

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI
WARSZAWA-MIEDZESZYN

PROBLEMY

ŁĄCZNOŚCI

136

1975

MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

ROK 15

WARSZAWA 1975

NR 136

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Redakcja Problemów Łączności

Redaktor Naczelny - mgr inż. Jerzy Rutkowski

Redaktorzy działów:

mgr inż. Władysław Cetner, doc. mgr inż. Adam Montuszek,
mgr inż. Józef Możejko

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH RĘKOPISU

Redaktor: J. Borkowska

Montaż tekstu: E. Milkiewicz

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 670. Wpłynęło do
Działu Wydawniczego 3.05.1975 roku
Druk ukończono w czerwcu 1975 r.

PROBLEMY ŁĄCZNOŚCI

Opracowanie tłumaczeń

KABLE WSPÓŁOSIOWE NORMALNOWYMIAROWE DO SYSTEMÓW 60 MHz

SPIS TRESCI

	Str.
1. Pritchett J., Bartlett G.A.: Projektowanie i produkcja kabla współosiowego normalnowymiarowego typu 2,6/9,5 mm - opracował G. Steckiewicz	1
2. Masters Ch.H.; Garrett W.H., Atkins D.H.: Tor współosiowy typu CLOAX - opracował A. Moniuszko	15
3. Stenson D.W., Slaughter W.G.F.: Łączenie par kabla współosiowego normalnowymiarowego typu 2,6/9,5 mm - opracował G. Steckiewicz	21
4. Still L.H., Stephens W.J.B., Bundy R.C.H.: Pomiary kabli współosiowych normalnowymiarowych 2,6/9,5 mm - opracował G. Steckiewicz	27
5. Perrins E.V.T.: Samochód do pomiarów kablowych - opracował G. Steckiewicz	34

	Str.
6. Crank G.J., Smith H.O.J.: Zestaw do pomiarów tłumienności i wzmocności - opracował A. Moniuszko	35
7. Rata S., Sayers P.: Zasady budowy linii kablowych - opracował A. Moniuszko	41
8. Bissell D.R., King W.T., Gibbons R.B.: Zaciąganie kabli do kanalizacji - opracował A. Moniuszko	47
9. Walters J.R.: Konserwacja kabli - opracował A. Moniuszko	52
10. Nordblad S.: Kabel współosiowy jako tor transmisji szerokopasmowej - opracował A. Moniuszko	61

KABLE WSPÓŁOSIOWE NORMALNOWYMIAROWE DO SYSTEMÓW 60 MHz

1. PROJEKTOWANIE I PRODUKCJA KABLA WSPÓŁOSIOWEGO NORMALNOWYMIAROWEGO TYPU 2,6/9,5 mm

Opracował G. Steckiewicz na podstawie artykułu:
Pritchett J., Bartlett G.A.: The 60 MHz FDM transmission
system. Cable design and manufacture. The POEŻJ 1973
t. 66. nr 3, s. 158-166.

1.1. Wstęp

Od chwili wprowadzenia do eksploatacji przez Poczte Brytyjską pierwszego kabla współosiowego normalnowymiarowego w 1938 r. nastąpiło wiele zmian. Przede wszystkim wzrosła szerokość pasma przesyłanego, a ponadto wprowadzono nowe materiały konstrukcyjne oraz usprawniony został proces produkcji kabli. Badania parametrów elektrycznych obecnie produkowanych kabli potwierdziły możliwość stosowania w praktyce analogowego systemu transmisyjnego 60 MHz, lecz własności elektryczne oraz zachowanie się tych kabli powyżej tej częstotliwości będzie ograniczało ich przyszłe wykorzystanie do celów transmisji dyskretnej /sygnałów cyfrowych/. Prowadzone obecnie prace mają na celu

zbadanie możliwości poprawy własności elektrycznych kabla współosiowego normalnowymiarowego typu 2,6/9,5 mm w zastosowaniu do transmisji sygnałów cyfrowych w zakresie do 800 Mbit/s.

W obecnie produkowanych kablach normalnowymiarowych, badanych przy częstotliwościach w zakresie od 60 do 500 MHz /dotychczas normalnie kable te wykorzystywane są do częstotliwości 12 MHz/, stwierdzono występowanie odbić o tak dużej amplitudzie, że spowodowałyby zniekształcenia w transmisji cyfrowej o dużych przepływnościach. Odbicia te spowodowane są występowaniem niewielkich nieregularności w wymiarach konstrukcji, powtarzających się co pewien okres wzdłuż toru kablowego. Stwierdzono, że zniekształcenia te powstają w czasie skręcania poszczególnych par współosiowych w jeden wieloparowy ośrodek kabla. W wyniku badań przeprowadzonych nad przebiegiem procesu produkcyjnego ustalono, że stosunkowo niewielkie zmiany w oprzyrządowaniu oraz ostrzejsza kontrola jakości elementów prowadzą do znacznego obniżenia amplitudy odbić, co w konsekwencji umożliwi wykorzystanie kabla dla transmisji cyfrowej o dużej przepływności.

1.2. Przegląd niektórych konstrukcji kabla współosiowego normalnowymiarowego 2,6/9,5 mm

Od dość dawna stosuje się powszechnie dwie podstawowe konstrukcje kabla współosiowego normalnowymiarowego. Pierwsza konstrukcja przedstawiona jest na rys. 1-1^{x/}. Żyła wewnętrzna

x/ Rysunki są zamieszczone na końcu artykułów.

jest izolowana od żyły zewnętrznej krążkami z materiału izolacyjnego. Żyła zewnętrzna formowana jest w procesie ciągłym z taśmy miedzianej, której brzegi nacinane są w ząbki, wzajemnie na siebie zachodzące. Jest to tzw. łączenie na "zamek", gdyż miejsce styku dwóch brzegów taśmy tworzy ten charakterystyczny wzór. Wadą tej metody jest mała szybkość procesu produkcji, a ponadto wymaga ona stałej kontroli ostrości narzędzia wycinającego ząbki w taśmie.

Na rysunku 1-2 przedstawiono drugą konstrukcję, gdzie brzegi taśmy, z której formowana jest żyła zewnętrzna, są pofalowane i zetknięte ze sobą "na styk" [1-1].

Ostatnio zastosowano konstrukcję nowszą, tzw. konstrukcję typu "Cloax", wynalezioną w USA, patrz art. 2 /rys. 1-3/. Żyła zewnętrzna formowana jest z laminatu miedziowo-stalowego. Taśma laminowana przed uformowaniem w rurę zostaje pofalowana, a szew rury wykonany jest w ten sposób, że brzegi wewnętrznej warstwy miedzianej stykają się, a brzegi zewnętrznej warstwy stalowej zachodzą na siebie, tworząc zakładkę i są ze sobą lutowane. Zastosowanie tej konstrukcji pozwala na zaoszczędzenie miedzi, a pofalowana rura żyły zewnętrznej jest bardziej wytrzymała na zginanie i zginanie niż rura gładka.

Pocza Brytyjska w ciągu ostatnich dwudziestu lat stosowała obydwie konstrukcje przedstawione na rysunkach 1-1 i 1-2, usprawniając jedynie nacinanie brzegów oraz wprowadzając technikę wtryskowego formowania izolacji krążkowej.

Pierwsze badania nad wykorzystaniem obecnie produkowanych kabli współosiowych normalnowymiarowych dla systemu 60 MHz wykazały, że główną przeszkodą jest występowanie odbić przy

częstotliwości powyżej 60 MHz. Stwierdzono, że odbicia te występują przy częstotliwościach zawartych między 150 a 250 MHz.

Powstają one w wyniku okresowo powtarzających się wzdłuż toru niejednorodności w jego konstrukcji i są przyczyną zbyt małej tłumienności niejednorodności równoważnej [1-2].

Na rysunku 1-4 pokazano zasadę powstawania odbić okresowych. Każda niejednorodność konstrukcyjna powoduje nierównomierność impedancji w tym punkcie i część wysyłanego sygnału ulega odbiciu. Jeśli dodatkowo niejednorodności te występują regularnie /rys. 1-4a/ w odległościach równych połowie długości fali, to występujące na każdej z nich odbite sygnały o odpowiedniej częstotliwości będą zgodne w fazie. Suma tych odbić będzie miała poziom bardzo wysoki w stosunku do poziomu sygnału użytecznego, a tor współosiowy przy tej częstotliwości będzie się zachowywał jak filtr środkowozaporowy. Ten przyrost tłumienności może być niewielki dla jednego odcinka wzmacniakowego, ale dla całego traktu liniowego może okazać się zbyt duży i może spowodować konieczność zrezygnowania z kilku kanałów. Z punktu widzenia transmisji sygnałów cyfrowych bardziej niebezpieczne są zniekształcenia typu jak na rys. 1-4b, gdyż mogą one powodować niedopuszczalne zniekształcenia odbieranego sygnału i wzrost zakłóceń międzyelementowych w sygnałach cyfrowych. Ponieważ niejednorodności, na których powstają odbicia są spowodowane nieregularnością konstrukcji mechanicznej toru kablowego postanowiono szczegółowo prześledzić proces produkcji. Dokładne pomiary impedancji kabla w funkcji częstotliwości wykazały, że występowanie odbić jest bezpośrednio zależne od długości skoku skrętu par w kablu, a więc powstają w czasie skręcania poszczególnych par w ośrodek kabla.

Oczywiście w miarę wykrywania i usuwania przyczyn niejednorodności będą ujawniały się inne o mniejszym znaczeniu.

Zastosowanie konstrukcji typu CLOAX zostało ze względów ekonomicznych odrzucone. Oszczędności na miedzi nie zrównoważyłyby kosztów wprowadzenia do produkcji nowej konstrukcji przy obecnym małym popycie na kable normalnowymiarowe typu 2,6/9,5 mm w Wielkiej Brytanii. W związku z tym zdecydowano się tylko usprawnić obecną produkcję kabli.

1.3. Przegląd procesu produkcyjnego kabla normalnowymiarowego

Materiałem na żyłę wewnętrzną jest drut miedziany o średnicy nieco większej niż wymagana 2,6 mm. Drut ten jest następnie przeciągany przez oczko diamentowe o ściśle określonej średnicy / z dokładnością 0,1 do 0,2%/. Taśma miedziana, z której formuje się żyłę zewnętrzną, ma również wymiary ściśle określone. Polietylen, z którego wytwarzane są krążki izolacyjne jest dostarczany do fabryki w pasach o ściśle określonej grubości. Wycięte krążki są przechowywane w gazoszczelnych pojemnikach, aż do momentu ich użycia. W przypadku wtryskiwania krążków bezpośrednio na przewód polietylen jest bezpośrednio podawany na maszynę. W obydwu przypadkach musi być prowadzona ścisła kontrola jednorodności dielektrycznej materiału. Parametry taśm stalowych i papierowych, którymi owijane są pary współosiowe mieszczą się w normach stosowanych w przemyśle kablowym. Proces formowania par współosiowych przebiega w następujących etapach:

- a/ krążki polietylenowe są nakładane lub wtryskiwane bezpośrednio na żyłę wewnętrzną, w odstępach co 33 mm,
- b/ taśma miedziana jest nacinana na brzegach lub falowana, a następnie formowana jest wokół krążków izolacyjnych żyła zewnętrzna w postaci rurki z wzdłużnym szwem,
- c/ na rurę zewnętrzną nawijane są dwie taśmy stalowe, ekranujące parę dla małych częstotliwości,
- d/ tak wykonana para współosiowa owijana jest taśmami papierowymi.

Zasadę nakładania krążków na żyłę wewnętrzną pokazano na rys. 1-5. Wycięte krążki z otworem o średnicy nieco mniejszej niż średnica przewodu wewnętrznego umieszczane są w dozowniku. Koło maszyny do nakładania krążków pobiera po jednym krążku i przesuwa je w dół, styknie do przewodu miedzianego. Przy każdym przesunięciu krążek jest nacinany, nacięcie rozchylane i krążek zostaje nałożony na żyłę.

Przy wtryskiwaniu krążków formy dwudzielne umieszczone na obracającym się bębnie obejmują żyłę wewnętrzną i w tym momencie następuje wtrysk polietylenu.

Wszystkie opisane wyżej czynności: formowanie krążków i rury zewnętrznej oraz owijanie taśmami odbywa się w ramach jednego ciągłego procesu przy zastosowaniu jednej maszyny. Elementy skraćarki par współosiowych pokazane są na rys. 1-6. Skraćarka składa się z obracającego się kosza głównego, w którym znajdują się wirujące szpule z nawiniętymi parami współosiowymi. Wszystkie pary przechodzą przez kaliber, a następnie ciągnięte

są przez koło wyciągowe i nawijane na bęben odbiorczy. Ośrodek wieloparowego kabla zostaje utworzony przez spiralne skręcenie par, przy czym skok skrętu zależy od stosunku szybkości obrotu koła wyciągowego i szybkości obrotów kosza.

Istnieje szereg sposobów skręcania par. Można je podzielić na dwie grupy:

- A - osie, wokół których wirują szpule są równoległe do osi skręcania ośrodka /tj. do głównej osi maszyny/ ,
- B - osie, wokół których wirują szpule, są pod różnymi kątami do osi skręcania ośrodka kabla.

Różne warianty skręcania par pokazano na rys. 1-7. Każda para współosiowa przy przechodzeniu przez kaliber ulega zginaniu. Ponieważ dodatkowo wiruje ona wokół osi głównej maszyny, kierunek gięcia ulega ciągłym zmianom. Rura zewnętrzna oczywiście nie jest jednakowo odporna w każdym kierunku na gięcie /np. szew wzdłużny rury jest najmniej odporny/. Stwierdzono również, że para współosiowa poddana gięciu i następnie prostowana odzyskuje swój pierwotny kształt w stopniu zależnym od kierunku gięcia w stosunku do położenia szwu wzdłużnego. Stąd wniosek, że krzywizna kalibru musi być wystarczająco duża, aby przechodzące pary nie uległy lokalnym zniekształceniom, które mogłyby powodować odbicia. Przeprowadzone badania z pojedynczą parą współosiową potwierdziły znaczny wpływ krzywizny kalibru na tłumienność niejednorodności równoważnej.

Drugim miejscem, w którym para współosiowa może ulec odkształceniom, jest otwór w sworzniu, na którym obraca się szpula

/por. rys. 1-6/ i przez który przechodzi para. Okształcenie takie szybciej może wystąpić przy skręcaniu w wariancie pracy A niż B.

Przy skręcaniu par w wariancie B pary prowadzone są z głównego bębna pod różnymi kątami w stosunku do osi skrętu. W czasie obrotu kosza ze szpulami zmienia się zatem w sposób okresowy liczba obrotów poszczególnych szpul z parami współosiowymi. Ilustruje to rys. 1-8. Przy obrocie kosza o 180° każda ze szpul musi zmienić swe położenie, obracając się o kąt θ . Proces skręcania przebiega powoli, w sposób jednostajny i wszystkie pary przechodzą przez maszynę z jednakową prędkością. Natomiast prędkość, z jaką obracają się poszczególne szpule, jest różna i zmienia się w sposób okresowy, powodując okresową zmianę naprężenia, jakiemu poddawana jest każda para.

W czasie badań nie stwierdzono, aby te okresowe zmiany naprężenia miały wpływ na powstawanie odkształceń konstrukcyjnych. Wynika to z tego, że wielkości sił, jakie występują w procesie, są niewielkie, należy jednak zwrócić uwagę, aby otwór, przez który wprowadzana jest para ze szpuli, nie był za szeroki. W przeciwnym razie para współosiowa wraz ze zmianą naprężenia będzie drgała wewnątrz otworu. Może to spowodować wgniecenia, które będą rozmieszczone w regularnych odstępach wzdłuż pary.

Po przejściu przez kaliber skręcony ośrodek jest nawijany kilkoma zwojami na koło wyciągowe. Zewnętrzne żyły par ośrodka mogą w wyniku normalnie działających sił w tym miejscu ulec lekkiemu spłaszczeniu. Zniekształcenia te są rozmieszczone równomiernie w odległości proporcjonalnej do skoku skrętu. Z tego powodu w obecnie stosowanych konstrukcjach skręcarek stosuje

się materiał elastyczny, chroniący pary przed naciskami. Przejście skręconego ośrodka kabla przez koło wyciągowe powoduje powtórne zgięcie i rozproszenie ośrodka, co może prowadzić do dalszych odkształceń. W praktyce należy się liczyć z tym, że kabel nim zostanie ułożony na linii ulega kilkakrotnemu zginaniu i rozprostowywaniu w procesie produkcyjnym, przy transporcie i instalowaniu kabla w terenie. W kablu o ośrodku zawierającym kilka warstw również występuje zjawisko lekkiego spłaszczenia zewnętrznych żył par współosiowych. Każda warstwa ma inny skok skrętu i pary warstw krzyżujących się ze sobą ulegają temu odkształceniu. Aby tego uniknąć, stosuje się, jak w przypadku ośrodka kabla na kole wyciągowym, przedzielanie warstw materiałem elastycznym.

Z przedstawionego wyżej przeglądu procesu produkcyjnego wynika, że niewielkie zmiany w procesie skręcania ośrodka kabla pozwolą na wyeliminowanie okresowo powtarzających się konstrukcyjnych nierówności par. Jednakże dopóki będzie stosowane skręcanie wielu par współosiowych w jeden kabel, to wytrzymałość par na zginanie i ponowne rozprostowywanie oraz powrót do kształtu pierwotnego będzie decydującym czynnikiem w utrzymaniu prawidłowego kształtu kabla.

Oczywiście, nie bez znaczenia jest fakt, w jaki sposób formowany jest szew wzdłużny rury /por. rys. 1-1 i 1-2/. Nie ulega wątpliwości, że w zależności od metody każdy z nich posiada inne własności mechaniczne. W czasie badań stwierdzono, że przy szwie wzdłużnym pary na "zamek" rura zewnętrzna w czasie zginania lekko się odchyliła, a przy rozprostowaniu nie następował powrót do kształtu pierwotnego. Nie stwierdzono tego natomiast w

drugim przypadku - rury o pofalowanym szwie. Z tego powodu przyjęto tę drugą metodę tworzenia rury zewnętrznej w nowej konstrukcji kabla.

1.4. Nowa konstrukcja kabla współosiowego normalnowymiarowego typu 2,6/9,5 mm

Jest to kabel 18-parowy, dwuwarstwowy, przeznaczony do systemu 60 MHz oraz do późniejszego wykorzystania do transmisji sygnałów cyfrowych. Warstwa zewnętrzna składa się z dwunastu par, a warstwa wewnętrzna z sześciu par, obydwie skręcone wokół rdzenia papierowego. W celu uzyskania lepszej elastyczności kabla obydwie warstwy skręcone są w tym samym kierunku, lecz z różnymi skokami. W warstwie zewnętrznej znajduje się również 12 czwórek symetrycznych o średnicy żył 0,63 mm, zajmujących w przybliżeniu tyle samo miejsca, co jedna para współosiowa. Każda z warstw jest chroniona materiałem elastycznym i owinięta papierem. Całość umieszczona jest w powłoce ołowianej, powleczonej bitumem i dodatkowo zabezpieczonej wytłoczoną osłoną polietylenową. Pary współosiowe mają izolację krążkową i rurę zewnętrzną o pofalowanym szwie wzdłużnym.

Opracowano również kable 6- i 8-parowe do stosowania na liniach, gdzie użycie kabla 18-parowego byłoby nieuzasadnione.

W opracowaniu jest odporny mechanicznie kabel awaryjny, jednoparowy o izolacji pełnej i własnościach elektrycznych takich, jakie mają pary typu 2,6/9,5 mm dla zakresu do 60 MHz.

W nowej konstrukcji zastosowano nowy system oznaczania par. Dotychczas na papierze, którym była owijana każda para,

był wydrukowany odpowiedni numer. Przy obecnym założeniu wykonywania wszelkich napraw w miejscu uszkodzenia, bez odłączenia zasilania pozostałych par, konieczna jest bezbłędna identyfikacja uszkodzonej pary za pomocą odpowiedniego przyrządu. Z tego powodu nie jest konieczne numerowanie każdej pary, jednakże potrzebna jest możliwość identyfikacji dla celów pomiarowych w fabryce. W każdej warstwie jedna z par współosiowych oznaczona jest więc czerwonym kolorem /tzw. para licznikowa/, a druga niebieskim /tzw. para kierunkowa/. Dla warstwy wewnętrznej obydwie pary sąsiadują ze sobą w normalnej kolejności, w warstwie zewnętrznej - pomiędzy nimi zawarta jest wiązka 12 czwórek, które w ten sposób można łatwo odróżnić od pozostałych par współosiowych.

Zewnętrzna osłona polietylenowa spełnia rolę dodatkowego zabezpieczenia kabla. Zalewa bitumiczna uszczelnia przestrzeń pomiędzy powłoką ołowianą a osłoną polietylenową. Zewnętrzna osłona polietylenowa ułatwia również zaciąganie kabla do kanalizacji, bowiem współczynnik tarcia polietylenu w kanalizacji z polichlorku winylu jest mniejszy niż ołowiu. Dodatkowo zabarwiona osłona pozwala łatwo odróżnić nowy kabel od typów dawniej ułożonych.

Przewiduje się, że omawiany kabel będzie zasadniczo układany tylko w kanalizacji. Aby ułatwić zaciąganie kabli, wszystkie dostarczane odcinki kabli będą w fabryce zakańczane pętlą do ciągnięcia i napełniane sprężonym powietrzem. Eksperymenty przeprowadzane w terenie wykazały, że przy użyciu odpowiedniego smaru /np. ciekła parafina/ można z łatwością zaciągać odcinki nawet o długości 500 m /patrz rozdz. 8/. W ten sposób na odcinku wzmacniakowym o długości 1500 m wykonywane są tylko dwa złącza. Za-

ciąganie kabla w odcinkach 750 m, chociaż możliwe, nie będzie stosowane, gdyż koszt dużych bębnow na kable i osprzętu do zaciągania jest znacznie większy od zysku, wynikającego z mniejszej liczby złączy. Kable w fabryce będą poddawane ścisłej kontroli, tak aby sprowadzić różnicę w ich impedancjach do minimum, dzięki czemu nie będzie konieczne przeprowadzanie alokacji kabli. Każda para jednego odcinka może więc być łączona z dowolną parą następnego odcinka, co upraszcza wykonywanie złączy i zmniejsza ich średnicę.

Własności elektryczne nowego kabla współosiowego normalno-wymiarowego typu 2,6/9,5 mm pozwalają na:

- a/ eksploatację kabla w systemie 60 MHz z podziałem częstotliwości,
- b/ wykorzystywanie tego kabla w zakresie częstotliwości od 60 do 500 MHz, co pozwoli na późniejsze wykorzystanie kabla do transmisji sygnałów cyfrowych,
- c/ możliwość stosowania kabla dla obecnych systemów 12 MHz.

Tłumienność pary współosiowej przy 10°C wyraża się wzorem:

$$\alpha = 0,013 + 2,305 \sqrt{f} + 0,0037 \cdot f \quad /1-1/$$

Tłumienność ta wyrażona jest w dB na 1 km pary współosiowej, a częstotliwość jest f w MHz, przy czym stosunek długości pary współosiowej do długości powłoki kabla nie powinien przekraczać wartości 1,012.

We wzorze /1-1/ drugi składnik obrazuje straty na skutek zjawiska naskórkowości, a ostatni składnik straty w dielektryku. Od-

chyłki tłumienności produkowanych torów od wartości tłumienności obliczonej według wzoru /1-1/ pokazane są na rys. 179.

Dodatkowo różnica w tłumienności pomiędzy dwoma parami w każdej z warstw nie może przekroczyć 0,5% wartości średniej tłumienności kabla dla wszystkich częstotliwości w zakresie od 4 do 64 MHz oraz 1% wartości średniej dla częstotliwości w zakresie od 64 do 500 MHz. Współczynnik zmian temperaturowych tłumienności wynosi około $+0,0019^{\circ}\text{C}$ od wartości tłumienności przy 10°C .

Wyrażenie na impedancję pary współosiowej przedstawia się następująco:

$$Z = 74,4 \left[1 + \frac{0,0123 / 1 - j/}{\sqrt{f}} \right] \quad /1-2/$$

gdzie: Z - impedancja w Ω , f - częstotliwość w MHz.

W praktyce dopuszczalne są wartości odchyłki impedancji $+0,4\Omega$. Odbicia sygnałów powstające w wyniku istnienia okresowo powtarzających się niejednorodności nie mogą przekraczać 35 dB w stosunku do wygładzonej krzywej impedancji średniej w funkcji częstotliwości w zakresie do 60 MHz. W zakresie od 60 do 500 MHz dopuszczalna jest wartość tłumienności odbicia 20 dB, lecz istnieje dodatkowe ograniczenie na średnią wartość energii odbitej w każdym wycinku pasma o szerokości 10 MHz. Każda z par musi wytrzymywać bez przebicia napięcie 4 kV prądu stałego, przyłożonego między żyły pary na okres 1 min. Dodatkowo przy pracy systemu zdalnego zasilania przy izolowanych żyłach zewnętrznych od ziemi, żyła zewnętrzna każdej pary musi wytrzymywać bez przebicia w ciągu 1 min. napięcie prądu stałego 2,8 kV wzglę-

dem uziemionych wszystkich pozostałych współosiowych par, zawartych z powłoką i żyłami wiązek symetrycznych.

1.5. Próby w terenie i wnioski

W latach 1972 i 1973 ułożono około 6 km odcinki linii z kabli nowego typu. Pozwoliło to na sprawdzenie w warunkach eksploatacyjnych nowych założeń konstrukcyjnych oraz pozwoliło wypróbować nowy osprzęt i urządzenia końcowe. W wyniku prób w terenie oraz dzięki szczegółowej analizie procesu produkcyjnego, uzyskano odpowiednie dane do opracowania opisanej nowej konstrukcji kabla współosiowego normalnowymiarowego. Ten typ kabla ma być powszechnie stosowany przez Pocztę Brytyjską, a w przyszłości będzie on mógł być wykorzystany do transmisji sygnałów cyfrowych. Własności elektryczne kabla poniżej 60 MHz nie uległy zmianie w stosunku do własności kabli dotychczas produkowanych, co umożliwi zastosowanie nowego typu kabla w starej sieci.

2. TOR WSPÓŁOSIOWY TYPU CLOAX

Opracował A. Moniuszko na podstawie artykułu:

Masters Ch.H., Garrett W.H., Atkins D.H.: Manufacturing Cloax coaxial cable. The Western Electric Engineer 1971 t. 15 nr 3, s. 65-73

2.1. Wstęp

Prowadzone w Stanach Zjednoczonych A.P. badania nad ulepszeniem konstrukcji i parametrów torów współosiowych normalno-wymiarowych doprowadziły do opracowania konstrukcji i technologii produkcji par współosiowych typu CLOAX, o wymiarach zbliżonych do torów typu 2,6/9,5 mm, lecz o żyłce zewnętrznej od-miennej od dotychczas stosowanej. Budowa tego toru, wspomniana w poprzednim artykule, pokazana jest na rys. 1-3. Konstrukcja ta zapewnia, zdaniem autorów, uzyskanie znacznie lepszych parametrów elektrycznych i mechanicznych omawianych torów oraz umożliwia zaoszczędzenie aż 60% miedzi przy zachowaniu takiej samej tłumienności jednostkowej i takiej samej impedancji falowej toru.

2.2. Materiały potrzebne do produkcji toru

Na izolację torów stosuje się krążki wykonane z polietylenu o dużej gęstości, który ma wyższą temperaturę mięknięcia /około 120°C/ niż polietylen o małej gęstości, co ma zasadnicze znaczenie wobec zastosowanego procesu lutowania przewodu zewnętrznego przy produkcji toru.

Żyła wewnętrzna wykonana jest z miedzi miękkiej i ma średnicę 2,57 mm.

Żyła zewnętrzna wykonana jest z laminatu, wytwarzanego w procesie produkcji toru współosiowego. Laminat ten składa się z taśmy miedzianej o grubości 0,117 mm $\pm 0,005$ mm spojonej z cynowaną taśmą stalową o grubości 0,254 mm $\pm 0,005$ mm i o nieco większej szerokości niż taśma miedziana; obie taśmy metalowe spajane są na gorąco przy użyciu taśmy z kopolimeru kwasu akrylowego i etylenu.

Do lutowania żyły zewnętrznej, po uformowaniu jej w rurkę wokół izolowanej żyły wewnętrznej, stosowane jest lutowie zawierające 62% cyny, 36% ołowiu i 2% srebra w postaci drutu z rdzeniem z kalafonii.

2.3. Proces produkcyjny

Produkcja całej pary współosiowej przebiega w jednym, ciągłym procesie produkcyjnym, łącznie ze spajaniem taśmy miedzianej i stalowej na żyłę zewnętrzną i przeciąganiem drutu na żyłę wewnętrzną oraz wyżarzaniem jej.

Taśma miedziana i stalowa po spojeniu w laminat zostaje pofalowana i uformowana w rurkę wokół izolowanej żyły wewnętrznej, a szew rurki /na zakładkę/ zostaje zlutowany prądami wielkiej częstotliwości. Krążki izolacyjne wycinane są z taśmy polietylenowej o odpowiedniej grubości i po nacięciu ich /patrz rys. 1-5/ nakładane są na dokładnie odtłuszczoną żyłę wewnętrzną.

Należy zaznaczyć, że wszelkie niedokładności lub uszkodzenia obrotowych elementów maszyny mogą być przyczyną okresowych

niejednorodności pary, powodujących wzrost tłumienności toru przy określonej częstotliwości. Częstotliwość ta wyraża się wzorem:

$$f = \frac{c \cdot 10^{-3}}{2 \lambda \sqrt{\epsilon}} \quad / \text{MHz} / \quad /2-1/$$

gdzie:

- c - szybkość światła w km/s,
- λ - połowa długości fali sygnału, w m,
- ϵ - przenikalność elektryczna toru.

Dla toru współosiowego CLOAX wzór przybierze postać:

$$f = \frac{14,3 \cdot 10^3}{\pi d} = \frac{4550}{d} \quad / \text{MHz} / \quad /2-2/$$

gdzie:

- d - średnica wałka /lub koła/, w cm, powodującego odkształcenie toru.

Ze wzoru /2-2/ można też obliczyć, że aby sygnały w zakresie do 60 MHz mogły być transmitowane bez nadmiernego wzrostu tłumienności przy dowolnej częstotliwości tego pasma, należy, aby wałki formujące na przykład przewód zewnętrzny, koła wyciągowe lub odbiorcze miały średnice mniejsze niż 75 cm, przewidując natomiast transmisję cyfrową i maksimum energii sygnałów użytecznych w pobliżu częstotliwości 290 MHz i średnice te nie mogą przekraczać 15,7 cm. W przypadku więc konieczności stosowania większych średnic niezbędne jest takie ich zaprojektowanie, aby nie mogły tam powstawać żadne okresowe odkształcenia od ustalonych wymiarów toru.

Skręcenie ośrodka kabla powinno być tak wykonywane, aby nie występowały zbyt duże naprężenia działające na zlutowany szew, co mogłoby spowodować jego pęknięcie.

2.4. Badania kabli typu CLOAX

Kable typu CLOAX wymagają więcej dokładności badań niż dotychczas produkowane kable współosiowe normalnowymiarowe.

Ważne jest odpowiednie dołączenie mierzonych par do urządzeń pomiarowych. Do badań wysokim napięciem zdejmuje się na końcach par żyłę zewnętrzną i łączy się wszystkie zewnętrzne żyły razem, a do obnażonych żył wewnętrznych dołącza się napięcie probiercze. Do pomiarów natomiast impulsowych lub pomiarów przy wielkiej częstotliwości wycina się żyłę wewnętrzną tak, aby do wnętrza pary współosiowej można było wcisnąć odpowiednio dopasowany łącznik, zapewniający kontakt z obiema żyłami i pozwalający z drugiej strony na dołączanie wtykami przewodów pomiarowych.

Pomiary wykonywane są w dwóch etapach. W pierwszym etapie wykonuje się pomiary w ogrodzonym siatką drucianą miejscu:

- sprawdzenie ciągłości wszystkich żył w kablu,
- badania napięciem probierczym żył par symetrycznych i par współosiowych oraz wszystkich żył względem powłoki kabla,
- pomiar wyładowań niezupełnych oraz pomiar izolacji par współosiowych.

W drugim etapie wykonuje się pomiary w klimatyzowanym, wolnym od kurzu pomieszczeniu:

- pomiary tłumienności niejednorodności równoważnej,
- pomiary opóźności fazowej,
- pomiary tłumienności torów współosiowych,
- pomiary pojemności torów współosiowych,
- pomiary impulsowe echa, impulsem 30 ns i 250 ns,
- pomiary niejednorodności miejscowych reflektomerem
- pomiar impedancji końców torów współosiowych,
- pomiar asymetrii pojemnościowych wiązek symetrycznych..

Z dodatkowych wymagań na pary współosiowe CLOAX warto wymienić następujące:

- 1/ izolacja elektryczna wszystkich par współosiowych i symetrycznych /całego ośrodka/ względem uziemionej powłoki powinna wytrzymać bez przebicia napięcie stałe o wartości 20 kV,
- 2/ ładunek pozorny wyładowań niezupełnych nie powinien przekroczyć 20 pC,
- 3/ tłumienność niejednorodności równoważnej powinna wynosić co najmniej:

dla pasma częstotliwości	4 - 300 MHz	- 40 dB
" "	" 4 - 140 MHz	- 36 dB
" "	" 140 - 220 MHz	- 30 dB
" "	" 220 - 300 MHz	- 24 dB

- 4/ pojemność jednostkowa $46,6 \pm 0,3$ nF/km,
- 5/ długość elektryczna poszczególnych torów w kablu nie powinna różnić się więcej niż o 0,4%,
- 6/ impedancja końców toru powinna zawierać się w granicach 74,6 ... 75,5

7/ współczynnik P powinien wynosić /patrz wzór 2-7/ $0,699 \pm 0,007$.

Wymagane jest ponadto wykonywanie pomiarów opóźności fazowej sygnału τ .

Stosując przybliżone wzory /dla dużych częstotliwości/ można napisać:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L_0}{C}} = \frac{\tau}{C} \quad /2-3/$$

$$\alpha = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L_0}} = \frac{R}{2Z_0} \quad /2-4/$$

$$\beta = \omega \sqrt{L_0 C} = \omega \tau \quad /2-5/$$

$$\tau = \sqrt{L_0 C} \quad /2-6/$$

Zatem współczynnik P, który jest stosunkiem tłumienności jednostkowej do opóźności fazowej wyrazi się wzorem:

$$P = \frac{\alpha}{\tau} = \frac{R}{2L_0} \quad /2-7/$$

Z pomiarów opóźności fazowej można także wyliczyć elektryczną długość badanego toru.

Uzyskane wyniki na linii zbudowanej z kabli zawierających 22 pary współosiowe typu CLOAX, ułożonych na odcinku około 6,5 km wykazują, że tego typu tory mają lepsze parametry elektryczne i mechaniczne. Tłumienność niejednorodności równoważnej jest przeciętnie lepsza o 6 dB od wartości uzyskiwanych na torach normalnowymiarowych ze szwem ząbkowanym.

3. ŁĄCZENIE PAR KABLA WSPÓŁOSIOWEGO NORMALNOWYMIAROWEGO TYPU 2,6/9,5 mm

Opracował G. Steckiewicz na podstawie artykułu:
Stenson D.W., Slaughter W.G.F.: The 60 MHz FDM
transmission system. Cable jointing. The POEEJ 1973
t. 66 nr 3, s. 170-173.

3.1. Wstęp

Początkowo technika wykonywania złączy na parach współosiowych polegała na lutowaniu tulejek nakładanych na żyłę wewnętrzną i rurę zewnętrzną. Metoda była stosowana dla systemów o niższej częstotliwości. Złącze nie było jednak trwałe mechanicznie. W wyniku ruchów i drgań zainstalowanych w terenie kabli bardzo często następowały pęknięcia lutu i przerwy w transmisji. Gdy w 1960 r. wynaleziono metodę lutowania twardym lutem par współosiowych na kablu małowymiarowym 1,2/4,4 mm, znalazła ona również powszechne zastosowanie dla par normalnowymiarowych.

W obecnej nowej konstrukcji toru normalnowymiarowego 18-parowego, najtrudniejszy problemem było opracowanie takiej metody łączenia, która zapewniałaby:

- poprawną pracę połączonych toru,
- mechaniczną trwałość złącza, odpowiednią dla warunków w terenie; poprzednie badania wykazały, że złącze powinno mieć co najmniej 80% wytrzymałości łączonych przewodów,
- stabilność w czasie,

- łatwy dostęp w przypadku wykonywania napraw.

Poniżej opisano nową metodę łączenia dwuwarstwowego 18-parowego kabla współosiowego normalnowymiarowego, który spełnia powyższe warunki. Podany jest również sposób wykonywania złącza przy stacjach wzmacniakowych. Z przeprowadzonych badań w terenie wynikało również, że nie należy zbyt liczyć na wykwalifikowaną siłę roboczą. Główne założenie, mające wpływ na technikę łączenia, przyjęte przy projektowaniu nowego systemu 60 MHz to zastosowanie elektrycznej identyfikacji par. Pozwala to na łączenie par jednego końca kabla z przeciwległymi parami drugiego końca. Pary są oznaczane dopiero przy urządzeniach teletransmisyjnych. Ponieważ pary łączone są na wprost, nie wymaga to nadmiernego ich wyginania lub przekręcania ośrodka dla wykonania złącza. Gotowe złącze cechuje się niewielkimi rozmiarami.

Nowa metoda łączenia polega na zlutowaniu twardym spoiwem na styk żyły wewnętrznej. Żyła zewnętrzna łączona jest za pomocą tulei. Taśmy stalowe owijające żyłę zewnętrzną są usuwane na samym początku. Złącze ekranowane jest tuleją stalową, a gotowe złącze umocowane jest rurką termokurczliwą. /Niektóre elementy osprzętu są zastrzeżone patentami Poczty Brytyjskiej/.

3.2. Metoda wykonywania złącza

Kolejne czynności przy wykonywaniu złącza przedstawiają się następująco: tulejka stalowa wraz z rurką termokurczliwą nasuwane są na jedną z par przygotowanych do połączenia. Następnie z pary usuwane są taśmy papierowe, stalowe i żyła zewnętrzna. Usu-

wany jest również jeden krążek polietylenowy. Odslonięta w ten sposób żyła wewnętrzna jest przycinana na odpowiednią długość specjalnym narzędziem. Na tak przygotowaną żyłę nakłada się drewnianą tulejkę ochronną i przystępuje się do przygotowania drugiej pary w podobny sposób.

Następnie zdejmuje się tulejki ochronne. Przygotowane końce przewodów wewnętrznych styka się ze sobą i mocuje się w końcówkach aparatu lutowniczego. W miejscu styku umieszcza się cienki pasek srebrnego lutowia, który po przyłożeniu niskiego napięcia prądu zmiennego do aparatu lutowniczego topi się i spaja żyły wewnętrzne. Na połączone żyły wewnętrzne nakłada się w odpowiednich odległościach 3 krążki z politetrafluoroetylenem. Następnie na całość nakłada się dwuczęściową tuleję miedzianą, lekko rozszerzoną na końcach w ten sposób, że obejmują one końce łączonych żył zewnętrznych. Wewnętrzna średnica tulei jest identyczna z wielkością wewnętrznej średnicy żyły zewnętrznej. Pierścionki lutu srebrnego umieszczane są na miejscach styku żyły zewnętrznej i tulei. Końce tulei zamocowywane są w specjalnych elektrodach węglowych aparatu lutowniczego i lutowane w podobny sposób jak żyły wewnętrzne. Tuleja stalowa nasuwana jest następnie na połączoną parę i mocowana rurką z tworzywa termokurczliwego podgrzewanego gorącym powietrzem z dmuchawy. Pary symetryczne łączone są sposobem tradycyjnym. Na kompletnie zlutowane złącze nasuwana jest ołowiana osłona złączowa o wymiarach 90 mm x 750 mm i owijana jest zabezpieczającą taśmą z tworzywa sztucznego.

Czas wykonania jednego złącza 18-parowego kabla wynosi 25 godzin w porównaniu z 72 godzinami przy metodzie poprzedniej.

Aby ułatwić pracę monterowi oraz aby zabezpieczyć się przed pomylkami /np. zapomnieniem o nałożeniu krążków z politetrafluoroetyleny/ wszystkie elementy osprzętu potrzebne do wykonania jednego złącza pary współosiowej są paczkowane w ten sposób, że monter odpakuje po jednym potrzebnym w danej chwili elemencie. Daje to mu możliwość samokontroli - czy, zużył wszystkie elementy, czy też coś zostało.

W obecnej metodzie uzyskano znacznie lepszą stałość parametrów elektrycznych złącza. Zmiana impedancji na złączu, spowodowana zastosowaniem krążków z politetrafluoroetyleny zamiast polietyleny, jest częściowo skompensowana ich wzajemnym rozmieszczeniem. Wewnętrzna średnica żyły zewnętrznej jest zachowywana wzdłuż całego złącza. Podczas badań nad nową metodą montażu do pomiarów kontrolnych stosowano reflektometr z impulsami o czasach narastania 150 ps i 5 ns, które odpowiadają w przybliżeniu częstotliwościom 2,3 GHz oraz 60 MHz. Przy dłuższym czasie narastania, złącza prawie nie można odróżnić /rys. 3-1/. Nawet przy krótszym czasie narastania impulsu pomiarowego, odbicie na złączu jest równoważne odbiciom na torze kablowym, na którym tłumienność odbiciowa jest zawsze większa niż 38 dB. Przeprowadzono próby ze złączami wadliwie wykonanymi. Wszystkie błędy w złączu okazały się trudne do wykrycia z wyjątkiem przypadku znacznego przegrzania żyły zewnętrznej w czasie lutowania, ponieważ ulega wtedy stopnieniu część krążków polietylenowych. Złącze takie nie wytrzymuje próby napięciowej na przebicie izolacji pomiędzy żyłą zewnętrzną a wewnętrzną, podczas gdy inne wady dają się jedynie wykryć po poddaniu złącza wibracjom w ciągu dłuższego czasu.

3.3. Złącza zakopywane bezpośrednio w ziemi

Należy się liczyć z faktem, że na niektórych odcinkach złącza będą zakopywane bezpośrednio w ziemi. W takim przypadku należy dobrze zamocować obydwa końce kabla przed przystąpieniem do wykonania złącza. W dole kabel jest mocowany do dwóch obejm stalowych wbitych końcami w dno wykopanego dołu. Dodatkowo obejmy są łączone sztabami żelaznymi w celu uzyskania stabilności konstrukcji. Po wykonaniu złącza jest ono zabezpieczane osłoną z tworzywa sztucznego wzmocnionego włóknem szklanym. Osłona zalewana jest zalewą bitumiczną w celu dodatkowego mechanicznego i przeciwkorozyjnego zabezpieczenia złącza.

3.4. Złącza wykonywane w studzienkach kablowych

W studzienkach kabel i złącze podpierane są na specjalnych wspornikach i uchwytach dających się przesuwac w kierunku pionowym i poziomym, co zapobiega konieczności wyginania kabla, dzięki możliwości ustawienia wsporników w dowolnym położeniu i na dowolnej wysokości.

3.5. Dołączanie kabla do zasobników wzmacniaków

Z zasobnika wzmacniaka wychodzi z obu stron 18 giętkich przewodów współosiowych, o izolacji pełnej, i 24 pary symetryczne w izolacji z tworzyw sztucznych, poprzez mosiężne gardła zamocowane do skrzyni. Wszystkie giętkie przewody są oznaczone obręczkami numerowanymi i wyposażone są fabrycznie w zaciśniętą tuleję

na końcu żyły zewnętrznej oraz przylutowaną tulejkę do żyły wewnętrznej. Gotowe przewody umieszczone są w mosiężnym gardle i zamknięte pokrywą ołowianą.

Odpowiednie pary współosiowe identyfikowane są elektrycznie /przez "przedzwanianie"/ z poprzedniego wzmacniaka. Łączenie przebiega według następującej kolejności. Z par współosiowych usuwa się taśmy stalowe i żyłę zewnętrzną. Zamiast krążka polietylenowego wstawiany jest krążek z politetrafluoroetylenem. Cynowana tulejka mosiężna, nagwintowana z jednego końca, nasuwana jest na parę razem z rurką termokurczliwą. Żyła wewnętrzna jest lutowana miękkim lutem do wewnętrznej /środkowej/ tulejki giętkiego wyprowadzeniowego zasobnika przewodu.

Tulejka mosiężna jest przesuwana na żyłę wewnętrzną i przykręcana do nakrętki znajdującej się z tyłu zewnętrznej tulejki przewodu giętkiego. Tulejka mosiężna jest następnie lutowana do żyły zewnętrznej pary współosiowej. Złącze jest izolowane rurką termokurczliwą. Po wykonaniu połączeń wszystkich par całość umieszczana jest w ochronnej osłonie ołowianej lutowanej z ołowianą powłoką kabla i mosiężnym gardłem skrzyni oraz zalewana zalewą bitumiczną. Stosowanie tulejki zaciskanej na zewnętrznej żyły /w postaci oplotu/ giętkiego przewodu wyprowadzanego z zasobnika wzmacniaka pozwala uniknąć uszkodzeń izolacji pełnej tego kabla przy lutowaniu. Własności elektryczne złącza są bardzo zależne od tolerancji impedancji giętkiego przewodu.

3.6. Konserwacja i naprawa złączy

Założono, że wszelkie naprawy powinny być wykonywane bez wyłączania wszystkich par z ruchu. Opracowano również specjalne metody przywracania tymczasowej łączności aż do momentu usunięcia uszkodzenia. Główną zasadą przy naprawach jest, że para, na której pracuje monter jest całkowicie izolowana od pozostałych, na których panuje napięcie zdalnego zasilania. W przypadku gdy uszkodzony jest znaczny odcinek kabla, łączność może być przywrócona przy zastosowaniu awaryjnego kabla współosiowego, jednoparowego, wyposażonego w specjalne końcówki, lub kabla współosiowego standardowego. Zastosowanie awaryjnych kabli elastycznych oraz specjalnego zestawu do naprawy złącza wymaga niewiele miejsca, co umożliwia monterowi naprawę bez ruszania pozostałych, nie uszkodzonych par.

4. POMIARY KABLI WSPÓŁOSIOWYCH NORMALNOWYMIAROWYCH 2,6/9,5 mm

Opracował G. Steckiewicz na podstawie artykułu:

Still L.H., Stephens W.J.B., Bundy R.C.H.: The 60 MHz FDM transmission system. Cable testing. The POEEJ 1973 t. 66 nr 3, s. 174-178

Kable współosiowe normalnowymiarowe o nowej konstrukcji, choć na razie będą wykorzystywane tylko do pracy w systemie 60 MHz, przewidziane są do wykorzystania w przyszłości do sy-

stemów cyfrowych o dużych przepływnościach binarnych. Z tego powodu zaisiniła konieczność wykonywania pomiarów do częstotliwości rzędu 500 MHz, dla którego to zakresu opracowano nową aparaturę pomiarową.

4.1. Pomiar tłumienności skutecznej

Tłumienność jednostkowa pary współosiowej wyraża się wzorem /1-1/ podanym w poprzednim artykule /rozd. 1/.

Niektóre wartości tłumienności dla kilku charakterystycznych częstotliwości podane są w tablicy 1 wraz z dopuszczalnymi odchyłkami.

Tablica 1

Tłumienność jednostkowa w funkcji częstotliwości pary współosiowej normalnowymiarowej 2,6/9,5 mm

Częstotliwość /MHz/	4	16	64	256	484
Tłumienność /dB/km/	4,635	9,281	18,645	37,661	52,175
Dopuszczalna odchyłka /dB/	+0,07	+0,14	+0,28	+0,56	+0,78

Dla 500 m odcinków kabli dopuszczalne odchyłki wynoszą: +0,07 dB przy 16 MHz; +0,14 dB przy 64 MHz oraz +0,39 dB przy 484 MHz.

W celu uzyskania poprawnych wyników pomiarów dokładność przyrządu w podanych zakresach częstotliwości powinna być co najmniej o rząd wielkości lepsza, tzn. 0,007 dB przy 16 MHz i 0,04 dB przy 484 MHz. Wymagało to zaostżenia wymagań dotychczasowych, które dopuszczały błędy pomiarowe 0,02 + 0,4 dB. Pomiar tłumienności skutecznej pary współosiowej wykonywany jest metodą porównawczą [4-1], w układzie przedstawionym na rys. 4.1. Dokładność tej metody zależy od skalowania tłumików, natomiast nie zależy od zmian w czasie parametrów generatora i detektora. Wpływ przewodów doprowadzających można uwzględnić, dokonując ich pomiaru i wprowadzając odpowiednie poprawki. Na rys. 4-2 przedstawiono wyniki pomiarów tłumienności doświadczalnego odcinka 18-parowego kabla, ułożonego w terenie. Żadna para nie wykazuje odchylenia od normy.

Przyjęte normy na kable o nowej konstrukcji określają dopuszczalną różnicę tłumienności, jaka może wystąpić pomiędzy dwoma parami w obrębie tej samej warstwy. Pomiar ten wykonywany jest przez dołączenie jednej pary współosiowej do gałęzi wzorcowej, a pozostałych par kolejno do gałęzi pomiarowej. Na rys. 4-3 przedstawione są wyniki pomiarów tą metodą. Wszystkie wartości spełniają wymagania normy.

4.2. Pomiar długości

Schemat blokowy układu pomiarowego podany jest na rys. 4-4. Metoda polega na pomiarze opóźnienia fazowego według Meyera [4-2,3]. Układ składa się z mostka, gałęzi wzorcowej o prawie stałej charakterystyce opóźności fazowej. Do gałęzi pomiarowej

dołączana jest para współosiowa o charakterystyce opóźności fazowej, zależnej od częstotliwości. Przy zwiększaniu częstotliwości, począwszy od "0", sygnały z dwóch gałęzi mostka /odniesienia i pomiarowej/ są sumowane w układzie delta. Dla częstotliwości, przy których te dwa sygnały są w fazach przeciwnych następuje w przedziale co 2π zanik sygnału sumacyjnego. Mostek jest równoważony przez regulację na przemian - częstotliwości i wyrównywanie tłumienności w obu gałęziach mostka. Zaniki sygnału sumacyjnego są liczone od "0" częstotliwości aż do danego numeru. N. Opóźność mierzonej pary oblicza się według następującego wzoru:

$$\tau = \frac{2N - 1}{2f}$$

gdzie: τ - opóźność w μs , f - częstotliwość w MHz.

Długość kabla określana jest na podstawie znanej długości opóźności jednostkowej pary normalnowymiarowej 2,6/9,5 mm, która wynosi 3,4511 $\mu\text{s}/\text{km}$ przy 30 MHz.

4.3. Pomiary echa własnego

Metoda pomiaru echa jest znana [4-4...8], pozwala ona na łatwy pomiar nieregularności impedancji pary współosiowej, wykorzystując do pomiaru impulsy w kształcie funkcji cosinusa w kwadracie. Przy pomiarze torów przeznaczonych dla systemów 60 MHz stosuje się impulsy 10 ns, zaś przy wykorzystywaniu zakresu częstotliwości do 500 MHz - impulsy 2 ns. Na rys. 4-5 przedstawiono schemat układu, a na rys. 4-6 przykładowy wynik pomiaru.

Do pomiarów niejednorodności, usytuowanych w pobliżu początku badanego toru, wygodniejsze jest zastosowanie reflektometru, wykorzystującego impulsy skokowe i mającego większą zdolność rozdzielczą. Schemat reflektometru przedstawiono na rys. 4-7, a uzyskany wynik pomiaru na rys. 4-8. Jest to metoda bardzo przydatna do sprawdzenia jakości połączenia właściwego kabla z giętkimi przewodami, dołączającymi tory do wzmacniaków, umieszczonych w zasobniku stacji wzmacniakowej.

4.4. Pomiary impedancji miejscowej końców torów

Pomiary impedancji toru wykonuje się według układu przedstawionego na rys. 4-5. Do pomiaru potrzebny jest wycechowany, regulowany równoważnik impedancji. Równoważnik powinien jak najlepiej odzwierciedlać impedancję kabla w jak najszerszym zakresie częstotliwości. Wzór na impedancję kabla współosiowego podany był poprzednio /1-2/.

Impedancję można mierzyć również za pomocą reflektometru [4-9]. Zamiast równoważnika impedancji stosuje się odpowiednio wycechowany przy prądzie stałym rezystor, o dobrych parametrach elektrycznych dla zakresu wysokich częstotliwości. Wynik może być rejestrowany na uprzednio przecechowanej taśmie papierowej za pomocą pisaka X-Y. Schemat blokowy układu pomiarowego przedstawiono na rys. 4-9, a otrzymane wyniki na rys. 4-10.

4.5. Pomiar jednorodności toru

W celu wykrycia ewentualnych niejednorodności okresowych toru współosiowego konieczne jest wykonywanie pomiarów tłumienności niejednorodności równoważnej torów.

4.5.1. Pomiar tłumienności niejednorodności równoważnej

Tłumienność niejednorodności równoważnej wykonuje się metodą wobulowanej częstotliwości w układzie jak na schemacie rys. 4-11. Impedancja ta mierzona jest w stosunku do wzorcowego rezystora 75 omowego. Przykładowy wynik pomiaru podany jest na wykresie /rys. 4-12/. Byłoby pożądane stosowanie regulowanego równoważnika toru, lecz wykonanie takiego równoważnika, odzwierciedlającego impedancję toru w bardzo szerokim zakresie częstotliwości jest prawie niewykonalne.

4.5.2. Pomiar tłumienności niejednorodności równoważnej metodą impulsowo-częstotliwościową

Metoda ta, opisana w [4-10,11], pozwala na uzyskanie obrazu odbić z dowolnego odcinka toru przez regulowanie czasu trwania impulsów fali ciągłej, sinusoidalnej. W ten sposób można uniknąć wpływu przewodów pomiarowych i przewodów łączących wzmacniaki z kablem na wynik pomiarów. Przykładowy wykres uzyskany z pomiarów toru tą metodą podany jest na rys. 4-13.

4.5.3. Pomiar energii odbitej

Pomiar tłumienności niejednorodności równoważnej nie wystarcza do oceny przydatności torów dla transmisji cyfrowej. Pożądanym byłoby móc ocenić wielkość echa obcego, to jest wielkość odbić rzędu drugiego /i dalszych parzystych/ dochodzących do odległego końca toru, lecz pomiary te są kłopotliwe. Uznano, że kompromisem będzie pomiar stosunku średniej energii odbitej do energii wysłanej w określonym pasmie częstotliwości [4-12]. Do pomiaru korzysta się z sygnałów z generatora, stosowanego do pomiarów opisanych w rozdz. 4.5.2. Energia odbita całkowana jest w pasmach o szerokości 10 MHz, dając średnią wartość energii odbitej w każdym takim pasmie.

4.6. Pomiar przesłuchu

Pomiary przesłuchów wykonywane są metodami opisanymi na przykład w [4-13]. Do pomiarów nowej konstrukcji kabli współosiowych wymagany jest zakres tłumienności przesłuchowej 160 dB. w pasmie częstotliwości do 500 MHz.

4.7. Próby napięciowe i pomiary oporności żył dla prądu stałego

Metody pomiarów są powszechnie znane.

Próby napięciowe na przebicie izolacji wykonywane są na odcinkach fabrykacyjnych w fabryce i na odcinkach wzmacniakowych ułożonych w terenie.

Pomiar oporności żyły wewnętrznej powinien być wykonywany prądem stałym z dokładnością nie gorszą niż 0,1% przy stałej temperaturze. Można dzięki temu pomiarowi określić temperaturę kabla po ułożeniu go w ziemi, co jednak jest bardzo zależne od dokładności określenia temperatury kabla mierzonego w fabryce.

5. SAMOCHÓD DO POMIARÓW KABLOWYCH

Opracował G. Steckiewicz na podstawie artykułu:

Perrins E.V.T.: The 60 MHz FDM transmission system.
Cable test vans. The POEEJ 1973 t. 66 nr 3, s.179-181.

Przeprowadzone próby w terenie wykazały potrzebę dużych zmian w dotychczasowych samochodach do pomiarów telekomunikacyjnych linii kablowych. Nowy sprzęt wypróbowany w warunkach laboratoryjnych musiał być zaadaptowany do warunków terenowych. W nowym projekcie samochodu pomiarowego uwzględniono miejsca na klawiaturę dalekopisu i modem do elektronicznego przetwarzania danych. Więcej miejsca przewidziano na urządzenia klimatyzacyjne i przewody pomiarowe.

Do pomiarów w terenie potrzebne są dwa samochody pomiarowe. Jeden wyposażony jest w zestaw do pomiarów impulsowych, drugi do pozostałych pomiarów parametrów elektrycznych. Obydwa zestawy mają konstrukcję modułową, zawierającą trzy stojaki o szerokości 500 mm z przestawianymi półkami. Konstrukcja ta wykonana jest ze stali profilowej o przekroju 25,4 mm². Niektóre półki umocowane są dodatkowo na łożyskach, co pozwala na

łatwe wysuwanie i wsuwanie ustawionych na nich przyrządów. Przyrządy umocowane są do pólek paskami gumowymi i zabezpieczone klockami drewnianymi przed zsuwaniem się.

Wstępne badania wykazały, że do utrzymania temperatury 20°C wewnątrz wozu przy temperaturze zewnętrznej 0°C potrzebna jest moc 2 kW. Do utrzymania temperatury 15°C przy temperaturze zewnętrznej 30°C potrzebna jest moc 3,1 kW. Zastosowane agregaty klimatyzacyjne spełniają te wymagania.

Aby poprawić stabilność temperatury wewnątrz wozu, zastosowano dodatkowy dach izolowany podkładkami drewnianymi, którego polerowana warstwa zewnętrzna odbija promienie słoneczne.

Zasilanie wozu 2 kW, 230 V, 50 Hz dla układów pomiarowych oraz 3,5 kW dla agregatów klimatyzacyjnych. Do tego celu służą dwa jednakowe agregaty spalinowe o mocy 3,5 kVA, zamontowane na jednej małej przyczepie.

6. ZESTAW DO POMIARÓW TŁUMIENNOŚCI I WZMOCNOŚCI

Opracował A. Moniuszko na podstawie artykułu:
Crank G.J., Smith H.O.J.: The 60 MHz FDM transmission
system. A loss-and-gain measuring set. The POEEJ 1973
t. 56 nr 3, s. 182-187.

6.1. Dane ogólne

Podstawowym zestawem pomiarowym niezbędnym do badania systemów współosiowych jest zestaw do pomiarów tłumienności

torów i wzmacniaczy pracujących na tych torach.

W artykule opisany jest stosowany przez Poczty Brytyjską szerokopasmowy zestaw pomiarowy [5-1], którego podstawowe dane przedstawiono w tabelicy 5-1.

T a b l i c a 5-1

Zakres częstotliwości	0 ... 1 GHz /z możliwością rozszerzenia do 2 GHz/
Dokładność pomiaru w zakresie do 60 dB	0,02 dB do 100 MHz 0,2 dB od 100 MHz do 500 MHz 0,5 dB od 500 MHz do 1 GHz
Dokładność pomiaru różnicowego w zakresie do 50 dB	0,002 dB do 60 MHz
Rozdzielczość	0,001 dB w zakresie pomiaru do 60 dB
Maksymalny zakres pomiaru	160 dB /z dokładnością 1 dB/

6.2. Metoda pomiaru

Do pomiaru tłumienności lub wzmacniacza stosowana jest metoda podstawienia bezpośrednia lub pośrednia. Metoda bezpośrednia polega na porównaniu mierzonego obiektu z wzorcem pomiarowym przy żądanej częstotliwości, natomiast w metodzie pośredniej

[6-2...4] wzorzec pomiarowy mierzony jest sygnałem częstotliwości pośredniej lub niskiej częstotliwości.

Metoda pośrednia jest odpowiedniejsza dla szerokiego zakresu częstotliwości, zwłaszcza gdy pomiar sterowany jest komputerem, natomiast przy pomiarach wykonywanych ręcznie, w zakresie częstotliwości, dla którego dostępne są regulowane wzorce o dostatecznej dokładności; metoda bezpośrednia jest wygodniejsza.

W opisanym tu układzie zastosowano tę drugą metodę.

W metodzie bezpośredniej mierzony obiekt można dołączać szeregowo do tłumika pomiarowego lub stosować metodę równoległego podstawienia, w której mierzony obiekt i tłumik pomiarowy znajdują się w gałęziach przeciwnych. W omawianym urządzeniu pomiarowym wykorzystywano kombinację tych dwóch odmian tej metody. Zastosowany schemat pomiarowy w układzie porównawczym pokazano na rys. 6.1. Zmienny tłumik jest regulowany aż do uzyskania jednakowych poziomów na wyjściu gałęzi pomiarowej i gałęzi wzorcowej, najpierw z włączonym do układu obiektem mierzonym /wraz z przewodami pomiarowymi/, a następnie bez obiektu mierzonego /lecz z dołączonymi przewodami pomiarowymi/.

Tłumienność lub wzmocność mierzonego obiektu określona zostaje różnicą odczytów na tłumiku przy wyrównanych poziomach.

6.3. Opis zestawu pomiarowego

Na rysunku 6-2 podany jest schemat blokowy zestawu pomiarowego, zawierającego podstawowe części składowe:

a/ źródło sygnału pomiarowego - generator o dużej stałości amplitudy i częstotliwości; wskazany jest miernik częstotliwości;

- b/ układ porównawczy zawierający niezbędne elementy składowe przystosowane do wielkiej częstotliwości;
- c/ selektywny miernik poziomu, dający na wyjściu sygnał prądu stałego lub prądu częstotliwości pośredniej. Miernik powinien mieć dużą stałość częstotliwości i dobrą selektywność;
- d/ komparator poziomu sygnałów wyjściowych z miernika poziomu, podający w rezultacie wyniki w postaci cyfrowej;
- e/ układ automatycznego przetwarzania danych, przydatny zwłaszcza przy pomiarach seryjnych.

Schemat układu pomiarowego pokazany jest na rys. 6-3. Sygnał pomiarowy poprzez rozgałęźnik, wykonany z precyzyjnych rezystorów 50-omowych, rozdzielony jest układem rozgałęźnym na dwie gałęzie - wzorcową i pomiarową [6-5]. Sygnały z obu gałęzi są następnie porównywane przez przełączanie /ręczne lub automatyczne/ przełącznikiem koncentrycznym, dołączającym wzmacniacz końcowy z selektywnym miernikiem poziomu. Sygnał wyjściowy z miernika poziomu przechodzi następnie do komputera poziomów, gdzie ponownie porównywane są poziomy sygnałów w dwóch gałęziach. Celem tego stabilizowanego termicznie komparatora jest:

- umożliwienie skorygowania znanych błędów tłumików wielkiej częstotliwości,
- uzyskanie precyzyjniejszych stopni regulacji tłumienności tłumików.

Korekcja błędów tłumików wielkiej częstotliwości dokonywana

jest przez włączenie odpowiednich oporników korekcyjnych w obwodach prądu stałego komparatora poziomów. Z układu korekcyjnego sygnał pomiarowy przechodzi do dalszych tłumików mających dekady po 0,01 dB i 0,001 dB, stanowiących precyzyjniejsze stopnie dekad tłumików wielkiej częstotliwości. Wyjścia dwóch gałęzi prądu stałego porównywane są przez przełączanie przekaźnikiem rtęciowym, działającym synchronicznie z przełącznikiem koncentrycznym w układzie porównawczym, a ostateczny sygnał pomiarowy mierzony jest miernikiem poziomu i wskaźnikami rozszerzającymi skalę.

6.4. Pomiar

Układ porównawczy zaprojektowany jest na rezystancję 50-omową. Obiekt mierzony jest więc dołączany poprzez 50-omowe gniazdo współosiowe na płycie czołowej. Przy dokładnych pomiarach konieczne jest jak najlepsze dopasowanie obiektu mierzonego wraz z przewodami pomiarowymi do wejść urządzenia pomiarowego. Najlepiej nadaje się tu sztywna 50-omowa linia powietrzna, lecz w wielu sytuacjach konieczne jest użycie giętkich przewodów pomiarowych. Stosowane są więc precyzyjne przewody współosiowe o podwójnym lub potrójnym oplocie. Tłumienność odbiciowa takich przewodów rzadko przekracza 30 dB, a błędy spowodowane niedopasowaniem są redukowane przez dodatkowy tłumik separujący, włączany między przewody pomiarowe a mierzony obiekt. Przy pomiarach obiektów o impedancji różnej od 50Ω stosuje się precyzyjny układ dopasowujący, spełniający jednocześnie rolę dopasownika i separatora. Zwykle wystarcza 10 dB tłumik separujący, co

zapewnia uzyskanie tłumienności odbiciowej rzędu 50 dB.

Takie samo rozwiązanie zastosowano dla obu gałęzi wzorcowej i mierzonej, uzyskując taką samą ich charakterystykę częstotliwościową, dzięki użyciu podwójnych przewodów pomiarowych i układów dopasowujących.

Jako dodatkowe, pomocnicze elementy wykorzystywane są:

- wzmacniacz separujący, stanowiący precyzyjne, 50-omowe zakończenie układu w razie dołączania selektywnego miernika poziomu o innej impedancji,
- specjalny układ służący do pomiarów metodą Meyera [6-6] przesuwności fazowej i opóźności grupowej,
- element wtykowy umożliwiający pomiar tłumienności przesłuchowej o wymaganej obecnie wartości 150 dB.

Wejście komparatora pozwala na dołączenie sygnału o częstotliwości 1-100 kHz lub sygnału prądu stałego uzyskanego z wyjścia selektywnego miernika poziomu. Na wyjściu komparatora znajduje się układ mierzący, posiadający 3 mierniki; główny miernik M1 wyskalowany jest w zakresie -20 do +3 dB, a dwa pozostałe mają skalę rozciągniętą w zakresie od -0,5 do +0,5 dB oraz od -0,05 do +0,05 dB.

Ze względu na wymagany wysoki stopień linearności na drodze sygnałów wielkiej częstotliwości z układu porównawczego do sygnałów prądu stałego w komparatorze nie zaleca się korzystania z wyjścia prądu stałego na selektywnym mierniku poziomu, wykorzystując raczej specjalnie zaprojektowany prostownik o wysokim stopniu linearności.

Korzystanie z tłumików korekcyjnych nie jest konieczne, jeśli mierzący dysponuje komputerem, do którego pamięci mogą być wprowadzone poprawki korekcyjne, uwzględniane odpowiednio w programie obliczeń.

Znaczne ułatwienie i przyspieszenie wykonywania pomiarów i następnie zestawianie ich i wykonywanie obliczeń możliwe jest przez zastosowanie automatycznego, elektronicznego przetwarzania danych oraz przez zastosowanie półautomatycznego komparatora, pozwalającego na wykonywanie pomiarów seryjnych.

Zasadniczym wyposażeniem układu elektronicznego przetwarzania danych są:

- generator kolejnych liczb do identyfikacji wyników pomiarowych,
- układ logiczny rejestracji danych,
- dalekopis,
- pisak rejestrujący X-Y.

7. ZASADY BUDOWY LINII KABLOWYCH

Opracował A. Moniuszko na podstawie artykułu:

Rata S., Sayers P.: The 60 MHz FDM transmission system.

Civil Engineering requirements for the cable route.

The POEEJ 1973 t. 66 nr 3, s. 188-191.

7.1. Wstęp

Jednym z najważniejszych wymagań, stawianych liniom kablowym o dużej przepustowości, jest zabezpieczenie linii od jakichkolwiek zagrożeń.

Poczta Brytyjska nie jest jedynym użytkownikiem miejsca pod drogami lub chodnikami, musi więc uwzględnić instalacje i roboty prowadzone przy nich przez inne przedsiębiorstwa komunalne. Przy wyborze miejsca na instalację kabla początkowo uważano, że ułożenie kabli na głębokości 1,2 m wystarczy do zabezpieczenia ich od większości uszkodzeń. Jednak i na tej głębokości zdarzały się uszkodzenia, szukano więc innych rozwiązań. Ostatecznie przyjęto zasadę "wyłączności" trasy kablowej dla linii systemu 60 MHz, to znaczy że kanalizacja kablowa wraz ze studniami budowana ma być oddzielnie i niezależnie od ciągów, przeznaczonych dla innych kabli miejscowych, łącznikowych lub między-miastowych. Niestety, wymaga to więcej miejsca w już i tak zatłoczonej ziemi pod chodnikami i drogami, zdecydowano jednak, że takie rozwiązanie będzie stosowane.

7.2. Wybór trasy nowo układanych kabli

Chęć znalezienia odpowiedniego miejsca na układanie kabli, wolnego od instalacji innych użytkowników, a tym samym znacznie mniej zagrożonego uszkodzeniami kabli, spowodowało, że Poczta Brytyjska rozważa możliwość korzystania z takich dróg, jak: linie kolejowe, kanały splawne lub trasy przez wsie. Wprawdzie kanały przedstawiają szereg trudności /np. przy przejściach przez śluzy, mosty itp./, lecz ze względu na rozbudowaną ich sieć w Wielkiej Brytanii bada się możliwość ich wykorzystania. Najbardziej interesujące pod tym względem są trasy wzdłuż linii kolejowych, przebiegających najczęściej w liniach prostych lub z łagodnymi zmianami kierunku linii, a poza tym obowiązujące prze-

pisy zezwalają na dopuszczenie na ten teren tylko jednego użytkownika. Przepisy prawne w W. Brytanii nie zezwalają na układanie kabli dalekosiężnych wzdłuż autostrad.

7.3. Kanalizacja kablowa

Brytyjska Poczta stosuje obecnie kanalizację kablową z polichloroku winylu /PCW/, o średnicach wewnętrznych 51 mm, 89 mm i 120 mm, a także kanalizację ceramiczną o średnicy 92 mm. Przewidziano zaciąganie kabli o średnicach nie większych niż 72 mm. Ponieważ 18-parowy kabel współosiowy do systemu 60 MHz będzie miał średnicę 78 mm, konieczne było zastosowanie w kanalizacji większej średnicy wewnętrznej wobec wymaganego przez eksploatację dodatkowego miejsca w kanalizacji do przeciągania na cienkich prętach z nylonu, czujników, wykrywających nieszczelności kabla, będącego pod kontrolą ciśnieniową /patrz art. rozdz.9/. W przypadku tras kabli przeznaczonych do systemów 60 MHz zastosowano grubsze rury z PCW o grubości ścianki 4,5 mm i średnicy wewnętrznej 105 mm, używane jako rury wodociągowe. Odcinki tych rur o długości 3 lub 6 m mają złącza kielichowe. Ponieważ rury te są zbyt sztywne /minimalny promień gięcia 14 m/, stosowane są specjalne odcinki o długości 1,2 m wygięte fabrycznie na promieniu 5,1 m. W miejscach szczególnie niebezpiecznych, rury z PCW zastępowane są rurami stalowymi, wewnątrz pokrytymi farbą miniowo-epoksydową, a na zewnątrz polietylenem o dużej gęstości. Poprzednio pokrywano rury wewnątrz polewą bitumiczną, lecz zaniechano tego, gdyż współczynnik tarcia kabli

o powłokach polietylenowych w takich rurach był dwukrotnie większy niż w rurach PCW, co powodowało konieczność skracania zaściągniętych do kanalizacji odcinków kabli, a nawet budowania dodatkowych studni. Łączenie rur stalowych z rurami PCW jest również kielichowe, lecz złącze jest dodatkowo owijane przyklepnymi taśmami z PCW.

Od kanalizacji dla tras kabli systemu 50 MHz wymaga się, aby wszystkie studnie i otwory kanalizacyjne były wolne od wody. Dlatego wszystkie dochodzące do studni otwory rur kanalizacyjnych są uszczelniane dwoma krążkami z zalewą między nimi, tworząc pewnego rodzaju uszczelnianie dławnicowe. Rury wprowadzane do betonowych studni kablowych uszczelniane są w ścianach studni przez polanie płynną zalewą, posypaną następnie piaskiem i zalanie betonem podczas budowy studni. Dla umożliwienia uszczelnienia otworów kanalizacyjnych wszystkie wprowadzane do studni rury muszą być zakończone kielichami.

Dla kabli, na których mają pracować systemy 60 MHz przewiduje się 2 otwory kanalizacyjne, a ponadto rezerwuje się dodatkowe rury awaryjne w tych miejscach, gdzie w razie uszkodzenia kabla współosiowego niemożliwe byłoby naziemne lub nadziemne zainstalowanie kabla awaryjnego na czas usuwania uszkodzenia kabla /np. na skrzyżowaniach z drogami/. Ponadto, jeśli na trasie kabla są studnie, przy których nie ma dostępu na przyczepę z bębniem kablowym lub wciągarkę, wówczas odcinki kabli przeciągać należy przez dwa przeloty między studniami, lecz do tego celu potrzebny jest dodatkowy wolny otwór kanalizacyjny, przez który przebiegać może lina ciągnąca kolejne odcinki kabli.

Głębsze /1,2 m/ niż budowane normalnie wykopy pod kanalizację wymagają większej szerokości rowu niż przy wykopach płytszych. Poszczególne rury w wykopie powinny być układane w maksymalnej od siebie odległości, jak tylko na to pozwala rów. Kanalizacja z rur PCW i powłoki kabli są oznaczone napisami wypukłymi lub wklęsłymi oraz dodatkowo taśmą ostrzegawczą o kolorze zielonym, z napisem żółtym: "UWAGA - WYSOKIE NAPIĘCIE - PONIŻEJ KABEL TELEFONICZNY". Przykładowe rozmieszczenie rur kanalizacyjnych i taśmy ostrzegawczej w rowie pokazane jest na rys. 7-1.

Wzdłuż linii kolejowych nie instaluje się urządzeń podziemnych innych użytkowników, a więc głębokość może być zmniejszona do 0,75 m. Dla zachowania bezpieczeństwa przy budowie kabla należy unikać bezpośredniego sąsiedztwa linii kablowych z torrem kolejowym, a przy wszelkich pracach kolejowych przestrzegać obowiązujących przepisów bezpieczeństwa.

Przewiduje się stosowanie na trasie kabli różnych studni kablowych:

- studnia wzmocniakowa, prostokątna, do umieszczania dwóch skrzyń wzmocniakowych, po jednej na każdej ścianie,
- studnia łączkowa, prostokątna, o dwóch wielkościach, mieszcząca 4-8 złączy kabli współosiowych,
- studnia łączkowa narożna, trójkątna, przystosowana do zmiany kierunku linii kablowej o 90° i wykonania maksymalnie 8 złączy kablowych,
- studnia łączkowa narożna i wprowadzeniowa, podwójnie trójkąt-

- na, stosowana przy wprowadzaniu kabli do stacji końcowych lub zasileniowych oraz spełniająca zadanie studni poprzedniej,
- studnia wzmocniakowa, prostokątna /1 m x 3 m x 3 m dł./ prefabrykowana, ze wzmocnionego betonu, do bezpośredniego zakopywania w ziemi,
 - obudowa stalowa w postaci cylindra o średnicy 1,8 m i wysokości 2 m, o prostokątnej przyspawanej do dna cylindra podstawie oraz z włazem typu podwodnego u góry cylindra.

Budowę kanalizacji pod drogami, a nawet pod rzekami lub kanałami wykonuje się często za pomocą świrdrów wiertniczych, drażących poziome otwory. W otwór /podczas wiercenia/ wsuwana jest stalowa rura o średnicy wewnętrznej 300 mm, w której umieszczone są następnie rury z PCW: 3 rury o średnicy 102 mm, a pozostałą wolną przestrzeń wypełnia się rurami o średnicach 89 mm i 51 mm.

Duże trudności przy budowie kanalizacji stwarzają tereny podmokłe o wysokim poziomie wód gruntowych. Najlepiej wówczas jest zastosować pompę wodną, a przy wysokim poziomie wód gruntowych przydatne jest stosowanie systemu rur drenażowych wraz z wysoko wydajną pompą, odprowadzającą wodę do kanałów odwadniających lub rzeki. Przykładową instalację rur drenażowych pokazano na rys. 7-2. Niekiedy jednak nie można stosować odwadniania terenu podmokłego, na przykład w pobliżu budynków lub wałów rzecznych. Stosuje się wtedy chemiczne utwardzanie gruntu lub zamrażanie dla utworzenia zapory, zapobiegającej dostawaniu się wody na teren robót ziemnych; są to jednak metody bardzo kosztowne.

7.4. Zasobniki wzmacniaków

Zasobniki wzmacniaków wykonywane są ze stopu aluminiowego pokrytego nylonową powłoką. Ze względu na możliwość uszkodzenia powłoki nylonowej stosowane są anody protektorowe ze stopu magnezowego, zabezpieczające zasobniki przed korozją. Przy każdej nieobsługiwanej stacji wzmacniakowej instaluje się z obu stron stacji po jednej anodzie, w odległości 1 m od stacji i 300 mm niżej od kanalizacji, dołączone bezpośrednio do stacji i do słupka oznaczeniowo-pomiarowego.

8. ZACIĄGANIE KABLI DO KANALIZACJI

Opracował A. Moniuszko na podstawie artykułu:

Bissell D.R., King W.T., Gibbons R.B.: The 60 MHz FDM system. Cable installation. The POEEJ 1973
t. 66 nr 3, s. 192-197.

8.1. Wstęp

Przeprowadzone przez Poczcie Brytyjską rozważania, dotyczące stosowania kabli ziemnych układanych wprost w ziemi lub budowania kanalizacji kablowej i zaciągania do niej kabli współosiowych normalnowymiarowych uzasadniły celowość budowy linii w rurach kanalizacyjnych na całej długości.

Stosowane w Wielkiej Brytanii kable współosiowe normalnowymiarowe przeznaczone do systemów 60 MHz, mające 6,8 lub 18

par współosiowych, odznaczają się dużą wytrzymałością na rozciąganie, jeżeli siła rozłożona jest równomiernie na wszystkie żyły. Natomiast same pary współosiowe są delikatne i podatne na uszkodzenia, jeśli kable są nadmiernie wyginane lub ugniatane.

W celu zwiększenia odporności kabla na drgania lub siły zgniatające na powłoki ołowiane stosuje się stop ołowiu, zawierający 99% Pb, 0,95% Sb, 0,01% Sn i 0,04% innych domieszek lub zanieczyszczeń.

8.2. Zaciąganie kabli

W przypadku trudności z bezpośrednim zaciąganiem kabli do tuneli bywa czasem konieczne zmniejszenie ciężaru całego bębna z kablem. Korzystniejsze jest w takim przypadku w linii budowanej z kabli 18-parowych zastosowanie trzech kabli 6-parowych o nominalnej długości zamiast krótszych odcinków kabli 18-parowych, co przyczyniłoby się do wzrostu liczby złączy na każdej parze.

Uznano, że do zaciągania kabli współosiowych do kanalizacji nie powinny być stosowane stalowe pończochy druciane. Do tego celu wykorzystano opracowany uprzednio osprzęt do zaciągania kabli o powłokach polietylenowych [8-1], który przystosowano do kabli współosiowych /rys. 8-1/. W celu wykonania na kablu zaczepu z powłoki ołowianej zdejmuje się osłonę polietylenową, a krążki izolacyjne wewnątrz każdej pary współosiowej wpycha się głębiej, co umożliwi zgniecenie par przy wpychaniu nylonowego czopa do wnętrza kabla, a ponadto zsunięte razem krążki stanowią zaporę dla żywicy, którą zalewany jest koniec kabla.

Po wepchnięciu nylonowego czopa /cz. 1 na rys. 8-1/ między pary i równomiernym ich rozłożeniu na obwodzie powłoki, ośrodek kabla zalewa się przygotowaną żywicą epoksydową, a na koniec kabla zakłada się pierścień stożkowy /cz. 2 na rys. 8-1/, obejmujący z zewnątrz powłokę ołowianą. Po założeniu następnie podkładki dokręca się silnie nakrętkę, powodując rozepchnięcie wewnętrznych elementów i zaciśnięcie ich w stożkowym pierścieniu zewnętrznym. Umocowany tak zaczepek musi pozostać w pozycji pionowej przez 24 godziny, aż do czasu stwardnienia żywicy. Widok wykonanego na kablu zaczepeku pokazany jest na rys. 8-2.

Wykonane próby rozciągania krótkich odcinków 18-parowych kabli poprzez tak umocowany zaczepek nie wykazały żadnych uszkodzeń kabli przy siłach ponad 40 kN, a przy 200-krotnych obciążeniach siłą 40 kN nie stwierdzono żadnych uszkodzeń elementów zaczepeku lub żywicy wypełniającej.

W celu określenia dopuszczalnej długości kabli, jakie mogą być zaciągane do kanalizacji, wykonano próbę zaciągania 18-parowego kabla /o masie 10,3 kg/m/ o długości 500 m, podczas której stosowano smarowanie kanału oraz kabla płynną parafiną. Siły występujące na kablu wykreślono na rys. 8-3.

W wyniku tej próby oraz badań laboratoryjnych i obliczeń ustalono, że normalnie zaciągane odcinki kabla tego typu powinny mieć długości 500 m, choć możliwe byłoby zaciąganie odcinków do 750 m, co na przykład bywa konieczne przy przeciąganiu kabla pod rzeką [8-2]. Przed zaciąganiem kabla kanał smarowany był za pomocą szczotki z włosia końskiego, nasyconej płynną parafiną, przeciąganej dwukrotnie /tam i po ponownym nasyceniu parafiną - z powrotem/ przez kanał. Jedno nasycenie szczotki płynną para-

fińą wystarczy do nasmarowania około 550 m odcinka kanału.

Na rysunku 8-3 widać wzrost siły naciągu kabla przy każdej zmianie kierunku kanalizacji lub na krzywiznie. Wynika stąd, że należy dążyć do układania kanalizacji prostoliniowej.

Przy próbach zaciągania stwierdzono również, że celowe byłoby zaciąganie giętkiej, dostatecznie długiej rury jako prowadnicy do kabla przy wlocie do kanału, aby możliwe było ustawienie bębna z kablem w pewnej odległości od studni kablowej, do której jest trudny dostęp. Ponadto uznano, że bębny drewniane są zbyt słabe w ciężkich warunkach terenowych.

8.3. Nowe pomocnicze urządzenia do zaciągania kabli

Samochód kablowy powinien być pojazdem terenowym, z napędem na cztery koła, o dużych średnicach kół. Samochód powinien być wyposażony we wciągarkę o sile uciągu 35,5 kN, mającą giętką, stalową linę o długości 550 m. Ponadto na samochodzie powinien być silnik, kompresor, a także magazynek na odpadki kablowe. Samochód powinien mieć zaczep holowniczy o odpowiedniej sile uciągu, wystarczającej do zaciągnięcia przyczepy na bęben z kablem o maksymalnej masie 7 200 kg. Przyczepa również powinna być przystosowana do jazdy terenowej i po normalnych drogach i powinna mieć ucho holownicze. Przy bębnie powinno być urządzenie hamujące bęben, w celu zabezpieczenia przed nadmiernym rozwijaniem się kabla z bębna podczas zaciągania; powinno być także miejsce do schowania liny przeciągowej. Bębny kablowe wykonane są ze stali, zabezpieczonej galwanicznie przed korozją i pomalowane na kolor żółty.

Rury, służące jako prowadnice kablowe w przypadku, gdy beben kablowy na przyczepie stoi w oddalonym od studni miejscu, wykonywane są w odcinkach 5 i 10 m i mają zaczepy pozwalające na wzajemne ich łączenie lub dołączanie do wlotu kanału.

Do mierzenia długości kanalizacji zastosowano stalową linę mierniczą z naprasowanymi w odpowiednich odstępach skuwkami aluminiowymi, znaczącymi odległość na pierwszych 10 metrach co 1 m, a dalej co 5 m. Lina ma długość 550 m.

W czasie kontroli kanalizacji, po jej wybudowaniu kaliber wraz ze szczotką przepychany jest wraz z liną przeciągową, którą następnie pozostawia się w otworze kanalizacyjnym do wykorzystania przy zaciąganiu kabli. W celu zmierzenia długości kanalizacji można zamiast liny przeciągowej wciągnąć linę mierniczą, do której następnie po zmierzeniu długości dołącza się linę przeciągową, a linę mierniczą wyciąga się z kanału.

9. KONSERWACJA KABLI

Opracował A. Moniuszko na podstawie artykułu:

Walters J. R.: The 60 MHz FDM transmission system. Cable maintenance, The POEEJ 1973 t. 66 nr 3, s. 198-201.

9.1. Wstęp

Projektowany system jest odpowiednio zabezpieczony przed wyładowaniami atmosferycznymi i oddziaływaniami elektroenergetycznymi. Na ogół jednak indukowane napięcia są niezbyt duże.

Przewiduje się, że wszystkie żyły zewnętrzne par współosiowych i powłoki ołowiane, a także metalowe obudowy wzmacniaków będą uziemiane przy urządzeniach teletransmisyjnych za pomocą anod ze stopu magnezowego /co 1,5 km/. W razie potrzeby żyły zewnętrzne par współosiowych mogą być odizolowane od ziemi, np. dla zmniejszenia groźnych oddziaływań spowodowanych zwarciami doziemnymi na liniach elektroenergetycznych lub elektrotrakcyjnych.

Kanalizacja kablowa, tam gdzie tylko jest to możliwe, układa się na głębokości 1,2 m. Przy przejściach przez rzeki, pod drogami lub na skrzyżowaniach z torami kolejowymi przewidziany jest zawsze dodatkowy kanał, wykorzystywany w razie potrzeby do zaciągnięcia kabla awaryjnego, na czas usuwania awarii.

W celu uniknięcia wielu uszkodzeń, powodowanych przez różnych wykonawców robót ziemnych w pobliżu kabla telekomunikacyjnego, trasa kanalizacji kablowej i miejsca złączy kablowych są oznakowane słupkami oznaczeniowo-pomiarowymi. Rury kanaliza-

cji kablowej są specjalnie barwione, a ochronne osłony polietylenowe kabli mają również wyraźną barwę. Nad kanalizacją kablową umieszczona jest zielona taśma ostrzegawcza o szerokości 150 mm, z odpowiednim napisem/patrz rozdz. 7-3 oraz rys.7-1/.

Kable systemu 60 MHz nie będą obecnie układane wzdłuż zelektryfikowanych linii kolejowych, lecz jeśli linia kolejowa, wzdłuż której przebiegają ułożone wcześniej kable zostanie zelektryfikowana, konieczne jest wówczas zastosowanie transformatorów ssących z przewodem powrotnym, a system teletransmisyjny powinien pracować na potencjale pływającym /z nie uziemionymi żyłami zewnętrznymi par współosiowych/. Przy stacjach wzmacniakowych powłoka kablowa powinna być uziemiona.

9.2. Naprawy

Do wykonywania napraw uszkodzonych kabli niezbędne jest posiadanie odpowiednich, przechowywanych w wyznaczonych miejscach, urządzeń do zaciągania kabli i wykonywania złączy. Dla zapewnienia sprawności ich działania w warunkach awaryjnych pożądane jest okresowe używanie tych urządzeń przy innych okazjach. Wyposażenie do łączenia kabli powinno zawierać duży, przewoźny, zasilający zespół spalinowo-elektryczny, umożliwiający twarde lutowanie par współosiowych, oświetlenie elektryczne oraz napęd pomp.

Do łączenia zewnętrznych żył par współosiowych przy naprawie uszkodzonych kabli stosowane są dwudzielne tulejki miedziane. Komplet elementów potrzebnych do wykonania złącza jednej pary współosiowej, zawierający tulejki, krążki izolacyjne i izo-

lacyjne tulejki termokurczliwe, zapakowany jest w paczuszkę, co zapewnia monterom zabranie ze sobą odpowiedniej ilości i asortymentu potrzebnych do wykonania napraw elementów, a jednocześnie pozwala im na sprawdzenie, czy zużyli wszystkie wymagane dla złącza krążki izolacyjne.

Przy usuwaniu awarii kabli w wielu przypadkach konieczne jest dokonanie wymiany uszkodzonego odcinka kabla lub dokonanie wstawki odcinka pary współosiowej. W tym celu przydatne są kable awaryjne, układane obok naprawianego kabla w odkopanym rowie lub ułożone w zapasowym otworze kanalizacji kablowej. Jeżeli nastąpiło tylko częściowe uszkodzenie kabla, może być przydatne użycie giętkiego przewodu współosiowego, awaryjnego, zakończonego odpowiednimi wtykami, pozwalającego na szybkie połączenie przerwanej pary współosiowej i przywrócenie tymczasowej łączności. Przewód awaryjny z wtykami ma długość około 1 m.

Dla umożliwienia monterom bezpiecznej pracy przy reperacji uszkodzonych par bez przerywania łączności, a więc i zasilania na parach nie uszkodzonych, opracowano specjalną metodę i urządzenie zdalnego zasilania [9-1]. System zasilania zapewnia bezpieczeństwo personelowi, pracującemu na linii, nawet w przypadku dotknięcia przez montera żył pary współosiowej, będącej pod napięciem, dzięki bardzo szybkiemu wyłączeniu napięcia zasilania z tej pary przez automaty.

Wszyscy monterzy eksploatacji szkoleni są w wykonywaniu według ustalonej kolejności prac. Pierwszą czynnością powinno być otworzenie zasobników wzmacniaków po obu stronach odcinka linii, na którym nastąpiło uszkodzenie, odłączenie napięcia zasila-

nia od uszkodzonej pary współosiowej, a następnie usunięcie wzmacniaczy pracujących na tej parze i zastąpienie ich zespołami probierczymi, biorącymi udział w identyfikowaniu właściwej pary przy wykonywaniu złącza. Włączenie zespołów probierczych umożliwia uziemienie pary współosiowej w punktach wzmacniakowych przy jednoczesnym odizolowaniu pary między nimi, co pozwala na wykonywanie precyzyjnych pomiarów lokalizujących uszkodzenie.

Porozumiewanie się grup monterskich z obsługą na stacjach wzmacniakowych głównych, przed otwarciem zasobników, może być wykonywane przez włączenie aparatów telefonicznych do torów łączności służbowej zakończonych gniazdem pod uszczelnioną przykrywką, z boku zasobnika. Większe stacje o obudowach w postaci cystern mają podobne możliwości dołączenia aparatów telefonicznych.

9.3. Ochrona przed korozją

Powłoka ołowiana kabli chroniona jest polietylenową osłoną ochronną, pod którą znajduje się warstwa lepiska bitumicznego. Ołowiane osłony złączowe chronione są mufami z tworzywa sztucznego wzmocnionego włóknem szklanym. Złącza w studniach kablowych lub komorach kablowych umieszczane są na specjalnych wspornikach i zabezpieczane są przed uszkodzeniami mechanicznymi.

Połączenia kabli, z tulejami wlotowymi zasobnika wzmacniaka, wykonywane są tulejami ołowianymi, chronionymi dwudzielnymi mufami ze stopu aluminiowego, wypełnionymi zalewą. Mufy i obudowy

aluminiowe zasobników chronione są od zewnątrz pokryciem nylonowym. Ustawione są one na odpowiedniej wysokości na podporze tak, że zasobnik znajduje się z dala od betonowej podłogi studni.

Po wykonaniu montażu wszelkie uszkodzenia powłoki nylonowej powstałe podczas pracy monterskiej pokrywane są pastą epoksydową.

Dodatkowym zabezpieczeniem są dwie anody ze stopu magnezowanego dołączone do każdego zasobnika, stanowiące ochronę katodową zasobnika na wypadek uszkodzenia jego powłoki nylonowej. Anody dołączone są poprzez puszkę na słupku oznaczeniowo-pomiarowym, co pozwala na pomiar prądu i potencjału ochronnego względem siarczano-miedziowej Cu/CuSO_4 elektrody odniesienia. Podobnie chronione są stalowe cysterny stacji wzmacniakowych. Cysterny te są ponadto cynkowane i owinięte impregnowanymi taśmami. Ochronę katodową stanowią cztery anody ze stopu magnezowego. Wnętrze stacji malowane jest farbą epoksydową, Wilgotność wewnątrz stacji kontrolowana jest wskaźnikami wilgotności, alarmującymi stację obsługiwaną, gdy wilgotność wzrośnie ponad minus 10°C punktu rosy.

Jeżeli trasa kabli przebiega w pobliżu chronionych katodowo podziemnych konstrukcji, należy sprawdzić, czy nie jest konieczne zastosowanie wspólnej, połączonej ochrony katodowej wszystkich urządzeń podziemnych.

Jeżeli linia przebiega w terenie pochyłym, może wystąpić w kanalizacji kablowej zjawisko pełzania kabla. Przy pochyłościach o spadku 1:10 można stosować układanie kabli bezpośrednio w ziemi. Rozpatruje się możliwość stosowania również innych metod, a przy wykonywaniu złączy stosuje się twarde lutowanie.

9.4. Kontrola ciśnieniowa kabli

9.4.1. System kontroli ciśnieniowej

Bardzo duże liczby łączy w kablach uzasadniają celowość zabezpieczania kabli sprężonym powietrzem. Przy opracowaniu systemu starano się tak wykorzystać najlepsze cechy systemu z dopełnianiem gazu i systemu o stałym ciśnieniu, że uzyskano równomierne, stałe ciśnienie na całym odcinku ciśnieniowym włącznie z zasobnikami wzmacniaków. Odcinek ciśnieniowy zasilany jest automatycznie w celu uzupełnienia gazu oraz w razie chwilowego, dużego ubytku powietrza, na przykład na skutek uszkodzenia kabla. Do zabezpieczania kabli współosiowych wykorzystano zmodyfikowane urządzenia kontroli ciśnieniowej, używane obecnie na kablach dalekosiężnych i magistralnych. Wymagana jest wysoka szczelność poszczególnych części całego systemu ciśnieniowego, a do wykrywania i lokalizacji miejsc upływu powietrza stosowane są ulepszone metody.

Każdy odcinek zasileniowy linii /tj. zawarty między dwiema stacjami zdalnie zasilającymi w energię elektryczną/, traktowany jest jak oddzielny odcinek ciśnieniowy kabla, zasilany sprężonym powietrzem z obu końców odcinka, przy nadciśnieniu 621 milibarów. Zostały opracowane odpowiednie wymagania na dopuszczalny upływ powietrza na 1,5 km odcinku wzmacniakowym z zasobnika wzmacniaka lub na odcinku ciśnieniowym.

9.4.2. Urządzenia kontroli ciśnieniowej

W zastosowanym systemie kontroli ciśnieniowej wykorzystano standardową rotacyjną sprężarkę łopatkową, osusznic powietrza o dużej pojemności, dostarczający suchego powietrza

poprzez wskaźnik wilgotności do stojących zbiorników, o pojemności $0,12 \text{ m}^3$ /rys. 9-1/. Stąd powietrze przechodzi przez przepływomierze i ciśnieniomierze do kabli zarówno współosiowych, jak i innych, kończących się w tej stacji.

Silnik indukcyjny, trójfazowy, 1,5 kW dołączony jest bezpośrednio do sieci, lecz również może być zasilany z miejscowego, awaryjnego, 3-fazowego źródła energii elektrycznej.

Sprężarka ma wydajność powietrza prawie $12 \text{ m}^3/\text{h}$ /przy ciśnieniu atmosferycznym/ i ma automatyczne filtry olejowe i dreny odwadniające, dołączone na wyjściu końcowej chłodnicy sprężarki.

Zbiorniki powietrza spełniają cztery zasadnicze zadania:

- a/ dostarczają suchego powietrza przy bardzo małym strumieniu przepływającego powietrza, uzupełniającego niewielkie ubytki, dzięki czemu sprężarka nie musi pracować ciągle,
- b/ dostarczają suchego powietrza o chwilowym dużym strumieniu, do uzupełniania upływów w kablu lub zasobnikach,
- c/ stanowią rezerwę powietrza na wypadek zaniku napięcia zasilania lub uszkodzenia sprężarki,
- d/ stanowią zastępczą rezerwę powietrza także na wypadek zaniku napięcia zasilania lub braku powietrza ze sprężarki lub zbiorników na odległym końcu odcinka ciśnieniowego.

Jeśli układ ciśnieniowy kabla jest w dobrym stanie, dopuszczalny ubytek powietrza na odcinek ciśnieniowy nie przekracza 1 m^3 /miesiąc. Wystarczy wówczas po dwa zbiorniki na każdym końcu odcinka ciśnieniowego do zapewnienia właściwego ciśnienia w kablu w ciągu kilku tygodni, nawet gdy obie sprężarki są wyłączone.

Przy znacznym upływie powietrza w środku odcinka ciśnieniowego, do utrzymania odpowiedniego ciśnienia w ciągu 24 godzin wystarczy tylko dwa zbiorniki.

System zasilania powietrzem pracuje tak, że suche powietrze akumulowane jest przy maksymalnym ciśnieniu 4 800 milibarów, a gdy ciśnienie spadnie do 1 400 milibarów, zostaje automatycznie włączona sprężarka, która uzupełni brak powietrza w zbiorniku w ciągu około 30 min.

Przy bardzo małym przepływie powietrza osuszarki nie pracują, a zawarte w nim wilgotne powietrze mogłoby przewędrować przez wskaźniki wilgotności, gdy zostanie włączona sprężarka. Aby uniknąć tego, przewidziano zegar włączający każdą sprężarkę co 6 godzin na około 5 min, w ciągu którego to czasu wyjścia osuszników są otwierane do atmosfery.

9.4.3. Metody wykrywania i lokalizacji nieszczelności

Do sygnalizacji i lokalizacji nieszczelności w kablu lub w zasobnikach stosowane są czujniki ciśnieniowe o wąskich tolerancjach ze stykami zwierzanymi w razie spadku ciśnienia w kablu poniżej 500 milibarów. Czujniki instalowane są we wszystkich zasobnikach wzmacniaków. Znajdujące się w każdej stacji zasilającej rejestratory rejestrują na kartach otrzymane torem sygnalizacyjnym sygnały określające numer czujnika, który zadziałał pierwszy, oraz czas jego zadziałania, a następnie czasy zadziałania kolejnych czujników po obu stronach miejsc upływu. Na podstawie odczytu rejestru dokonuje się przybliżonej lokalizacji miejsca upływu powietrza, a następnie dokładniejsze określenie tego miejsca wykony-

wane jest z zasobnika stacji wzmacniakowej, położonej najbliższej tego miejsca, oraz z dokładnych pomiarów spadku ciśnienia za pomocą przenośnego manometru. Konieczne jest przy tym uwzględnianie poprawek wynikających z różnic wysokości, ciśnienia atmosferycznego i różnic oporności pneumatycznej różnych odcinków kabla. Następnie odkopuje się kabel w wyznaczonym miejscu i precyzyjnie określa miejsce nieszczelności za pomocą gazu lokalizacyjnego, sześćofluorku siarki $/SF_6/$. W tym celu do szpary między kablem a ściankami kanału, w którym znajduje się kabel, wsuwa się wykrywacz gazu, o małej średnicy. Należy pamiętać, że nieszczelność w powłoce niekoniecznie występuje w tym samym miejscu, co nieszczelność polietylenowej osłony ochronnej ze względu na lepizzcze, znajdujące się między nimi.

W celu ułatwienia lokalizacji nieszczelności i innych prac kablowych przewidziano na zewnątrz każdego zasobnika zawór trójnikowy oraz specjalny zawór "Schradera". Umożliwia to ciśnieniowe odłączenie odcinka wzmacniakowego lub zasobnika wzmacniaka, tak że ciśnienie na każdym z nich może być mierzone oddzielnie, a w razie potrzeby powietrze może być doprowadzone z butli poprzez zawór "Schradera".

Uznano za celowe prowadzenie badań zmierzających do opracowania dokładniejszych i czulszych przetworników ciśnienia, które mogłyby być zastosowane zamiast obecnych czujników, w celu umożliwienia dokładniejszej lokalizacji nieszczelności powłok kablowych.

9.5. Zakończenie

Teletransmisyjny system 60 MHz, realizujący 10 800 kanałów telefonicznych, został tak zaprojektowany, że przy prawidłowo prowadzonym nadzorze eksploatacyjnym średni czas między uszkodzeniami wynosi 4 lata, a współczynnik gotowości wynosi 99,99% na 160 km [9-2].

10. KABEL WSPÓŁOSIOWY JAKO TOR TRANSMISJI SZEROKOPASMOWEJ

Opracował A. Moniuszko na podstawie artykułu:
Nordblad S.: Coaxial cable as a wideband transmission medium. Tele 1973 t. 25 nr 2, s. 8-10,
oraz artykułu Ernbo A.: Coaxial cable for high frequency telecommunication systems. Ericsson Rev. 1974 t. 51 nr 3, s. 70-79

10.1. Wstęp

W artykułach opisano nowy typ pary współosiowej normalnowymiarowej, przeznaczonej do transmisji 10 800 kanałów telefonicznych w pasmie częstotliwości do 60 MHz. Kable z parami tego typu produkowane są przez Szwedzką firmę L.M. Ericsson's Telephone Cables Division, w Hudiksvall w północno-wschodniej Szwecji.

Wymagania stawiane kablom współosiowym nowego typu powinny spełniać w pasmie częstotliwości systemu, tj. 4-62 MHz, za-

lecenia CCITT, Dla uzyskania żądanych parametrów /tłumienności i impedancji/ konieczne było wprowadzenie pewnych zmian konstrukcyjnych.

10.2. Tłumienność pary współosiowej

Tłumienność pary wyrażona może być wzorem:

$$\alpha = a_0 + a_1 \sqrt{f} + a_2 f \quad \text{dB/km} \quad /10-1/$$

Pierwszy składnik jest niewielki i nie zależy od częstotliwości. Dominującym składnikiem jest składnik drugi, proporcjonalny do pierwiastka z częstotliwości, co wynika z rezystancji żył miedzianych i zjawiska naskórkowości. Trzeci składnik proporcjonalny do częstotliwości zależy od strat w dielektryku, lecz także wpływa na niego wzrost rezystancji zewnętrznej warstwy żyły miedzianej, spowodowany niedostateczną czystością powierzchni żyły. Stosowana więc powinna być na żyły miedź trawiona galwanicznie /DIP Copper/, a na izolację między żyłami polietylenowe krążki o bardzo małej stratności. Nowa para współosiowa ma tłumienność jednostkową przy 10°C równą:

$$\alpha = 0,014 + 2,319 \sqrt{f} + 0,0014 f \quad \text{dB/km} \quad /10-2/$$

gdzie: f - częstotliwość w MHz.

Tłumienność obliczona z tego wzoru wynosi przy 60 MHz 18,06 dB/km, co jest zgodne z zaleceniem CCITT, przepisującym wartość $18,0 \pm 0,3$ dB/km przy tej samej częstotliwości.

Dopuszczalne odchyłki tłumienności jednostkowej od wartości znamionowej przy częstotliwości prądu pilota $f = 61,16$ MHz nie powinny przekraczać 1%, tj. 0,18 dB, a ponieważ korekcja tłumienności całego odcinka traktu wykonywana jest proporcjonalnie do pierwiastka z częstotliwości, nie uwzględniając składnika proporcjonalnego do częstotliwości, wymagania na poprawną korekcję traktu są bardzo ostre. Na przykład na jednorodnym odcinku linii o długości 280 km dopuszczalne odchyłki przy częstotliwości 60 MHz wynoszą ± 1 dB, natomiast przy mniejszych częstotliwościach nie powinny przekraczać $\pm 0,02$ dB/km. Tak ostre wymagania powodują, że jeśli w torze pojawiają się regularnie rozmieszczone niejednorodności w odstępach równych całkowitej wielokrotności połowy długości fali, to przy tej częstotliwości występujące odbicia spowodują sumowanie się przychodzących w fazie sygnałów odbitych od tych niejednorodności, co wywoła z kolei niedopuszczalny wzrost tłumienności, nie dający się skompensować korektorami.

Ponieważ pomiary przy wybranych częstotliwościach są bardzo kłopotliwe, do oceny par współosiowych zastosowano wobuloskopową metodę pomiaru tłumienności niejednorodności równoważnej. Wartość tej tłumienności nie powinna być gorsza niż 35-45 dB, aby nie zostały przekroczone dopuszczalne odchyłki tłumienności jednostkowej ± 1 dB przy 60 MHz na 280 km odcinka toru dla systemu analogowego. Dla systemów cyfrowych wymaganie jest łagodniejsze i tłumienność niejednorodności równoważnej może osiągać nawet wartość 20 dB. Kontrolowana powinna być także średnia wartość energii odbitej, która w pasmie o szerokości 10 MHz nie powinna być zbyt duża.

10.3. Impedancja falowa pary współosiowej

Nowa para współosiowa wykonana jest tak, że składowa rzeczywista impedancji falowej wynosi 75 omów przy 25 MHz.

Wzór na impedancję jest znany:

$$Z/f/ = 74,8 + \frac{0,94 /1-j/}{\sqrt{f}} \quad /10-3/$$

gdzie: Z - w omach, f - w MHz.

Ze wzoru tego można obliczyć:

$$Z/2,5/ = 75,4 \Omega$$

co spełnia zalecenie CCITT dopuszczające odchyłki $75 \pm 1,0 \Omega$

Wymagania stawiane producentom zezwalają na odchyłki od wartości znamionowej nie większe niż $\pm 0,5 \Omega$.

10.4. Konstrukcja pary współosiowej i kabli

W celu spełnienia powyższych wymagań ustalono konstrukcję pary współosiowej, opierającą się zasadniczo na konstrukcji poprzedniej. Jest to więc para o izolacji w postaci krążków, nakładanych w trakcie produkcji na żyłę wewnętrzną. Żyła zewnętrzna wykonana jest z taśmy miedzianej o brzegach ząbkowanych. W celu polepszenia parametrów przenikowych między parami w kablu nakładano na szew żyły zewnętrznej dodatkową, cienką taśmę miedzianą, jednak ostatecznie nie zdecydowano jeszcze czy będzie konieczne stosowanie tej taśmy w przyszłej

produkcji. Zasadnicze dane konstrukcyjne pary zestawione są poniżej:

		Nowa para	Para poprzednia
Wymiary pary wspól- osiowej	mm	2,60/9,47	2,55/9,47
Odstęp między krąż- kami izolacyjnymi	mm	33	25
Grubość krążków	mm	1,7	2,2
Grubość taśmy żyły zewnątrznej	mm	0,3	0,3
Ekran z podwójnych taśm stalowych		tak	tak
Dwie warstwy papieru		tak	nie
Szew, żyły zewnętrznej		ząbkowany	ząbkowany
Taśma miedziana na szwie		tak/nie	tak/nie

Najczęściej stosowanym w Szwecji kablem współosiowym jest kabel zawierający 6 par współosiowych, z wiązkami dla służb pomocniczych, umieszczonymi w rdzeniu kabla. Zrezygnowano natomiast ze względu na zmieniające się wymagania sieciowe ze stosowania kabli współosiowych z dodatkową jedną lub kilkoma warstwami czwórek symetrycznych, nawiniętych wokół par współosiowych. Pary współosiowe oznaczane są umieszczanymi między nimi barwnymi sznurkami.

Powłoka kabli współosiowych wytłaczana jest z aluminium oraz pofalowana. Powłoka pokryta jest następnie lepiszczem, na

co wytłoczona jest osłona ochronną z polietylenu. Kable ziemne są dodatkowo wyposażone w pancierz z ocynkowanych drutów stalowych płaskich, ze spiralą przeciwskrętną z ocynkowanej taśmy stalowej lub taśmy poliestrowej, natomiast kable podmorskie mają pancierz z okrągłych drutów stalowych.

Pancerz kabla łączony jest z powłoką kabla w każdym złączu kablowym w celu zabezpieczenia przed dużymi napięciami, jakie mogłyby powstać między powłoką a pancierzem, na skutek wyładowań atmosferycznych lub oddziaływań linii elektroenergetycznych.

10.5. Badania par współosiowych

Badania par współosiowych przeznaczonych dla systemów 60 MHz wykonywane są w zakresie i metodami analogicznymi jak opisano w rozdz. 4.

Pomiary impulsowe echa własnego wykonywane są impulsami o kształcie sinusa w kwadracie i czasie trwania impulsu/ w połowie jego szerokości/ 10 lub 50 ns, bez korekcji amplitudy. Na rys. 10-1 podano rozkład statystyczny najgorszych tłumienności echa własnego dla 1200 odcinków fabrykacyjnych kabli, zmierzonych impulsami 50 ns. Większość wartości zawarta jest w granicach 60-70 dB, tj. 0,1 - 0,03%, podczas gdy dopuszczalna wartość wynosi 52 dB.

Pomiary tłumienności niejednorodności równoważnej dają wyniki nieco niższe, gdyż pomiary falą sinusoidalną w stanie ustalonym obejmują wszystkie niejednorodności występujące wzdłuż całego odcinka kabla. Rozkład najgorszych wartości tłumienności

ci niejednorodności równoważnej, zmierzonej na 72 wybranych losowo odcinłach fabrykacyjnych kabli, w pasmie częstotliwości 4-60 MHz pokazano na rys. 10-2. Większość wyników zawiera się w granicach 40-50 dB.

Pomiary tłumienności skutecznej par współosiowych wykonano metodą porównawczą, pozwalającą na uzyskanie dokładności rzędu 0,01 dB.

Pomiary tłumienności przenikowej wykonywano aparaturą o zakresie pomiarowym do 170 dB w pasmie częstotliwości do 100 MHz oraz w malejącym do 150 dB zakresie przy 500 MHz. Nie stwierdzono zauważalnego w tych zakresach pomiarowych przeniku na odcinkach fabrykacyjnych kabli o długości 300-500 m.

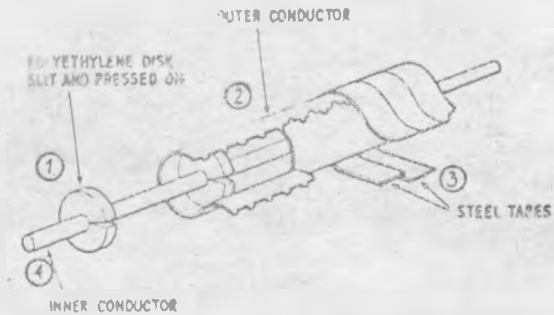
WYKAZ LITERATURY

- 1-1. British Patent 650 442, 16 Nov. 1948.
- 1-2. Olszewski J.A., Lubars H.: Structural return-loss phenomenon in coaxial cable. Proc. IEEE /USA/ 1970 t. 58 nr 7.
- 4-1. Taylor R.E., Turner R.J.: Acceptance testing of coaxial pairs for the inland trunk network. Post Off. electr. Eng.J. 1951 t. 44 nr 1 s.1.
- 4-2. Belus R., Troublé M.: Méthode et résultats de mesures d'affaiblissement sur paires coaxiales normalisée. 4,6/9,5 mm. Câbles et Transm. 1960 t. 14A nr 2, s. 149.
- 4-3. Timmis Capt. A.C.: The location of faults in lines and cables, IPOEE, Printed paper nr 192.

- 4-4. Rossiter G.E.: Coaxial cables - some practical aspects of their design and maintenance, IPOEE, Printed paper nr 205.
- 4-5. Roberts, EF.: Pulse techniques in coaxial cable testing, IPOEE 1948 t. 41 April, s. 13.
- 4-6. Farren L.I.: Pulse testing as applied to communication circuits. GEC Telecommunications 1953 nr 16, s. 10.
- 4-7. Baguley E., Cope F.B.: A pulse echo test set for the quality control and maintenance of impedance uniformity of coaxial cables. Post Off. electr. Eng. J. 1952 t. 44 nr 4, s. 164.
- 4-8. Lindsay P.E.: Measurement of cable and impedance. Paper 4.1. BPO Symposium. Coaxial cable measurement and test equipment, July 1972.
- 4-9. Rosman G.: Assessment of coaxial cable for frequency division multiplex transmission by means of a CW Burst test signal. Proc. IEE 1970 t. 117 nr 1, s. 45.
- 4-10. Brace D.J.: CW Burst techniques for the measurement of periodic impedance irregularities, Paper 3.1. BPO Symposium. Coaxial cable measurement and test equipment, July 1972.
- 4-11. Cottrell E.A.: CW Burst techniques-power in band. Paper 3.2, BPO Symposium. Coaxial cable measurement and test equipment, July 1972.
- 4-12. Hayes H.C.S., Scymour R.A., Bray P.R.: Crosstalk. IPOEE, Printed paper nr 169.

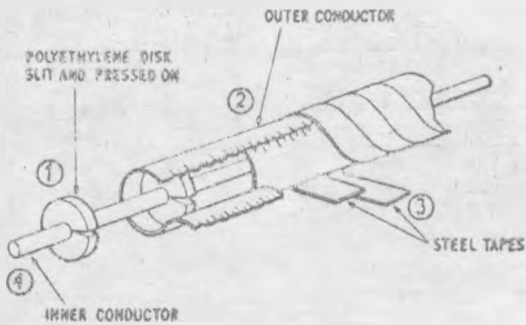
- 6-1. Crank G.J.: Equipment for the measurement of insertion loss and gain over a wide frequency range. Proc. of Joint IERE-IEE, Conference on rf measurements and standards, London 1967.
- 6-2. Gainsborough G.F.: A method of calibrating standard signal generators and rf attenuators. J. Inst. Electr. Eng. 1947 t. 94 nr 3, s. 203-210.
- 6-3. Weinschel B.O., Sorger G.U., Raff S.J.: Calibration of signal generator output voltage in the range 100 to 1000 MHz, Trans. Inst. Radio Eng. Instrum. 1958 t. 1-7, s. 275-278.
- 6-4. Siddel R.W., Harris I.A.: A CW comparator for precision rf attenuators. Proc. of Joint IERE-IEE, Conference on rf measurements and Standards. London 1967, Paper nr 4.
- 6-5. Turney T. H.: Electric Filters. Pitman and Sons 1947, s. 124-125.
- 6-6. patrz poz. 4-3.
- 8-1. Richards J.P.: Cable pulling eyes. Post. Off. electr. Eng. J. 1970 t. 62 nr 4, s. 220.
- 8-2. King W.T.: Cabling across estuaries. Post. Off. electr. Eng. 1. 1973 t. 66, nr 2. s. 114.

- 9-1. Hall B., Buffin J.D.: The 60 MHz FDM transmission system. The line system. Post. Off. electr. Eng. J. 1973 t. 66 nr 3, s. 135-142.
- 9-2. Hansen M.G., Stephens G.G.: The reliability of coaxial line transmission systems. Post Off. electr. Eng. J. 1972 t. 65 nr 3, s. 177.



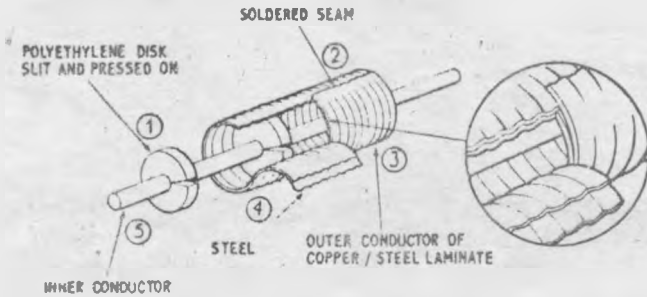
Rys. 1-1. Konstrukcja pary współosiowej typu 2,6/9,5 mm /tzw. łączenie na "zamek"; 1947/

- ① - krążek z polietylenu, ② - żyła zewnętrzna, ③ - taśmy stalowe, ④ - żyła wewnętrzna



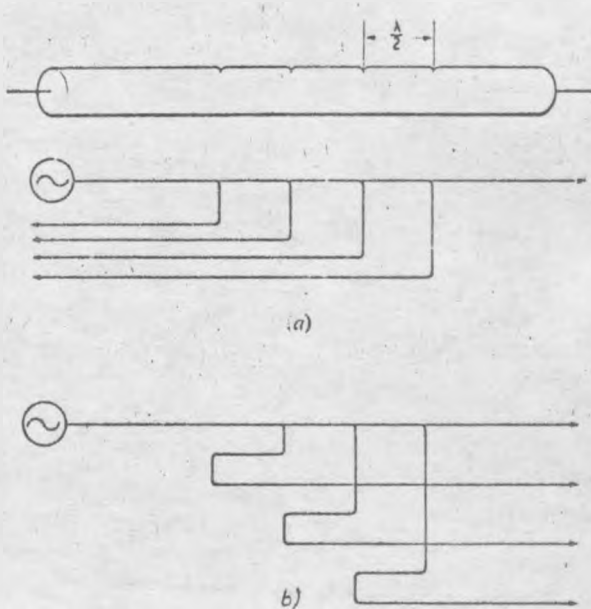
Rys. 1-2. Konstrukcja pary współosiowej typu 2,6/9,5 mm z 1950 r. /brzegi pofalowane/

- ① - krążek z polietylenu, ② - żyła zewnętrzna,
③ - taśmy stalowe, ④ - żyła wewnętrzna

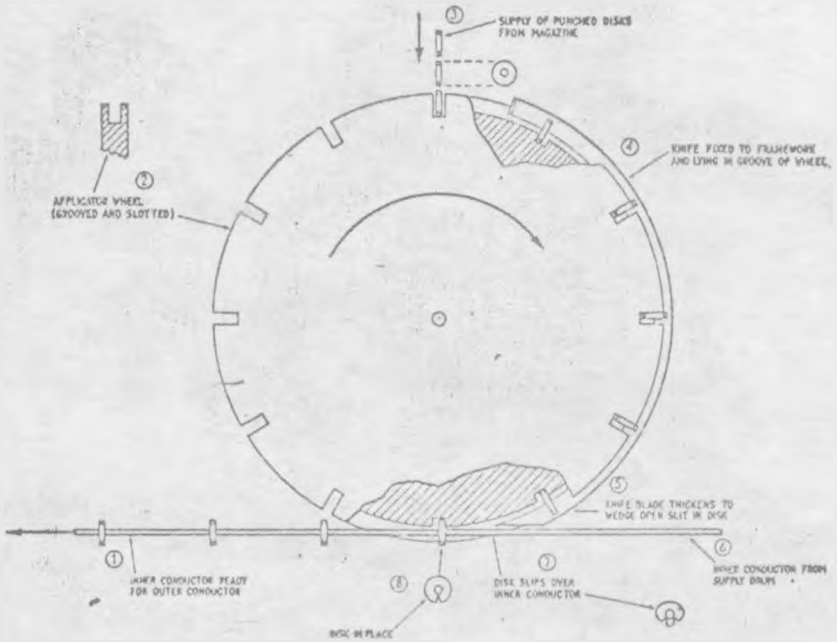


Rys. 1-3. Konstrukcja pary współosiowej typu "Cloax"

① - krążek polietylenowy, ② - szew lutowany, ③ - żyła zewnętrzna z laminatu miedź-stal, ④ - stal, ⑤ - żyła wewnętrzna

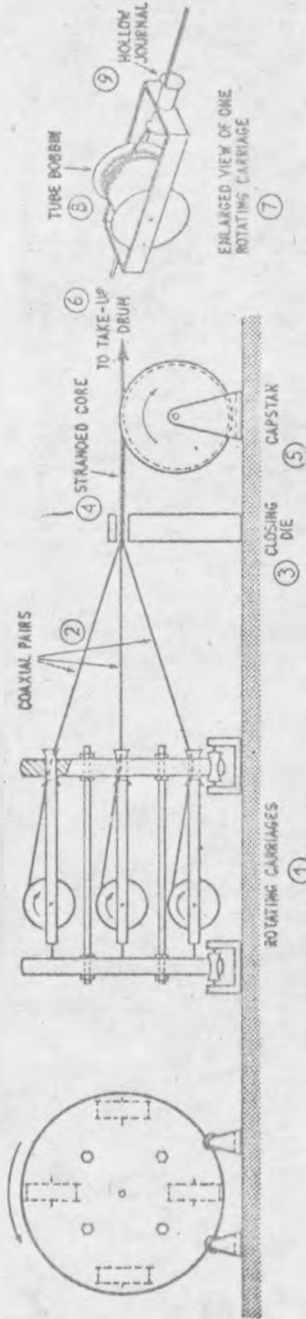


Rys. 1-4. Odbicia od niejednorodności w torze współosiowym; a/ w kierunku nadawania, b/ w kierunku odbioru



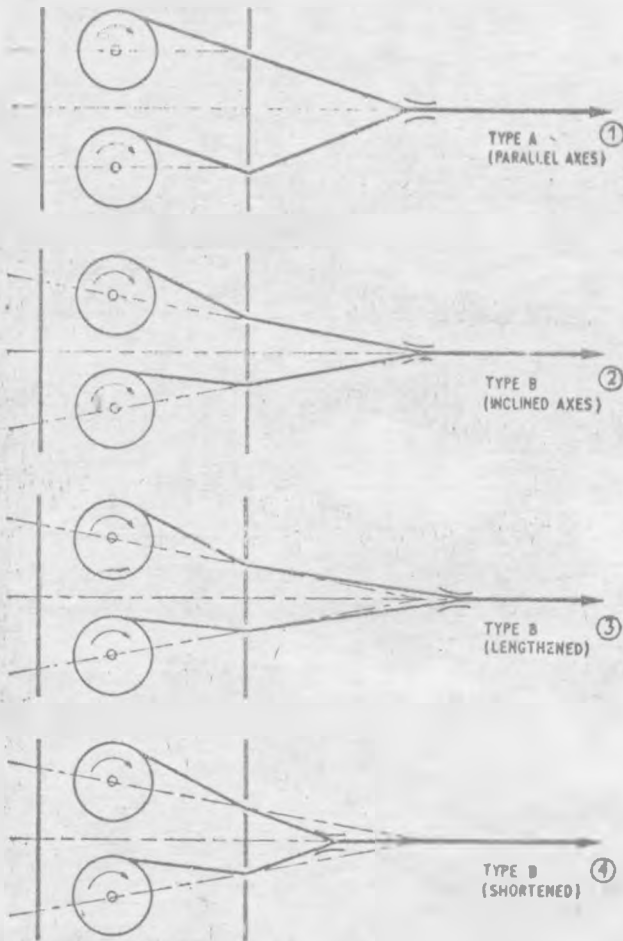
Rys. 1-5. Maszyna do nakładania krążków izolacyjnych

① - gotowa żyła z krążkami izolacyjnymi, ② - koło z wycięciami i wyżłobieniem w środku, ③ - dozowanie krążków, ④ - nóż przymocowany do obudowy i mieszczący się w żłobku koła, ⑤ - krążki są rozpylane przez rozszerzające się ostrze noża, ⑥ - żyła wewnętrzna, ⑦ - krążek zaciska się na żyłę, ⑧ - krążek zaciśnięty



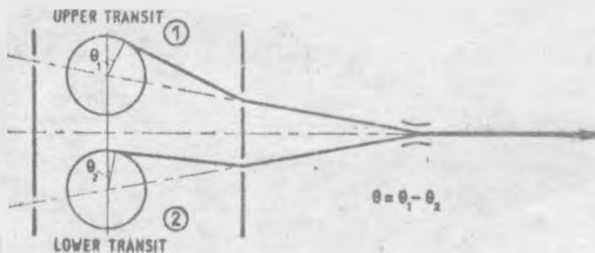
Rys. 1-6. Skręcarka ośrodka kabla współosiowego

- ① - kosz obrotowy, ② - pary współosiowe, ③ - kaliber, ④ - skręcony ośrodek,
 ⑤ - koło wyciągowe, ⑥ - do bębna odbiorczego, ⑦ - jedna ze szpul z parą
 współosiową, ⑧ - szpula z parą, ⑨ - wydrążony sworzeń



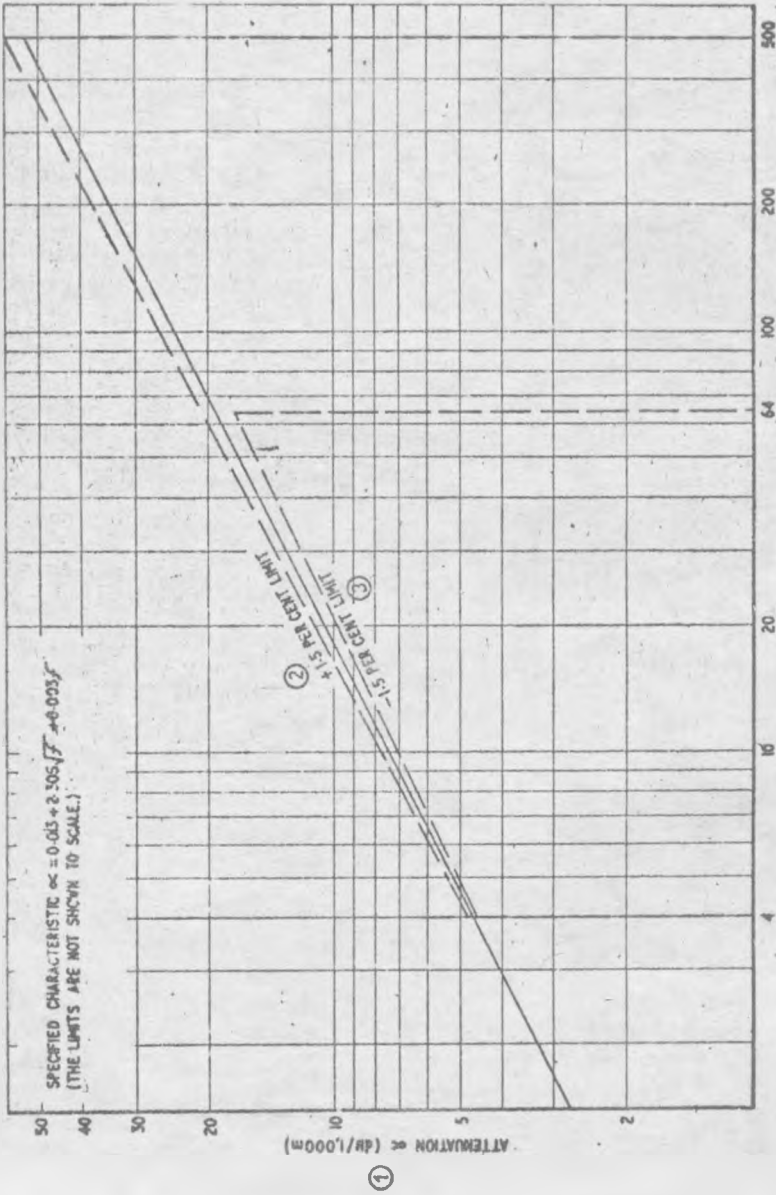
Rys. 1-7. Metody skręcania par

① - typ A /równoległe/, ② - typ B /pod kątem/, ③ - typ B /wzdłużony/, ④ - typ B /skrócony/



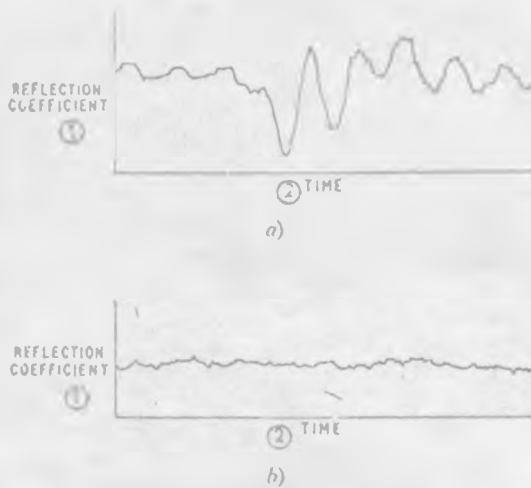
Rys. 1-8. Szkic wyjaśniający powstawanie okresowych naciągów

① - przejście górne, ② - przejście dolne

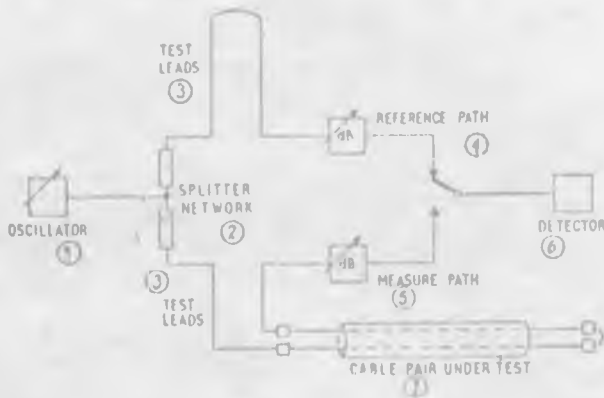


Rys. 1-9. Charakterystyka tłumienności nowego typu kabla /tolerancje nie są zgodne ze skalą rysunku/

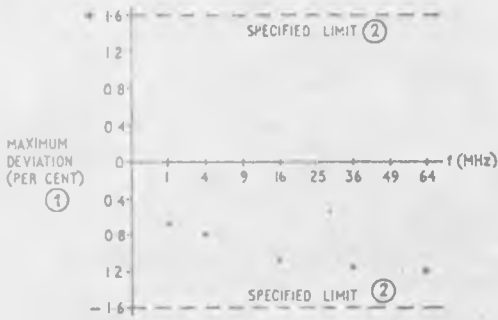
① - tłumienność α /dB/km/, ② - +1,5%, 3 - -1,5%



Rys. 3-1. Echogram obejmujący złącze: a/ 150 pikosekund /ps/, b/ 5 nanosekund /ns/. ① - współczynnik odbicia, ② - czas

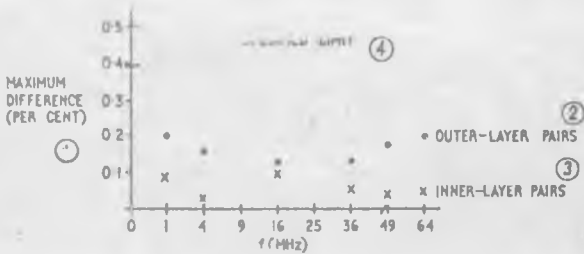


Rys. 4-1. Schemat blokowy układu do pomiaru tłumienności ① - generator, ② - rozgałęźnik, ③ - przewody doprowadzające, ④ - gałąź wzorcowa, ⑤ - gałąź pomiarowa, ⑥ - detektor, ⑦ - badana para współosiowa



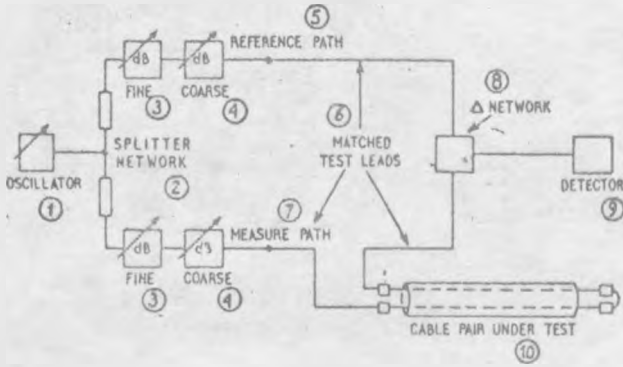
Rys. 4-2. Maksymalne odchyłki tłumienności od wartości — wymaganych w normie

(1) - maks. odchyłka /%, (2) - dopuszczalna wartość



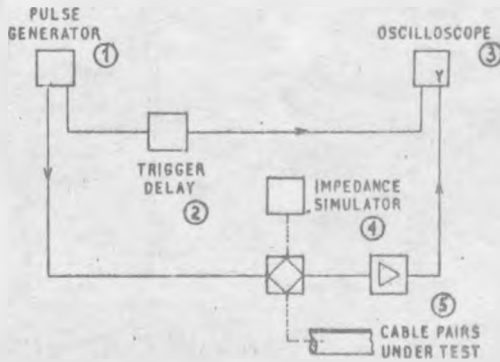
Rys. 4-3. Maksymalne różnice tłumienności par z tej samej warstwy kabla

(1) - maks. różnica /%, (2) - pary warstwy zewnętrznej,
 (3) - pary warstwy wewnętrznej, (4) - dopuszczalna wartość



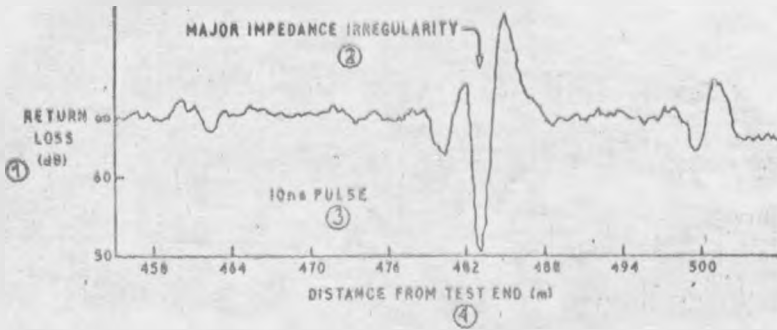
Rys. 4-4. Pomiar długości kabla

- (1) - generator, (2) - rozgałęźnik, (3) - regulacja dokładna,
 (4) - regulacja zgrubna, (5) - gałąź wzorcowa, (6) - przewo-
 dy doprowadzające doblerane, (7) - gałąź pomiarowa,
 (8) - układ Δ , (9) - detektor, (10) - badana para współ-
 osiowa



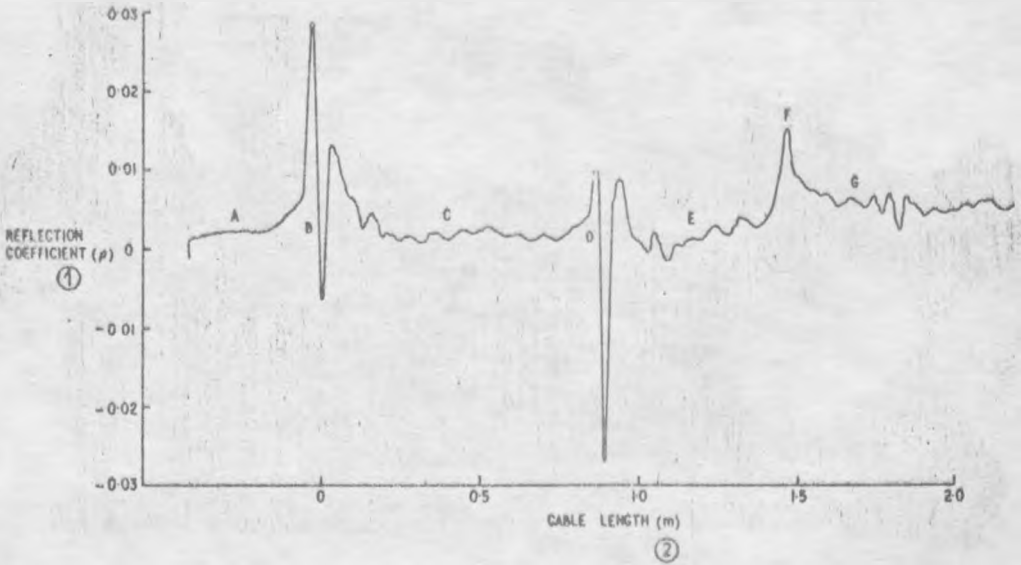
Rys. 4-5. Schemat układu do pomiaru echa

- (1) - generator impulsów, (2) - układ opóźniający, (3) - oscy-
 loskop, (4) - równoważnik impedancji, (5) - pary współosiowe



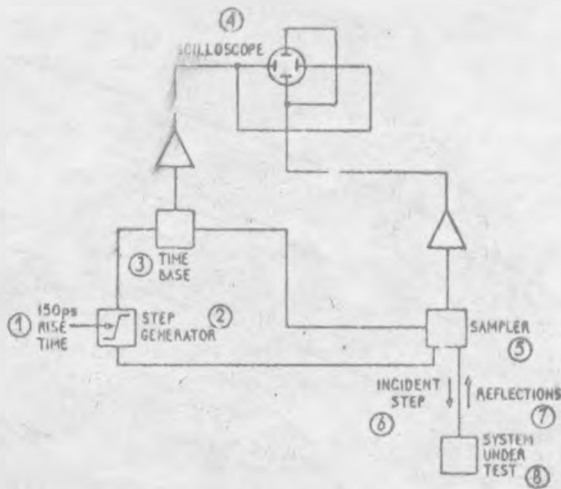
Rys. 4-6. Echogram pary współosiowej kabla normalno-wymiarowego z dużą niejednorodnością impedancji

- ① - odbicie /dB/, ② - duża nieregularność impedancji,
 ③ - impuls 10 ns, ④ - odległość od początku mierzonego toru /m/



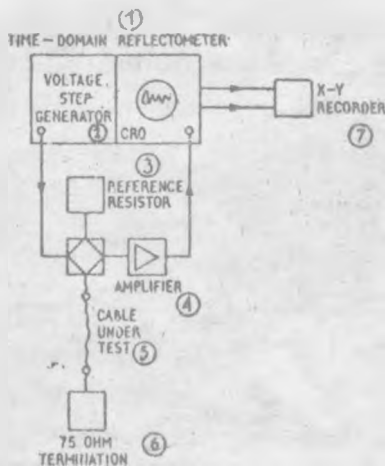
Rys. 4-8. Czas pomiarów reflektometrem odcinka kabla dołączanego przewodami giętkimi do wzmacniacza systemu 60 MHz

- ① - współczynnik odbicia /ρ/, ② - długość kabla, A - przewody pomiarowe 12 m, B - wtyczki, C, E - przewód współosiowy giętki, D - przegroda gazoszczelna, F - złącze, G - kablowa para współosiowa



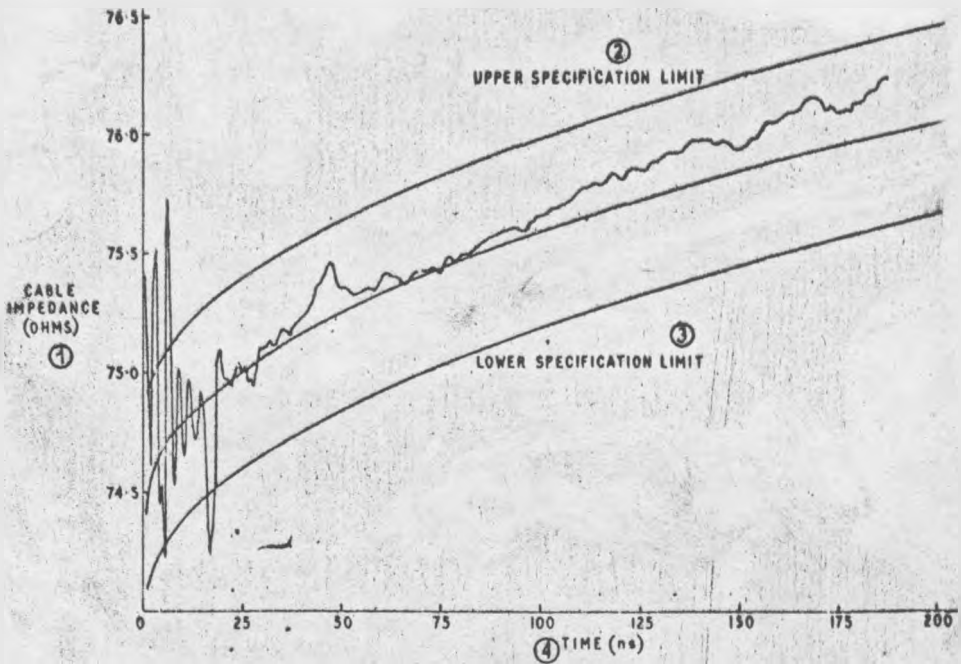
Rys. 4-7. Schemat blokowy reflektometru

② - generator impulsów skokowych, ① - czas narastania 150 ps, ③ - podstawa czasu, ④ - oscyloskop, ⑤ - układ próbkujący, ⑥ - impuls pomiarowy, ⑦ - odbicia, ⑧ - układ badany



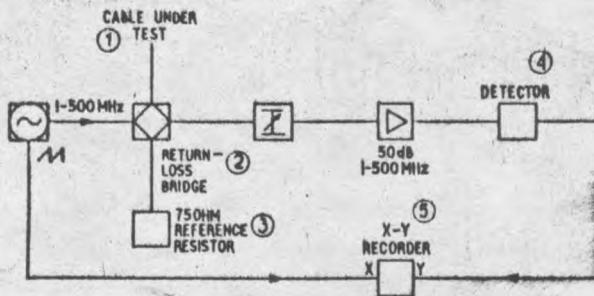
Rys. 4-9, Schemat blokowy układu do pomiaru impedancji miejscowej końców toru przy zastosowaniu impulsów skokowych

① - reflektometr, ② - generator impulsów skokowych, ③ - rezystor wzorcowy, ④ - wzmacniacz, ⑤ - badany kabel, ⑥ - zakończenie 75-omowe, ⑦ - pisak X-Y



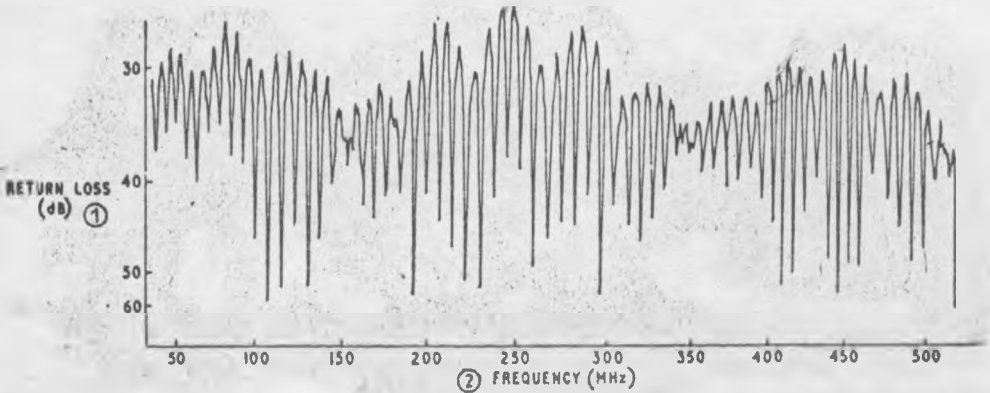
Rys. 4-10. Wykres impedancji miejscowej końca toru mierzonej impulsem skokowym

① - impedancja kabla / Ω /, ② - wartość graniczna górna ③ - wartość graniczna dolna, ④ - czas /ns/



Rys. 4-11. Schemat blokowy układu do pomiaru tłumienia niejednorodności równoważne!

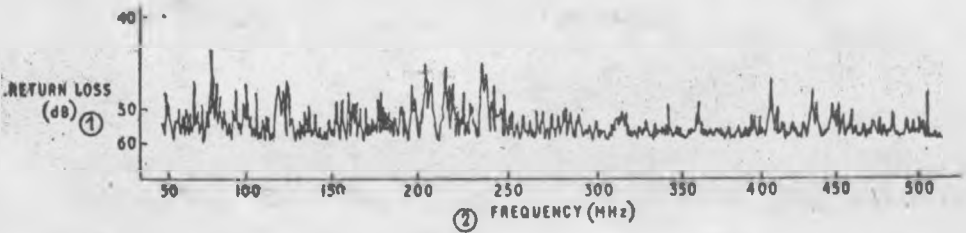
① - badana para, ② - mostek pomiarowy, ③ - rezystor wzorcowy 75 Ω , ④ - detektor, ⑤ - pisak X-Y



Rys. 4-12. Wykres tłumienności niejednorodności równoważnej metodą wobulowanej częstotliwości

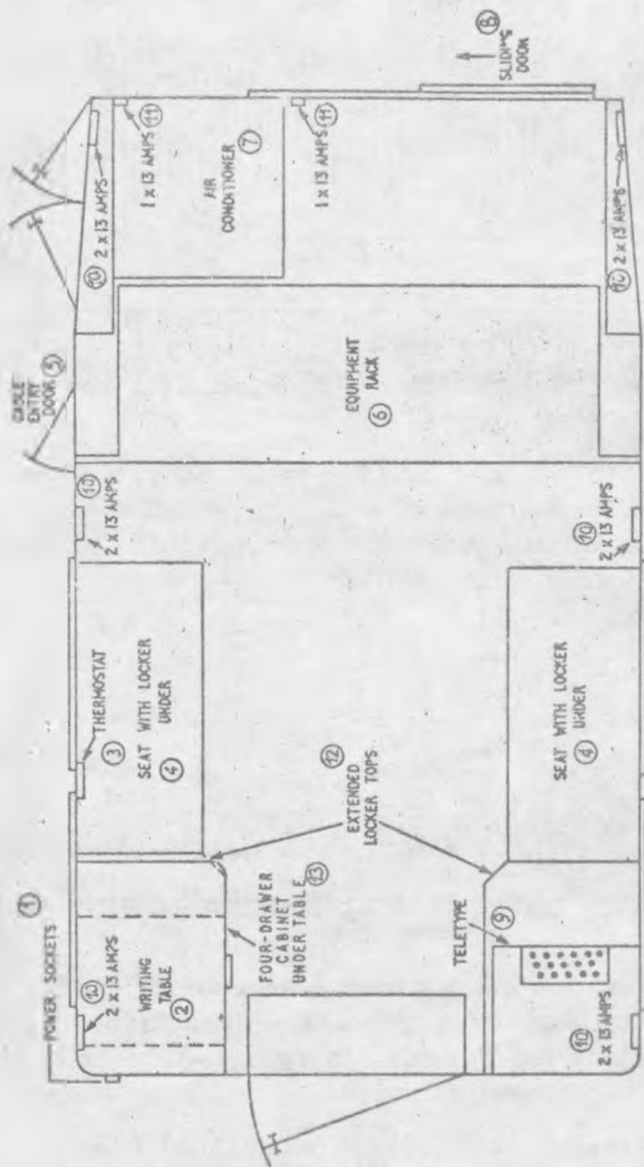
Wielka nieregularność impedancji /1,5 m od początku toru/ jest wskazana przez okresowe falowania częstotliwości

① - tłumienność niejednorodności równoważnej /dB/ ② - częstotliwość /MHz/



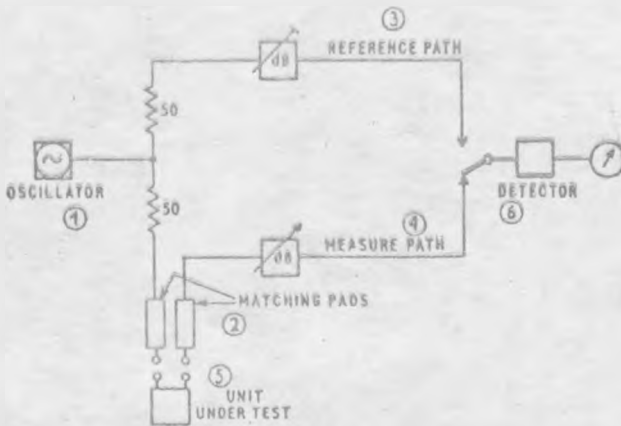
Rys. 4-13. Pomiar niejednorodności impedancji metodą impulsowo-częstotliwościową. Wielka nieregularność impedancji występująca na wykresie z rys. 4-12 jest tu wyeliminowana

① - tłumienność niejednorodności równoważnej /dB/,
② - częstotliwość /MHz/



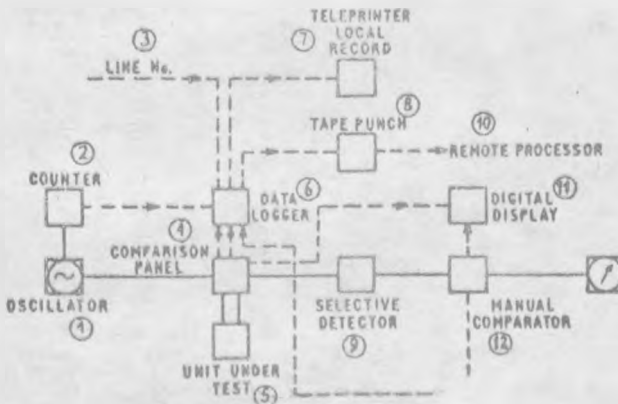
Rys. 5-1. Wnętrze wozu pomiarowego

① - gniazda zasilania, ② - stół, ③ - termostat, ④ - siedzenie ze skrzynią pod spodem, ⑤ - drzwiczki do wprowadzania kabla, ⑥ - stojak na urządzenia pomiarowe, ⑦ - urządzenia klimatyzacyjne, ⑧ - drzwi przesuwne, ⑨ - klawiatura i modem, ⑩ - 2x13 amper, ⑪ - 1x13 amperów, ⑫ - górne szafki, ⑬ - 4 szuflady pod stołem



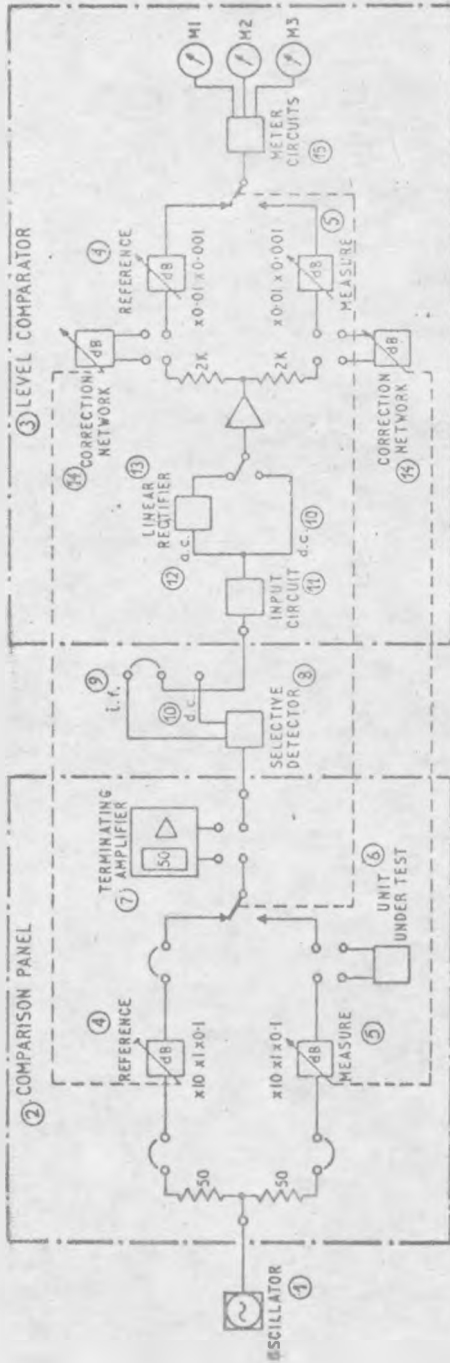
Rys. 6-1. Metoda szeregowego podstawienia mierzonego obiektu

- ① - generator, ② - elementy dopasowujące, ③ - gałąź wzorcowa, ④ - gałąź pomiarowa, ⑤ - obiekt mierzony, ⑥ - miernik poziomy



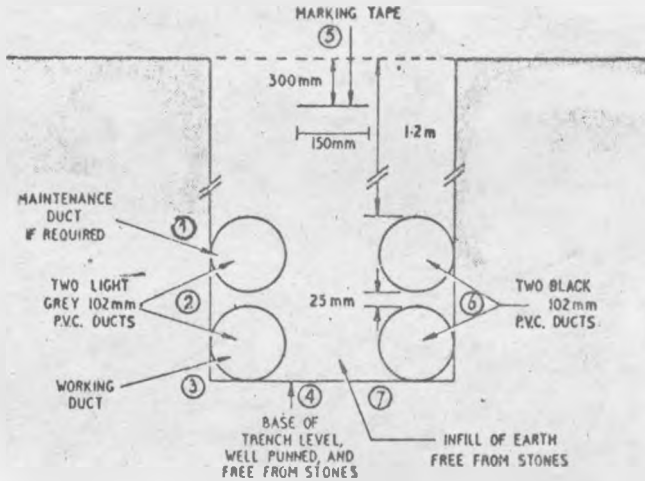
Rys. 6-2. Schemat blokowy zestawu pomiarowego

- ① - generator, ② - licznik częstotliwości, ③ - kolejny numer, ④ - układ porównawczy, ⑤ - obiekt mierzony, ⑥ - układ logiczny rejestracji danych, ⑦ - dalekopis do miejscowego rejestratora, ⑧ - dziurkarka taśmy, ⑨ - selektywny miernik poziomy, ⑩ - przetwarzanie danych odległe, ⑪ - wskaźnik cyfrowy wyników, ⑫ - komparator poziomów



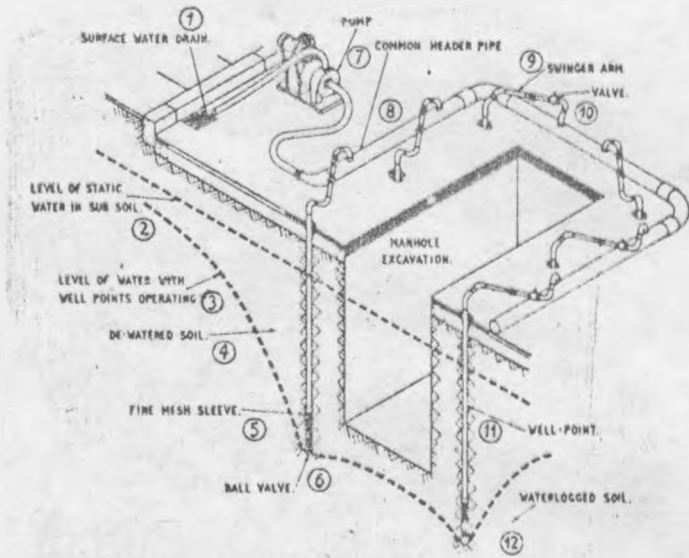
Rys. 6-3. Schemat układu pomiarowego

1 - generator, 2 - układ porównawczy, 3 - komparator poziomów, 4 - tłumik wzorcowy, 5 - tłumik pomiarowy, 6 - obiekt mierzony, 7 - wzmacniacz separujący, 8 - selektywny miernik poziomu, 9 - częstotliwość pośrednia, 10 - prąd stały, 11 - układ wejściowy, 12 - prąd zmienny, 13 - prostownik linearny, 14 - tłumik korekcyjny, 15 - układ mierzący



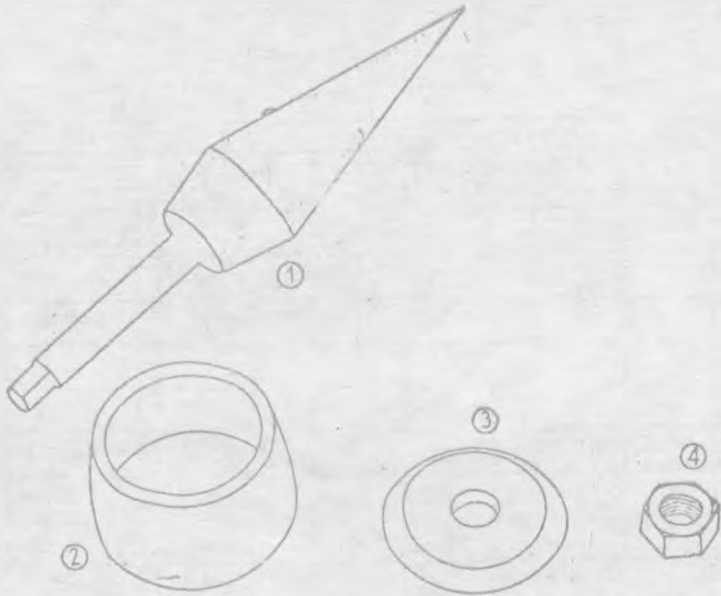
Rys. 7-1. Kanalizacja kablowa z rur PCW w rowie

① - rura awaryjna /w razie potrzeby/, ② - dwie jasnoszare rury PCW, 102 mm, ③ - rura do celów eksploatacyjnych, ④ - poziom dna rowu, dobrze ubitego, wolnego od kamieni, ⑤ - taśma ostrzegawcza, ⑥ - dwie czarne rury PCW, 102 mm, ⑦ - wypełnienie ziemią bez kamieni



Krys. 7-2. Usuwanie wód gruntowych

① - ściek, ② - statyczny poziom wód w podłożu, ③ - poziom wody przy działających drenach, ④ - grunt odwodniony, ⑤ - filtr sitowy, drobnooczkowy, ⑥ - zawór kulkowy, ⑦ - pompa, ⑧ - wspólna rura rozgałęźna, ⑨ - ramię ruchome, ⑩ - zawór, ⑪ - dren, ⑫ - grunt podmokły

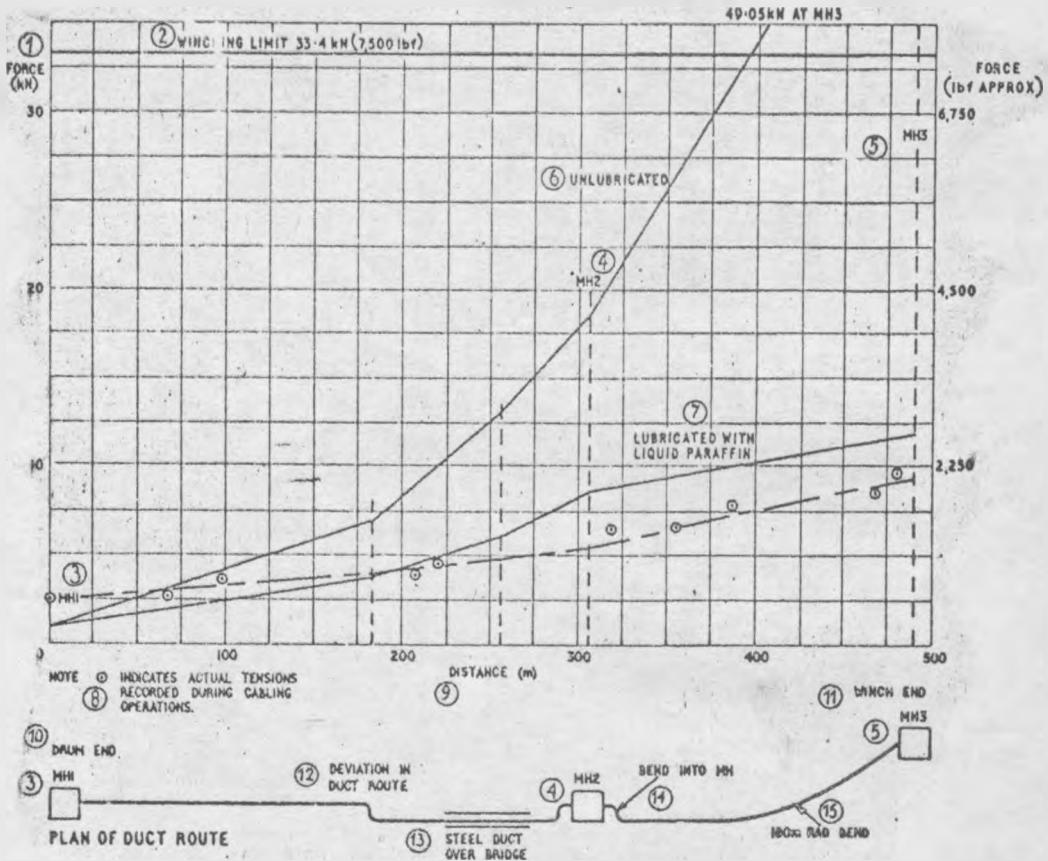


Rys. 8-1. Część składowa zaczepu do zaciągania kabla

- ① - czop stożkowy z nylonu ze stalowym trzonkiem gwintowanym, ② - pierścień stożkowy, ③ - podkładka, ④ - nakrętka

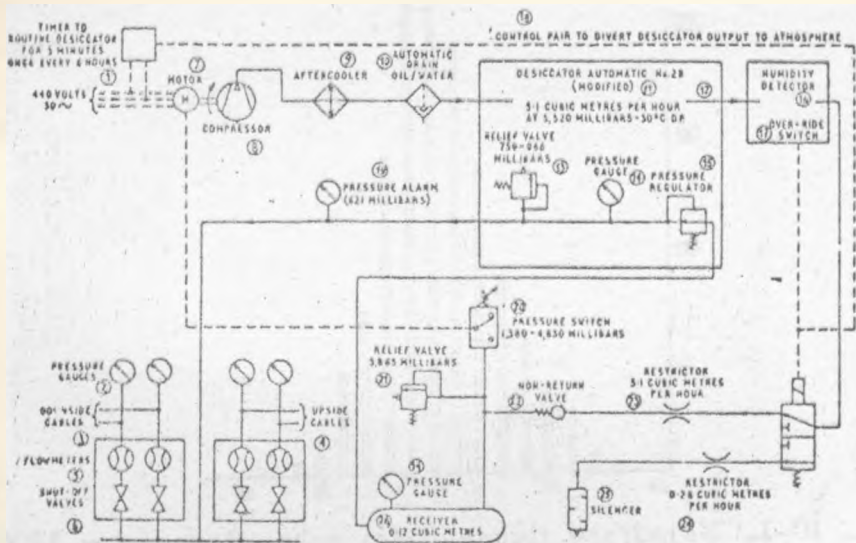


Rys. 8-2. Przekrój umocowanego na kablu zaczepu



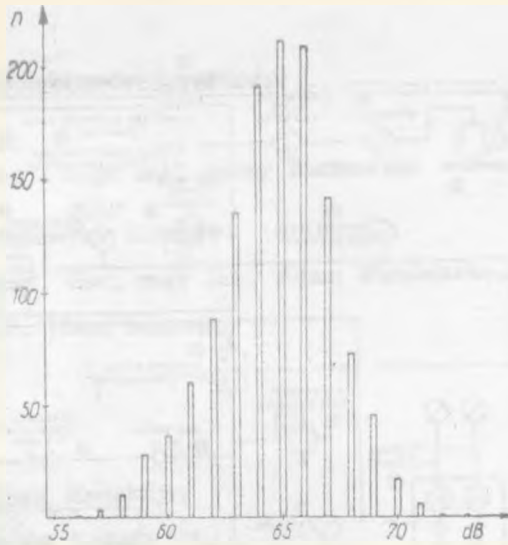
Rys. 8-3. Wykres siły naciągu kabla przy próbie zaciągania kabla do kanalizacji

① - siła /kN/, ② - siła graniczna wciągarki, ③ - studnia 1, ④ - studnia 2, ⑤ - studnia 3, ⑥ - bez smarowania, ⑦ - smarowanie płynną parafiną, ⑧ - wartości siły zmierzone podczas zaciągania kabla, ⑨ - odległość /m/, ⑩ - początek kanalizacji /odwiesienie kabla z bębna/, ⑪ - koniec kanalizacji /ciągnięcie wciągarką/, ⑫ - zmiana kierunku kanalizacji, ⑬ - kanał z rury stalowej na moście, ⑭ - wygięcie przy studni, ⑮ - promień krzywizny 180 m

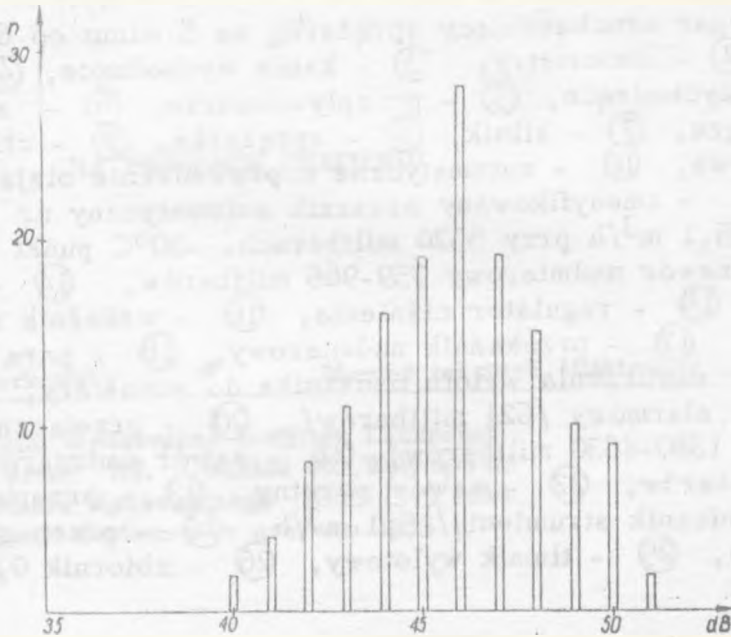


Rys. 9-1. Schemat ogólny układu sprężarki i osuszniaka

① - zegar uruchamiający sprężarkę na 5 minut co 6 godzin, ② - manometry, ③ - kable wychodzące, ④ - kable przychodzące, ⑤ - przepływomierze, ⑥ - zawory odłączające, ⑦ - silnik, ⑧ - sprężarka, ⑨ - chłodnica końcowa, ⑩ - automatyczne doprowadzenie oleju i wody, ⑪ - zmodyfikowany osuszniak automatyczny nr 2B, ⑫ - 5,1 m³/h przy 5520 milibarach, -30°C punkt rosy, ⑬ - zawór nadmiarowy 759-966 milibarów, ⑭ - manometr, ⑮ - regulator ciśnienia, ⑯ - wskaźnik wilgotności, ⑰ - przekaźnik nadmiarowy, ⑱ - para sterująca do otworzenia wylotu osuszniaka do atmosfery, ⑲ - manometr alarmowy /621 milibarów/, ⑳ - przełącznik ciśnieniowy 1380-4830 milibarów, ㉑ - zawór nadmiarowy 5865 milibarów, ㉒ - zawór zwrotny, ㉓ - przepustnica /ogranicznik strumienia/ 5,1 m³/h, ㉔ - przepustnica 0,28 m³/h, ㉕ - tłumik wylotowy, ㉖ - zbiornik 0,12 m³



Rys. 10-1. Najgorsze tłumienności echa własnego w 1200 odcinkach fabrykacyjnych par współosiowych, mierzone impulsami 50 ns



Rys. 10-2. Najgorsze tłumienności niejednorodności równoważnej w zakresie do 60 MHz w 72 losowo wybranych odcinkach fabrykacyjnych par współosiowych. Pomiarzy wykonano z obu końców par współosiowych

