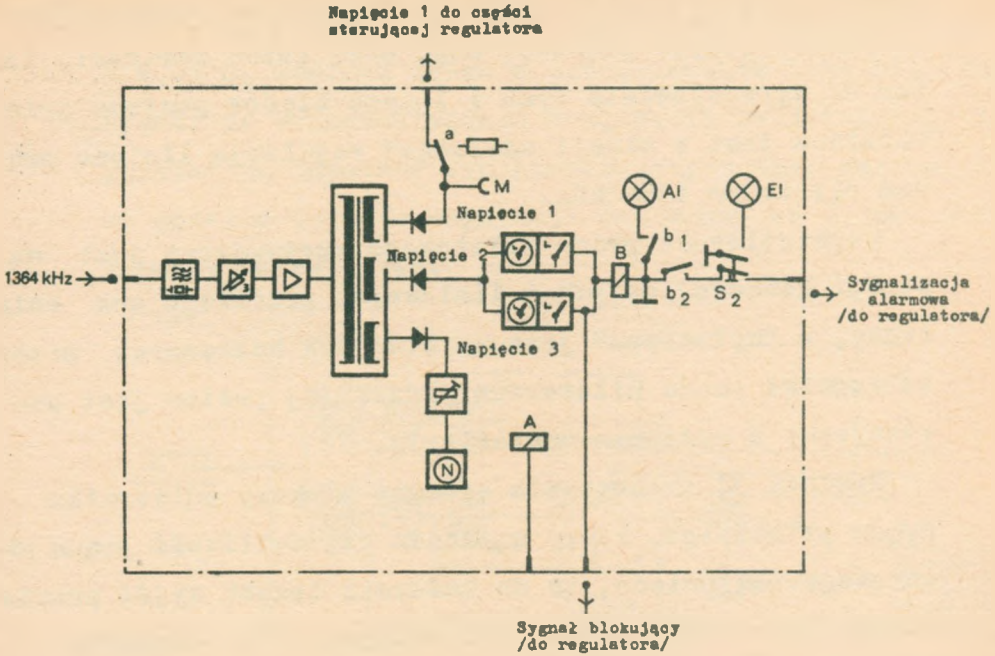
Ponieważ prąd zdalnego zasilania ustawia się na całkowitą oporność pętli zdalnego zasilania, poszczególne oporności gałęzi prądowej mogą mieć różne wartości, zatem do wyregulowania tych i innych błędów poziomu przewidziana jest w stacji naziemnej regulacja liniowa prądem pilotowym 1364 kllz.

Częstotliwość prądu pilotowego wprowadzona jest na stacji końcowej do pasma liniowego, przebiega ona całą trasę, a "wylawiana" jest na stacjach naziemnych przez odbiorniki prądu pilotowego, gdzie jej poziom jest porównywany z poziomem odniesienia.

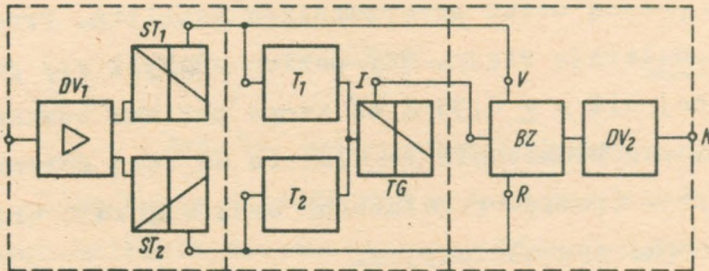
Rysunek 32 przedstawia schemat blokowy odbiornika prądu pilotowego, który wzmacnia częstotliwość prądu pilotowego tak dalece, że na każdym z trzech wyjść prostowników jest do wykorzystania napięcie 8 V. Napięcie pierwsze służy do ustawienia członu regulacyjnego regulatora (patrz rys. 33). Napięcie drugie wykorzystuje się do zgrubnego porównania w odbiorniku prądu pilotowego za pomocą dwóch przerzutników Schmitta. Przerzutniki te działają wtedy, gdy poziom odchyli się gwałtownie więcej niż o $\pm 0,35 N$ od swego poziomu nominalnego. Powodują one blokowanie regulatora na swjej dotychczasowej pozycji (pamięć regulatora) oraz włączają urządzenie i lampki sygnalizacyjne.

Napięcie z trzeciego wyjścia służy do ustawienia miernika wychyłowego.

Najważniejszą częścią zespołu regulacyjnego jest regulator. Ocenia on dostarczanie z odbiornika prądu pilotowego napięcie 1 i ustala, czy nastąpiło przekrocze-

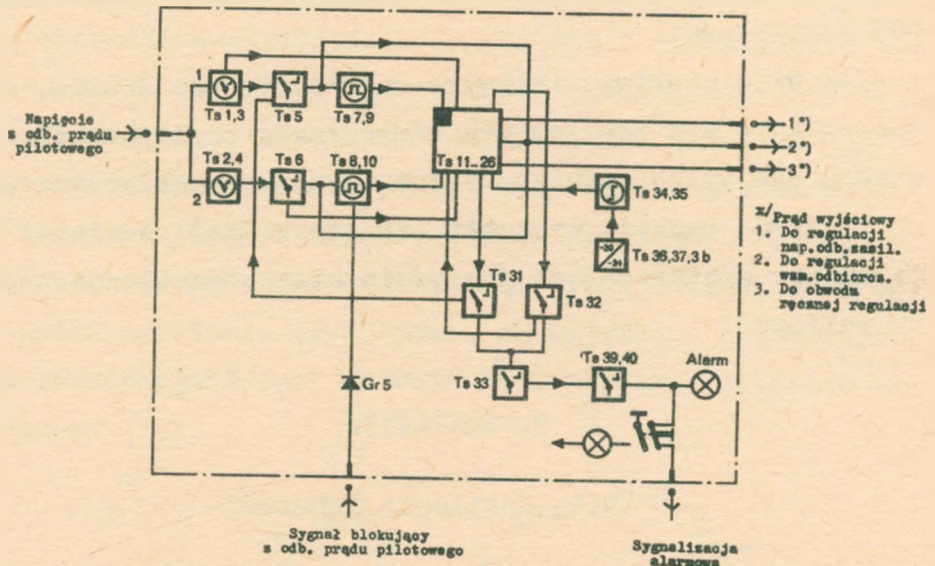


Rys. 32. Schemat blokowy odbiornika prądu pilotowego



Rys. 33. Schemat blokowy i fragmenty regulatora
 DV₁, DV₂ - wzmacniacz różnicowy, ST₁, ST₂ - przerzutnik (tryger) Schmitta, T₁ i T₂, C_r - elementy sprzęgające generator impulsów synchronizujących (zegar), BZ - licznik binarny

nie dolnej i górnej granicy poziomemu. Jeżeli poziom odchyli się od swej wartości nominalnej więcej niż $\pm 0,04 N$, wówczas jeden z przerzutników Schmitta daje sygnał do elektronicznego urządzenia ustawiającego i do generatora impulsów synchronizujących tzw. zegara, który podczas trwania regulacji dostarcza co 1 sek, dalsze impulsy ustawiające.



Rys. 34. Ogólny schemat blokowy regulatora

Urządzenie ustawiające składa się z sześciu bistabilnych multiwibratorów (licznik binarny), które dają 64 kroki prądowe na trzech wyjściach (rys. 34). Pierwsze wyjście służy do podregulowania wzmacniacza odbiorczego, drugie do zmiany napięcia wyjściowego źródła zdalnego zasilania i trzecie do utworzenia specjalnego obwodu regulacji ręcznej.

Wyjście drugie urządzenia ustawiającego zmniejsza napięcie wyjściowe źródła zdalnego zasilania i przez to także prąd zasilający, który reguluje wzmacniaki podziemne.

Tak więc z błędu wynikowego część zostanie przyjęta przez stacje naziemne, a część przez stacje podziemne. Stosunek ten jest jak 2:3, tj. podziemne wzmacniaki przelotowe regulują 40% błędu wynikowego, a stacje naziemne 60% tego błędu.

Jak więc widzimy, technika regulacji jest prosta, szczególnie dla podziemnych wzmacniaków przelotowych, wymaga ona tylko jednego typu wzmacniaka przelotowego.

Obszerne badania wykazały, że ten rodzaj regulacji wyrównuje wystarczająco dokładnie niesystematyczne błędy poziomu.

9. ZASILANIE

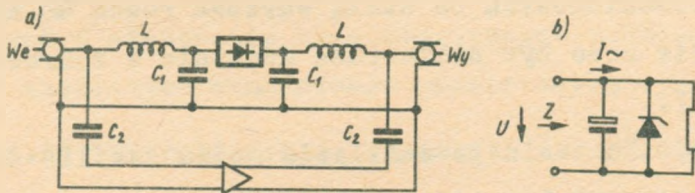
9.1. Zasilanie lokalne

Napięcie zasilające urządzenia nośne systemu V-300 w naziemnych stacjach wzmacniakowych wynosi 24 V. Jest ono uzyskiwane z prostownika z buforowo dołączoną baterią. Prostownik dostarcza napięcia $27 \text{ V} \pm 2\%$, które jest doprowadzone do zasilacza w stojaku nośnym. W czasie normalnej pracy prostownik pokrywa całkowicie zapotrzebowanie na prąd wymagany do pracy urządzeń nośnych i utrzymanie w gotowości baterii. Przy awarii sieci zasilanie urządzeń przejmuje bateria.

Elektronowy zasilacz utrzymuje napięcie zasilające 24 V w granicach $\pm 2\%$. W przypadku gdy napięcie spadnie poniżej dopuszczalnej wartości, wówczas stabilizator napięcia wyłącza się, a pracę przejmuje bateria.

9.2. Zdalne zasilanie

Urządzenia zdalnego zasilania w naziemnej zasilającej stacji wzmacniakowej (końcowej lub przelotowej) mogą pracować z napięcia zmiennego 220 V lub napięcia stałego 24 V. Jak podano poprzednio, podziemne stacje przelotowe zasilane są prądem stałym, które podawane jest za pośrednictwem wewnętrznej żyły pary współosiowej. Schemat zdalnego zasilania stacji podziemnych pokazano na rys. 28. Każdemu wzmacniakowi przelotowemu, leżącemu w pętli zasilania (rys. 35a), za wyjątkiem ostatniego, podporządkowana jest na wejściu i wyjściu zwrotnica zasilania [17].



Rys. 35. Zwrotnica podziemnej stacji wzmacniakowej: a) schemat zasilania, b) obwód zasilający wzmacniaka stabilizowany diodą Zenera

Dane elektryczne

	L	C ₁	C ₂
typ 1	3 mH	0,1 μF	0,093 μF
typ 2	50 mH	0,01 μF	0,50 μF
typ 3	35 mH	0,047 μF	0,068 μF

(Z) dla 50 Hz = 17 Ω

U = 13 V

Diody Zenera, zbocznikowane dużą pojemnością (rys. 35b) w celu zmniejszenia napięcia zakłócającego, stabilizują napięcie stałe doprowadzane do wzmacniaków.

W ostatnim zasilanym wzmacniaku zamknięta jest pętla obwodu zdalnego zasilania dla prądu stałego, który zmienia kierunek przepływu na przeciwny i poprzez zwrotnicę zasilania i żyłę wewnętrzną pary współosiowej wraca do stacji zasilającej.

Odcinek zasilania zawiera, wg planów kolejnictwa, nie więcej niż 7 wzmacniaków przelotowych. Przy obustronnym zasilaniu można zaopatrzyć w energię 14 wzmacniaków przelotowych (ok. 89 km długości kabla).

Przy uszkodzeniu w obwodzie zdalnego zasilania wszystkie wzmacniaki są bez prądu.

W zastosowanym przez firmę Siemens-Halske [5] zdalnym zasilaniu prąd regulowany jest w nadajniku stacji zasilającej niezależnie od ilości podziemnych zasilanych stacji wzmacniakowych na stałą wartość równą 40 mA.

Napięcie może być nastawiane dowolnie w zakresie 32 + 480 V.

Z nadajnika zdalnego zasilania można zasilić do 12 stacji podziemnych.

W związku z przyjętą przez firmę Telefunken [2], [6] metodą sterowania i regulacji poziomu w systemie V-300 napięcie wyjściowe z nadajnika zdalnego zasilania musi posiadać bardzo wysoką stałość napięcia. Stałość ta przy naturalnych wahaniach temperatury otoczenia (w warunkach stacyjnych) musi być lepsza niż 1%.

Nadajnik zdalnego zasilania przewiduje możliwość za-

silania do 10 podziemnych stacji wzmacniakowych.

Napięcie wyjściowe nadajnika może być regulowane w zależności od ilości zasilanych stacji od około 40 V do 400 V. Przy średniej temperaturze kabla prąd zdalnego zasilania wynosi 125 mA.

Dużą stałość napięcia wyjściowego uzyskano dzięki zastosowaniu tzw. regulatora dwupunktowego [12]. W przypadku zwarcia regulator dwupunktowy ogranicza wartość prądu zdalnego zasilania do uprzednio stabilizowanej wartości maksymalnej. Natomiast przy biegu luzem przełączane jest napięcie wyjściowe na bardzo małą wartość (np. 60 V). Napięcie to wraca do swej poprzedniej wartości, jak tylko zamknięta zostanie pętla zdalnego zasilania.

10. URZĄDZENIA POMOCNICZE SYSTEMU V-300

Przekazywanie jednocześnie dużej ilości rozmów telefonicznych i stosowanie nieobsługiwanych podziemnych zdalnie zasilanych wzmacniaków przelotowych wymaga:

- stałej kontroli drogi transmisji, a zwłaszcza urządzeń wchodzących w skład wyposażenia traktu liniowego,
- skutecznego zabezpieczenia zespołów z tranzystorami przed niedopuszczalnymi napięciami wzdłużnymi, indukującymi się na parze współosiowej,
- jak również istnienia możliwości szybkiej lokalizacji miejsca uszkodzenia w przypadku awarii na trasie.

10.1. Sygnalizacja alarmowa

Cała droga transmisji kontrolowana jest za pomocą liniowych prądów pilotowych.

Prądy pilotowe wprowadzane są do pasma liniowego na początku odcinka regulacji (zwykle na końcowej stacji wzmacniakowej), a odbierane za pomocą odbiornika prądów pilotowych w naziemnych stacjach wzmacniakowych w przypadku urządzeń opracowywanych przez firmę Telefunken (rys. 17). Firma Siemens-Halske przewiduje możliwość umieszczenia odbiorników prądów pilotowych i ARP również na niektórych stacjach nieobsługiwanych. Przy szybkim spadku poziomu prądu pilotowego więcej niż o $\pm 0,35 N$ (tzn. w przypadku uszkodzenia) zostaje przerwana automatyczna regulacja poziomu i uruchomiona sygnalizacja alarmowa. Na obudowanych przyrządach pomiarowych pokazywana jest wielkość odbieranego poziomu prądu pilotowego względnie aktualny stan regulacji.

Przy uruchamianiu łącza lub przy zaniku prądu pilotowego może być wyłączona automatyczna regulacja poziomu, a włączona regulacja ręczna.

W naziemnych stacjach wzmacniakowych kontrolowane jest w sposób ciągły lokalne napięcie zasilające oraz napięcie zdalnego zasilania (o ile stacje te są stacjami zasilającymi). Brak któregośkolwiek napięcia zasilającego uruchamia sygnalizację alarmową zarówno optyczną, jak i akustyczną. Dołączając przyrząd pomiarowy do różnych pozycji przełącznika obrotowego umieszczonego w panelu zdalnego zasilania można pomierzyć: prąd płynący w

żyłach wewnętrznych par współosiowych tworzących pętlę zdalnego zasilania, całkowite napięcie wejściowe lub symetrię jego napięć składowych w stosunku do żył zewnętrznych.

Krótkotrwałe zwarcie w obwodzie zdalnego zasilania np. przez zadziałanie gazowanych (neonowych) odgromników zabezpieczających nie doprowadzają do odłączenia napięcia wejściowego, natomiast przy dłużej trwałych zwarciach prąd jest ograniczony do dopuszczalnej wartości. Po usunięciu zwarcia ustaje automatyczne ograniczenie prądowe, a stabilizacja napięcia znów działa skutecznie.

Jak wiadomo, napięcie zdalnego zasilania może wynosić kilkaset wolt. Aby uniknąć niebezpieczeństwa dla osób, które mogą zetknąć się z przerwanym kablem przewodzącym napięcie, wymaga się automatycznego wyłączenia napięcia wejściowego zdalnego zasilania względnie ograniczenia go do niewielkiej wartości (np. 60 V) przy nagłym wystąpieniu przerwy w pętli zasilania (bieg luzem). Ponowne włączenie wysokiego napięcia następuje automatycznie z pewnym opóźnieniem (wg funkcji e) po zamknięciu pętli zdalnego zasilania.

Zwarcie jak i przerwa w obwodzie zdalnego zasilania wywołuje, jak wspomniano, uruchomienie sygnalizacji alarmowej.

10.2. Zabezpieczenie urządzeń tranzystorowych przed przepięciami

Z uwagi na długie i nieprzerwane okresy pracy oraz znajdujące się bez obsługi wzmacniaki przelotowe wymaga-

na jest skuteczna ochrona urządzeń wyposażonych w tranzystory przed różnego rodzaju przepięciami.

W przeciwieństwie do lamp elektronowych, które wytrzymują bez trwałych szkód bardzo wysokie napięcie szczytowe, tranzystory zostają zniszczone już przy nieznaczących przeciążeniach. Linie energetyczne, biegnące na długich odcinkach równoległe do trasy kabla, przy zwarciach indukują w torze współosiowym znaczne moce prądu zmiennego 50 Hz; wyładowania atmosferyczne mogą wytworzyć w kablu falę napięcia o wartości szczytowej rzędu wielu tysięcy volt, a jej widmo częstotliwości znajdzie się również w przenoszonym pasmie liniowym.

Niedopuszczalnie duże napięcia mogą dostać się poprzez zwrotnicę zdalnego zasilania na wejście wzmacniaka od strony transmisyjnej i zasilającej.

Tranzystory i inne czułe elementy we wzmacniakach muszą być zatem dobrze zabezpieczone, aby przetrwały bez uszkodzenia pewne trwałe oddziaływanie (do pewnej granicy) i możliwie wiele szczytowych wartości przepięciowych.

Przy opracowywaniu wymagań na urządzenia zabezpieczające systemu V-300 rozważono nie tylko stosunki panujące na zaciskach wzmacniaka, lecz w całym systemie, szczególnie w obwodzie zdalnego zasilania.

Przy równoległym zasilaniu prądem zmiennym systemu nośnego na kablu współosiowym, wyposażonego we wzmacniaki lampowe, uziemione są żyły zewnętrzne par współosiowych, a dodatkowo również środki uzwojenia transformatorów podwyższających napięcie w każdej stacji wzmacniakowej. Na stacjach wzmacniakowych żyły wewnętrzne są

przez to połączone z żyłami zewnętrznymi. Jeżeli trasa zdalnego zasilania znajduje się pod wpływem przepięcia, wówczas nie dodają się napięcia przepięciowe przez wiele odcinków wzmacniakowych. Natomiast przy zasilaniu szeregowym prądem stałym, w systemie znajdującym się w tych samych warunkach jak uprzednio, napięcie przepięciowe zwiększa się proporcjonalnie do liczby zdalnie zasilanych odcinków wzmacniakowych, ponieważ żyły wewnętrzne przez całą długość zdalnie zasilanej trasy są izolowane od żyły zewnętrznej. Napięcie przepięciowe w obwodzie transmisyjnym można zmniejszyć znacznie, jeśli żyły wewnętrzna i zewnętrzna toru współosiowego izolowana jest od ziemi na całym odcinku zdalnego zasilania (potencjał pływający) [15].

Oporność izolacji par współosiowych pracujących z potencjałem pływającym musi wytrzymywać względem powłoki kabla lub dowolnej uziemionej pary żył (względnie pracującej z uziemieniem) napięcie próby 2000 V skut. Nie uziemione pary żył, biegnące równolegle nie poprawiają ekranowania. Indukujące się napięcie pomiędzy żyłą wewnętrzną i zewnętrzną pary współosiowej w chwili zwarcia w sąsiednim urządzeniu energetycznym lub w przypadku bliskiego wyładowania atmosferycznego (uderzenie pioruna), a także wynikające z tego prądy są o rząd wielkości niższe niż przy uziemioncj żyły zewnętrznej. Pomiary na zainstalowanych już urządzeniach współosiowych kolejnictwa NRF wykazały, że współczynnik ten wynosi około $1/30$ [15]. Zdecydowano się zatem wykorzystać

te zalety w systemie V-300 i zastosować "pływający potencjał" [8].

W celu ochrony elementów wzmacniakowych czułych na przepięcia zastosowano kilka rodzajów zabezpieczeń.

Jako zabezpieczenie zgrubne przewidziane są na wejściach i wyjściach liniowych wzmacniaków końcowych i przelotowych, tj. po stronie liniowej zwrotnic zdalnego zasilania, odgromniki przepięciowe z napięciem statycznym zadziałania 600 V.

Przy wyborze napięcia zadziałania uwzględniono z jednej strony skuteczne zabezpieczenie, z drugiej zaś strony brak zapłonu przy maksymalnej wartości przyłożonego napięcia zdalnego zasilania. Gdy zadziałają odgromniki pod wpływem jakiegś przyczyny, to nie będą palić się względnie żarzyć dalej nawet przy istniejącym napięciu zdalnego zasilania, ponieważ podczas zapłonu rozładują się poprzez odgromnik pojemności kabla i zwrotnicy zdalnego zasilania. Proces palenia wtedy nagle się urywa, ponieważ dostarczona z większą stałą czasu energia ze zdalnego zasilania nie wystarcza w danej chwili do jego podtrzymywania. Ze względu na to, że podziemne stacje wzmacniakowe mają pracować przez wiele lat bez obsługi, zatem w celu zwiększenia niezawodności ich działania włączono obecnie po dwa odgromniki równolegle.

Zgrubne zabezpieczenie chroni tranzystory niewystarczająco we wszystkich przypadkach. Dlatego w filtrze górnoprzepustowym zwrotnic zdalnego zasilania oraz na wejściu i wyjściu wzmacniacza włączone są dalsze odgromniki, które w połączeniu z diodami półprzewodnikowymi

(Zenera) pracują jako zabezpieczenia dokładne. W celu zabezpieczenia tranzystorów sam wzmacniacz jest tak włączony, że istniejące i tak z innych powodów elementy jak transformator, kondensatory zwrotnicy, korektor wstępny i inne wykorzystano jako oporniki wstępne, ograniczające prąd.

Oprócz powyższego zabezpiecza się, aby napięcie zdalnego zasilania panujące na zaciskach zasilających wzmacniaka liniowego nie zwiększyło swej wartości wskutek oddziaływania napięcia pochodzącego od przepięć. Osiąga się to przez zbocznikowanie zacisków zasilających wzmacniaka liniowego układami diod Zenera (diody mocy) i kondensatorem elektrolitycznym o pojemności wielu setek μF (rys. 35b).

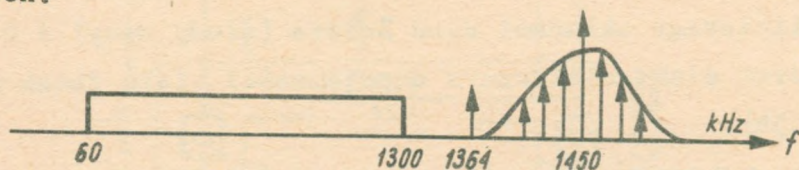
Próby wykazały [15], że w ten sposób zabezpieczony wzmacniak liniowy nie odniósł jakichkolwiek uszkodzeń przy napięciu zakłócającym 10 kV i przy czasie narastania (czoło fali) około 2 μsek .

10.3. Lokalizacja uszkodzeń

W celu określenia w stacji naziemnej miejsca uszkodzenia oraz stanu zdalnie zasilanych wzmacniaków przelotowych stacji podziemnych stosowane są różne metody. Metody te można podzielić na dwie grupy w zależności od stanu obwodu zdalnego zasilania, a mianowicie na metody stosowane, gdy zasilanie zdalne jest czynne, i uszkodzone.

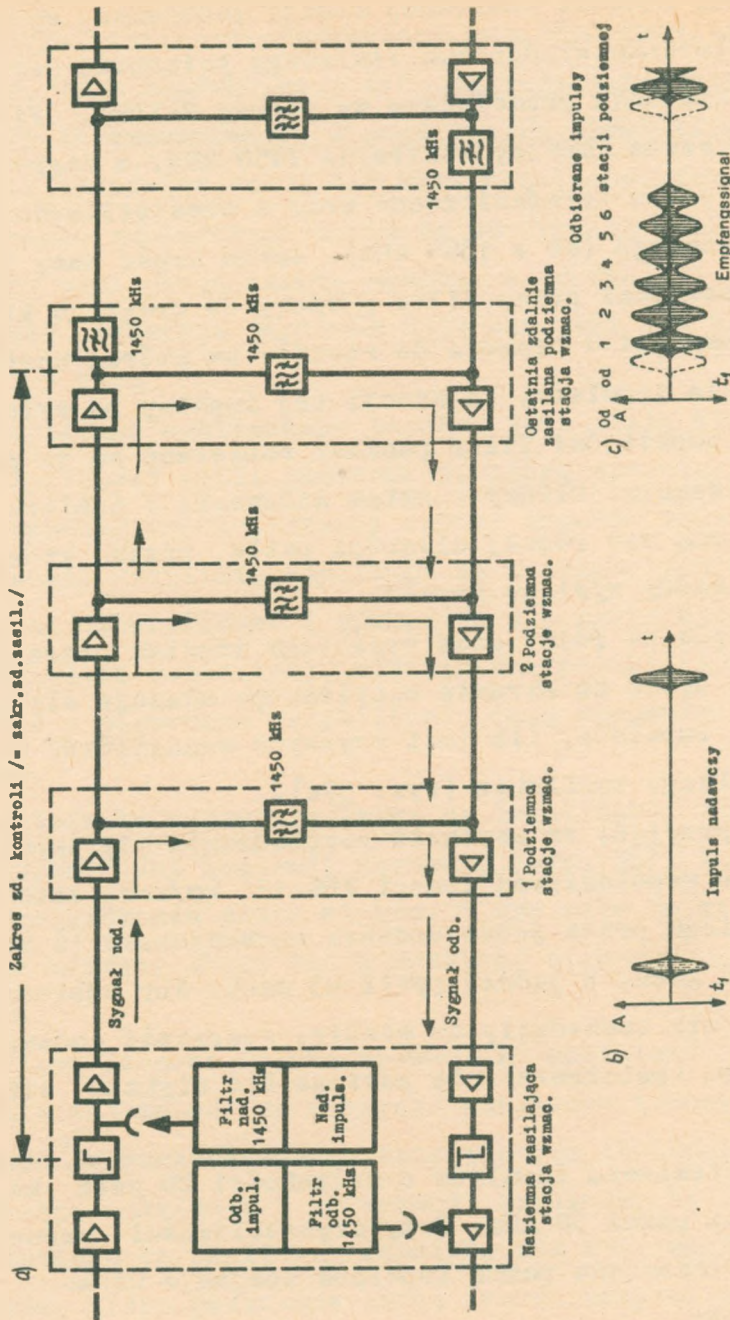
10.3.1. Metody stosowane przy czynnym zdalnym zasilaniu

Wśród metod tych znalazła zastosowanie w systemie V-300 tzw. metoda impulsowa, opracowana przez firmę Felten i Guilleaume [4], [5], [6], [7], [13], [14], a przyjęta zgodnie z zaleceniami niemieckiej kolei i poczty przez producentów urządzeń teletransmisyjnych. W metodzie tej użyte są impulsy wysokiej częstotliwości. Na rys. 36 przedstawiono rozłożenie częstotliwości w systemie V-300 z uwzględnieniem widma impulsów kontrolnych.



Rys. 36. Rozłożenie częstotliwości w systemie V-300 z uwzględnieniem widma impulsów kontrolnych

Schemat działania tej metody podany jest na rys. 37. W kierunku badanego odcinka traktu liniowego wysyłane są ze stacji obsługiwanej wąskie impulsy. Impulsy te otrzymywane są w nadajniku z częstotliwości nośnej, a następnie odpowiednio kształtowane przez filtr nadawczy w celu ograniczenia widma mocy. Impulsy biegnące żyłą wewnętrzną kabla współosiowego przechodzą poprzez zdalnie zasilane wzmacniaki przelotowe i dochodzą do końca kontrolowanego odcinka, który oddzielany jest od następnego odcinka za pomocą odpowiedniego filtra (zaporowego lub dolnoprzepustowego).



Rys. 37. Sposób działania impulsowej metody kontroli: a) schemat blokowy, b) impulsy nadawcze, c) wykres impulsów odbiorczych

W każdej zdalnie zasilanej stacji podziemnej wyjście jednego kierunku wzmacniaka liniowego połączone jest z wejściem kierunku przeciwnego za pomocą filtru. Filtr ten przepuszcza impulsy kontrolne 1450 kHz, a zagrażdza drogę dla pasma telefonicznego wraz z częstotliwością prądu pilotowego ($60 + 1364$ kHz). Zatem część mocy impulsów przechodzi przez filtr pasmowy do drugiego kierunku transmisji i biegnie do stacji, na której nastąpiło nadanie impulsów. Na stacji tej impulsy po wyłowieniu przez odpowiedni filtr pasmowy odbierane są za pomocą oscyloskopu. Między punktem nadawania i odbioru impulsów tworzą się różnej długości pętle, przez które przebiega każdy wysłany impuls.

Ze względu na różny czas przebiegu impulsu przez poszczególne pętle na ekranie oscyloskopu ukazuje się kolejno tyle impulsów, ile jest czynnych wzmacniaków w obwodzie zdalnego zasilania (rys. 37c).

Jeżeli przyjąć, że szybkość rozchodzenia się impulsów w parze współosiowej wynosi $230 \cdot 10^3$ km/sek, zatem czas przebiegu przez jeden odcinek wzmacniakowy (6 km) wynosi 21,5 μ sek, a jednej pętli 43 μ sek. Aby odbierane impulsy nie zachodziły na siebie, szerokość nadawanego impulsu (położenie) nie powinna być większa niż 20 μ sek.

Do przeniesienia impulsów o szerokości 20 μ sek konieczne jest pasmo 50 kHz. Przy częstotliwości nośnej 1450 kHz przenoszone pasmo impulsów obejmuje widmo 1450 ± 25 kHz.

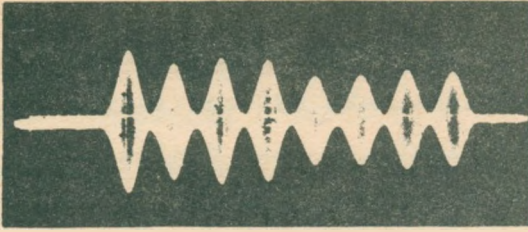
Odcinek kontrolowany tą metodą równy jest odcinkowi zdalnego zasilania. Producenci urządzeń ustalili natomiast, że w odcinku może być zasilanych zdalnie maksymalnie 12 wzmacniaków. Z tego wynika częstotliwość impulsów nadajnika około 2,1 kHz. W celu oddzielenia jednej serii odbieranych impulsów od drugiej przyjmuje się między nimi pewną strefę martwą. Stąd wynika, że częstotliwość nadawania impulsów 1450 kHz musi być mniejsza niż 1,5 kHz.

Amplituda odbieranego impulsu jest miarą tłumienności wynikowej pętli pomiarowej, którą przebiegł impuls w otoczeniu częstotliwości nośnej impulsu 1450 kHz.

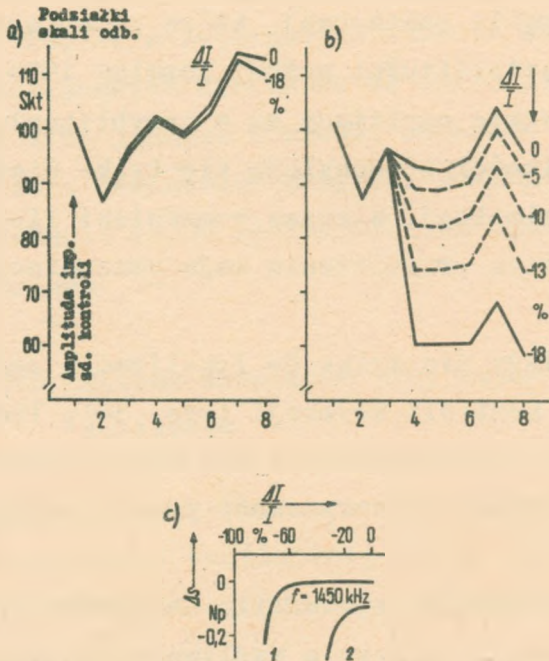
Jeżeli wszystkie amplitudy są w przybliżeniu jednakowe co do wielkości i odchylają się tylko nieznacznie od wartości nominalnej, wówczas wzmacniaki liniowe na trasie w pierwszym przybliżeniu mają wzmocnienie prawidłowe.

Metoda ta służy nie tylko do lokalizacji ogólnego uszkodzenia lub kontroli korekcji (rys. 30), lecz również do ograniczenia złych styków. W tym celu rejestruje się przez dłuższy okres czasu wysokość przychodzącego impulsu.

Firma Siemens-Halske sprawdziła możliwość [7] wykorzystania tej metody do wykrycia wadliwego tranzystora w jednym ze wzmacniaków na trasie drogą obniżenia prądu zdalnego zasilania i obserwacji impulsów. Na rys. 39a naniesione są amplitudy impulsów dla kolejnych wzmacniaków, które połączone linią tworzą krzywą. Gdy wzmacniaki pracują bez zarzutu, wówczas przy obniżeniu prądu



Rys. 38. Odbiorcze impulsy kontrolne wzmacnienia użytego wzmacniaka spadło o 0,2 N



Rys. 39. Amplitudy impulsów kontrolnych dla kolejnych stacji wzmacniakowych przy normalnym i obniżonym prądzie zdalnego zasilania: a) wszystkie wzmacniaki odcinka pracują bez zarzutu, b) wzmacniak nr 4 zawiera uszkodzony tranzystor, c) zmiany wzmacnienia ΔS jednego ze wzmacniaków przy częstotliwości 1450 kHz, zależne od względnego obniżenia prądu zdalnego zasilania

Krzywa 1 - z właściwie pracującymi tranzystorami (normalne sprzężenie zwrotne), krzywa 2 - z jednym uszkodzonym tranzystorem (słabe sprzężenie zwrotne)

du np. o 10% amplitudy odbieranych impulsów zmieniają się tylko nieznacznie.

Rysunek 39b. pokazuje zachowanie się trasy przy stopniowym obniżeniu napięcia, podczas gdy we wzmacniaku nr 4 wbudowany został wadliwy tranzystor. Wzmacniak z wadliwym tranzystorem ze względu na nieznaczne sprzężenie zwrotne zmienia swe wzmocnienie wcześniej w zależności od prądu zasilającego niż w stanie normalnym (patrz rys. 39c).

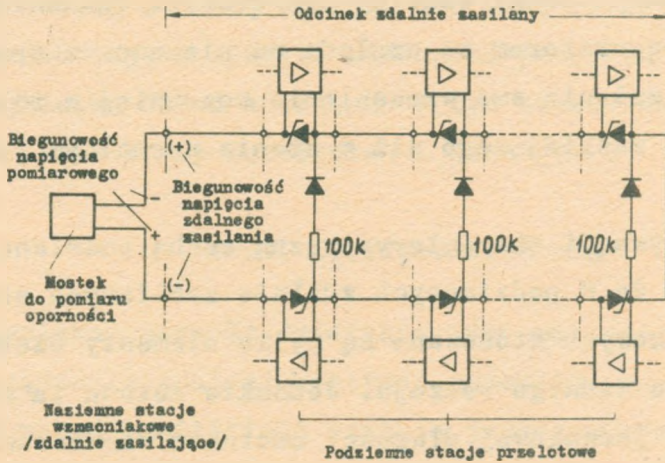
Pozytywną i charakterystyczną cechą omawianej metody jest to, że w podziemnych zdalnie zasilanych stacjach wzmacniakowych stosowane są tylko elementy bierne (filtry) i to jednego rodzaju. Jednakże metoda ta wymaga możliwie jednakowej długości odcinków wzmacniakowych, co w systemie V-300 spełnione jest zgodnie z przyjętymi założeniami.

10.3.2. Metody stosowane przy uszkodzonym zdalnym zasilaniu

W celu określenia przerwy w obwodzie zdalnego zasilania ze stacji zasilającej firma Siemens-Halske wypróbowała praktycznie trzy metody [7]. Dwie z nich omówione zostaną poniżej.

W pierwszej metodzie każdy wzmacniak posiada przekaźnik, który po przerwaniu obwodu zdalnego zasilania włącza za pomocą styku spoczynkowego opornik poprzeczny w miejsce odłączonego odcinka wzmacniakowego. Dzięki temu zostaje zamknięty znów obwód zdalnego zasilania do miejsca

uszkodzenia. Miejsce przerwy można wyznaczyć za pomocą pomiaru napięcia zdalnego zasilania lub opisanej wyżej metody impulsowej, ponieważ wszystkie wzmacniaki aż do miejsca uszkodzenia zdolne są znów do pracy.



Rys. 40. Zasada działania metody określania przerwy w obwodzie zdalnego zasilania za pomocą pomiaru oporności prądem stałym

Druga metoda jest odmianą pierwszej, w której styk spoczynkowy przekaźnika, znajdującego się w każdym wzmacniaku, zastąpiony został przez diodę i szeregowo włączony z nią opornik $100\text{ k}\Omega$ (rys. 40). W czasie normalnej pracy dioda jest tak wysokoomowa, że połączenia między kierunkami transmisji nie ma. Przy przerwanej pętli zdalnego zasilania należy zmienić biegunowość napięcia zasilającego. Wówczas diody przewodzą i na każdej podziemnej stacji leżącej przed miejscem przerwy powodują bocznikowanie obu kierunków obwodu zdalnego zasilania przez szeregowy opornik ($100\text{ k}\Omega$). Mierząc wtedy oporność wejściową obwodu zdalnego zasilania dla prądu sta-

tego można na podstawie otrzymanej wartości ustalić miejsce uszkodzenia. Jeżeli w punkcie przerwy boczniku-jące obie żyły wewnętrzne par współosiowych oporności zakłócające są co najmniej 10 razy większe niż połączo-ny w szereg z diodą opornik $100\text{ k}\Omega$, wówczas metoda da-je zadowalające wyniki. Metoda ta przyjęta została przez kolejnictwo NRF i w związku z tym stosowana jest rów-nież przez firmę Telefunken i inne [17].

10.4. Łączność służbowa

Ponieważ pewność działania systemu jest bardzo duża, a urządzenia zdalnej kontroli pracujące wg wyżej opisa-nych metod umożliwiają szybkie jednoznaczne zlokalizowa-nie miejsca uszkodzenia w przypadku jakiegó awarii, za-tem nie ma potrzeby nadmiernego rozbudowywania łączno-ści służbowej.

Najbliższe stacje obsługiwane połączone są ze sobą jednotorowym łączem służbowym. Łącze to pracuje na pu-pinizowanych żyłach sygnalizacyjnych. Na każdej podziem-nej stacji przelotowej łącze służbowe wyprowadzone jest poprzez przenośnik do specjalnego gniazda.

Gniazdo to jest łatwo dostępne po zdjęciu pokrywy że-liwnej mufy wzmacniakowej. Rozmowy przeprowadza się po włączeniu specjalnego przenośnego zespołu nasłuchowo-rozmównego.

11. TRANSFERY POŚREDNIE I BEZPOŚREDNIE

Ekonomiczność użycia 300-kanalowego systemu w sieci kolcei NRF polega przede wszystkim na stosunkowo prostej technice odgałęzień.

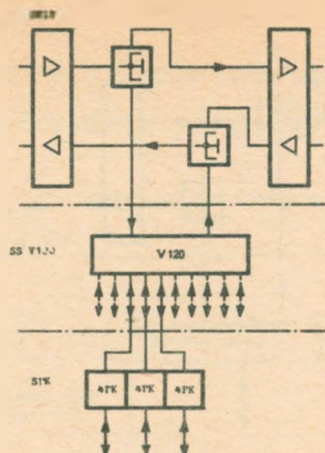
Grupa wtórna I i II jak i II i III mają odstęp częstotliwości 12 kHz, a dalsze tylko 8 kHz. Do odgałęzień grup pierwotnych nadają się dobrze obie dolne grupy wtórne.

Przewidziano następujące przypadki transferów:

- transfer bezpośredni pierwszej lub drugiej względnie pierwszej i drugiej grupy wtórnej (za pomocą układu rozgałęźnego) bez powtórnego wprowadzenia grup,
- transfer bezpośredni pierwszej lub drugiej względnie pierwszej i drugiej grupy wtórnej (za pomocą układu rozgałęźnego i filtra zaporowego) z powtórnym wprowadzeniem grup,
- transfer pośredni dowolnej grupy wtórnej za pomocą przemienników grup wtórnych.

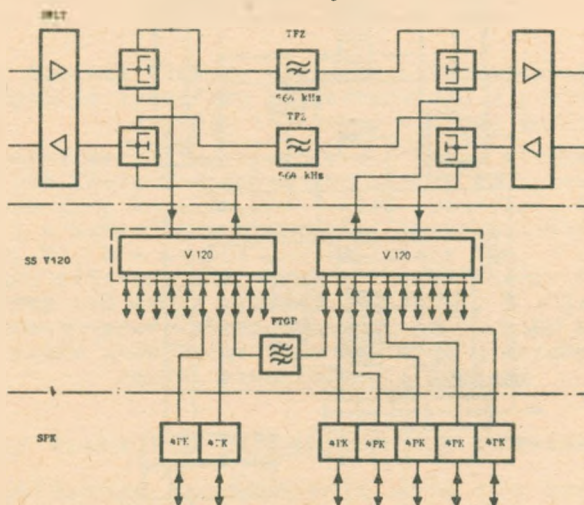
Najczęściej zachodzące przypadki transferów przedstawione są na rys. 41, 42, 43 i 44. Potrzebny jest w tym celu stojak SWL-T wzmacniaków liniowych transferowych wyposażony w sposób zbliżony jak stojak wzmacniaków liniowych przelotowych.

Stojak zawiera, dla przypadku transferu bezpośredniego z powtórnym wprowadzeniem grup wtórnych, zamiast paneli połączeniowych panele transferowe oraz dodatkowo



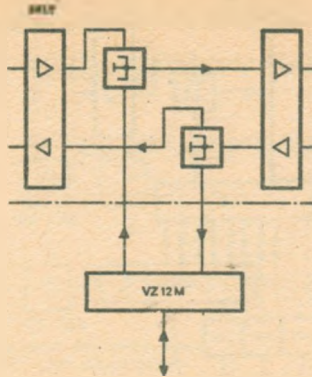
Rys. 41. Transfer bezpośredni jednej grupy lub dwóch grup wtórnych bez powtórnego wprowadzenia do pasma transmisyjnego przy współpracy z systemem V-120, gdzie:

SS V-120 - stojak systemowy V-120,
 SWLT - stojak wzmacniaków liniowych transferowych, SPK - stojak przełączników kanałowych, PK - przemiennik kanałowy



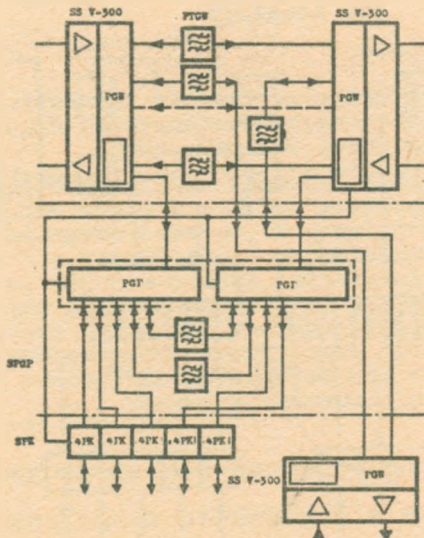
Rys. 42. Transfer bezpośredni jednej grupy lub dwóch grup wtórnych z powtórnym wprowadzeniem do pasma transmisyjnego przy współpracy z systemem V-120 gdzie:

TFZ - transferowy filtr zaporowy 564 kHz (przy transferze dwóch grup wtórnych), FTGP - filtr transferowy grup pierwotnych, SWLT, SSV-120, SPK - jak w rys. 41



Rys. 43. Transfer bezpośredni 12 kanałów (podstawowej grupy pierwotnej $60 + 108$ kHz) bez powtórnego wprowadzenia do pasma transmisyjnego przy współpracy z systemem VZ 12M gdzie:

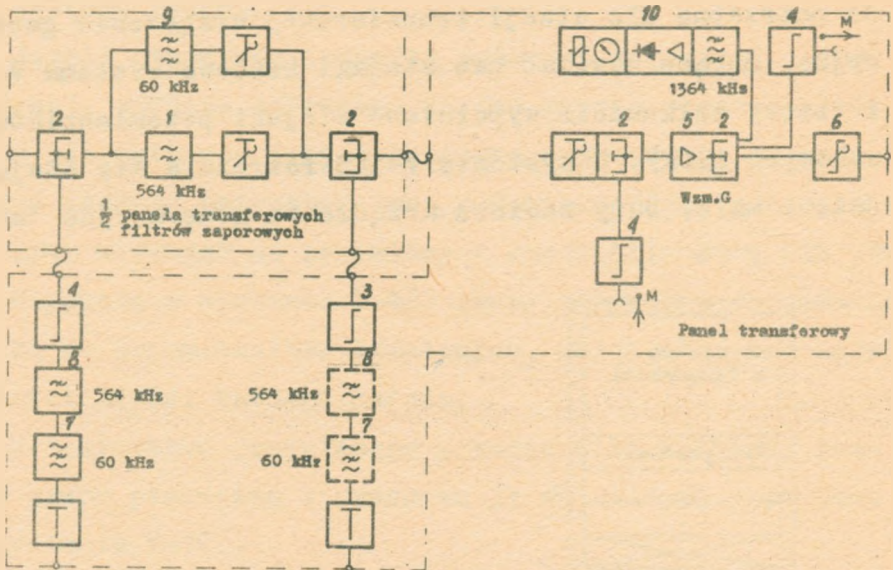
SWLT - stojak wzmacniaków liniowych transferowy, SVZ 12M - stojak systemu VZ 12M



Rys. 44. Transfer pośredni grup wtórnych i pierwotnych gdzie:

FTGW - filtr transferowy grup wtórnych, FTGP - filtr transferowy grup pierwotnych, PGW - przemiennik grup wtórnych, PGP - przemiennik grup pierwotnych, PK - przemiennik kanałowy, SS V-300 - stojak systemowy V-300, SPGP - stojak przemiany grup pierwotnych, SPK - stojak przemiany kanałowej

panele transferowych filtrów zaporowych. Schemat blokowy urządzeń transferowych przedstawiono na rys. 45.

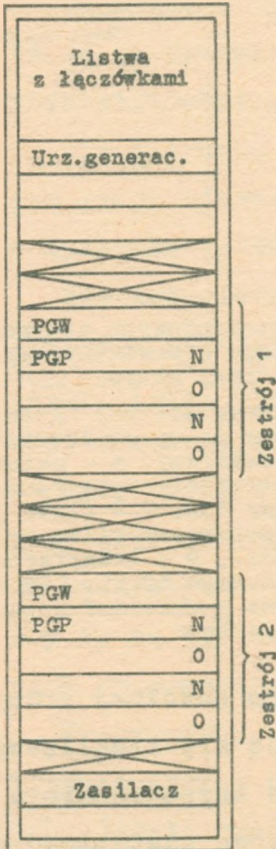


Rys. 45. Schemat blokowy urządzeń transferowych stojaka SWLT potrzebnych do transferu bezpośredniego z powtórny wprowadzeniem 1+2 grupy wtórnej gdzie

1 - transferowy filtr zaporowy 1+2 grupy wtórnej (górnoprzepustowy 564 kHz), 2 - układ rozgałęźny do oprowadzenia lub odłączenia grup kanałów, 3 - układ preemfazy, 4 - układ demfazy, 5 - wzmacniacz o płaskiej charakterystyce wzmacnienia (wzm. G), 6 - zespół uzupełniający tor, 7 - filtr zaporowy prądu pilotowego 60 kHz, 8 - transferowy filtr dolnoprzepustowy 1+2 grupy wtórnej (564 kHz), 9 - transferowy filtr pasmowo-przepustowy prądu pilotowego 60 kHz, 10 - odbiornik prądu pilotowego 1364 kHz wraz z układami sygnalizującymi przekroczenie poziomu

Warianty transferu bezpośredniego dowolnej grupy wtórnej bez powtórny wprowadzenia dają się zrealizować z istniejącymi urządzeniami dla transferu bezpośredniego z powtórny wprowadzeniem. Filtry zaporowe zastąpione są w tym przypadku przez tłumiki o tej samej tłumienności podstawowej.

Do rozdzielenia grup wtórnych na grupy pierwotne wybrano stranzystoryzowany teletransmisyjny system nośny V-120. Stojak tego systemu, pokazany na rys. 46, posiada potrzebne dla stacji transferowej urządzenia generacyjne, mogące zasilać dwa stojaki końcowe systemu V-120 i cztery całkowicie wypełnione stojaki przemienników kanałowych (SPK). W systemie V-120 rozróżnia się stojaki duże i małe. Duży zawiera urządzenia generacyjne oraz



Rys. 46. Stojak systemowy V-120
gdzie:

PGW - przemiennik grup wtórnych,
PGP - przemiennik grup pierwotnych

panele dla dwóch zestrojów nośnych systemu V-120. Natomiast w małym stojaku dają się umieścić oprócz urządzeń generacyjnych jedynie panele dla jednego zestawu nośnego systemu V-120.

Jeżeli następuje transfer pośredni z drugiej grupy wtórnej, wówczas potrzebne są dwa panele przemienników grup pierwotnych. Przy transferze pośrednim z pierwszej grupy wtórnej potrzebny jest dodatkowo panel przemiennika grup wtórnych do przemiany z częstotliwością 612 kHz.

Uzyskane w systemie V-120 grupy pierwotne doprowadzone są do przemienników kanałowych, dających pasmo małej częstotliwości każdego kanału.

Dla kierunku przeciwnego przemienniki kanałowe tworzą grupy pierwotne i prowadzą je do dalszej przemiany w systemie V-120.

Dla transferu pośredniego grup pierwotnych do innych systemów potrzebne są odpowiednie filtry transferowe (FTGP) (rys. 44). Filtr transferowy tłumi pasmo sąsiednie, przylegające do pasma użytecznego 60 ± 108 kHz.

Przy transferze pośrednim z powrotnym wprowadzeniem grup pierwotnych filtr ten jest konieczny dla wszystkich 12 kanałowych grup, które muszą być transferowane. Filtry te są kosztowne, zajmują dużo miejsca i tylko dla nich przeznaczony jest cały panel.

W przypadku gdy potrzebna jest większa ilość filtrów transferowych, należy przewidzieć na nie oddzielny stojak. Jeżeli grupy pierwotne mają być wprowadzone dalej do systemu VZ-12M, wówczas trzeba umieścić cztery takie filtry w stojaku przelotowym systemu VZ-12M. Do transfe-

ru pośredniego grup wtórnych potrzebne są z tych samych względów filtry transferowe (FTGW1) dla pasma 312 + + 552 kHz.

12. ZAKOŃCZENIE

Sprawdzone na odcinkach próbnych urządzenia traktu liniowego systemu V-300, tak firmy Telefunken jak i Siemens-Halske, pracowały od czasu uruchomienia zupełnie bez uszkodzeń i bez dozoru. W ostatecznym wykonaniu systemu nie potrzebowano nic zmieniać na podstawie przeprowadzonych badań. Nawet przy niekorzystnych warunkach pracy, jak np. wahanie napięcia zasilającego lokalnego i zdalnego, oddziaływanie przepięć itp., zabezpieczone było poprawne działanie traktu liniowego. Wszystkie zalecenia CCITT zostały zachowane z rezerwą. Po skończonych badaniach na próbnych trasach uznano, że system ten wówczas spełnił wymaganie odnośnie oczekiwanej pewności jego pracy.

Na zakończenie należy wspomnieć, że główny użytkownik teletransmisyjnych systemów nośnych - poczta NRF (Deutsche Bundespost) zainteresowany jest innym, aniżeli kolejnictwo sposobem rozwoju sieci teletransmisyjnej opartej o technikę kabla współosiowego małowymiarowego.

Przewiduje on użycie kabla o większej ilości par współosiowych, a mianowicie kabla typu KxFk (Form 24f) zawierającego 12 par współosiowych oraz stosowanie na nim dwóch teletransmisyjnych systemów nośnych, a mianowicie: obok systemu V-300 - system V-960 [17]. Długość odcinka

wzmacniakowego pocztowego systemu V-300 wynosi 8 km, a względny poziom nadawania - 0,7 N przy 1,3 MHz. Odcinek wzmacniakowy systemu V-960, powstały przez podział na połowę odcinka wzmacniakowego systemu V-300, wynosi 4 km, a względny poziom nadawania - 1,0 N przy 4028 kHz.

WYKAZ LITERATURY

1. Becker A.: Streckenfernmeldekabel mit Kleinkoaxialpaaren. Siemens-Zeitschrift (1964), nr 4, s.294-295.
2. Leitenberger W. i Salamann W.: Kabel mit Zwergtuben im Fernmeldenetz der Deutschen Bundespost. Signal und Draht 53 (1961), nr 1, s. 6-13.
3. Pflichtenheft - Streckenfernmeldekabel mit Zwerg-Koaxialpaaren (Kx) Dlk. 1.010.020y. Deutsche Bundesbahn. Ausgabe vom Juni 1960, ss. 3.
4. Schulz W.: Ein Trägerfrequenzsystem mit 300 Fernsprechkanalen auf Kleinkoaxialpaaren in Fernmeldekabeln der Deutschen Bundesbahn. Signal und Draht 56 (1964), nr 1, s. 1-8.
5. Braun E. i Witt K.: Streckenausrüstung des Trägerfrequenz-Fernsprechsystems V-300. Siemens Zeitschrift (1963), nr 11, s. 793-799.
6. Kempter H. i MieG G.: Streckenausrüstung des Trägerfrequenzsystems V-300. Telefunken-Zeitung 38 (1965) Nr 2, s. 156-165.

7. Braun E.: Die Erprobung von Trägerfrequenz-Streckengeräten für 300 Sprechkanäle je Kleinkoaxialpaar. Frequenz (1965), nr 9, s. 283-288.
8. Braun E., Leitenberger W. i Ziegler A.: Messung der Beeinflussung einer Kabelstrecke mit Kleinkoaxialpaaren und Transistor-Zwischenverstärkern bei Fahrleitungs-Kurzschlüssen. Signal und Draht 56 (1964), nr 12, s. 196-198.
9. Braun E.: Die selbsttätige Entzerrung einer Trägerfrequenzverbindung auf Erdkabeln durch temperaturgesteuerte Zwischenverstärker. Frequenz 19 (1965), nr 10, s. 353-360.
10. Korn J.: Regulierung des Leitungspegels bei langen Trägerfrequenz-Verbindungen. Telefunken-Zeitung 38 (1965), nr 2, s. 165-172.
11. Korn J.: Eine digitale Leitungspegelregulung für Trägerfrequenz - Weitverkehrssysteme. Nachrichtentechnische Zeitschrift (1964), nr 10, s. 521-526.
12. Korn J.: Zweipunkt geregelter Gleichspannungswandler NTZ (1964), nr 6, s. 295-300 oraz nr 9, s. 452 (Berichtigung).
13. Telefunken G.M.B.H.: Fachbereich Anlagen Weitverkehr und Kabeltechnik Backnang. Prospekty firmowe. Trägerfrequenzanlage V-300. Nr AW/Wb 560 z kwietnia 63 r. oraz nr AW/Wb 612 Tf z kwietnia 64 r.

14. CCITT dokument Com. XV Nr 95E. Annex nr 3 do zagadnienia 27/XV, dotyczący zdalnej kontroli (impulsowej) stosowanej w NRF do systemu V-300.
15. Pirot L.: Massnahmen bei Fernmeldeanlagen der deutschen Bundespost gegen Störungen durch benachbarte Starkstromanlage. NTZ (1964).
16. CCITT dokument Com. XV Nr 35-F/E załącznik dotyczący układów preemfazy i deemfazy stosowanych w NRF do systemu V-300.
17. Scheible F., Kolb O.: TF Leitungsausrüstung V-960 und V-300 für Kleinkoaxialpaare 1,2/4,4 SEL-Nachrichten 13 (1965), nr 1, s. 31-39.

Wyciąg z wymagań techniczno-eksploatacyjnych /Pfllichtenheft/ na telefoniczny kabel dalekosiężny z parami współosiłowymi małowymiarowymi /Kx/ Nr Dlk 1.010.020y, czerwiec 1960 r. /Niemiecka Kolej Związkowa/.

1. Przedmiot wymagań:

Wymagania techniczno-eksploatacyjne dotyczą żądanych własności pary współosiłowej małowymiarowej w odcinkach fabrykacyjnych telefonicznego kabla dalekosiężnego przy temperaturze $t_0 = 20^{\circ}\text{C}$. Długość dostarczana: 426 m, długość do ułożenia: 425 m.

Przekrój miedzianej żyły wewnętrznej pary współosiłowej małowymiarowej: 1,2 m.

2. Własności elektryczne:

Ip.	Własności	Częst. pomiarowa	Wartość wymagana	Długość odniesienia	Przeliczenie dla różniacej się temperatury	
					długości	temperatury
1	2	3	4	5	6	7
2.1.	Oporność toru:	prąd		1000 m	$x \frac{L}{1000}$	$x 1-4 \cdot 10^{-3} / t-t_0$
2.1.1.	żyły wewnętrznej	stały	$< 16,5 \Omega$			
2.1.2.	żyły zewnętrznej		$\leq 7,0 \Omega$			
2.2.	Oporność izolacji:	prąd				
2.2.1.	żyły wewnętrznej w stosunku do żyły zewnętrznej przy dług. kabla	stały				
	$> 200 \text{ m}$		$> 5 \text{ G}\Omega$	1000 m	$x \frac{L}{1000}$	-
	200.100 m		$> 25 \text{ G}\Omega$	" "	-	-
	$< 100 \text{ m}$		$> 30 \text{ G}\Omega$	" "	-	-

1	2	3	4	5	6	7
2.2.2.	Żyły zewnętrznej w stosunku do innej żyły zewnętrznej, pozostałych żył w kablu i metalowej powłoki kabla		$> 1 \text{ G}\Omega$	1000 m	$\times \frac{1}{1000}$	$\times 1+0,06 / t-t_0$
2.3.	Oporność falowa	1,0 MHz				
2.3.1.	Wartość nominalna		75 Ω			
2.3.2.	Wartość średnia odcinków należących do jednego odcinka wzmacniakowego		75,0 \pm 2,0 Ω			
2.3.3.	Odchyłka poszczególnych wartości od wartości średniej		$\leq 3,0\%$			
2.4.	Regularność oporności falowej każdej pary współosiowej. Największy współczynnik odbicia	zdefiniowany impuls				
2.4.1.	Dla wszystkich odcinków fabrykcyjnych jednego odcinka wzmacniakowego		$\leq 12\%$			
2.4.2.	Dla 95% odcinków fabrykcyjnych jednego odcinka wzmacniakowego		$\leq 6\%$			

1 -	2	3	4	5	6	7
2.5.	Przesłuch pomiędzy parami współosiowymi. Tłumienność zbliż-noprzesłuchowa a_{zb} Tłumienność zdalno-przesłuchowa a_{zd}	60 kHz	$\geq 12,0$ N	425 m	$L_n \frac{I}{425}$	
2.6.	Wytrzymałość elektryczna izolacji					
2.6.1.	Pomiędzy żyłą wewnętrzną i zewnętrzną	50 Hz lub pr.st.	800 V sk 1200 V			
2.6.2.	Pomiędzy żyłą zewnętrzną i metalową obudową kabla	50 Hz	2000 V sk			

3-19