

1 9 7 0

Nr 1 (94)

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

WARSZAWA — MIEDZESZYN

PRZEGLĄD  
ZAGADNIEŃ  
ŁĄCZNOŚCI



PRZEGLĄD  
ZAGADNIEŃ  
ŁĄCZNOŚCI

ROK 10

WARSZAWA 1970

NR 1(94)

---

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

Branżowy Ośrodek  
Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Redakcja  
Problemów Łączności i Przeglądu Zagadnień Łączności

Redaktor Naczelny - prof. Zenon Szpigler

Redaktorzy działów:

mgr inż. Władysław Cetner, mgr inż. Adam Moniuszko,  
mgr inż. Józef Możejko, dr Stanisław Włoszczowski

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Branżowy Ośrodek

Informacji Naukowo-Technicznej i Ekonomicznej

Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH RĘKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO

Redaktor: J. Borkowska      Montaż tekstu: B. Drabik

Dział Wydawniczy Instytutu Łączności  
Format B5. Nakład 740. Druk ukończono  
w marcu 1970 r.

PRZEGLĄD  
ZAGADNIEŃ ŁĄCZNOŚCI

Kable telekomunikacyjne i ich montaż

SPIS TREŚCI

|   | Str. |
|---|------|
| 1. Gray H.G., Tungate R.G.: Nowa metoda łączenia kabli - Opracował W. Sikora  | 1    |
| 2. Nara T., Kageyama N.: Ulepszona metoda lutowania kabli - Opracował C. Niewiadomski   | 7    |
| 3. Metoda szybszego i łatwiejszego zaciągania kabli do kanalizacji - Opracował W. Sikora  | 20   |
| 4. Self C.P.: Głowice kabli współosiowych odlewane z żywicy epoksydowej - Opracował W. Sikora   | 28   |
| 5. Vogelsberg D.: Nowa konstrukcja kabla okręgowego z wiązkami do telefonii naturalnej i nośnej stosowanego przez pocztę NRF - Opracował A. Moniuszko | 39   |
| 6. Hähne K.H.: Małowymiarowe pary współosiowe o izolacji krążkowej - Opracował A. Moniuszko   | 56   |

## NOWA METODA ŁĄCZENIA KABLI

Opracował W. Sikora na podstawie artykułu Gray H.G. i Tungate R.G.: A new-and better-way to connect cables. Post Office Telecom. Jour. 1968 t. 20 nr 1, s. 12-13.

Artykuł niniejszy omawia opracowaną i zastosowaną w Anglii i odznaczającą się wieloma zaletami, nową metodę wykonywania połączeń kablowych w sieci miejscowej.

Podstawowa zasada, na której opiera się to nowe rozwiązanie, polega na wykonywaniu połączeń kablowych tylko w szafkach kablowych przy starannym sprawdzaniu połączeń poszczególnych par i systematycznym rozmieszczeniu złączek w szafce /rys. 1 i 2)<sup>x)</sup>. Systematyczne rozmieszczenie złączek umożliwia łatwą identyfikację poszczególnych par bez potrzeby manipulowania pozostałymi złączkami, czyli bez narażania ich na ewentualne uszkodzenie. Nowa metoda umożliwia szybsze wykonanie połączeń i szybszą identyfikację poszczególnych par, a przy tym dzięki niej maleje liczba zdarzających się przy montażu powikłań i uszkodzeń, maleją nakłady inwestycyjne i eksploatacyjne oraz zmniejszają się wymagania dotyczące przestrzeni potrzebnej do wykonania połączeń.

W ostatnich dwudziestu latach w kablowej sieci miej-

---

<sup>x)</sup> Rysunki są zamieszczone na końcu artykułu.

scowej instalowane były szafki kablowe naziemne jako łatwo dostępne punkty dla wykonywania połączeń kabli magistralnych z mniejszymi od nich kablami rozdzielczymi.

Szafki kablowe, o dobrze znanych zaletach funkcjonalnych, przystosowane były w chwili wprowadzania ich do eksploatacji w miejscowej sieci kablowej dla kabli obołowych o papierowej izolacji żył, które były w szafce zakończone głowicami kablowymi wyposażonymi w łączówki z zaciskami. Połączenia między żyłami kabli wchodzących i wychodzących z szafki wykonywane były za pomocą przewodów krosowych (czasem zakończonych końcówkami) mocowanych w śrubowych zaciskach łączówek.

Pomimo tego, że szafki kablowe wyposażane były w suszniki, w celu zabezpieczenia połączeń przed zawilgoceciem, zdarzało się jednak, że oporność izolacji łączówek i połączeń spadała poniżej dopuszczalnej wartości. Ponadto zaciski śrubowe na łączówkach nie zapewniały trwałego styku, gdyż śruby zaciskowe obluzowywały się z czasem.

Wprowadzenie do eksploatacji w Anglii kabli rozdzielczych a ostatnio także magistralnych, o izolacji i powłoce z polietylenu, oraz zastosowanie do łączenia żył nowego typu łączników nie wymagających zdejmowania izolacji z końców łączonych żył, sprawiło, że rozpoczęto rozważać możliwość wprowadzania kabli polietylenowych wprost do szafek kablowych i łączenia ich za pomocą łączników zaciskanych mechanicznie (bez lutowania i bez zdejmowania izolacji).

Przy realizowaniu tego zamierzenia postanowiono roz-

mieszcząc wykonywane złączki żył w szafce według z góry przyjętego schematu dla ułatwienia późniejszej identyfikacji poszczególnych par. W sierpniu w 1964 roku został wykonany w tym celu prototyp półki z tworzywa sztucznego, zaopatrzonej w odpowiednio rozmieszczone i ponumerowane otwory i mocowanej poziomo w szafce kablowej. Półkę zmodernizowano następnie tak, że może ona pomieścić 100 par kabli rozdzielczych.

W roku 1965 wyznaczono w środkowej Anglii okręgi, gdzie miała być doświadczalnie, na szeroką skalę wypróbowana nowa metoda wykonywania połączeń kabli w sieciach miejscowych. Wprowadzanie nowej metody rozpoczęto w okręgu Birmingham, a następnie objęto nią całą środkową Anglię.

Przy zastosowaniu nowej techniki kable magistralne i rozdzielcze niezależnie od ich wielkości są wprowadzane bezpośrednio do szafki kablowej, przy czym pary żył kabli rozdzielczych zarówno zajęte jak i zapasowe są wprowadzane bezpośrednio do numerowanych otworów w półkach, a pary żył od strony centrali są oznaczone ponumerowanymi tulejkami.

Przeznaczone do połączenia pary kabla magistralnego są wprowadzane przez te same otwory co pary kabli rozdzielczych, a następnie żyły tych par łączone są za pomocą wspomnianych wyżej łączników zaciskanych mechanicznie. Wykonane w ten sposób połączenia żył zapewniają trwałość i zabezpieczony przed zawilgoceniem styk (rys.3).

Łączniki tego typu opracowane w Stanach Zjednoczonych A.P. w Zakładach Bella i przeznaczone do łączenia

żył kablowych izolowanych pełnym tworzywem sztucznym są stosowane już z powodzeniem w wielu krajach. W Polsce, w Centralnym Laboratorium Budownictwa Łączności także już zostały opracowane i wykonane prototypy łączników, narzędzi do ich produkcji i ręcznych zaciskaczy do zaciśnięcia łączników na końcach łączonych żył.

Po wykonaniu połączeń odpowiednio długich końców żył, co pozwala w przypadku potrzeby na kilkakrotne obcinanie łączników i ponowne łączenie żył, złączki są układane na półce. Połączenia tego typu zajmują mniej miejsca niż łączówki porcelitowe z zaciskami śrubowymi. Ułatwione jest również wykonywanie przełączeń eksploatacyjnych i wykonywanie w razie potrzeby połączeń par kabli rozdzielczych dla łączy dzierżawionych (łączących abonentów między sobą).

Nowa metoda wykonywania połączeń między kablami w szafce kablowej ma cztery podstawowe zalety. Po pierwsze została zmniejszona liczba łączy kablowych w komorze pod szafką kablową, co pozwoliło na zmniejszenie wymiarów komory. Dzięki temu uzyskano oszczędności w nakładzie pracy wykwalifikowanych monterów. Ponadto ułatwione jest dobieranie i grupowanie kabli o odpowiednich średnicach żył. Po drugie zmniejszyła się możliwość powstawania uszkodzeń, których przyczyną były zaciski śrubowe i przewody krosowe, a ponadto wilgoć przestała być istotną przyczyną uszkodzeń. Po trzecie zmalały nakłady inwestycyjne i eksploatacyjne i po czwarte zostały zmniejszone wymiary szafki wymagane dla danej liczby połączeń.

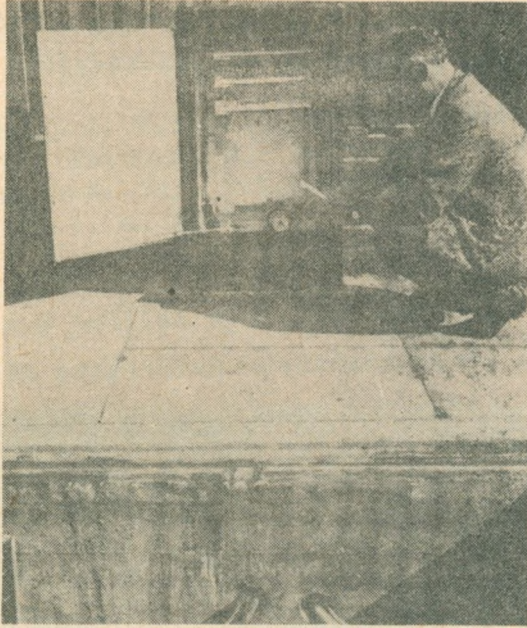
W Anglii trwają prace zmierzające do wprowadzenia dal-



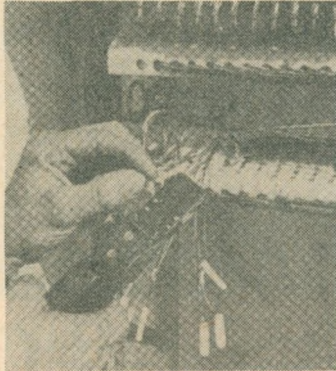
szych usprawnień w nowej metodzie wykonywania połączeń w szafkach kablowych, lecz już obecnie metoda ta ze względu na swoje sprawdzone eksploatacyjnie zalety zasługuje na uwagę.



Rys. 1. Sprawdzanie połączeń w nowej doświadczalnej szafce kablowej. Każda półka w szafce może pomieścić 100 par kabli rozdzielczych i do 100 par kabla magistralnego



Rys. 2. Nowa szafka kablowa. Podziemna komora szafki zawierała zwykle wiele złączy kablowych, których liczba dzięki nowej metodzie połączeń została zredukowana do minimum



Rys. 3. Wykonywanie połączeń żył za pomocą łączników zaciskanych na żyłach specjalnymi cęgami. Wykonane złączki są następnie układane na półce jak to widać na rysunku

## ULEPSZONA METODA LutowANIA KABLI

Opracował C. Niewiadomski według artykułu  
Nara T., Kageyama N.: Improved cable solde-  
ring method. Jap. Telecommun. Rev. 1968  
t. 10 nr 1, s. 43-49.

Pęknięcia w pobliżu spoin lutowniczych kabli stano-  
wią ponad 20% wszystkich uszkodzeń kabli napowietrznych  
w Japonii, a liczba tych uszkodzeń wykazuje tendencję  
zwiększania się z roku na rok wobec dużej ilości kabli  
już zainstalowanych oraz znacznego wzrostu ilości kabli  
nowo instalowanych. W związku z tym, w celu zmniejsze-  
nia uszkodzeń spowodowanych pęknięciami i czasu tracone-  
go na naprawy, rozpatrzono ponownie stosowaną dotąd tech-  
nologię lutowania kabli, wyjaśniono jej zasady i wady  
oraz ustalono środki skutecznie przeciwdziałające uszko-  
dzeniom, a następnie w grudniu 1966 r. wprowadzono ulep-  
szoną metodę lutowania jako obowiązującą.

Dla zapobieżenia powstawaniu pęknięć w pobliżu spoin  
lutowniczych rozpatrzono najpierw zjawisko pogarszania  
się własności mechanicznych powłoki ze stopu ołowiu wsku-  
tek jej nagrzewania się oraz zbadano wytrzymałość zmę-  
czeniową na drgania wielu próbek samych kabli i próbek  
kabli lutowanych, w wyniku czego opracowano sposób prze-  
ciwdziałający nagrzewaniu, co uznano za jedno z najważ-  
niejszych zagadnień. Z kolei zbadano doświadczalnie o-  
raz wyjaśniono, że oczyszczanie powierzchni powłoki lu-  
towanego kabla silnie wpływa na jego własności zmęcze-

niowe, wobec czego ustalono właściwą metodę czyszczenia kabli.

## 1. POGORSZENIE WŁASNOŚCI POWŁOKI KABLA WSKUTEK PRZEGRZANIA

Do łączenia kabli stosuje się spoiwo o zawartości 62% ołowiu i 38% cyny oraz spoiwo o zawartości 27% ołowiu i 63% cyny, a do nagrzewania podczas lutowania lampę benzynową, którą nagrzewa się miejsce uszczelniania osłony ołowianej (rys. 1)<sup>x)</sup>. Według dotychczasowej techniki lutowania zarówno samo spoiwo jak i odcinek powłoki ołowianej pokrywany spoiwem są bezpośrednio nagrzewane płomieniem lampy lutowniczej, co powoduje nadtopienie powłoki, o wielkości zależnej od wprawy montera. Jako właściwą temperaturę lutowania przyjęto przy tym 230°, chociaż wciąż jeszcze maksymalna temperatura nie powodująca uszkodzenia kabla nie jest ustalona jednoznacznie.

Z tego właśnie względu zbadano wpływ nagrzewania na własności mechaniczne różnych stopów ołowiu używanych na powłoki (Pb-Sb, Pb-Sn, Pb-Sb-Sn), do czego pobrano próbki, zgodnie z normą japońską JIS Z 2201, wykrojone z wyprasowanej powłoki ze stopu ołowiu o grubości 2 mm. Próbki te poddano nagrzewaniu, stosując różne temperatury i czasy oraz liczby cykli nagrzewania, a następnie poddano je próbom rozciągania na uniwersalnej zrywarce.

Z wyników przedstawionych na rys. 2 można stwierdzić,

---

x) Rysunki są zamieszczone na końcu artykułu.

że nagrzewanie, niezależnie od zawartości cyny i antymonu w ołowiu, powoduje znaczne zmniejszenie wydłużenia przy zerwaniu próbek, co jest właśnie przyczyną utraty plastyczności przez powłokę ołowianą, równoznacznej z pogorszeniem własności mechanicznych. Takie wyniki otrzymywano zarówno przy nagrzewaniu w piecu elektrycznym jak i płomieniem lampy lutowniczej, a przyczyną ich był rozrost ziaren materiału powłoki.

Pogorszenie własności mechanicznych pod wpływem nagrzewania uwypukla się bardziej bezpośrednio przy badaniach wytrzymałości zmęczeniowej na drgania, co widać z rys. 3, przedstawiającego wyniki badań zmęczeniowych próbek powłoki ołowianej kabla nie poddawanych nagrzewaniu, próbek podgrzewanych przy pokrywaniu spoiwem o zawartości 62% ołowiu i 38% cyny oraz próbek starannie lutowanych w laboratorium. I tak, jakkolwiek wydatne pogorszenie wytrzymałości zmęczeniowej próbek kabla lutowanego w porównaniu z własnościami próbek kabla nie nagrzewanego nie zawsze jest skutkiem przegrzania, tym niemniej, z rys. 3 widać, że samo nagrzewanie próbek kabla o powłoce ołowianej jest wystarczające do wyraźnego pogorszenia jego własności.

## 2. ZABEZPIECZANIE PRZED PRZEGRZEWANIEM

Najważniejszym warunkiem uniknięcia powstawania pęknięć w miejscu lutowania jest nieprzegrzewanie tego miejsca, w związku z czym nie należy dopuszczać, aby powłoka ołowiana kabla była nagrzewana bezpośrednio płomie-

niem lampy. Z tego właśnie powodu wprowadzono owijanie taśmą ołowianą lutowanego miejsca kabla o powłoce ołowianej, którego korzyści są następujące:

- możliwość zabezpieczenia kabla przed przegrzaniem wskutek bezpośredniego nagrzewania płomieniem lampy benzynowej,

- możliwość łatwego rozpoznania momentu, w którym nagrzewanie staje się niebezpieczne, dzięki topieniu się w tym momencie taśmy ołowianej,

- zabezpieczenie powłoki kabla przed ewentualnym uszkodzeniem przez narzędzie w przypadku demontowania złącza.

Oprócz taśmy ołowianej mogą być oczywiście zastosowane także taśmy z innych metali lub taśmy z materiałów niemetalicznych. Jednakże żadna z nich nie może być wskaźnikiem momentu, w którym nagrzewanie staje się niebezpieczne, ponieważ temperatura topnienia innych taśm jest za wysoka lub za niska, ponadto zaś są one mniej korzystne pod względem łatwości owijania, wielokrotności ponownego użycia, oddziaływania na spoiwo itd. Dlatego więc taśmę ołowianą uznano za najodpowiedniejszą.

Korzyści owijania taśmą ołowianą są szczególnie widoczne, gdy złącza są wykonywane przez niewprawnych monterów. I tak z rys. 4, przedstawiającego porównanie liczby drgań do pęknięcia próbek kabla lutowanego przez tego samego niewprawnego montera dwoma sposobami, z owijaniem i bez owijania taśmą ołowianą, widać, że przy luto-

waniu z owijaniem taśmą odporność na pęknięcia zwiększyła się średnio o około 41%, a w przypadku szczególnie niewprawnych monterów nawet o 125%. Im bardziej przy tym jest niewprawny monter, tym efektywniejsze jest zastosowanie taśmy ołowianej.

Do owijania w ulepszonej metodzie lutowania stosuje się taśmę o grubości 0,55 mm i szerokości 50 mm. Miejsce lutowane powłoki ołowianej należy owijać taśmą luźno, dwukrotnie.

### 3. SPOSÓB OCZYSZCZANIA MIEJSCA ŁĄCZENIA

W miejscu lutowania powłoka ołowiana kabla i ołowiana osłona złączowa muszą być najpierw oczyszczone, co zgodnie z dotychczasowymi przepisami powinno być wykonywane szczotką do sukna, ruchem pod kątem  $45^{\circ}$  do osi kabla. Przepisy oczyszczania nie były jednak dokładnie przestrzegane z powodu niewygodnych warunków otoczenia, ułatwiania oczyszczania, stosowania szczotki o niewłaściwych wymiarach itd., wobec czego porównano poniższe trzy sposoby oczyszczania kabli i ich próbek:

- oczyszczanie według dotychczasowego sposobu, a więc ruchem pod kątem  $45^{\circ}$  do osi kabla (rys. 5a),
- oczyszczanie ruchem wzdłuż kabla (rys. 5b),
- oczyszczanie ruchem w poprzek kabla (rys. 5c).

W wyniku badań stwierdzono, że sposób oczyszczania ma duży wpływ na wytrzymałość zmęczeniową na drgania, przy czym szczególnie niekorzystne pod tym względem o-

kazało się oczyszczanie ruchem szczotki w poprzek kabla, co uwidaczniało się wyraźnie nie tylko w przypadku próbek kabli lutowanych, lecz również w przypadku próbek w ogóle nienagrzewanych. Rys. 6 przedstawia właśnie liczby drgań do pęknięcia kabli lutowanych po oczyszczaniu różnymi sposobami, które są wynikiem różnej wartości naprężeń spowodowanych wpływem karbu, zależnym od kierunku małych bruzd wytwarzających się przy czyszczeniu. Zwiększanie się uszkodzeń kabli w porównaniu z dotąd stwierdzanymi można więc przypisywać również stosowaniu za długiej i za wąskiej szczotki, która sprzyja wytwarzaniu się bruzd poprzecznych, w związku z czym w ulepszonej metodzie przyjęto jako obowiązujące czyszczenie wzdłuż osi kabla.

#### 4. BADANIA NAD PRZYBORAMI DO OCZYSZCZANIA

Podobnie do sposobu czyszczenia wzbudzało wątpliwości także, czy szczotka do sukna jest optymalnym przyborem do czyszczenia. W celu sprawdzenia tego użyto różnych innych szczotek, których wpływ na wytrzymałość złącza przedstawia rys. 7.

Wszystkie te badania wykazały, że w każdym przypadku wytrzymałość złącza po czyszczeniu w poprzek jest o 57 do 87% mniejsza niż po czyszczeniu wzdłużnym. Ponieważ zaś nowe przybory nie zawsze były wygodne w użyciu, zbadano wobec tego trojakiemu rodzaju, poniższe ulepszone szczotki do sukna:



- o około pięciokrotnie zmniejszonej długości w celu utrudnienia wytwarzania się bruzd w poprzek osi kabla (szczotka  $S_1$ ),

- o grubości włosków zmniejszonej z 0,255 mm do 0,205 mm (szczotka  $S_2$ ) lub o zwiększonej długości włosków (szczotka  $S_3$ ) w celu zmniejszenia głębokości bruzd na oczyszczanej powłoce ołowianej,

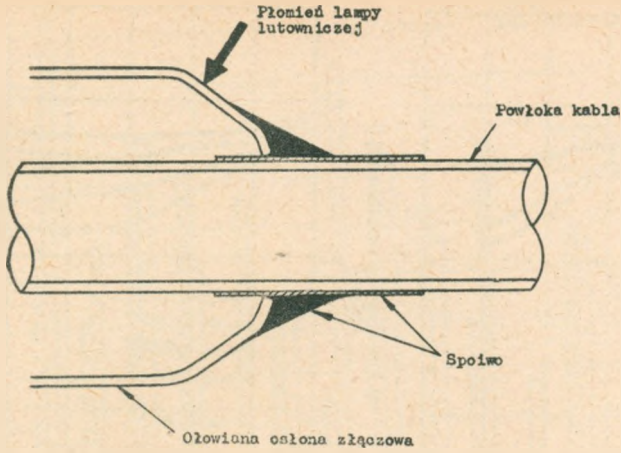
- z tak umieszczonymi włoskami, aby umożliwiały one czyszczenie przy ruchu szczotką w przód i w tył dzięki kątowni ustawienia włosków  $90^\circ$  (szczotka  $S_1$  i  $S_2$ ), podczas gdy dotąd stosowane szczotki czyściły tylko przy ruchu w jednym kierunku, ponieważ kąt ustawienia włosków wynosił  $80^\circ$ .

Wyniki badań wytrzymałości zmęczeniowej na drgania próbek lutowanych, oczyszczanych powyższymi, ulepszonymi szczotkami przedstawia rys. 8. Jak widać z tego rysunku, kierunek ruchu czyszczenia powłoki w przypadku tych szczotek ma mniejszy wpływ niż w przypadku szczotek dotąd stosowanych, a wytrzymałość złącz oczyszczanych ulepszonymi szczotkami jest orientacyjnie dwukrotnie większa niż wytrzymałość złącz oczyszczanych ruchem w poprzek kabla szczotkami dotąd stosowanymi. Spośród próbnych szczotek za najlepszą uznano przy tym szczotkę  $S_1$ , która odpowiadała najlepiej pod względem wytrzymałości zmęczeniowej złącz, wygody czyszczenia oraz chropowatości oczyszczanej powierzchni powłoki ołowianej. Tę właśnie szczotkę przyjęto jako standartową.

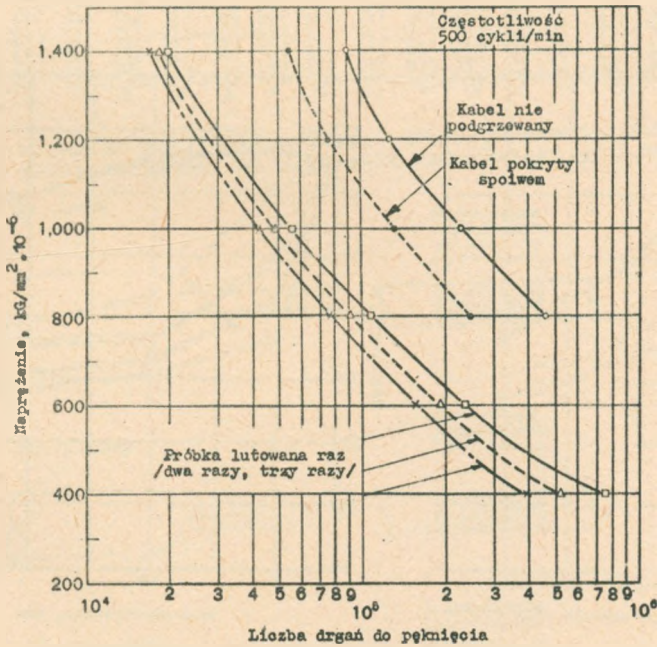
## 5. WNIOSKI

Ponieważ przy lutowaniu kabli kierowano się dotychczas tylko doświadczeniem i wprawą lutującego, nie było dotąd odpowiedniej metody liczbowej oceny jakości lutowania, poza tym zaś nigdzie nie było zebranej, pełnej wiedzy technicznej o tym zagadnieniu. W związku z tym, po wprowadzeniu metody oceny drogą badania wytrzymałości zmęczeniowej lutowanych złączy, rozpatrzono ponownie dotychczas stosowaną metodę lutowania oraz wprowadzono taśmę ołowianą, w celu zabezpieczenia powłoki przed przegrzewaniem, i oczyszczanie powłoki za pomocą szczotek nowego typu.

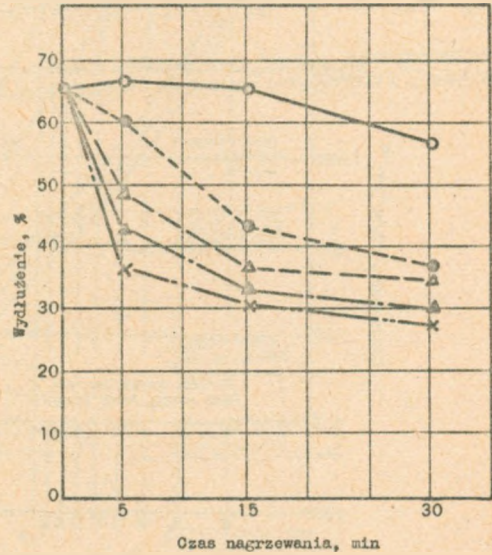
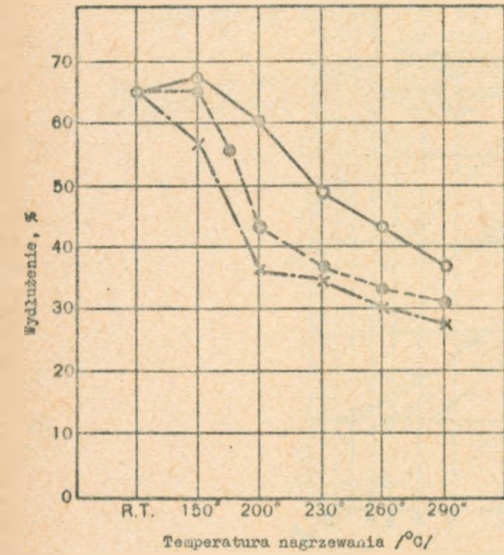
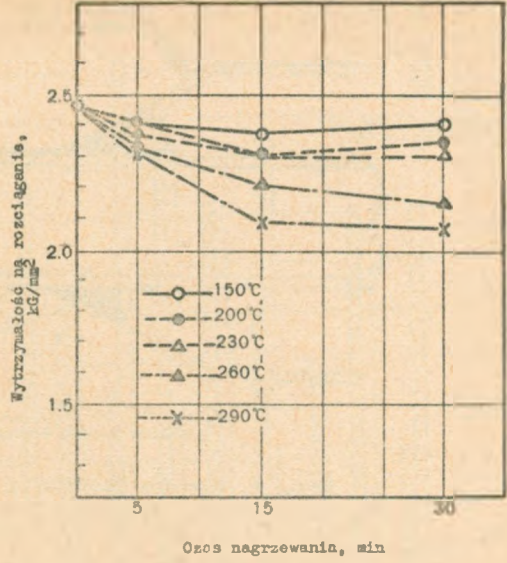
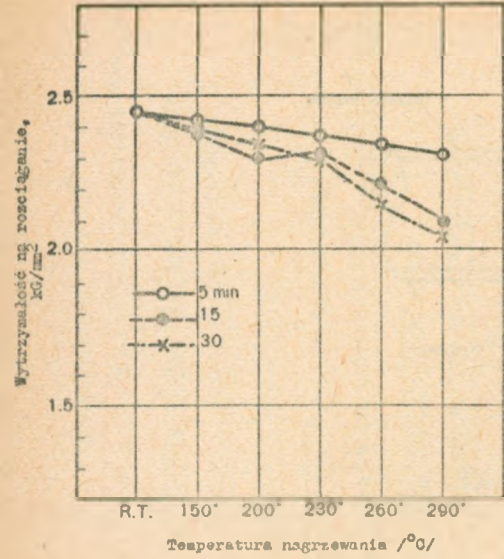
Skuteczność nowo wprowadzonych metod została potwierdzona na kursach szkoleniowych lutowania oraz kursach instruktażowych techników, wezwanych z urzędów telekomunikacyjnych całej Japonii. Ulepszona metoda spotkała się przy tym z życzliwym przyjęciem personelu budowy linii dzięki jej użyteczności, zwłaszcza dla personelu niewykwalifikowanego, wobec czego została ona szybko rozpowszechniona.



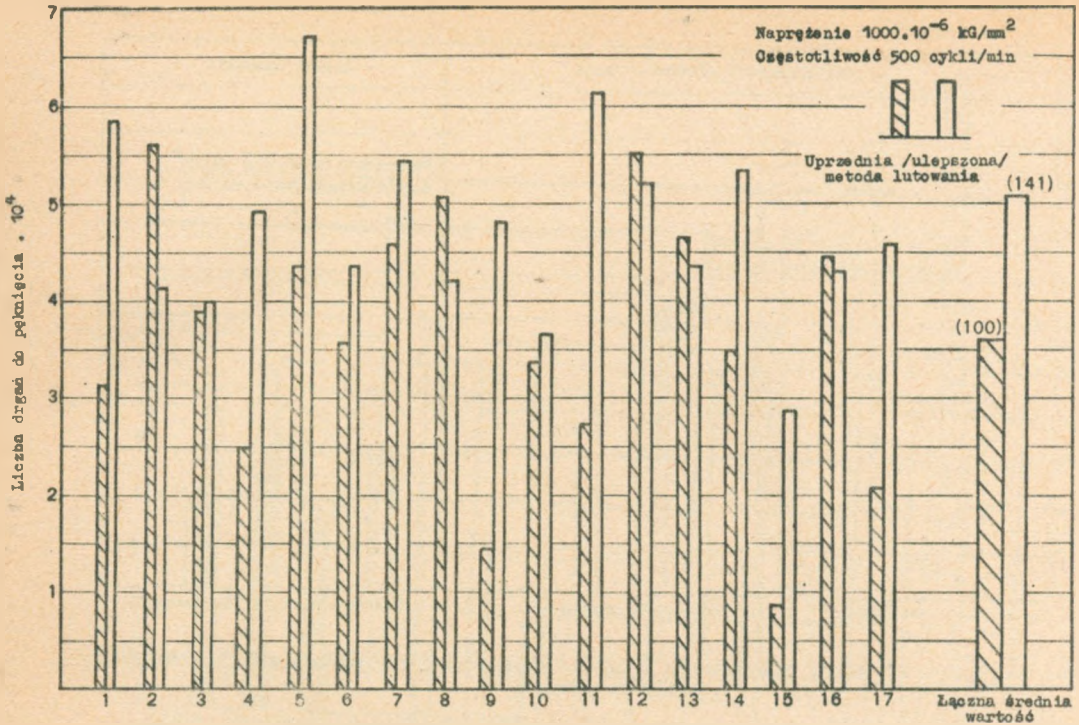
Rys. 1. Sposób lutowania kabli



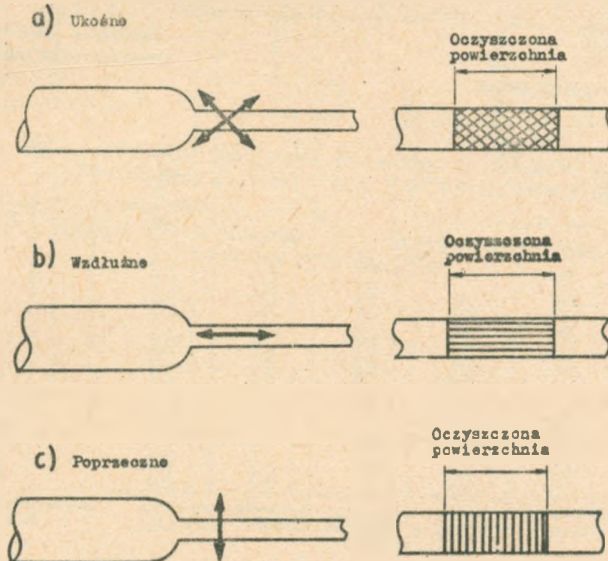
Rys. 3. Własności zmęczeniowe powłoki ołowianej zależnie od warunków nagrzewania



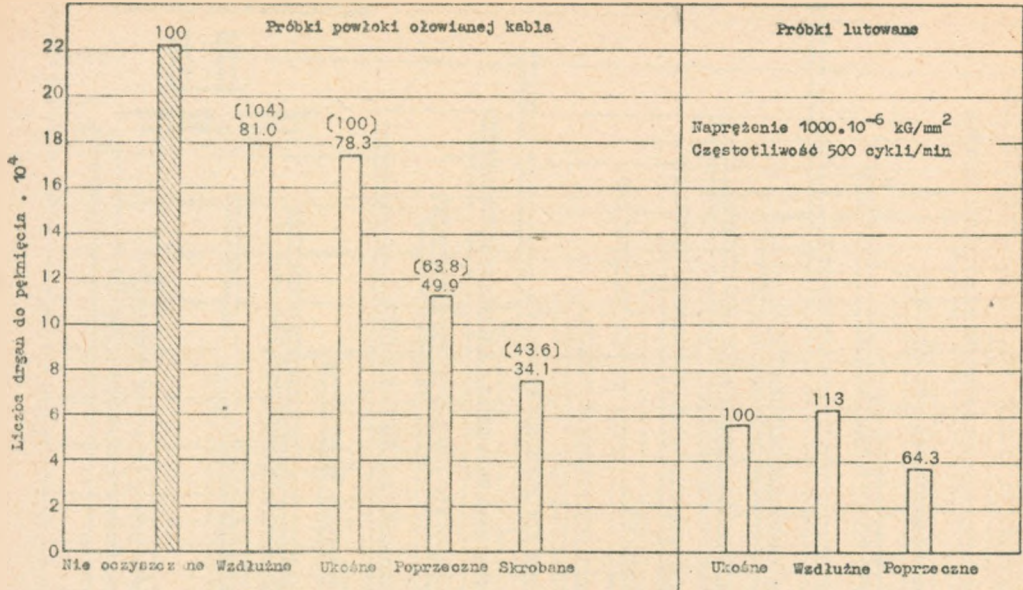
Rys. 2. Wpływ nagrzewania na własności mechaniczne stopu ołowiu zawierającego 0,44% Sb i 1,18% Sn



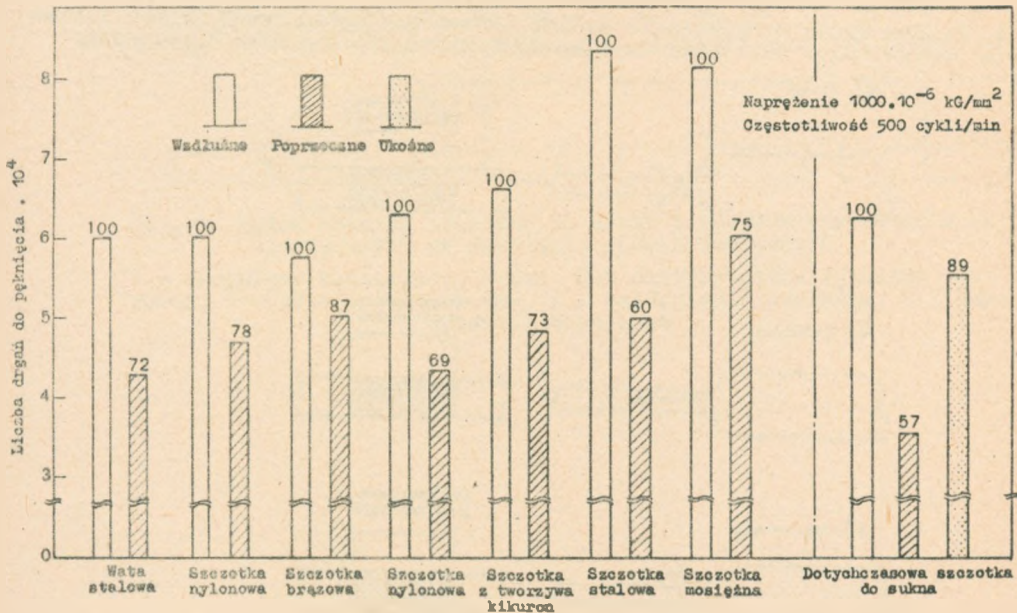
Rys. 4. Liczba drgań do pęknięcia próbek lutowanych przez niewprawnych instalatorów /wpływ taśmy ołowianej na własności zmęczeniowe próbek lutowanych/



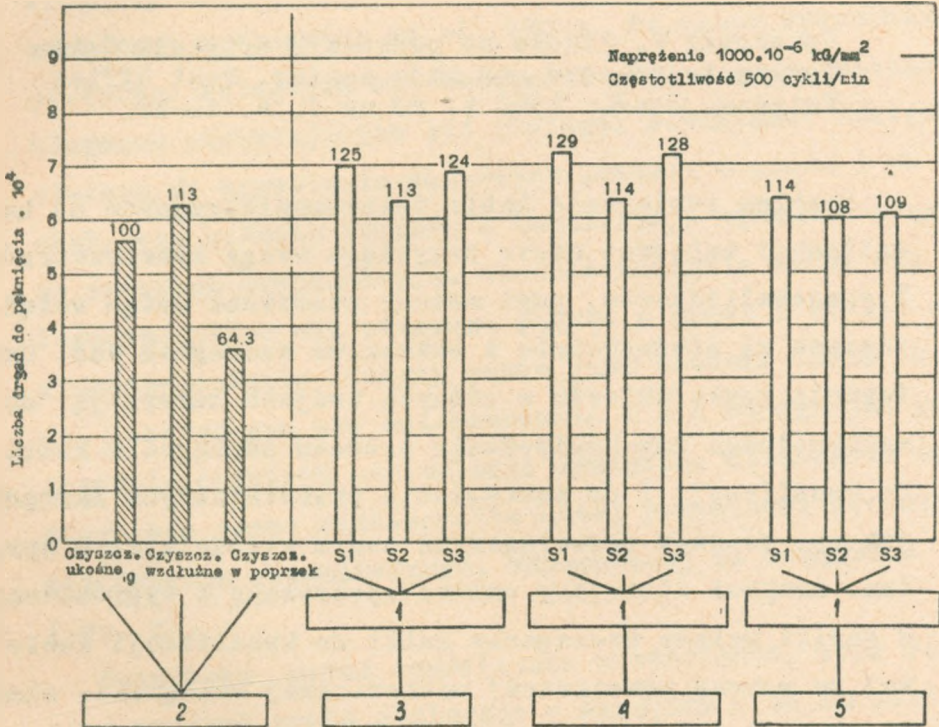
Rys. 5. Sposoby czyszczenia: a/ ukośne /dawna metoda/, b/ wzdłużne, c/ poprzeczne



Rys. 6. Wpływ sposobu oczyszczania na liczbę błędów do pęknięcia lutowanych kabli i próbek



Rys. 7. Wpływ przyborów do czyszczenia na liczbę błędów do pęknięcia próbek lutowanych



Rys. 8. Wpływ różnych szczotek do sukna i sposobu czyszczenia na liczbę rgań do pęknięcia próbek lutowanych

1 - ulepszona szczotka do sukna, 2 - dotychczasowa szczotka do sukna, 3 - czyszczenie ukośne, 4 - czyszczenie wzdłużne, 5 - czyszczenie w poprzek

## METODA SZYBSZEGO I ŁATWIEJSZEGO ZACIĄGANIA KABLI DO KANALIZACJI

Opracował W. Sikora na podstawie artykułu Cable laying is speeded and made easier. Post Office Telecom. Journ. 1968 t. 20 nr 1, s. 14-16.

Problem zaciągania kabli telekomunikacyjnych do kanalizacji kablowej stale przyciąga uwagę konstruktorów i racjonalizatorów, gdyż metody stosowane dotąd wciąż jeszcze są niedoskonałe i obarczone szeregiem wad. Usiłowania konstruktorów w różnych krajach zmierzają do maksymalnego zmechanizowania procesu zaciągania kabli do kanalizacji i do zastąpienia przestarzałych narzędzi, jak np. drążków przeciągowych nowym wygodniejszym sprzętem. Artykuł niniejszy omawia opracowaną i wypróbowaną w Anglii metodę zaciągania kabli do kanalizacji kablowej za pomocą nowoczesnej mechanicznej wciągarki, skonstruowanej przez inżyniera Poczty Brytyjskiej p. J.E. Deeringa. Wciągarka ta, służąca zarówno do zaciągania kabli jak i do czyszczenia otworów kanalizacyjnych, znacznie ułatwiająca i przyspieszająca pracę, stosowana jest już powszechnie przez Poczcie Brytyjską (rys. 1)<sup>x)</sup>. Nowa wciągarka o napędzie pneumatycznym zastąpiła opatentowaną w 1926 r. również przez inż. Deeringa stosowaną dotąd wciągarkę ręczną, która w trudniejszych przypadkach przy czyszczeniu otworów kanalizacyjnych wyma-

---

<sup>x)</sup> Rysunki zamieszczono na końcu artykułu.



gała obsługi złożonej nawet z trzech ludzi. Nowa wciągarka jest znacznie silniejsza od starej, można ją stosować do zaciągania kabli wieloparowych (do 300 par, przy średnicy żył do 0,6 mm) i do czyszczenia otworów kanalizacyjnych o długości do ok. 180 m. Od czasu wykonania prototypu wciągarki wprowadzono w niej szereg istotnych ulepszeń ułatwiających jej obsługę. Początkowo dźwignia służąca do wyzwalań skokowych posuwów w przód i do skokowego cofania drążków z kanalizacji wymagała ciągłego ręcznego uruchamiania. Obecnie dźwignia ta ma dwa położenia: jedno dla ciągłego posuwu w przód i drugie dla ciągłego cofania. Ciągły posuw jest obecnie także skokowy, lecz odbywa się automatycznie i nie wymaga jak poprzednio częstych manipulacji dźwignią. Ulepszenie to osiągnięto przez zastosowanie małej przystawki sterującej napędem pneumatycznym, zamocowanej na wciągarence (rys. 2).

Wciągarka, przez odpowiednie nastawienie, może również zamiast pręta stalowego o średnicy  $\sim 10$  mm zaciągać rurę z tworzywa sztucznego o średnicy  $\sim 24$  mm. Rura z tworzywa napędzana sprężonym powietrzem lub ciśnieniem wody może być przystosowana do czyszczenia i usuwania mułu z kanalizacji.

Inne udoskonalenie, obecnie wypróbowane, polega na zastosowaniu kilku pneumatycznych urządzeń napędowych umieszczonych w poszczególnych studniach kablowych, co pozwala na przeciągnięcie odpowiednio długiej rury z tworzywa sztucznego i przymocowanej do niej linki od razu na całą wymaganą odległość (rys. 3). W miarę zacią-

gania rura z linką napędzane są kolejno przez poszczególne urządzenia napędowe rozmieszczone w studniach. Metoda ta, zapewniająca maksymalne skrócenie procesu zaciągania kabli do kanalizacji, jest oczywiście przeznaczona dla długich odcinków kanalizacji, a więc dla sieci międzycentralowej i międzymiejscowej, rzadziej natomiast znajdzie ona zastosowanie w sieci rozdzielczej.

Pręt stalowy lub rura z tworzywa sztucznego przechodzi we wciągarkę przez podwójne klamry prowadnicze, a urządzenie napędowe składa się z kułaka zamocowanego wahadłowo i napędzanego za pomocą dźwigni połączonej z tłokiem przesuwającym w cylindrze sprężonym powietrzem. Siła przesuwu przykładana do rury z tworzywa lub do pręta wynosi do 0,6 kG przy ciśnieniu zasilania wynoszącym ok. 5,6 kG/cm<sup>2</sup>.

Wciągarką tą można również zaciągać małe kable przymocowane bezpośrednio do końca rury z tworzywa sztucznego lub do stalowego pręta. Mimo że siła przesuwu wynosi ok. 0,6 kG, rury ani pręta nie daje się przepchać przez otwór, w którym znajdują się przeszkody w postaci nagromadzonego mułu lub korzeni drzew.

Dodatkowym urządzeniem wchodzącym w skład wyposażenia wciągarki jest tranzystorowy generator, służący do wskazywania położenia początku pręta lub rury wprowadzonej do kanalizacji. Tuba o średnicy wynoszącej ok. 30 mm, w której umieszczony jest generator, przymocowana jest do rury z tworzywa sztucznego lub do pręta i stanowi czołowy element wprowadzany do kanalizacji. Generator znacznie ułatwia i przyspiesza lokalizację przeszkód

znajdujących się w kanalizacji i wymagających wykonania wykopów z zewnątrz w celu ich usunięcia. Stosowany do-  
tąd licznik, służący do mierzenia długości wprowadzonej  
do kanalizacji linki czy rury, nie jest już więc potrze-  
bny i można go skreślić z wyposażenia wciągarki.

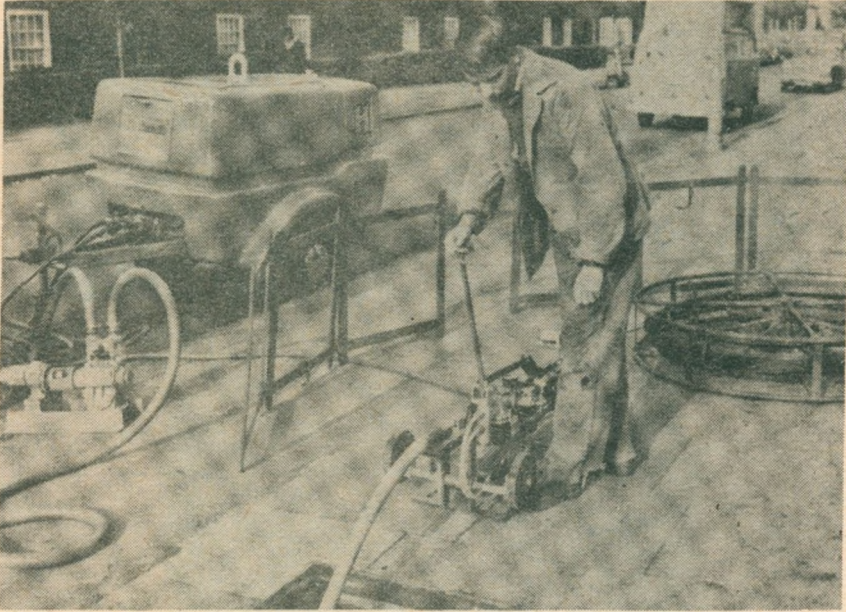
W przypadku natrafienia na przeszkodę w kanalizacji  
należy zawsze spróbować przepchnąć drugą rurę lub pręt  
z drugiej strony przed podjęciem decyzji o wykonaniu wy-  
kopu. Do początku każdej z rur powinien być przymocowa-  
ny generator. Umożliwi to określenie długości przeszkody  
w kanalizacji. Generatory dają sygnały o różnych czę-  
stotliwościach, dzięki czemu można obserwować ruch gene-  
ratora wprowadzonego do kanalizacji i dokładnie zlokali-  
zować początek przeszkody.

Stosowane obecnie zaczepy mocowane na obu końcach każ-  
dego pręta są duże i w pewnych warunkach utrudniają za-  
ciąganie. Nowe zaczepy będą miały taką samą średnicę jak  
pręty, do których będą umocowane. Przy zetknięciu się  
dwóch prętów w kanalizacji zaczep szczękowy zamocowany  
na końcu pręta uprzednio wprowadzonego otworzy się i za-  
ciśnie na początku pręta wprowadzanego.

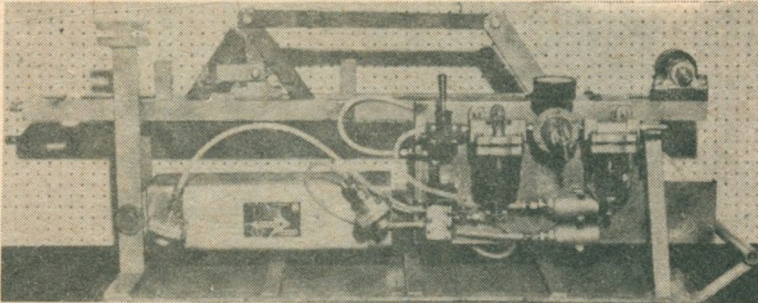
Poczta Brytyjska bada obecnie możliwości wyproduk-  
wania znormalizowanego zestawu pneumatycznych urządzeń  
do zaciągania prętów i kabli do kanalizacji oraz do wy-  
konywania prac konserwacyjnych. Do transportu ma służyć  
odpowiednio przystosowany samochód, wyposażony w kompre-  
sor do napędzania sprężonym powietrzem poszczególnych u-  
rządzeń zestawu. Zestaw urządzeń transportowanych tym sa-  
mochodem ma zawierać wciągarkę mechaniczną (rys. 4 i 5),

wyposażenie do czyszczenia otworów kanalizacyjnych, kołowrót ręczny, pompę, urządzenia oświetleniowe, znaki drogowe, kilofy i różne narzędzia ręczne. Obsługę urządzeń ma stanowić nieliczna ekipa operatorów. Przewiduje się, że zestaw taki obniży koszty i przyspieszy realizację nowych linii kablowych.

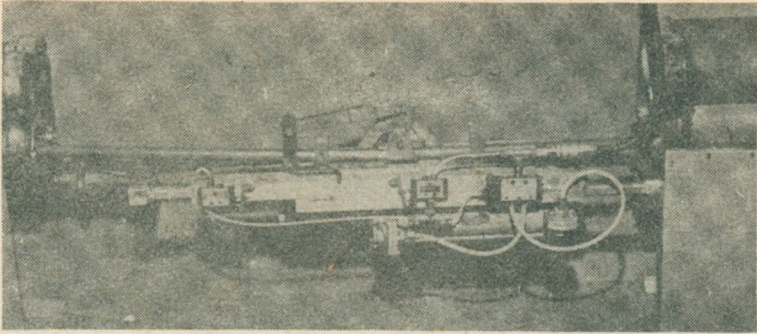
Prowadzone są także prace dotyczące przenośnej pompy do szybszego niż dotąd wypompowywania wody z zalanych studni kablowych. Pompa ta ma być napędzana pneumatycznie i ma wyciągać wodę z głębokości do ok. 8 m, co wystarcza nawet przy głębokich studniach. Ponadto jest ona zalewana samoczynnie i może bez przerwy zasysać nawet mieszaninę wody i powietrza, a zanieczyszczona woda nie powoduje jej uszkodzenia. Pompa ta może być także używana do wpompowywania czystej wody do kanalizacji w celu usunięcia z niej mułu i innych zanieczyszczeń.



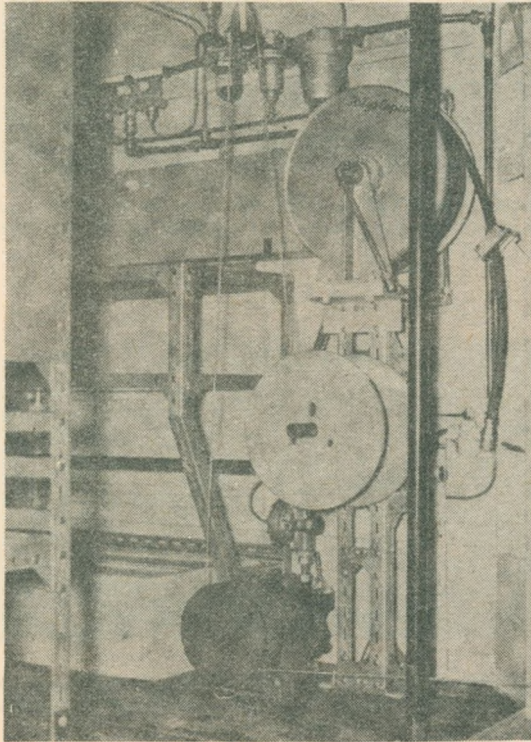
Rys. 1. Nowa wciągarka pneumatyczna o sile przesuwu ok. 0,5 kg. Po lewej stronie widoczna pompa do usuwania wody ze studni kablowych



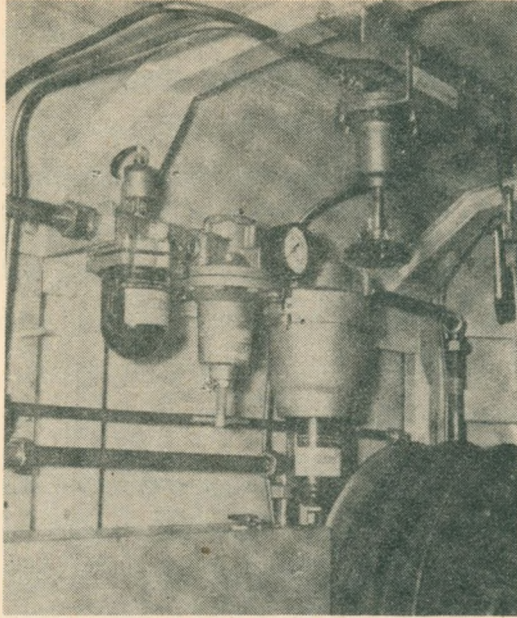
Rys. 2. Przystawka mocowana na wciągarence i służąca do automatycznego uruchamiania napędu prętów lub rury z tworzywa sztucznego



Rys. 3. Pneumatyczne urządzenie napędowe umieszczone w studniach kablowych przy zaciąganiu rury z tworzywa sztucznego do długich odcinków kanalizacji



Rys. 4. Pneumatyczna wciągarka do kabli, która ma wejść w skład zestawu urządzeń specjalnego samochodu



Rys. 5. Urządzenie kontrolujące szybkość zaciągania kabla przez wciągarkę pneumatyczną

## GŁOWICE KABLI WSPÓŁOSIOWYCH ODLEWANE Z ŻYWICY EPOKSYDOWEJ

Opracował W. Sikora na podstawie artykułu  
Self C.P.: A. Resin-Encapsulated Termination  
for Coaxial-Pair Cables. The Post Office  
Electrical Engineers Journal, kwiecień  
1968 r. t. 61 cz. 1, s. 53-55.

### WSTĘP

Elementy osprzętu kablowego zarówno dla kabli symetrycznych jak i dla kabli współosiowych coraz częściej są wykonywane z odznaczających się wieloma zaletami tworzyw sztucznych. Tworzywa sztuczne, wygodniejsze w zastosowaniu i łatwiejsze w obróbce, z powodzeniem zastępują stosowany dotąd powszechnie metal.

Artykuł niniejszy omawia opracowaną w Anglii głowicę kabla współosiowego, której zasadnicza część korpusu odlewana jest w trakcie montażu z syntetycznej żywicy. Jak wynika z dalszej treści artykułu, głowice tego typu odznaczają się szeregiem zalet, wśród których istotne znaczenie ma także prostota montażu. Konieczne przy innych typach stosowanych dotąd głowic lutowanie korpusu ogranicza się w tym przypadku do przylutowania do ołowianej powłoki kabla mosiężnego denka głowicy. Denko to skonstruowane jest tak, że można je zamocować szczelnie w otworze wlotowym w ścianie skrzyni wzmacniakowej za pomocą nakrętki dociskającej pierścieniową uszczelkę do ścianki skrzyni i do trzonu denka. Końców-



ki poszczególnych par współosiowych kabla umożliwiają połączenie ich z giętkimi kabelkami wychodzącymi ze wzmacniaczy, a ponadto, jak i w innych typach głowic, są one gazoszczelne, dzięki czemu otwarcie skrzyni wzmacniakowej nie powoduje ubytku gazu w kablu poddanemu kontroli ciśnieniowej.

Rysunek 1<sup>x)</sup> przedstawia dwie głowice o korpusach odlanych z żywicy syntetycznej zamocowane w skrzyni wzmacniakowej<sup>xx)</sup>. Jedna z głowic jest dłuższa, co zapewnia większą wygodę przy łączeniu głowic ze wzmacniaczami. Pokazane na rys. 1 kabla wchodzące do skrzyni wzmacniakowej i zakończone w niej głowicami są kablami, z których każdy zawiera 4 pary współosiowe typu 2,6/9,5 mm i 5 par symetrycznych. Kable te są obołowione, a ponadto każdy z nich ma polietylenową osłonę antykorozyjną. Opisany w niniejszym artykule montaż głowic z żywicy syntetycznej dotyczy tego tylko typu kabli. Montaż nowych głowic na kablu współosiowym opancerzonym, aczkolwiek możliwy, wymagałby jednak takiej zmiany konstrukcji denka głowicy, aby możliwe było przymocowanie do niego opancerzenia kabla w celu zapewnienia wystarczającej wytrzymałości mechanicznej kabla w miejscu wlotu do skrzyni wzmacniakowej.

---

x) Rysunki są zamieszczone na końcu artykułu.

xx) Clinch C.E.E. i Stenson D.W. Housing of Repeater Equipment Underground. P.O.E.J., październik 1963 t.56 s. 158.

## MONTAŻ GŁOWICY

Wstępną czynnością, którą należy wykonać przed przystąpieniem do montażu głowicy, jest zdjęcie osłony polietylenowej z końca kabla na odcinku o długości ok. 26 cm. Na tak przygotowany i oczyszczony koniec kabla nasuwa się mosiężne denko głowicy i przylutowuje się je do ołowianej powłoki kabla tuż przy osłonie polietylenowej (rys. 2). Następnie należy zdjąć z końca kabla powłokę ołowianą w celu odsłonięcia par współosiowych i par symetrycznych. Przy wykonywaniu głowicy o normalnej długości, długość odsłoniętego ośrodka kabla powinna wynosić ok. 18 cm. W kołnierzu denka głowicy znajduje się pierścieniowa uszczelka, która przy mocowaniu głowicy do ścianki skrzyni wzmacniakowej ściskana jest pierścieniową metalową nakrętką, dzięki czemu wlot kabla do skrzyni jest całkowicie szczelny. Druga strona denka głowicy posiada krótką rowkowaną szyjkę, dzięki czemu korpus głowicy odlewany z żywicy sztucznej mocno i szczelnie trzyma się denka. Przed przystąpieniem do odlewania korpusu trzeba jednak zmontować końcówki, które są gniazdkami współosiowymi i które stanowią szczelne zakończenie par współosiowych.

Każda końcówka pary współosiowej składa się z metalowego bolca zamocowanego współosiowo w cylindrycznej metalowej tulei za pomocą dwu małych pierścieniowych wkładek wykonanych z politetrafluoroetyleny (PTFE, zwany też teflonem), który jest tworzywem o dużej wytrzymałości termicznej. Pomiędzy wkładki centrujące zakłada się dwie

gumowe pierścieniowe uszczelki. Średnica zewnętrzna uszczelki jest w przybliżeniu taka sama jak wkładki. W trakcie montażu końcówki, wkładki politetrafluoroetylenowe ściskają uszczelki, które, zwiększając dzięki temu swą średnicę zewnętrzną oraz zmniejszając swą średnicę wewnętrzną, przywierają na całym obwodzie do wewnętrznej ścianki tulei końcówki i zaciskają się równocześnie wokół jej wewnętrznego trzpienia. Dzięki zastosowanym uszczelkom końcówki par współosiowych jak i cała głowica są całkowicie gazoszczelne.

Przed przystąpieniem do montażu końcówek należy odpowiednio przygotować końce par współosiowych. W tym celu należy je obciąć tak, aby miały one jednakową i pożądaną długość, licząc od denka głowicy. Następnie należy obciąć taśmy ekranujące i żyłę zewnętrzną każdej pary tak, aby końce żył wewnętrznych były dłuższe od żył zewnętrznych o ok. 3 mm i o ok. 6 mm od taśm ekranujących. Na żyłę wewnętrzną pary nasuwa się krótkie tulejki z PTFE i wsuwa się je w żyłę zewnętrzną w celu wzmocnienia polietylenowej izolacji pary współosiowej. W przypadku zniszczenia izolacji polietylenowej pod wpływem ciepła wydzielanego przy lutowaniu końcówek tulejki z PTFE odporne na ciepło skutecznie zastępują polietylenową izolację między żyłami pary współosiowej. Trzpień wewnętrzny końcówki należy przylutować do końca żyły wewnętrznej, a tuleję zewnętrzną końcówki do żyły zewnętrznej. Przy lutowaniu żyły zewnętrznej do tulei końcówki należy zwrócić uwagę na to, aby wykonany szew wokół całego obwodu tulei i żyły zewnętrznej był tak szczelny,

aby płynna żywica przy odlewaniu korpusu głowicy nie mogła wnikać do wnętrza pary współosiowej.

Po zmontowaniu końcówek na wszystkich parach współosiowych kabla należy połączyć jego izolowane papierem żyły par symetrycznych z linkowymi żyłami o izolacji z tworzywa sztucznego wciągniętymi w rurkę plastikową. Tak utworzony giętki kabelek połączeniowy zakończony jest na drugim swym końcu wtyczką wielobiegunową. Z głowicy do urządzeń wzmacniakowych wyprowadzane są również dwa połączenia powłoki ołowianej kabla. Jedno z nich żyłą linkową wyżej wspomnianego kabelka do jego wtyczki, a drugie oddzielnym przewodem zakończonym płaską końcówką kablową. Złączki żył par symetrycznych, które mogą być ewentualnie później zaizolowane żywicą, izolowane są tulejkami papierowymi. Przy krawędzi powłoki ołowianej jednak wolne przestrzenie między parami wychodzącymi z kabla muszą być starannie i szczelnie tak wypełniane watą bawełnianą, aby płynna żywica sztuczna nie mogła wnikać do wnętrza kabla. Wniknięcie żywicy do kabla spowodowałoby jego usztywnienie w miejscu, gdzie powinien on zachować swą naturalną giętkość, tzn. w miejscu przejścia od skrzyni wzmacniakowej do wlotu otworu kanalizacyjnego, a ponadto odlewany korpus głowicy byłby niejednolity na skutek ubytku żywicy wciekającej do kabla.

Po wykonaniu wszystkich wyżej opisanych czynności montażowych głowicę należy umocować w położeniu pionowym i przygotować do odlania na niej korpusu z żywicy. Formę do odlewania korpusu stanowi tuleja gumowa o długości ok. 15 cm i o średnicy wewnętrznej wynoszącej

6,35 cm. Tuleję gumową nasuwa się na kołnierz denka głowicy, a następnie mocuje się szczelnie na nim za pomocą uchwyty zaciskanego ślimacznicy ściągnaczem. W celu zamocowania w odlewanym korpusie końcówki z tabliczką zawierającą oznaczenia par kabla współosiowego w tulei gumowej należy wyciąć otwór o średnicy 1,3 cm, a po założeniu tabliczki należy ją zamocować, zaklejając samoklejącą taśmą plastikową. Na koniec tulei gumowej zakłada się kołpak, którego denko posiada otwory umiejscawiające odpowiednio końcówki par współosiowych i giętki kabelek z wyprowadzeniami par symetrycznych. Do odlewania korpusów głowic kablowych stosowana jest ta sama żywica epoksydowa, której używa się w Anglii do wykonywania gazoszczelnych przegród w kablach poddawanych kontroli ciśnieniowej. Żywica ta odznacza się dobrymi właściwościami dielektrycznymi, a przy krzepnięciu wydziela niewielkie ilości ciepła.

Przed wlaniem do formy płynną żywicę epoksydową miesza się z utwardzaczem, przy czym stosunek wagowy obu składników jest w przybliżeniu równy. Po dokładnym wymieszaniu żywicy z utwardzaczem wlewa się ją do głowicy przez otwór w kołpaku założonym na gumową tuleję formy. Wlewana do formy żywica wypełnia ją, otaczając wszystkie przewody i połączenia aż do kołnierzyków końcówek par współosiowych. Czas krzepnięcia żywicy epoksydowej zależy od temperatury otoczenia. Przy normalnych warunkach otoczenia czas ten wynosi ok. 2 godzin. Po 24 godzinach od chwili wypełnienia formy żywica jest całkowicie utwardzona i można już bez obawy rozciąć i zdjąć gumową formę z głowicy.

W miejscu gdzie zdjęto polietylenową osłonę antykorozyjną w celu przylutowania denka głowicy do powłoki ołowianej, należy kabel owinać kilkoma warstwami plastycznej taśmy samoklejącej, zachodzącymi na osłonę antykorozyjną kabla. Gotową głowicę przedstawia rys. 3.

Przy opracowywaniu metody montażu opisywanej głowicy stwierdzono, że tuleja formy powinna być z materiału elastycznego, co umożliwia szczelne zamocowanie jej na kołnierzu denka głowicy, a co ważniejsze zapobiega tworzeniu się w odlewie nieregularnych pęcherzyków i wolnych przestrzeni między ścianką formy a odlewem na skutek skurczu żywicy przy jej krzepnięciu.

#### ZAKOŃCZENIE

Jedną z przyczyn opracowania opisanego typu głowicy była konieczność wprowadzania kabli współosiowych typu 2,6/9,5 mm do skrzyń wzmacniakowych, instalowanych na trasach kablowych między stacjami wzmacniakowymi, w celu skrócenia odcinka wzmacniakowego i zwiększenia krotności systemów teletransmisyjnych stosowanych na kablach współosiowych.

Na rysunku 3 przedstawiono głowicę z żywicy epoksydowej przystosowaną do zamocowania w skrzyni wzmacniakowej. Małe rozmiary i prostota montażu tej głowicy zostały uzupełnione opracowaniem nowych końcówek dla par współosiowych typu 2,6/9,5 mm. Nowe końcówki znacznie mniejsze i tańsze od stosowanych obecnie przeszły pomyślnie wszystkie próby i badania, a ich zastosowanie będzie

dalszym ulepszeniem głowic z żywicy epoksydowej. Głowice z żywicy sztucznej mogą być przy ich montażu modyfikowane w zależności od potrzeb, dzięki czemu ich stosowalność nie zostanie przekreślona ewentualnymi przyszłymi zmianami w konstrukcji skrzyni lub wzmacniaków.

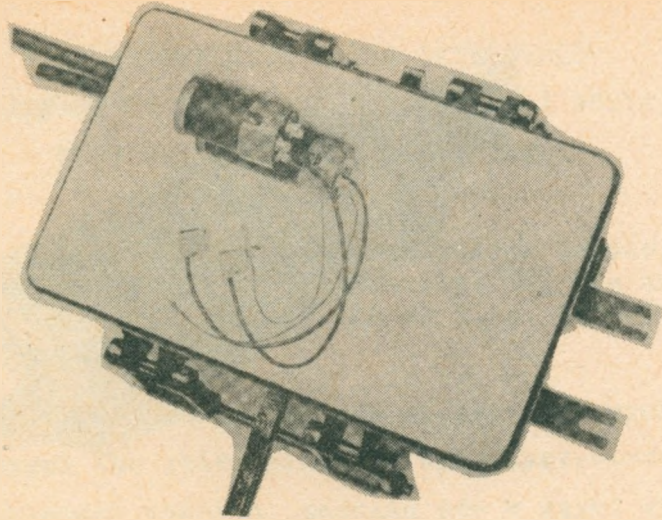
W porównaniu z poprzednio stosowanymi typami głowice z żywicy epoksydowej mają następujące zalety.

1. Pary współosiowe wychodzące z kabla są zamocowane sztywno i nieruchomo w korpusie głowicy odlanym z żywicy i nie zmieniają swych wzajemnych pozycji, nawet przy przeginaniu i montowaniu kabla z głowicą w skrzyni wzmacniakowej. W głowicach, których konstrukcja nie zapewniała unieruchomienia par współosiowych ruch przenosił się na końcówki, co było powodem uszkodzenia ich uszczelek, a tym samym przyczyną nieszczelności głowic.
2. Głowica nie posiada metalowego korpusu, dzięki czemu zbędne staje się trudne i kosztowne lutowanie.
3. Konstrukcja końcówek par współosiowych została uproszczona, dzięki czemu ich produkcja jest tańsza.
4. Liczba elementów konstrukcyjnych głowicy została zredukowana.
5. Żyły par symetrycznych nie są dołączane do zacisków łączówki ceramicznej, dzięki czemu, oprócz osiągnięcia bezpośrednich oszczędności, zlikwidowana została przyczyna znacznej liczby nieszczelności stwierdzanych w głowicach po zakończeniu ich montażu.

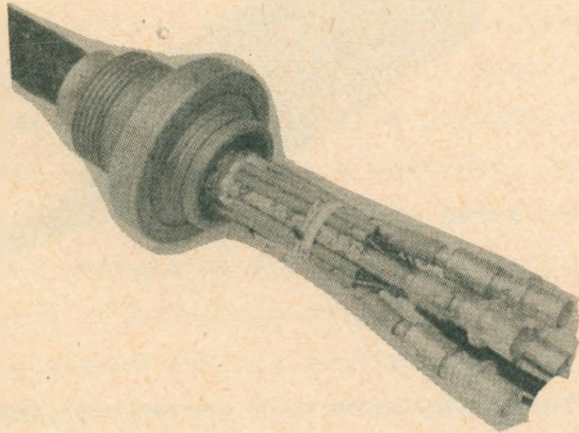
6. Łatwość modyfikacji tego typu głowicy w przypadku zaistnienia takiej potrzeby w przyszłości.
7. Odpowiednie przystosowanie tego typu głowicy do montażu na kablach współosiowych małowymiarowych pozwoli na zmniejszenie liczby typów końcówek magazynowanych dla par współosiowych małowymiarowych.
8. W praktyce stwierdzono, że dzięki nowej metodzie montażu zwiększyła się solidność wykonania głowic i zmniejszył się procent braków przy znacznych oszczędnościach materiału i robocizny.

Jak wynika z powyższego zestawienia, można się spodziewać, że głowice kabli współosiowych odlewane z żywicy epoksydowej zastąpią w wielu przypadkach stosowane dotąd głowice o korpusach metalowych, co warto wziąć pod uwagę przy opracowywaniu osprzętu dla polskiej sieci kabli współosiowych.

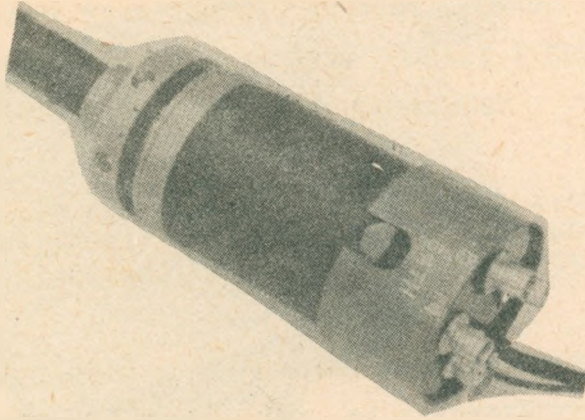




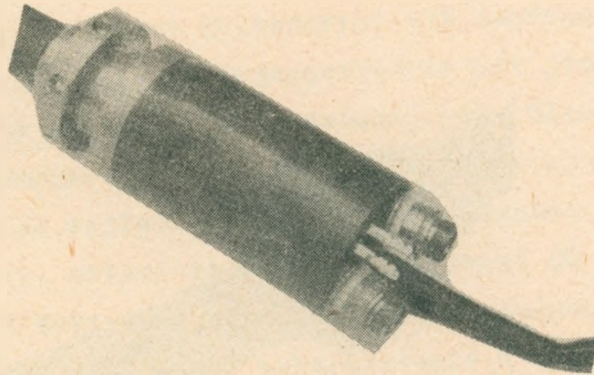
Rys. 1. Dwie głowice o korpusach z żywicy sztucznej zamocowane w skrzyni wzmacniakowej



Rys. 2. Zakonczenie kabla przygotowane do zalania żywica epoksydowa



Rys. 3. Gotowa głowica kablowa z żywicy epoksydowej



Rys. 4. Głowica kablowa kabla współosiowego typu 2,6/9,5 mm

NOWA KONSTRUKCJA KABLA OKRĘGOWEGO  
Z WIĄZKAMI DO TELEFONII NATURALNEJ I NOSNEJ  
STOSOWANEGO PRZEZ POCZTĘ NRF

Opracował A. Moniuszko na podstawie artykułu  
Vogelsberg D.: Neue Bezirkskabel für NF- und  
TF-Betrieb. NTZ 1967 t. 20 nr 5, s. 253-256.

Kable okręgowe, dochodzące do międzymiastowych central węzłowych lub zbiorczych, są wykorzystywane najczęściej w systemach nośnych, podczas gdy w sieci okręgowej, do central końcowych, są wykorzystywane tory pupinizowane w zakresie normalnych częstotliwości akustycznych. Wiadomo jednak, że tradycyjne kable z wiązkami czwórkowymi, tj. z czwórkami gwiazdowymi lub czwórkami trójskretnymi (DM), nie są najodpowiedniejsze jednocześnie dla systemów nośnych, jak i naturalnych. Mianowicie czwórki gwiazdowe nie są przydatne do tworzenia torów pochodnych ze względu na zbyt dużą pojemność skuteczną takich torów, natomiast kable z czwórkami DM odznaczają się niezbyt korzystną tłumiennością przesłuchową między czwórkami, co pozwala na wykorzystanie w tych kablach niewielu torów do telefonii nośnej.

W NRF opracowana została konstrukcja kabla z wiązkami ósemkowymi, która posiada dobre własności zarówno w zakresie częstotliwości nośnych, jak i akustycznych.

Wiązka ósemkowa jest skrecona wokół kordla centralnego z ośmiu izolowanych żył. Żyły w każdej wiązce krzy-

żowane są w różnych odstępach w celu zmniejszenia systematycznych sprzężeń [1]. Przekrój takiej wiązki pokazany jest na rys. 1<sup>x)</sup>.

Z kabla o wiązkach ósemkowych ułożono w NRF odcinek doświadczalny o długości ok. 17,9 km. Kabel ten zawiera 12 wiązek ósemkowych (3 w rdzeniu i 9 wiązek w warstwie wokół rdzenia).

W każdej płaszczyźnie przekroju wiązki (ósemki) 2 żyły, leżące na przeciw siebie po przekątnej, tworzą tor macierzysty, a dwa tory usytuowane prostopadłe względem siebie, jak w czwórkach gwiazdowych, tor pochodny. Można więc ósemkę uważać za wiązkę złożoną z dwóch czwórek gwiazdowych, z których w razie potrzeby można utworzyć tor superpochodny.

Izolację żył w zasadzie może stanowić papier lub tworzywo sztuczne. Jednakże z powodu znanych zalet kabla plastikowego, dotyczących montażu, układania i eksploatacji, przy opracowywaniu kabla ósemkowego założono od razu na wstępie zastosowanie tworzyw sztucznych. Do izolowania żył użyto polietylenu piankowego, odznaczającego się małą przenikalnością dielektryczną.

Obie czwórki w każdej ósemce oznaczane są barwami: żółtą i czerwoną. Zgodnie z zaleceniem VDE 0816 żyły z czwórkami gwiazdowymi w kablach abonenckich oznaczane są pierścieniami (prążkami). Pierścienie oznaczeniowe nadrukowywane są przy wejściu żył do skrętkarki wiązkowej. Dwie czwórki oznaczane są tylko dwoma różnymi bar-

---

<sup>x)</sup> Rysunki są zamieszczone na końcu artykułu.

wami, co jest korzystne ze względu na jednorodność elektryczną, jak też na zachowanie właściwego położenia żył i mniejsze niebezpieczeństwo zainiacji żył podczas produkcji.

Wiązki ósemkowe odznaczają się korzystnym stosunkiem pojemności skutecznej toru pochodnego do toru macierzystego. Pożądane jest, aby spupinizowane tory pochodne i macierzyste, przy wykorzystaniu w pasmie telefonii naturalnej, miały jednakową tłumienność i jednakową częstotliwość graniczną. Wynika stąd wymaganie, aby stosunek pojemności toru pochodnego do toru macierzystego wynosił jak 2:1. Jeżeli warunek ten nie jest spełniony - co ma miejsce w kablach o czwórkach gwiazdowych i czwórkach trójskrętnych - trzeba przy projektowaniu wziąć pod uwagę niekorzystną tłumienność przy założonej częstotliwości granicznej toru. Aby nie rezygnować z korzystania z toru pochodnego, jak np. w czwórkach gwiazdowych, projekt musi być z góry dostosowany do parametrów toru o gorszych własnościach względnie trzeba liczyć się z większym zużyciem materiału i nie wykorzystaniem wszystkich zalet toru lepszego.

Wiązka ósemkowa jest pod tym względem szczególnie dogodna. Stosunek pojemności skutecznej toru pochodnego  $C_p$  do pojemności toru macierzystego  $C_m$  jest tu prawie idealny i wynosi 2,08. Dodatkową zaletą ósemek jest to, że żyły ósemki są w równych odstępach krzyżowane między sobą, dzięki czemu systematyczne sprzężenia torów macierzystych różnych czwórek są kompensowane (rys. 2). Powoduje to, że na przykład wszystkie żyły jednej czwórki mają potencjał ziemi, gdy na dowolnym torze drugiej czwór-

ki panuje napięcie zmienne. Tak więc np. żyły czwórki czerwonej przedzielone są żyłami o potencjale ziemi względem napięć, panujących na torach drugiej czwórki.

Uwzględniając powyższą zasadę, można korzystać ze schematu zastępczego (rys. 3) czwórki gwiazdowej, znajdującej się w uziemionym otoczeniu. Wynika stąd, że czwórki gwiazdowe zawarte w wiązce ósemkowej mają bardzo duże pojemności cząstkowe doziemne  $w$  w stosunku do pojemności cząstkowych  $x$  i  $y$  (do pojemności cząstkowych doziemnych wlicza się tu również pojemności cząstkowe względem drugiej czwórki, mającej potencjał ziemi).

W przypadku wiązki ósemkowej z żyłami o średnicy 0,8 mm i o średnicy izolowanej żyły 1,4 mm wartości pojemności cząstkowych zostały określone następująco:

$$\begin{aligned} x &= 2,2 \text{ nF/km} & w &= 63,2 \text{ nF/km} \\ y &= 0,9 \text{ nF/km} \end{aligned}$$

Czwórka, o schemacie zastępczym jak na rys. 3, ma jak wiadomo pojemność skuteczną toru macierzystego

$$C_m = x + y + \frac{w}{2} \quad (1)$$

i pojemność skuteczną toru pochodnego

$$C_p = 4x + w \quad (2)$$

Wstawiając wyżej podane wartości i uwzględniając, że  $x \ll w$  oraz  $y \ll w$ , uzyskuje się stosunek  $C_p/C_m$ , wynoszący w przybliżeniu 2,0

$$\frac{C_p}{C_m} = 2 \cdot \frac{4x + w}{2x + 2y + w} = 2,08 \quad (3)$$

Przy dalszym porównywaniu czwórek gwiazdowych i czwórek DM (rys. 4) należy założyć, że zastosowano ten sam jednorodny materiał - np. polietylen piankowy - na izolację żył. Wymiary wiązek dobiera się tak, aby przy danej średnicy żył przy pojemności skutecznej, wynikającej z geometrycznych wymiarów i przy założonej pupinizacji (np. 80/40 mH), uzyskać określoną wymaganą tłumienność skuteczną i określoną częstotliwość graniczną niekorzystnego pod tym względem toru, podczas gdy drugi tor będzie miał korzystniejsze wartości tłumienności i częstotliwości granicznej. W powyżej podanym przykładzie torów o żyłach 0,8 mm przyjęto za podstawę co najwyżej dopuszczalną wartość pojemności skutecznej toru macierzystego 34,0 nF/km, zaś toru pochodnego wartość podwójną, tj. 68,0 nF/km. Porównanie danych z rys. 5 wskazuje, że przy tym warunku wiązka ósemkowa wymaga znacznie mniejszych średnic żył niż czwórka DM lub czwórka gwiazdowa. Biorąc także pod uwagę zużycie materiału na izolowanie żył, czwórki DM wymagają o 24% więcej materiału izolacyjnego niż ósemki, a czwórki gwiazdowe z wykorzystaniem torów pochodnych - nawet 80%. Podobnie korzystne liczby odnoszą się do wielkości przekroju wiązki ósemkowej w stosunku do czwórki gwiazdowej i DM.

Techniczne zalety kabli plastikowych [2, 3, 4], dotyczące układania, montażu i eksploatacji, znane z sieci miejscowych, sprawiają, że kable o izolacji i powłoce z tworzyw sztucznych będą również stosowane w sieci okręgowej. Z powodu nieznacznego zużycia materiału izolacyjnego i małego przekroju wiązki kable ósemkowe nadają

się niewątpliwie najlepiej do wprowadzenia do sieci okręgowych jako kable plastikowe pupinizowane, wykorzystywane w pasmie naturalnym.

Kable ósemkowe w powłokach z lekkich tworzyw sztucznych (np. w powłoce wewnętrznej i zewnętrznej z polietylenu wraz z ekranem miedzianym między powłokami) mogą być produkowane w odcinkach fabrykacyjnych, odpowiadających długości skoku pupinizacyjnego, tj. w odcinkach 1700 m. Tak więc w dogodnym terenie odcinek pupinizacyjny linii może być układany jako jeden odcinek kabla. Duża stabilność konstrukcji ósemki izolowanej polietylenem piankowym i możliwość układania długich odcinków fabrykacyjnych, obcinania krótkich odcinków w niewielu złączach, które w zależności od potrzeby mogą być lokalizowane na miejscu budowy, otwierają nowe możliwości racjonalnej metody symetryzacji. Wiosną 1966 r. między Donauwörth a Rain/Lech ułożony został odcinek doświadczalny linii o długości 17,9 km z kabla 48-parowego, tj. zawierającego (3+9) ósemek o średnicy żył 0,8 mm. Stwierdzono przy tym, że odcinek pupinizacyjny może być pod względem własności przesłuchowych i impedancji falowej już w fabryce tak wykonany, że po ułożeniu go bez żadnej symetryzacji można uzyskać parametry wymagane warunkami technicznymi dla odcinków kabli okręgowych. W tabelicy na str. 45 są zestawione najmniejsze tłumienności zbliżno- i zdalnopresłuchowe pomierzone w zakresie częstotliwości akustycznych na gotowych odcinkach doświadczalnych bez symetryzacji odcinkowej, a ponadto podana jest liczba przekroczeń (w dół), wymaganej w warunkach technicznych wartości 9,0 Np.



Tłumienność przesłuchowa przy niskiej częstotliwości pupinizowanych torów odcinka doświadczalnego z kabla ósemkowego /pomiaru oddiorcze, I = 17,9 kV, wymagana wartość 9,0 Np/

| Przesłuch między torami    | Liczba wartości | Tłumienność zbliżona przesłuchowa.<br>Miejsce pomiaru Donauwörth i Rain |                        | Liczba wartości | Tłumienność zdalno przesłuchowa.<br>Miejsce pomiaru: Rain |                        |
|----------------------------|-----------------|---|------------------------|-----------------|---|------------------------|
|                            |                 | Przesłuch   | Najmniejsza wartość Np |                 | Przesłuch   | Najmniejsza wartość Np |
| W czwórkach                | 46              | A <sub>b1</sub>   | 9,4                    | 23              | A <sub>d1</sub>   | 9,5                    |
|                            | 92              | A <sub>b2,3</sub>   | 8,7                    | 46              | A <sub>d2,3</sub>   | 8,9                    |
|                            | 22              | A <sub>b4</sub>   | 9,2                    | 11              | A <sub>d4</sub>   | 9,1                    |
|                            | 88              | A <sub>b5,8</sub>   | 9,9                    | 44              | A <sub>d5-8</sub>   | 9,6                    |
|                            | 88              | A <sub>b9-12</sub>  | 8,8                    | 44              | A <sub>d9-12</sub>  | 9,0                    |
| Między ósemkami sąsiednimi | 88              | A <sub>b4</sub>   | 9,2                    | 44              | A <sub>d4</sub>   | 10,3                   |
|                            | 352             | A <sub>b5-8</sub>   | 9,3                    | 176             | A <sub>d5-8</sub>   | 9,1                    |
|                            | 352             | A <sub>b9-12</sub>  | 9,2                    | 176             | A <sub>d9-12</sub>  | 9,3                    |
| Między warstwami           | 204             | A <sub>b4</sub>   | 9,9                    | 102             | A <sub>d4</sub>   | 9,9                    |
|                            | 816             | A <sub>b5-8</sub>   | 9,8                    | 408             | A <sub>d5-8</sub>   | 9,9                    |
|                            | 816             | A <sub>b9-12</sub>  | 9,2                    | 408             | A <sub>d9-12</sub>  | 8,9                    |
| <b>Razem</b>               | <b>2964</b>     |   | <b>8,7</b>             | <b>1482</b>     |   | <b>8,9</b>             |
|                            |                 |   | <b>6</b>               |                 |   | <b>2</b>               |

Z tablicy tej widać również, że na 4446 wartości zmierzonych w 12 ósemkach (czwórka żółta 12 ósemki została niespupinizowana i tu nieuwzględniona) łącznie 8 wartości było mniejszych od wymaganej warunkami technicznymi wartości 9,0 Np, a więc około 0,2%. Poprawy małych przekroczeń wymagań zaniechano, uważając, że spowodowane są one częściowo błędami pomiarowymi, wynoszącymi  $\pm 0,1$  Np.

Ponieważ coraz trudniej znaleźć odpowiedni personel do pomiarów na trasie linii, jest korzystne, że symetryzacja odcinkowa (na wybudowanym odcinku) nie jest potrzebna, zwłaszcza iż można się ograniczyć do symetryzacji torów w fabryce, gdzie do pomiarów stosuje się coraz więcej urządzeń automatycznych. Kompensacja sprzężeń w fabryce konieczna była tylko w odniesieniu do sprzężeń wewnątrz ósemek i w większości wykonywana była za pomocą samoczynnie pracujących urządzeń pomiarowych i sterujących już w procesie skręcania ósemek. Wiązka ósemkowa pozwala mianowicie, na podstawie automatycznie wykonanych pomiarów sprzężeń, poszczególne punkty krzyżowań tak przesunąć z ich położenia danego normalnym planem krzyżowań (rys. 2), aby otrzymać żądaną wartość określonego rodzaju sprzężenia, kompensującego uprzednio zmierzone sprzężenie, nie wpływając na inne rodzaje sprzężeń. Sposób ten, stosowany przy produkcji wiązek jako jedyny, nie zawsze jednak jest wystarczający. Aby między innymi wyeliminować wpływ dodatkowo pojawiających się przy dalszych operacjach skręcania sprzężeń względem ziemi, na sprzężenia  $k_{2,3}$  w gotowym kablu w fabryce wstawia się dodatkowo około 1200 pojedynczych kondensato-

rów, w przynależnych 10 złączach pupinizacyjnych. Stosunkowo duża liczba kondensatorów wyrównawczych została użyta z powodu braku dostatecznego rozeznania co do wpływu układania kabla na sprzężenia. Dlatego też w fabryce wszystkie sprzężenia  $k_{9-12}$  większe niż 30 pF, jak też wszystkie sprzężenia  $k_{2-3}$  kompensowane były za pomocą kondensatorów do wartości  $0 + 3$  pF. Liczba kondensatorów byłaby znacznie zmniejszona, gdyby zastosowano także kondensatory poczwórne. W przyszłości przeprowadzone będą badania mające na celu ustalenie, czy kompensacja sprzężeń w fabryce nie będzie korzystniejsza, jeżeli zastosuje się wyłącznie kondensatory wyrównawcze.

Ponieważ w kablu ósemkowym cztery pary skręcone są z jednym skokiem skrętu, kompensacja sprzężeń spowodowanych błędami skrętu jest łatwiejsza niż przy tradycyjnych kablach okręgowych. Praktyka wskazuje, że przy prawidłowym wyborze skoku skrętów konieczne jest kompensowanie sprzężeń jedynie wewnątrz ósemek. Dlatego liczba kombinacji torów, których sprzężenia kompensowane są jedynie kondensatorami, jest o około jednej trzeciej mniejsza niż w kablach DM. W przypadku sprzężeń między czwórkami  $k_4$  do  $k_{12}$ , ze względu na brak sprzężeń między ósemkami, liczba kompensowanych sprzężeń w najniekorzystniejszym przypadku wynosi tylko 50% liczby sprzężeń, występujących w kablach DM.

W zakresie częstotliwości nośnych tłumienność jednostkowa torów macierzystych wiązki ósemkowej, na skutek większej pętli przewodów i o ok. 40% większej indukcyjności jednostkowej, jest mniejsza niż w czwórkach gwia-

zdowych lub DM o tej samej pojemności skutecznej i tej samej średnicy żył. Jeżeli w wiązce ósemkowej wykorzystuje się do telefonii nośnej tylko dwa wzajemnie prostopadłe tory macierzyste, to ich własności przesłuchowe odpowiadają najlepszym kablom o czwórkach gwiazdowych. W kablach ósemkowych, małoparowych (np. 48-parowych), 50% wszystkich torów macierzystych, a w wieloparowych bardzo wiele torów macierzystych może być wykorzystanych do telefonii nośnej w zakresie do 100 kHz, po wykonaniu zwykłej skupionej symetryzacji sprzężeń zdalno-przesłuchowych, np. w środku odcinka. Jeżeli ograniczyć wykorzystanie nośne torów do części znajdujących się w jednej warstwie ósemek, np. wykorzystując tylko w co trzeciej ósemce jedną czwórkę, to możliwe jest, przy właściwym wyborze skrętów wiązek, wykonanie skupionej symetryzacji w zakresie częstotliwości nośnych w fabryce. Kompensacja sprzężeń zbliżnoprzesłuchowych jest w ogóle niepotrzebna.

Rysunek 5 ilustruje wyniki pomiarów przesłuchów uzyskane na odcinku doświadczalnym Donauwörth-Rain/Lech, na żółtych czwórkach dziewięciu ósemek z warstwy zewnętrznej, 48-parowego kabla, w zakresie częstotliwości do 120 kHz. Krzywe rozkładu tłumienności zdalno-przesłuchowej pokazują: lewa krzywa - wartości przesłuchów przed symetryzacją skupioną w fabryce, prawa krzywa przedstawia polepszenie wartości po symetryzacji fabrycznej, środkowa zaś krzywa odpowiada wartościom pomierzonym po ułożeniu kabla na trasie.

Pomiary trasowe wykazują, że 2,5% wartości jest mniej-

szych od dopuszczalnej wartości tłumienności zdalnoprzęsłuchowej 7,7 Np, a 13% wartości jest mniejszych od granicy 8,2 Np, ustalonej dla 10% zmierzonych wartości. Te mniejsze tłumienności mogą być łatwo poprawione normalną symetryzacją skupioną. Jednakże symetryzacji po wybudowaniu linii nie wykonano, ponieważ tory nośne po zakończeniu badań zostały spupinizowane.

Wymagania techniczne na tłumienność zbliżnoprzęsłuchową w zakresie częstotliwości nośnych spełnione były zarówno w fabryce jak i na trasie, bez żadnej symetryzacji.

Jak dalece możliwe jest wykorzystanie do telefonii nośnej torów w kablu ósemkowym, nie można jeszcze jednoznacznie określić. Przewiduje się wykonanie w tym celu specjalnych badań.

Na zakończenie podana będzie wzmianka o naprawie i wymianie uszkodzonego odcinka kabla ósemkowego.

Jeżeli kabel został rozcięty i następnie połączony bez utraty długości, wówczas nie jest konieczna ponowna symetryzacja. Jeśli musi być wymieniony odcinek kabla o długości mniejszej niż 50 m, to symetryzacja ponowna nie jest potrzebna, gdy wymieniana jest pełna wielokrotność ośmiokrotnego skoku krzyżowania - w przypadku kabla doświadczalnego w Donauwörth jest to pełna wielokrotność 8 m. Jest przy tym obojętne, w którym miejscu kabla wycięty jest odcinek i wstawiony nowy. Systematyczne sprzężenia resztkowe są w każdym przypadku równe zeru. Przy wstawkach dłuższych niż 50 m może być konieczna dodatkowa symetryzacja, ponieważ może się tu u-

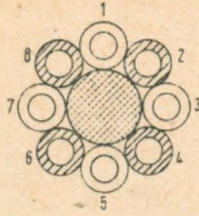
widocznie wpływ niesystematycznych sprzężeń, spowodowanych niedokładnościami budowy. Taka ponowna symetryzacja wykonywana jest też, według wytycznych FTZ, Telekomunikacyjnego Biura Badawczego<sup>x)</sup>, w przypadku wstawek kabli DM, o długościach większych niż 50 m. Na linii doświadczalnej Donauwörth było konieczne wmontowanie wstawki o długości 102 m w jednym odcinku pupinizacyjnym, z powodu kradzieży. Ponowna symetryzacja tego odcinka pupinizacyjnego okazała się niepotrzebna.

## WYKAZ LITERATURY

1. Demmel G.: Der Achter, ein neues Aufbauelement für symmetrische Nachrichtenkanal. NTZ 1962 nr 15, s. 129-134.
2. Geyler G., Oberender H., Schleyer J.: Polyäthylenisolierte Fernsprechkabel in Bündelverseilung. Siemens-Z. 1965 nr 39, s. 27-37.
3. Remold K.: Verlegung und Montage von polyäthylenisolierten Fernsprechkabel in Bündelverseilung. Siemens-Z. 1965 nr 39, s. 37-44.
4. Schreiber K.: Bündelverseilte Kunststoff- Teilnehmerkabel für Fernsprechnetze. Siemens-Z. 1965 nr 39, s. 1279-1284.

---

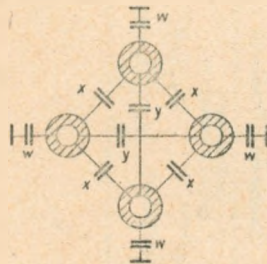
<sup>x)</sup> FTZ - Fernmeldetechnisches Zentrallamt.



Rys. 1. Przekrój wiązki ósemkowej



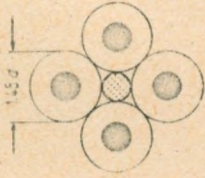
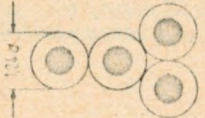
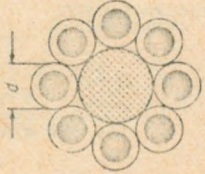
Rys. 2. Schemat krzyżowań żył w wiązce ósemkowej w celu skompensowania sprzężeń między dwiema czwórkami gwiazdowymi tej samej ósemki



Rys. 3. Pojemności cząstkowe czwórki gwiazdowej

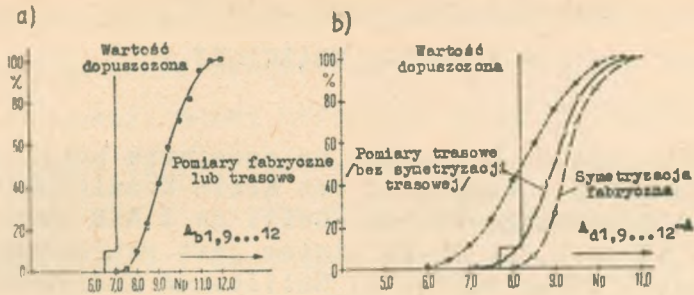




| Rodzaj wiązki                  | Czwórka gwiazdowa  | Czwórka IM  | Ósemka   |
|--------------------------------|--|---|--|
| Pojemność                      | <br>0,73 C<br>2,0 C | <br>C<br>1,6 C | <br>0,56 C<br>2,0 C |
| Zużycie materiału izolacyjnego | 180  | 124   | 100  |
| Powierzchnia przekroju wiązki  | 160  | 118   | 100  |

Rys. 4. Porównanie wiązek czwórkowych z ósemkowymi z żyłami o jednakowej izolacji /np. z polietylemu piankowego/ i jednakową średnicą





Rys. 5. Tłumienność przesłuchowa w zakresie częstotliwości nośnych, między torami macierzystymi w żółtych czwórkach warstwy zewnętrznej doświadczalnego kabla ósemkowego: a/ tłumienność zbliżoprzesłuchowa /wartości najmniejsze w zakresie 6-120 kHz,  $n = 306$ /, b/ tłumienność zdaloprzesłuchowa / $f=120$  kHz,  $n=306$ /

## MAŁOWYMIAROWE PARY WSPÓŁOSIOWE O IZOLACJI KRAŻKOWEJ

Opracował A. Moniuszko na podstawie artykułu Hähne K.H.: Fertigung von Klein-Koaxialpaaren mit Scheibenisolation. Bull. de l'ASE 1966 t. 57 nr 2, s. 49-58 (Autor jest przedstawicielem firmy Felten u. Guillaume Carlswerk w NRF).

### 1. RODZAJE KONSTRUKCJI PAR WSPÓŁOSIOWYCH MAŁOWYMIAROWYCH

Ciągle wzrastający ruch telekomunikacyjny stwarza konieczność szukania nowych możliwości transmisji sygnałów elektrycznych na duże odległości. Stosowane początkowo kable telekomunikacyjne o parach symetrycznych izolowanych papierem i telefoniczne systemy naturalne, pracujące na tych kablach, stwarzały ograniczone możliwości zaspokojenia potrzeb ruchu telefonicznego. Wprowadzona pupinizacja, mająca na celu zmniejszenie tłumienności torów, a więc tym samym i zwiększenie zasięgu transmisji, ograniczała jednak zakres przesyłanych częstotliwości, ponieważ charakterystyka tłumienności pupinizowanego toru przedstawia się w funkcji częstotliwości podobnie jak charakterystyka filtra dolnoprzepustowego. Dalsze zmniejszanie tłumienności realizowano stosując lepsze materiały izolacyjne, a mianowicie polistyren zamiast papieru lub większą średnicę żył. Zwiększanie jednak średnicy żył jest kosztowne, dlatego też

dzięki postępowi w dziedzinie wzmacniaków teletransmisyjnych skierowano wysiłki zmierzające do lepszego wykorzystania torów drogą zwiększenia zakresu przesyłanych częstotliwości, mniej zwracając uwagę na zmniejszenie tłumienności torów. Wprowadzono więc systemy nośne, pozwalające na wielokrotne wykorzystanie torów. Pojawienie się telewizji stworzyło natomiast potrzebę przesyłania kablami sygnałów telewizyjnych o bardzo szerokim paśmie częstotliwości. Rozwiązanie tego zadania przy zastosowaniu kabli symetrycznych stało się niemożliwe. Dopiero zastosowanie torów niesymetrycznych, tj. torów współosiowych, stworzyło nowe możliwości i pozwoliło na uniknięcie wielu niedogodności związanych z torami symetrycznymi, a zwłaszcza pozwoliło uniknąć niepożądanego zjawiska przesłuchu, bardzo trudnego do wyeliminowania w kablach symetrycznych.

Na rysunku 1<sup>x)</sup> pokazany jest schematycznie tor współosiowy. Żyły wewnętrzna i zewnętrzna usytuowane są wzajemnie koncentrycznie dzięki izolacji utrzymującej żyły w stałym odstępnie między sobą.

Na skutek zjawiska naskórkowości prąd w przewodach toru współosiowego płynie tylko w wierzchniej warstwie obu przewodów. Głębokość tej warstwy  $\mathcal{V}$  może być przyjęta za miarę wskazującą, na jaką głębokość pole elektryczne wnika w powierzchnię przewodu. Wynosi ona

$$\mathcal{V} = \frac{1}{\sqrt{\pi} k \mu f} \quad (1)$$

<sup>x)</sup> Rysunki są zamieszczone na końcu artykułu.

gdzie:  $k$  - przewodność materiału żyły, przy prądzie stałym,

$\mu$  - przenikalność magnetyczna,

$f$  - częstotliwość.

Prąd galwaniczny płynie więc w pewnego rodzaju rurkach o grubości  $\mathcal{V}$ , z których jedna powstaje w warstwie zewnętrznej przewodu wewnętrznego, a druga w warstwie wewnętrznej przewodu zewnętrznego. W przybliżeniu opór jednostkowy pary współosiowej wynosi

$$R = \frac{1}{\pi k \mathcal{V}} \left( \frac{1}{D} + \frac{1}{d} \right) \quad (2)$$

Uplywność określona jest współczynnikiem stratności  $\text{tg} \delta$  materiału izolacyjnego, pojemnością jednostkową przewodu wewnętrznego względem zewnętrznego i częstotliwością  $f$ . Wynosi ona:

$$G = \text{tg} \delta \cdot 2\pi f C \quad (3)$$

Wartość pojemności jednostkowej  $C$  jest znów zależna od materiału izolacyjnego, a mianowicie od względnej przenikalności dielektrycznej  $\mathcal{E}$  :

$$C = \frac{2\pi \mathcal{E} \cdot \mathcal{E}_0}{\ln \frac{D}{d}} \quad (4)$$

gdzie:  $\mathcal{E}_0$  - przenikalność dielektryczna próżni.

Wreszcie indukcyjność jednostkowa  $L$  pary określona jest wzorem:

$$L = \frac{\mu_0}{\pi} \ln \frac{D}{d} \quad (5)$$

gdzie:  $\mu_0$  - przenikalność magnetyczna powietrza lub metalu niemagnetycznego.

Stąd, po wstawieniu współczynników  $\mu_0$  oraz  $\epsilon_0$ , otrzymuje się impedancję falową<sup>x)</sup> toru

$$Z = 60 \frac{1}{\sqrt{\epsilon}} \ln \frac{D}{d} \quad (6)$$

W przypadku jednakowego materiału obu przewodów optymalną tłumienność toru współosiowego uzyskuje się gdy

$$\frac{D}{d} = 3,6 \quad (7)$$

Stosunek ten daje, przy dielektryku składającym się wyłącznie z powietrza (tj. gdy  $\epsilon = 1$ )

$$Z = 76,8 \Omega$$

Przy opracowywaniu konstrukcji torów współosiowych dążono do tego, aby dielektryk miał jak najmniejszy współczynnik przenikalności dielektrycznej, tj. aby zawierał jak najwięcej powietrza. Wypadkowa przenikalność dielektryczna nie różniła się wtedy bardzo od 1. Biorąc to pod uwagę, przyjęto przez CCITT jako wartość znormalizowaną

---

<sup>x)</sup> Jest to impedancja falowa przy częstotliwości nieskończenie wielkiej, oznaczana często  $Z \infty$ .

$$Z = 75\Omega$$

Przyjmując wartość stałą stosunku  $\frac{D}{d}$ , można wywnioskować, jakie należy postawić wymagania na tor, aby uzyskać małą tłumienność w możliwie jak najszerszym pasmie częstotliwości.

Przedewszystkim R powinno być jak najmniejsze. Z równania (2) wynika, że im lepiej ma być to wymaganie spełnione, tym większe muszą być wymiary całej pary współosiowej, ponieważ głębokość wnikania prądu w żyły maleje z częstotliwością, co powiększa wartość R. Pierwsze pary współosiowe, nazywane wówczas torami szerokopasmowymi (1935), miały wymiary żyły wewnętrznej 5 mm, żyły zaś zewnętrznej 18 mm.

Ponieważ tłumienność toru współosiowego zależy również od współczynnika stratności izolacji  $\operatorname{tg} \delta$ , a dla powietrza  $\operatorname{tg} \delta = 0$ , dążono do tego, aby izolacja pary zawierała możliwie dużo powietrza. Sam zaś materiał izolacyjny powinien mieć mały współczynnik stratności.

Opracowania konstrukcji par współosiowych prowadzone były więc zgodnie z tym wymaganiem, wynikającym z teorii toru współosiowego. W pierwszych kablach współosiowych zastosowano jako izolację krążki ceramiczne rozmieszczone na żyły wewnętrznej w dużych odstępach i umocowane we wgłębieniach żyły zewnętrznej, które jednocześnie zapewniały odpowiednią giętkość kabla. Innym rodzajem izolacji był "kordel" polistyrenowy skręcony z kilku sznurków i zwinęty wokół żyły wewnętrznej. Żyła zewnętrzna była pofalowana dla uzyskania odpowiedniej giętkości.



Szczegółowe porównanie obu rodzajów izolacji wykazało, że izolacja w postaci obwoju jest jednorodna wzdłużnie i dlatego na całej długości pary stanowi dobre wzajemne umocowanie względem siebie obu przewodów. Jest ona stosowana ciągle w tradycyjnej technice kablowej. Natomiast izolacja krążkowa jest konstrukcją mostkową, zapewniającą umocowanie wzajemne przewodów w pewnych odstępach. Praktyka wykazała jednak, że przy konstrukcji krążkowej wystarcza mniej materiału izolacyjnego, aby uzyskać dostatecznie dobre własności mechaniczne. Ponadto jest ona korzystniejsza pod względem elektrycznym, ponieważ pozwala uzyskać mniejszy wypadkowy współczynnik przenikalności dielektrycznej i mniejszy współczynnik strat.

Podczas drugiej wojny światowej został wynaleziony i zastosowany jako materiał izolacyjny polietylen. Ma on prawie takie same własności elektryczne jak polistyren, jest jednak z natury giętki, podczas gdy polistyren jest sztywny. Ponadto obróbka polietylenu jest łatwiejsza niż obróbka polistyrenu.

W ten sposób powstała para współosiowa o izolacji polietylenowej [1], wykonanej w postaci rozciętych krążków z otworami, nakładanych w trakcie produkcji na przewód wewnętrzny. Na przewodzie tym wraz z krążkami formowany jest przewód zewnętrzny z taśmy miedzianej związanej w rurkę o szwie wzdłużnym. Rurka żyły zewnętrznej zostaje następnie owijana taśmami metalowymi.

Pierwotnie stosowana średnica par 5/18 mm była niedogodna, gdyż kabel zawierający takie pary był nieekono-

micznie wielki. Dlatego średnica par była stopniowo zmniejszana, osiągając wreszcie optymalne wymiary przewodu wewnętrznego 2,6 mm i przewodu zewnętrznego 9,5 mm. Wymiary te zostały uznane przez CCITT jako znormalizowane. W następnych latach technologia produkcji została ulepszona przez wykonywanie krążków polietylenowych metodą natrysku, dzięki czemu uzyskano trwałe wymiary krążków i lepsze ich umocowanie na żyłę wewnętrzną.

Początkowo do owijania przewodu zewnętrznego pary stosowano taśmę miedzianą, uzyskując bardzo giętką parę współosiową. Pary takie mogły być bez trudności skręcane w wieloparowe ośrodki kabli. Konieczne stało się wtedy zabezpieczenie wzajemnego oddziaływania na siebie sygnałów transmitowanych po różnych parach tego samego kabla. Spełnienie tego wymagania stało się możliwe dzięki zastosowaniu do owijania par współosiowych taśm z magnetycznie miękkiej stali.

Następnie prowadzono badania dotyczące możliwości dalszego zmniejszania wymiarów pary współosiowej, aby móc wykonywać kable o mniejszej średnicy i tańsze. Prowadzi to jednak do powiększenia tłumienności jednostkowej pary na skutek zwiększenia oporności jednostkowej żyły. Analiza ekonomiczna wykazała jednak, że oszczędności na kosztach kabli kompensują wyższe nakłady na wzmacniaki, które muszą być gęściej rozmieszczone na linii.

Dalsze badania, zapoczątkowane opracowaniem pary współosiowej małowymiarowej w 1955 r., doprowadziły do znormalizowania na terenie międzynarodowym wymiarów tej pary. Średnicę przewodu wewnętrznego ustalono na 1,2 mm,

a przewodu zewnętrznego na 4,4 mm. Następnie zajęto się intensywnie problemem opracowania najodpowiedniejszego rodzaju izolacji do tego typu kabli.

Izolację krążkową, stosowaną jeszcze ciągle w produkcji par współosiowych normalnowymiarowych typu 2,6/9,5 mm uznano za nie nadającą się do par małowymiarowych. Tymczasem zjawiała się nowa możliwość technologiczna, a mianowicie polietylenowa izolacja piankowa, nakładana w sposób ciągły na przewód wewnętrzny. Z tego rodzaju izolacją wykonano i zastosowano pary współosiowe małowymiarowe we Włoszech [2]. Stosowano też znaną metodę izolowania par za pomocą spiralnie owiniętego wokół żyły wewnętrznej kordla polistyrenowego lub polietylenowego. Metoda ta stosowana była początkowo w ZSRR, a także w NRF [3].

Najoryginalniejszą jednak technologię zastosowano we Francji [4]. Izolację wykonano tam w postaci "balonowej", tj. rurki polietylenowej o zewnętrznej średnicy odpowiadającej wewnętrznej średnicy przewodu zewnętrznego. Rurka ta wytłaczana jest współosiowo na przewodzie wewnętrznym, a następnie jeszcze w stanie ciepłym (plastycznym) zaciskana punktowo w regularnych odstępach na przewodzie wewnętrznym, dzięki czemu w miejscach zacisku izolacja ciasno przylega do żyły wewnętrznej. Wdmuchiwane powietrze do wnętrza wytłaczanej rurki zapewnia kształt balonowy miękkiej jeszcze izolacji, aż do jej wystygnięcia i usztywnienia. Również w Anglii stosowana jest konstrukcja izolacji oparta na zasadzie wytłaczania.

Najlepsze jednak własności elektryczne zapewnia wprowadzana znowu konstrukcja krążkowa. Producenci, którzy zdobyli doświadczenie w wytłaczaniu izolacji krążkowej bezpośrednio na żyłę wewnętrzną pary współosiowej normalnowymiarowej, spróbowali tę metodę zastosować do produkcji par współosiowych małowymiarowych. Dziś na podstawie uzyskanych wyników metoda ta oceniana jest więc jako pozytywna. Wątpliwości co do stosowania tej metody wynikały z ostrych wymagań mechanicznych, stawianych parom współosiowym.

## 2. WYMAGANIA NA MAŁOWYMIAROWE PARY WSPÓŁOSIOWE

Trudności produkcji par współosiowych małowymiarowych wiążą się przede wszystkim z koniecznością uzyskania stałej impedancji falowej produkowanej pary współosiowej. Jeśli w jakimś miejscu łącząca zmieni się impedancja  $Z$ , powstaje w tym miejscu odbicie energii (w postaci fali) przenoszonych łączem. Odbita fala biegnie z powrotem do początku toru i nakłada się na falę bieżącą. Z jednej strony występuje wtedy strata energii fali biegnącej na koniec toru, z drugiej zaś strony powstają przesunięcia fazowe i zniekształcenia przesyłanego sygnału, które prowadzą do zniekształceń transmisji. Strata energii wskutek odbicia uwidacznia się praktycznie jako powiększenie tłumienności. Należy więc w miarę możliwości jak najbardziej unikać wszelkich zmian impedancji falowej  $Z$ , a zwłaszcza zmian skokowych, które mogłyby występować wzdłuż całego toru.

W torach współosiowych zależy przede wszystkim na uzyskaniu wymaganej wartości impedancji falowej na początku i na końcu toru, aby po włączeniu urządzeń nadawczych i odbiorczych, a także wzmacniaków przelotowych, które również mają wymagane wartości impedancji na wejściach, nie powstały żadne odbicia. Ponadto dąży się do tego, aby także wewnątrz poszczególnych odcinków fabrykacyjnych kabli współosiowych nie powstawały w parach możliwie żadne zmiany lub wahania impedancji  $Z$ .

Miarą oddziaływania punktu odbicia jest współczynnik odbicia  $r$ . Jeżeli na przykład tor współosiowy ma do pewnego punktu impedancję  $Z_1$ , która w tym punkcie zmienia się nagle do wartości  $Z_2$ , wtedy współczynnik odbicia wynosi:

$$r = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \quad (8)$$

Według równania (6)  $Z$  zależy od współczynnika przenikalności dielektrycznej  $\epsilon$  oraz od geometrycznych wymiarów pary współosiowej  $D$  oraz  $d$ . Można przy tym założyć, iż praktycznie koncentryczność jest wszędzie zachowana. Współczynnik  $\epsilon$  zależy od jednorodności materiału izolacyjnego, od szerokości i średnicy krążków izolacyjnych oraz od odstępów między nimi.

Przy technologii produkcji, polegającej na bezpośrednim natryskiwaniu krążków izolacyjnych na żyłę wewnętrzną, wymiary krążków zależą od dokładności form wtryskowych. Metoda ta, dzięki dużemu udziałowi powietrza

w izolacji pary współosiowej, umożliwia uzyskanie najlepszej jednorodności i wymiarów izolacji.

Najbardziej wpływa na odbicia w parze współosiowej równomierność żyły wewnętrznej. Przyjmując na przykład, że żyła wewnętrzna ma w pierw na pewnej długości średnicę  $d$ , a następnie średnica jej wzrasta skokowo do wartości  $d + \Delta d$ , wówczas ( $k$  jest współczynnikiem) przed miejscem zmiany średnicy

$$Z_1 = k \ln \frac{D}{d}$$

zaś za miejscem zmiany średnicy

$$Z_2 = k \ln \frac{D}{d + \Delta d}$$

W tym przypadku zmiana impedancji toru z wystarczającą dokładnością wynosi:

$$Z_1 - Z_2 = \Delta Z \cong \frac{Z_1}{\ln \frac{D}{d}} \cdot \frac{\Delta d}{d}$$

Jeżeli  $Z_1 = 75 \Omega$ ,  $D = 4,4 \text{ mm}$ ,  $d = 1,2 \text{ mm}$ , uzyskuje się:

$$\Delta Z = 48,1 \Delta d \quad (\Omega)$$

gdzie  $d$  wyrażone jest w mm.

Współczynnik odbicia wyrażony jest wtedy wzorem

$$r = \frac{\Delta Z}{2Z_1} = \frac{\Delta d}{2d \ln \frac{D}{d}}$$

zaś przy wyżej przyjętych wymiarach

$$r = 0,32 \cdot \Delta d$$

Jeśli zmiana średnicy żyły wewnętrznej wyniesie na przykład tylko 0,002 mm, wtedy zmiana impedancji falowej wyniesie 0,1  $\Omega$  i wynikający stąd współczynnik odbicia 0,6%.

Żyła zewnętrzna utworzona jest z taśmy miedzianej. Jeśli taśma zmieni swoją szerokość  $b$  w pewnym miejscu o wartość  $\Delta b$ , otrzyma się z podobnego obliczenia zmianę impedancji:

$$\Delta Z \approx \frac{Z_1}{\ln \frac{D}{d}} \cdot \frac{\Delta b}{\pi D} = 4,2 \cdot \Delta b \quad (\Omega)$$

gdzie:  $\Delta b$  wyrażona jest w mm, natomiast współczynnik odbicia wyniesie:

$$r = \frac{\Delta b}{2 \pi D \ln \frac{d}{D}} = 0,028 \cdot \Delta b$$

Zmiana szerokości taśmy o 0,02 mm wywoła więc zmianę impedancji falowej o 0,1  $\Omega$ , zaś współczynnik odbicia wyniesie 0,6%.

Jeżeli zmieni się w pewnym miejscu grubość taśmy żyły zewnętrznej o wartość  $\Delta \vartheta$ , otrzyma się przy stałej średnicy zewnętrznej żyły zewnętrznej i średnicy żyły wewnętrznej zmianę impedancji falowej:

$$\Delta Z = \frac{Z_1}{\ln \frac{D}{d}} \cdot \frac{2 \Delta \vartheta}{D} = 26,2 \cdot \Delta \vartheta \quad (\Omega)$$

gdzie:  $\Delta \vartheta$  wyrażona jest w mm.

Współczynnik odbicia wyniesie:

$$r = \frac{\Delta \vartheta}{D \ln \frac{D}{d}} = 0,17 \cdot \Delta \vartheta$$

Zmiana więc grubości taśmy żyły wewnętrznej o 0,004 mm wywoła zmianę impedancji o 0,1  $\Omega$ , zaś współczynnik odbicia wyniesie 0,6%. Zmiana średnicy krążków izolacyjnych ma wpływ tej samej wielkości.

Kolejne systematyczne opracowania doprowadziły do następującej konstrukcji pary współosiowej:

żyła wewnętrzna: drut miedziany o średnicy 1,2 mm,

izolacja: natryśnięte krążki polietylenowe o średnicy 4,36 mm, grubości 1 mm, w odstępach co 18 mm,

obwój: wzdlużne owinięcie folią poliestrową o grubości 0,02 mm,

żyła zewnętrzna: taśma miedziana o grubości 0,18 mm,

ekran: dwie taśmy z miękkiej stali 8x0,13 mm nawinięte w kierunkach przeciwnych,

obwój zewnętrzny: z papieru lub folii.

Wymiary żyły zewnętrznej i wewnętrznej oraz krążków izolacyjnych wynikają z wymagania na impedancję falową, która musi wynosić 75  $\Omega$ . Obwój folią pod żyłą wewnętrzną służy do powiększenia elektrycznej wytrzymałości pary. Bez tej dodatkowej warstwy izolacyjnej wytrzymałość



elektryczna z powodu małego promienia żyły wewnętrznej byłaby niewystarczająca.

Dokładne badania wykazały, że magnetyczne ekranowanie taśmami stalowymi jest lepsze, gdy nawinięte są one w kierunkach przeciwnych, niż przy nawinięciu obu taśm w tym samym kierunku.

O rodzaju obwoju zewnętrznego pary decyduje rodzaj przeznaczenia pary współosiowej, tzn. rodzaj systemu pracującego na torach.

Aby w parach współosiowych nie było większych odbić niż 0,6%, żyła wewnętrzna musi mieć średnicę  $1,20 \pm 0,001$  mm. Żyła zewnętrzna musi mieć na całej długości grubość  $0,180 \pm 0,002$  mm i szerokość  $14,39 \pm 0,01$  mm. Krążki izolacyjne muszą mieć średnicę  $4,360 \pm 0,004$  mm.

Z rozważań tych, dotyczących wymagań na tolerancje wymiarów, wynika jasno, że współosiowe pary małowymiarowe o izolacji z polietylenu piankowego wykazywały współczynniki odbić o wartościach od 5 do 10%, ponieważ metodą wytłaczania izolacji nie można osiągnąć większych dokładności. Niewiele lepsze wyniki uzyskano na parach o izolacji z kordłem polistyrenowym. Wartości korzystniejsze uzyskano na parach współosiowych o izolacji balonowej, gdzie wartości współczynników odbić zawierały się między 1 a 2%.

Dalsze polepszenie własności mogło być osiągnięte tylko dzięki zastosowaniu do produkcji małowymiarowych par współosiowych metody wtryskowej. Metoda ta daje mianowicie najlepszą gwarancję na uzyskanie jednorodności izolacji i umożliwia utrzymanie ostrych tolerancji wymiarowych.

### 3. MAŁOWYMIAROWE PARY WSPÓŁOSIOWE O IZOLACJI KRAŻKOWEJ WYKONYWANEJ METODĄ WTRYSKOWĄ

Na rysunku 2 przedstawiony jest wykres ze statystycznych pomiarów normalnowymiarowych par współosiowych 2,6/9,5 mm. Wykresy górne przedstawiają impedancję falową  $Z$  i współczynnik odbić  $r$  z wziętych losowo 200 odcinków par współosiowych z serii produkcyjnej. Poniżej wykreślone są odpowiednie krzywe sumacyjne. Można tu zauważyć bardzo mały rozrzut współczynników odbić i impedancji falowej. Przy wykonywaniu krążków metodą wtryskową na kilku drutach jednocześnie natryskuje się po kilka krążków, przy czym druty żył wewnętrznych, na które natryskiwane są krążki, są uchwycone w maszynie. Przy produkcji małowymiarowych par współosiowych należy zwrócić szczególną uwagę na prawidłowe nastawienie maszyny, aby uchwyt żył nie powodował zniekształcenia cienkiego drutu, które wykraczałoby poza dopuszczalne tolerancje.

Krażki są wykonywane przez wtryskiwanie polietylenu w formy, które po zakończeniu procesu wtrysku muszą zostać otwarte dla uwolnienia izolowanego drutu. Te dwuczęściowe formy muszą być bardzo dokładnie dopasowane, szczelnie zamknięte, aby wtrysk był bez szwu, a krążki miały jednakową i dokładną średnicę. Odstępy między krążkami wykonywanymi w jednym procesie wtryskowym ustawiane są przez formę. Urządzenie zapewniające przesuw musi także bardzo precyzyjnie pracować, aby odstęp między ostatnim krążkiem z poprzedniego wtrysku a pierwszym krążkiem z następnego wtrysku był identyczny, jak

i odstępy między krążkami wykonywanymi w jednym wtrysku.

Odwijanie drutu z bębna zdawczego oraz nawijanie żyły izolowanej po natryśnięciu krążków musi odbywać się bez szarpnięć, aby nie następowało ani ciągnięcie drutu, ani wyciąganie go z formy wtryskowej lub z urządzenia do przesuwu, co mogłoby spowodować nierównomierności w rozstawieniu krążków.

Wymagania te zostały spełnione w urządzeniach do produkcji małowymiarowych par współosiowych.

#### 4. URZĄDZENIA DO PRODUKCJI MAŁOWYMIAROWYCH PAR WSPÓŁOSIOWYCH O IZOLACJI KRĄŻKOWEJ

Do produkcji małowymiarowych par współosiowych niezbędne są w fabryce kabli przede wszystkim ciągnarka do ciągnięcia drutu dla uzyskania jego ostatecznej średnicy oraz walcarka do cięcia i kalibrowania taśmy na żyłę zewnętrzną pary współosiowej.

Na rysunku 3 pokazane jest urządzenie wtryskowe wraz z urządzeniem do przesuwu, służące do natryskiwania krążków na żyłę wewnętrzną małowymiarowej pary współosiowej. Urządzenie to ma napęd hydrauliczny olejowy i jest całkowicie zautomatyzowane. Cykl pracy urządzenia jest następujący:

1. Urządzenie wtryskowe zamyka się chwytając drut i zamykając formy poszczególnych krążków.
2. Tłok wtryskarki przesuwu się i wyciska w odmierzonej ilości roztopiony polietylen. Materiał wypływa przy tym w pierw z dyszy wtryskowej i przepływa poprzez

formę, rozdzielając się tu w sieci kanałów rozdzielczych, których odlew pokazano na rys. 4. Następnie materiał wpływa przez precyzyjne otworki, które znajdują się na bokach krążków w pobliżu zewnętrznej krawędzi, do form krążków. Równocześnie otwierają się szczęki uchwytowe urządzenia przesuwowego.

3. Wtryskarka pozostaje wciąż zamknięta. Tłok wywiera dodatkowy nacisk, aby formy zostały dokładnie wypełnione. Równocześnie urządzenie przesuwowe cofa się.
4. Wtryskarka pozostaje w dalszym ciągu zamknięta, a szczęki uchwytowe urządzenia przesuwowego zamykają się.
5. Tłok wtryskarki cofa się. W chłodzonej wodą formie wtryskowej ochładzają się szybko krążki i sieć kanałików dopływowych.
6. Wtryskarka otwiera się, krążki z formy zostają wyrzuczone i uwolnione wraz z drutem. Odlew z kanałików dopływowych zostaje odcięty i odrzucony.
7. Urządzenie przesuwowe przenosi drut z natryśniętymi krążkami poza wtryskarkę, aż dalszy odcinek drutu podejdzie do wtryskarki dla przygotowania go do następnego procesu wtryskiwania.
8. Forma wtryskarki zamyka się, chwytając drut do nowego wtrysku i cykl wytłaczania powtarza się od początku.

Urządzenie to pracuje z szybkością ok. 5 skoków na minutę. Odstęp między krążkami wynosi 18 mm. Jednocześnie urządzenie natryskuje po 10 krążków na 4 drutach. Odpowiada to szybkości pracy urządzenia

$$10 \times 10 \times 4 \times 5 = 3,6 \text{ m/min}$$

Aby tę szybkość powiększyć, urządzenie ulepszono, powiększając liczbę jednocześnie natryskiwanych krążków do 14 na każdym drucie. Również liczbę drutów podwojono, dzięki czemu uzyskano szybkość

$$18 \times 14 \times 8 \times 5 = 10,1 \text{ m/min.}$$

Na rysunku 5 opisane wyżej urządzenie przedstawiono schematycznie. Osiem bębnow zdawczych z drutami na żyły wewnętrzne jest ustawionych kolejno jeden za drugim. Każdy drut przebiega poprzez rolkę umieszczoną na ruchomym ramieniu przytrzymywanym sprężyną. Przy ruszeniu (zadziałaniu) urządzenia przesuwowego drut podnosi wpiertę rolkę, napinając sprężynę. Moment rozruchu stosunkowo ciężkich bębnow z drutami jest w ten sposób amortyzowany, tak iż drut nie jest naciągany szarpnięciami. Uruchomione bębny kręcą się do chwili, aż ruchome ramię powróci do swej pozycji wyjściowej. W tym momencie urządzenie przesuwowe wtryskarki już znowu powróciło do swego stanu spoczynkowego, a drut został w formie wtryskowej mocno uchwycony. W ten sposób zapewnione jest łagodne, bez szarpań odwijanie drutu z bębnow. Rolka prowadząca dla pierwszego drutu uruchamia licznik długości. Wszystkie druty są następnie skierowane do wtryskarki.

Urządzenie przesuwowe widoczne jest na rys. 3, z tą różnicą, iż jest wyposażone w 8 uchwyty dla 8 drutów. Przy posuwie urządzenie przesuwowe zabiera ze sobą krzywkę, po której ślizga się trzpień zaworu sterującego. Zawór ten steruje dopływem oleju do cylindrów napędowych urządzenia przesuwowego tak, iż posuwa się ono ruchem harmonicznym, osiągając maksimum prędkości, a następnie wracając znów do stanu spoczynkowego. Szarpanie drutu jest dzięki temu jeszcze raz zmniejszone.

Osiem bębnow odbiorczych, na których nawijane są żyły wewnętrzne par wyposażone już w krążki, jest umieszczonych w dwóch szeregach, jeden nad drugim, po 4 bębny. Każdy z nich napędzany jest silnikiem o regulowanym przez indukcyjne sprzężenie momencie obrotowym. Wielkość tego momentu jest tak dobrana, żeby przewyższała potrzebny do przewyciężenia bezwładności bębna moment rozruchu tak, aby drut nie był luźny. Z tego też względu drut przy przyspieszeniach urządzenia przesuwowego, którego prędkość jak opisano przebiega sinusoidalnie, powinien być napięty. Podczas opadającej części sinusoidalnej krzywej prędkości urządzenia przesuwowego bezwładność bębnow odbiorczych wywołuje dodatkowy naciąg drutu. Moment napędu bębnow jest dlatego tak wyregulowany, że nie występują żadne niedopuszczalne naprężenia rozciągające.

Wszystkie osiem bębnow odbiorczych z ich napędami umieszczonych jest na wspólnej podstawie, która na 4 rolkach może być przesuwana na szynach poprzecznie do osi drutu. Ruch poprzeczny podstawy nadawany jest przez oś śrubową, napędzaną przez skokowy mechanizm zapadkowy.

Mechanizm zapadkowy uruchamiany jest elektrycznym kontaktem przy każdym suwie urządzenia przesuwowego wtryskarki.

Izolowany w ten sposób przewód wewnętrzny wprowadzony zostaje do urządzenia, formującego przewód zewnętrzny. Przewód wewnętrzny przebiega przy tym przez aparat kontrolujący obecność wszystkich krążków oraz ich właściwy odstęp. Jeśli to nie jest spełnione, urządzenie zostaje zatrzymane. Następnie przewód wewnętrzny z krążkami izolacyjnymi przechodzi przez owijadło (rys. 6), gdzie owinięty zostaje z długim skokiem folią formowaną w rurkę. Jednocześnie taśma miedziana na przewód zewnętrzny przechodzi przez urządzenie myjące, w którym zostaje ona ponownie oczyszczona i odtuszczona. Następnie taśma miedziana łącznie z przewodem wewnętrznym przechodzą przez urządzenie formujące, gdzie zostaje ukształtowana rurka przewodu zewnętrznego otaczająca krążki i folię izolacyjną. Brzegi taśmy przylegają do siebie ściśle na styk.

Tak ukształtowana para współosiowa owijana jest pierwszą taśmą stalową w pierwszym owijadle (rys. 7). W drugim owijadle (rys. 8) nawijana jest druga taśma stalowa w kierunku przeciwnym. Jednocześnie nakładany jest tu obwód zewnętrzny z trzech taśm papierowych. Ewentualnie zamiast taśm papierowych może być zastosowany obwód z samoklejącej folii, która zapewnia w znacznym stopniu wodoszczelność pary współosiowej.

Poprzez koło odciągowe gotowa para współosiowa dochodzi do bębna odbiorczego, który jest sprzężony in-

dukcyjnie z napędem, co umożliwia skokową regulację naciągu.

Przyrząd do układania pary współosiowej przy nawijaniu na bębnie przesuwany jest przez mechanizm zapadkowy, uruchamiany urządzeniem elektrycznym, włączanym za pomocą kołka umocowanego na osi bębna odbiorczego. W ten sposób i tutaj łagodzona jest nierównomierność naciągu pary współosiowej.

Ostatnim etapem produkcji każdej pary współosiowej są pomiary wielkości współczynników odbić i wartości impedancji falowej, dokonywane przyrządem impulsowym. Każda para współosiowa otrzymuje swą kartę obiegową, na której wpisywane są pomierzone wartości  $r$  i  $Z$ , aby ułatwić późniejsze dobieranie par do kabla.

Statystyka z produkcji małowymiarowych par współosiowych (rys. 9) wykazała, że metodą produkcji izolacji krążkowej sposobem wtryskowym uzyskuje się praktycznie te same wartości i rozrzuty impedancji falowej  $Z$  i współczynników odbić  $r$ , jak przy produkcji par normalnowymiarowych (por. rys. 2). Należy tu przypomnieć, że dalsze procesy przy produkcji kabli, jak skręcanie ośrodka kabla, nakładanie powłoki czy panczerzenie niechybnie prowadzi do pewnego pogorszenia własności par. Praktyka wykazała jednak, że kable z małowymiarowymi parami współosiowymi o izolacji krążkowej, wykonywanej metodą wtryskową, mają własności pozwalające na wprowadzenie tych systemów nośnych, które dotychczas stosowane były tylko na parach normalnowymiarowych. Do roku 1965 stosowane były przez Poczta NRF na kablach małowymiarowych syste-



my 120-krotne w zakresie częstotliwości do 600 kHz, obecnie zaś stosowane są systemy 960-krotne w zakresie częstotliwości do 4 MHz.

Małowymiarowe pary współosiowe skręcane są w różnej wielkości kable; np. kable zawierać mogą 6, 8, a nawet 12 par współosiowych, przy czym średnica zewnętrzna kabla nie jest jeszcze zbyt duża.

## 5. WNIOSKI

Wydaje się, że opisana w niniejszym artykule konstrukcja małowymiarowych par współosiowych o izolacją krążkowej jest bardzo interesująca i przekonująca, a uzyskane w NRF przez firmę Felten u. Guilleaume Carlswerk wyniki są obiecujące. Dlatego też tego typu konstrukcją par współosiowych i technologią ich produkcji powinien się zainteresować polski przemysł kablowy, który od wielu lat robi próby uruchomienia produkcji małowymiarowych par współosiowych. Zaproponowana tu technologia produkcji jest ciekawa dla nas przede wszystkim ze względu, iż jest niemal identyczna z technologią produkcji normalnowymiarowych par współosiowych, która już dawno została w Polsce opanowana i jest do dziś stosowana. Chodzi tu przede wszystkim o metodę natryskiwania polietylenowych krążków izolowanych na przewód wewnętrzny pary. Jednocześnie natryskiwanie krążków na 4 lub 8 drutów jest rozwiązaniem bardzo ekonomicznym, zwiększającym wydajność maszyny (wtryskarki). Być może zwiększenie wydajności maszyny można osiągnąć również inną drogą. Przy podanej w

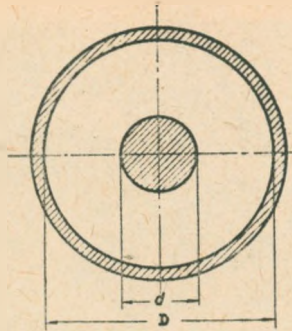
rozdziale 4 szybkości pracy maszyny jednoczesne natryskiwanie krążków na 4 druty zapewniłoby na przykład produkcję ok. 200 km kabli 4-parowych rocznie.

Warto tu jeszcze zwrócić uwagę na fakt, iż maszyny zapewniające bardzo dużą dokładność wymiarów drutu i taśmy miedzianej na żyły pary współosiowej, takie jak ciągnarka drutu i walcarka do cięcia i kalibrowania taśmy miedzianej, znajdują się w fabryce u producenta kabli. Tylko takie rozwiązanie organizacyjne zapewni uzyskiwanie właściwych tolerancji wymiarów taśmy na przewód zewnętrzny. Żadna bowiem z hut nie dostarczy stosunkowo niewielkiej ilości gotowych taśm o potrzebnych wymiarach.

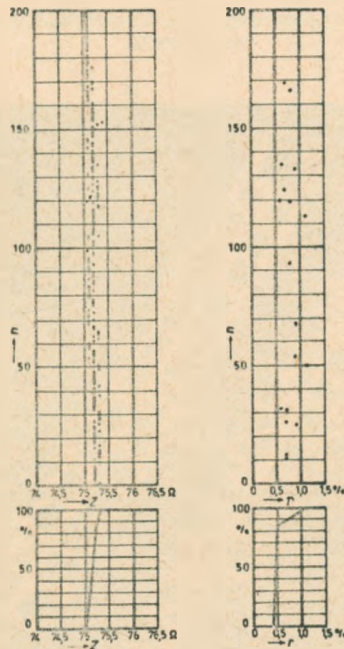
Kablami o krążkowej izolacji par współosiowych zainteresowały się już i podjęły produkcję poza NRF takie kraje, jak Jugosławia, Włochy i Anglia.

#### WYKAZ LITERATURY

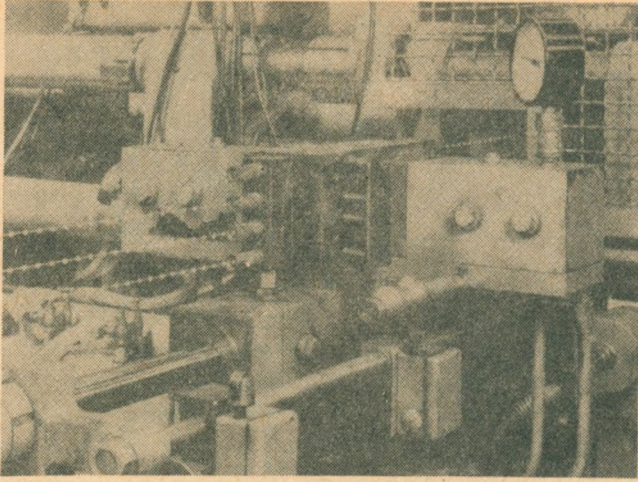
1. Baguley E.: Modern Coaxial Cable Technique in Great Britain. Elektr. Commun 1953 t. 30 nr 3, s. 186-216.
2. Monelli R.: Cavi coassiali di piccolo dimensioni con isolamento in polietileno espanso. Rendiconti della Riun. Assoc. Electrotecnica. Ital. Ancona 1960 Fasc 3, nr 206.
3. Leitenberger W., Salzmann W.: Kabel mit Zwergtuben im Fernmeldenetz der Deutschen Bundesbahn. Signal u. Draht 1961 t. 53 nr 1, s. 6-13.
4. Fuchs G., Verges P.: Isolation tubulaire ballon de polyethylene pour cables telephoniques. Cables et Transm. 1960 t. 14 nr 2, s. 113-131.



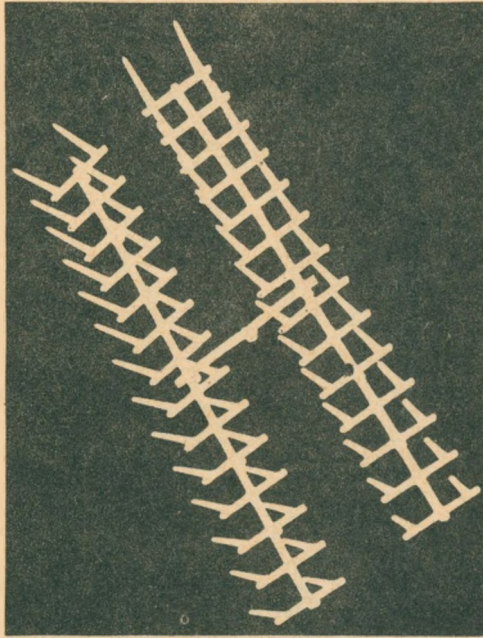
Rys. 1. Przekrój pary współosiowej  
 $d$  - średnica żyły wewnętrznej,  $D$  - wewnętrzna średnica żyły zewnętrznej



Rys. 2. Wykres ze statystyki produkcyjnej par współosiowych typu 2,6/9,5 mm  
 $n$  - numer pary współosiowej,  $Z$  - impedancja falowa,  $r$  - współczynnik odbić

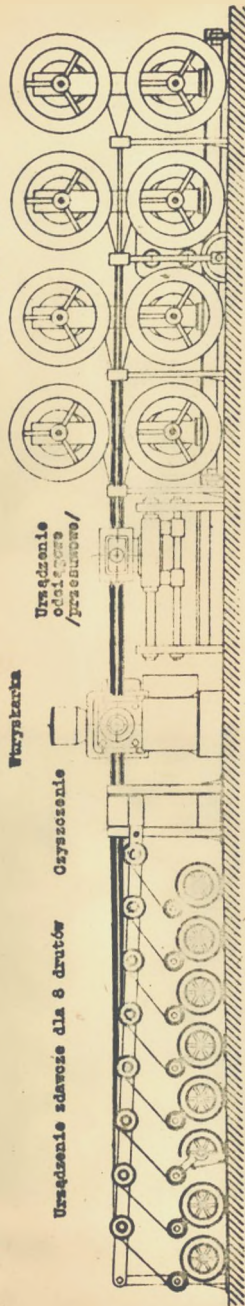


Rys. 3. Urządzenie wtryskowe dla małowymiarowych par współosiowych

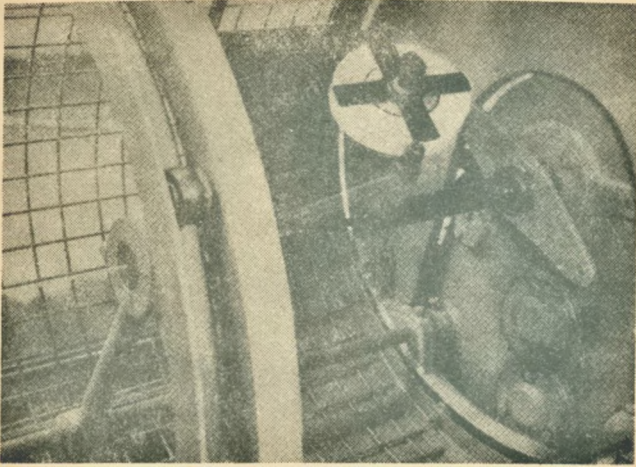


Rys. 4. Odlew sieci kanalików dopływowych we wtryskarce do produkcji małowymiarowych par współosiowych

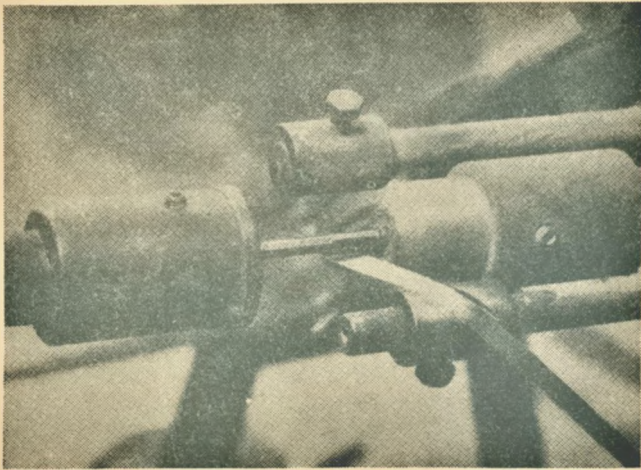
Urządzenie odbiorcze  
nawijające 8 drutów z na-  
wymiarowymi kółkami



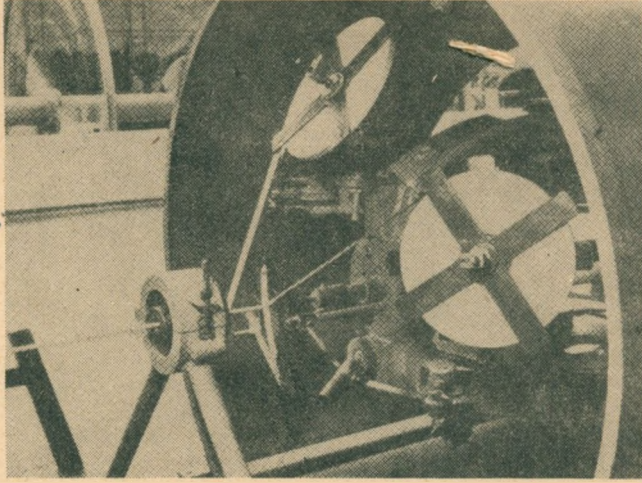
Rys. 5. Schemat pracy urządzenia wtryskowego dla 8 par współosiowych  
małowymiarowych



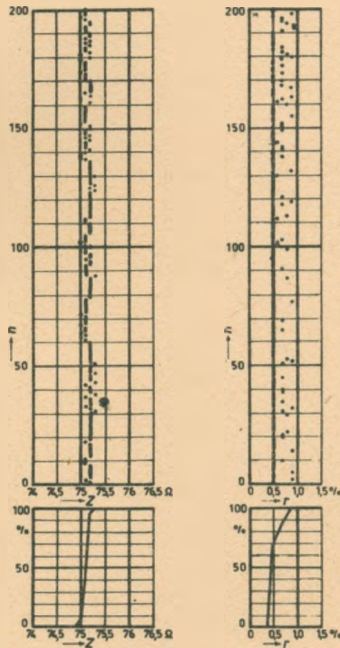
Rys. 6. Owijadło dla folii



Rys. 7. Pierwsze owijadło dla taśmy stalowej



Rys. 8. Drugie owijadło dla drugiej taśmy stalowej i papieru



Rys. 9. Wykres ze statystyki produkcyjnej małowymiarowych par współosiowych typu 1,2/4,4 mm

$n$  - numer pary współosiowej,  $Z$  - impedancja falowa,  $r$  - współczynnik odbić

