

1 9 6 3

Nr 8 (23)

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

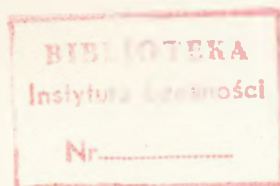
WARSZAWA — MIEDZESZYN

PRZEGLĄD
ZAGADNIENI
ŁĄCZNOŚCI

BIBLIOTEKA
Instytutu Łączności



PRZEGLĄD ZAGADNIEŃ ŁĄCZNOŚCI



ROK 3

WARSZAWA 1963

NR 8(23)

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

Ośrodek Informacji Techniczno-Ekonomicznej

Kolegium Redakcyjne:

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

Członkowie:

inż. Edmund Janowski, doc. Stefan Jasiński,
mgr Kazimierz Kotowski, mgr inż. Adam Moniuszko,
mgr inż. Józef Możejko

Sekretarz Redakcji - Irena Kulko

Adres Redakcji:

Instytut Łączności

Ośrodek

Informacji Techniczno-Ekonomicznej

Warszawa-Miedzeszyn, ul. Szachowa 1

NA PRAWACH REKOPISU - DO UŻYTKU SŁUŻBOWEGO

Redaktor: J. Borkowska

Montaż tekstu: B. Drabik

Dział Wydawniczy OKW Instytutu Łączności
Format B5. Nakład 520. Druk ukończono
w lutym 1964 r.

PRZEGLĄD
ZAGADNIENI ŁĄCZNOŚCI

Telekomunikacyjne linie kablowe

Część II

SPIS TREŚCI

	Str.
1. F. Meier - Ochrona izolacji styrorefleksowej przed uszkodzeniami wywołanymi nagrzewaniem w czasie montażu kabli telekomunikacyjnych - Opracował W. Sobczyk	1
2. F. Meier - Gazoszczelne przegrody w kablach telekomunikacyjnych - Opracował W. Sobczyk	14
3. P. Meya - Zastosowanie metody wypalania do lokalizacji uszkodzeń kabli telekomunikacyjnych - Opracował W. Sobczyk	22

OCHRONA IZOLACJI STYROFLEKSOWEJ PRZED USZKODZENIAMI
WYWOŁANYMI NAGRZEWANIEM W CZASIE MONTAŻU
KABLI TELEKOMUNIKACYJNYCH¹⁾

F. Meier, KDT, Berlin: Massnahmen bei der Montage von Fernmeldekabeln zur Verhütung von Styreflexschaden durch Wärmeeinfluss. Der Fernmelde - Praktiker nr 5, 1963, str. 100-102.

1. ROZWAŻANIA TEORETYCZNE

W praktyce teletransmisyjnej stosowane są powszechnie kable telekomunikacyjne z izolacją papierowo-powietrzną. Zastosowanie papieru, jako materiału izolacyjnego, ma szereg zalet ze względu na jego własności elektryczne, mechaniczne i łatwość produkcji.

Rozwój tworzyw sztucznych wprowadził do produkcji kabli telekomunikacyjnych dla telefonii nośnej nowy materiał izolacyjny - folię styrofleksową. Zastąpienie papieru styrofleksem znacznie polepszyło własności teletransmisyjne kabli.

Przy identycznej budowie czwórek zmniejszyła się pojemność torów odpowiednio do stosunku względnych przenikalności dielektrycznych papieru (1,7) i styrofleksu (1,4) z 26 nF/km do 22 nF/km. Dzięki temu zmniejszyła się tłumienność torów o 10%. Ponieważ współczynnik stratności styrofleksu ($\operatorname{tg} \delta = 1 + 2 \cdot 10^{-4}$) jest mniejszy niż papieru, składowa więc tłumienności wywołana upływno-

^{1/} Wszystkie artykuły na podstawie oryginałów opracował W. Sobczyk.

ścią jest bardzo mała. Powiększając nieznacznie średnicę żył z 1,2 do 1,3 mm otrzymano na kablach z izolacją styrofleksową przy częstotliwości 550 kHz taką samą tłumienność, jaką mają kable z izolacją papierową już przy 250 kHz. W praktyce oznacza to, że przy tych samych długościach odcinków wzmacniakowych, kable z izolacją styrofleksową mogą być wykorzystane dla dwa razy większej ilości kanałów nośnych, niż kable o izolacji papierowej. Inaczej mówiąc, zamiast stosować system 60-krotny można stosować system 120-krotny.

Dla lepszego zrozumienia poniższych rozważań konieczny jest krótki opis materiałów izolacyjnych: polistyrenu i styrofleksu. Nazwy te są często mylnie używane.

Polistyren jest materiałem stałym, przezroczystym, nie dającym się zginać. Znany jest w technice wielkich częstotliwości pod handlową nazwą "trolitul". Posiada doskonałe własności dielektryczne. Jest bardzo dobrym materiałem na krążki izolacyjne do kabli współosiowych. Ze względu na twardość i kruchość nie daje się użyć do izolowania żył.

Do izolowania żył kablowych, polistyren może być użyty tylko w postaci bardzo cienkiej folii. Wymaganą wytrzymałość na zginanie uzyskuje się przez poddanie polistyrenu procesowi wyciągania w podwyższonej temperaturze. W czasie tego procesu następuje wyprostowanie i równoległe ułożenie nitkowatych mikrocząstek polimeru. Otrzymany w ten sposób nowy materiał, zachowujący wszystkie własności elektryczne polistyrenu, nazwano styrofleksem. Folie styrofleksowe wyrabiane są o grubościach od 0,02 do

1,0 mm. Ich wytrzymałość na rozciąganie wynosi 7,5 kG/ mm^2 . Mogą być użyte do maszynowego oplotu żył kablowych.

W celu zachowania wymaganego odstępu izolacji od żyły kablowej stosuje się cienki sznurek styrofleksowy, nawinięty spiralnie na żyłę. Produkcja folii styrofleksowej wg Tiedemanna [1] przebiega następująco:

Kruchy polistyren można przekształcić przez poddanie go w temperaturze około 100°C procesowi wyciągania /równoległe ułożenie nitkowatych mikrocząsteczek i ostudzenie, z zachowaniem tego stanu/ w giętką i wytrzymałą na zerwanie folię o grubości 0,02 do 0,15 mm. Folia ta znana jest pod nazwą styrofleksu. Polistyren w stanie plastycznym przeciąga się pod ciśnieniem od 50 do 100 kG/ cm^2 przez pierścieniową dyszę, która formuje go w rurkę. Na skutek bardzo dużej prędkości przeciągania rurka ta podlega wydłużeniu od 100 do 500%. Równocześnie rurka jest przeciągana przez urządzenie poprzecznie rozpierające tak, że następuje rozciąganie tworzywa również w kierunku poprzecznym. Wreszcie przekrój kołowy rurki przekształca się w prostokątny, a rozcinając wzdłuż brzegów otrzymuje folię styrofleksową.

Dzięki równoległemu uporządkowaniu nitkowatych cząsteczek tworzywa, wzrasta wytrzymałość na zerwanie z 400 do około 700, 900 kG/ cm^2 przy wydłużeniu 3 do 4%.

Podgrzanie folii powyżej 80°C powoduje zanik równoległego uporządkowania cząsteczek. Zastygłe w równoległej orientacji cząsteczki przyjmują ponownie nieuporządkowane położenia, a budowa materiału staje się podobna do kłęбка waty. Równocześnie powraca właściwa polistyrenowi

dawna kruchość. Styrofleks przechodzi więc w polistyren.

Zalety teletransmisyjne styrofleksu związane są niestety z niekorzystnymi własnościami techniczno-montażowymi. Styrofleks w normalnych warunkach nie ulega procesowi starzenia. Jego wytrzymałość na ciągłe obciążenie cieplne zachowuje się tylko do $+70^{\circ}\text{C}$. Wrażliwość izolacji styrofleksowej na nagrzewanie przyczynia technikom i monterom wiele trudności w czasie pracy przy takich kablach. Trudności rozpoczynają się już w zakładach produkcyjnych przy nakładaniu powłoki ołowianej na kabel. Taśma styrofleksowa izolująca żyły i rdzeń kabla zachowuje swoje własności mechaniczne tylko wtedy, jeżeli zachowana jest ściśle określona prędkość przeciągania kabla przez prasę, nakładającą powłokę ołowianą, przy równoczesnym intensywnym chłodzeniu. Jeżeli prędkość ta zostanie zmniejszona lub gdy maszyna zatrzyma się, izolacja styrofleksowa traci natychmiast swoje dobre własności mechaniczne, a dany odcinek kabla staje się nieużyteczny.

Nagrzewanie kabli przy pracach montażowych jest nieuniknione, szczególnie gdy wykonuje się złącza zakończeniowe, przeletowe, odgałęźne lub dolutowuje się głowice, względnie gdy wykonuje się prace symetryzacyjne, mające na celu zwiększenie tłumienneści przesłuchowej. We wszystkich tych przypadkach przy lutowaniu osłony złącza do powłoki ołowianej kabla doprowadza się pewne ilości ciepła, żeby uzyskać dobre połączenia w miejscach lutowania.

Trudność polega na dobrym wykonaniu spoin osłony z

powłoką ołowianą przy jak najmniejszym doprowadzeniu ciepła. Izolację styrofleksową niszczy nie tylko nagrzewanie w czasie lutowania, lecz także zalewanie złączy i głowic gorącymi masami dowolnego rodzaju. Nie wolno zalewać zalewami kablowymi głowic kablowych ani żeliwnych muf ochronnych.

Poniżej podano wytyczne, przestrzeganie których w czasie prac przy kablach o izolacji styrofleksowej pozwala uchronić ją przed niszczącym działaniem nagrzewania.

2. WYTYCZNE PRAWIDŁOWEJ PRACY

2.1. Dobór monterów kablowych

Lutowanie osłon złączowych wykonuje się bezpośrednio na powłoce ołowianej. Wymaga to dużej zręczności przy formowaniu nagrzanego złącza i fachowej oceny ilości ciepła, doprowadzonego przez płomień lampy lutowniczej.

Tylko przez ćwiczenie na próbnym odcinkach kabli, które następnie odcina się i bada, można ocenić wpływ doprowadzonego ciepła na izolację styrofleksową. Dobry monter zdobywa w ten sposób pewność obchodzenia się z kablami o izolacji styrofleksowej. Niektórzy monterzy nie mogą zdobyć tej pewności i dlatego należy przed zorganizowaniem robót przeprowadzać odpowiednią selekcję pracowników.

2.2. Pobelanie cyną

Zwykle w celu zwiększenia pewności dobrego uszczelnienia złącza cynuje się powłokę kabla w miejscach, w których ma być przyłutowana osłona ołowiana. Sposób ten należy nadal zachować przy pracach z kablami o izolacji papierowej.

Przy kablach o izolacji styrofleksowej należy bezwzględnie od cynowania tego odstąpić. Mimo największej uwagi nie da się przy cynowaniu uniknąć bezpośredniego działania płomienia lampy lutowniczej o temperaturze około 1600°C na powłokę ołowianą. Powstają wtedy największe zniszczenia izolacji styrofleksowej.

Przy pracach lutowniczych z kablami o izolacji styrofleksowej zaleca się zamiast cynowania oczyścić szczotką drucianą powłokę ołowianą kabla w miejscu lutowania z osłoną i niezwłocznie pokryć cienką, równomierną warstwą pasty lutowniczej.

2.3. Optymalny, ekonomiczny czas lutowania

Główny Urząd Linii Dalekosiężnych Niemieckiej Poczty przeprowadził szereg prób w celu określenia najkrótszego, możliwego do osiągnięcia, oraz najdłuższego dopuszczalnego czasu, potrzebnego na zalutowanie złącza. Do prób wybrano dziesięciu doświadczonych monterów. Na podstawie uzyskanych wyników wyznaczono czas od 2,4 do 3 minut na wykonanie lutowania złącza.

Monter lutując nie powinien wielokrotnie powtarzać

rozciągania spoiwa cynowego z góry. Należy najpierw natopić na górnej części szyjki osłony ołowianej taką ilość spoiwa, żeby wystarczało na uformowanie złącza przez rozprowadzenie jednym pociągnięciem moleskina. Ilość ciepła konieczną do wykonania złącza musi monter ostrożnie doprowadzać płomieniem małej lampy lutowniczej.

2.4. Stosowanie bizmutowego stopu lutowniczego

Powszechnie używa się do wykonywania złącz spoiwo Sn30. Strefa eutektyczna (stan formowania) tego stopu leży pomiędzy 183° i 250°C . Stop musi być podgrzany do temperatury leżącej w takim zakresie, żeby można było nim pracować. W podręczniku techniki lutowania prof. Lüdera [3] wymienione jest spoiwo o niższej temperaturze topnienia, które można stosować do lutowania powłoki ołowianej.

Ten specjalny rodzaj spoiwa został opracowany w Instytucie Metalurgicznym Uniwersytetu Humboldta, przy współudziale Niemieckiej Poczty. Stop o niżej podanym składzie zalecony jest do lutowania złącz kabli styro-fleksowych:

Ołów	63,4%	Cyna	13,0%
Bizmut	23,0%	Antymon	0,5%
		Arsen	0,1%

Temperatura twardnienia spoiwa wynosi 100°C , a płynność 200°C .

Zastosowanie spoiwa bizmutowego zamiast cynowego ma duże zalety:

- 1) temperatury pracy są niższe,
- 2) stan, w którym spoiwo daje się formować, leży prawie w dwukrotnie szerszym zakresie temperatur.

Na 18-kilometrowym odcinku doświadczalnym wykonano przy użyciu spoiwa bizmutowego 200 złącz. W czasie pracy stwierdzono powyżej wymienione zalety. Powłokę ołowianą i mufy zabezpieczono przed korozją w zwykły sposób.

2.5. Uproszczony montaż muf ochronnych bez zalewania masą

W klasycznej technice kablowej wypełnia się zalewą kablową przestrzeń pomiędzy osłoną a żeliwną mufą ochronną. Zabezpiecza się w ten sposób powłokę ołowianą i mufę przed korozją oraz osłonę ołowianą złącza przed zgnieceniem na skutek zamarzania dostającej się do mufy wody. Temperatura zalewy kablowej przygotowanej do zalewania wynosi około 130°C.

Zabieg ten powoduje w kablach styrofleksowych przemianę styrofleksu w polistyren pod ołowianą powłoką osłony wewnątrz mufy. Dlatego wypróbowano i wprowadzono uproszczony sposób montażu muf ochronnych, bez używania zalewy. W tym celu opracowano nowy typ mufy ochronnej bez otworu wlewowego w górnej części, natomiast ze szczeliną w części dolnej. Szczelina umożliwia odpływ zbierającej się w mufie wody.

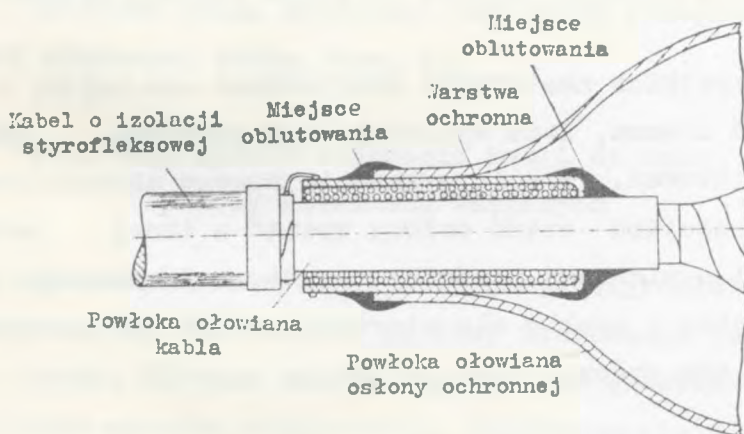
Ochronę powłoki kabla i osłony ołowianej złącza przed korozją uzyskuje się przez wielokrotne owinięcie spe-

ojalną taśmą papierową przesyconą bitumina 45. Żeliwnych muf ochronnych nie zalewa się masą kablową.

Muf tego typu przemysł nie produkuje, praktycy więc postępują w ten sposób, że normalne mufy ochronne montują odwrotnie, tzn. górną częścią w dół. Otwarty wlew spełnia rolę szczeliny odwadniającej.

2.6. Osłona chroniąca izolację przed nagrzeniem

Szczególnie wielkie niebezpieczeństwo uszkodzenia izolacji styrofleksowej powstaje w miejscach, które ze względów eksploatacyjnych muszą być wielokrotnie otwierane i zamykane, np. złącza zakończeniowe, odgałęźne, przelotowe przejścia przez rzeki i inne.



Rys. 1. Widok przekroju wzdłużnego kabla po przyłutowaniu osłony ochronnej cieplnej

W takich miejscach montuje się zapobiegawczo w czasie wykonywania pierwszych prac osłonę ochronną jako pomoc-

niczą powłokę ołowianą, oddzieloną warstwą izolacji cieplnej od powłoki kabla /rys. 1/. Do pomocniczej osłony ochronnej przylutowuje się osłonę złącza. Można je wtedy wielokrotnie odlutowywać i przylutowywać bez obawy uszkodzenia folii styrorefleksowej pod właściwą powłoką kabla.

2.7. Odcinanie osłony ołowianej przy otwieraniu złącz

W czasie usuwania uszkodzeń niektóre złącza przelotowe kabla styrorefleksowego muszą być otwierane, a następnie ponownie zamykane. Izolacja styrorefleksowa pod powłoką ołowianą nie wytrzymuje nieuniknionego w takich przypadkach wielokrotnego nagrzewania.

Przy pierwszym otwieraniu należy zastosować dłuższą mufę, aby lutowanie wypadło na nowym odcinku powłoki kabla.

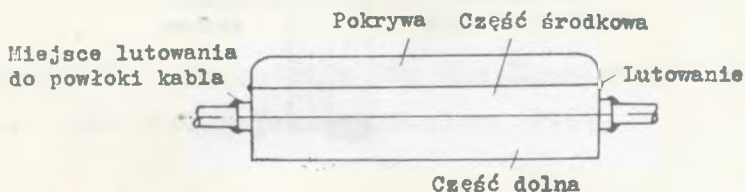
We wszystkich następnych przypadkach nie należy rozlutowywać złącza, lecz wyciąć osłonę ołowianą około 8 cm od lutowań. W celu wykonania nowego uszczelnienia należy brakującą część osłony wyciąć z innej osłony ołowianej o większej średnicy wewnętrznej, nasunąć na osłonę kabla i szybko ale starannie zalutować miejsca łączenia obu osłon.

2.8. Trójdzielna skrzynia symetryzacyjna dla kabli z torami telefonii nośnej

Trójdzielne skrzynie symetryzacyjne służą do umieszczenia kondensatorów i oporników wyrównawczych, wią-

czonych między żyły lub między żyłami a ziemią o symetryzacji żył kablowych.

Konstrukcja skrzyń pozwala na wielokrotne otwieranie i zamykanie ich. Skrzynie symetryzacyjne są trójdzielne. Część dolna i środkowa leżą w płaszczyźnie kabla i są w czasie budowy zlutowywane ze sobą. Część górna jest

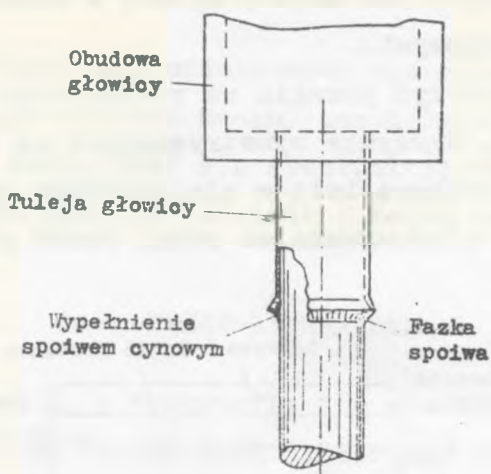


Rys. 2. Trójdzielna skrzynia złącza wyrównawczego

wykonana w postaci pokrywy. Otwory pomiędzy częścią górną i środkową można zalutować bez obawy przegrzania powłoki ołowianej kabla /rys. 2/.

2.9. Nowy sposób lutowania kabli do tulei przy głowicach kablowych

Przy wprowadzaniu kabli o izolacji styrofleksowej do głowic należy oblutowywać je przy minimalnym doprowadzeniu ciepła. Dlatego należy odstąpić od stosowanego powszechnie sposobu stożkowatego oblutowywania głowic a zastosować lutowanie szlifowane tj. ścinane, zostawiające w miejscu lutowania tzw. "fazkę" /skośną ściankę/. W tym celu tuleja głowicy kablowej rozszerzona jest lej-kowato u wylotu (rys. 3).



Rys. 3. Lutowanie ścięte wykonane na tulei głowicy kabla o izolacji styrofleksowej

2.10. Ochrona cieplna w kablach zakończeniowych (TKZ)

W niektórych kablach zakończeniowych wytwórnice uwzględniają w konstrukcji kabla wrażliwość izolacji styrofleksowej na nagrzewanie. W tym celu między powłokę i ośrodek kabla jest wprowadzona warstwa izolacji cieplnej, wykonana z papierowego sznurka izolacyjnego (kordel). Metoda okazała się w praktyce bardzo skuteczna. Byłoby pożyteczne zastosować taką ochronę w kablach magistralnych, ale ze względów ekonomicznych, tj. zwiększenie średnicy kabla i wzrost zużycia ołowiu, metoda nie znalazła zastosowania w produkcji.

2.11. Nowoczesne nie zalewane głowice kablowe

Przy kablach styrofleksowych nie należy zalewać głowic kablowych żadnymi masami uszczelniającymi. Do pochłaniania dostającej się ewentualnie wilgoci umieszcza się wewnątrz głowicy woreczek z żelem krzemowym¹⁾.

WYKAZ LITERATURY

1. Tiedemann W. : Werkstoffe für die Elektrotechnik. Bd. II. VEB Verlag Technik Berlin, 1961.
2. Düll und Wild: Das neue kunststoffisolierte Fernkabel für V 120.
3. Lüder. Handbuch der Löttechnik. VEB Verlag Technik.

¹⁾ Żel krzemowy zawiera SiO_2 - 94%, H_2O - 6%. Jest to środek bardzo higroskopijny dzięki dużej powierzchni ($450 \text{ m}^2/\text{g}$) i może wchłonąć wodę w ilości 36% własnego ciężaru. Do głowicy daje się średnio około 30 g. Normalnie żel krzemowy daje się regenerować w temperaturze 110-120°C. W głowicach kabli styrofleksowych regeneracja jest niemożliwa, gdyż groziłoby to zniszczeniem izolacji styrofleksowej. Po stwierdzeniu spadku izolacji na głowicy należy zawartość woreczka wymienić na nową (przyp. tłum.).

621.315.687

GAZOSZCZELNE PRZEGRODY W KABŁACH TELEKOMUNIKACYJNYCH

F. Meier, KDT, Berlin: Gasdruckdichte Sperrstellen in Fernmeldekabeln. Fernmelde Praktiker nr 6, 1963, str. 135-137.

Złącza zaporowe, gazoszczelne w kablach telekomunikacyjnych zwane także gazoszczelnymi przegrodami są elementami konstrukcyjnymi kabli, które ostatnio nabrały nowego znaczenia i w swoim rozwoju podlegają nowym udoskonalceniom. Gazoszczelne przegrody są stosowane powszechnie przy zabezpieczaniu kabla na tym odcinku jego trasy, gdzie zagraża szczególne niebezpieczeństwo przedostania się wody do ośrodka kabla. Tak więc, np. złącza przelotowe w miejscach przejścia z kabla ziemnego na rzeczny uszczelniają i zabezpieczają kabel rzeczny. Przegrody gazoszczelne wykonuje się przez zalanie wolnej przestrzeni w zwykłym złączu kablowym zalewą kablową, zawierającą w swoim składzie kalafonię. Należy uważać, aby płynna zalewa przeniknęła cały środek pomiędzy żyłami kabla. Przegrody gazoszczelne są stosowane w terenach spadzistych i specjalnie w kablach morskich. Stosując gazoszczelną przegrodę zawsze chodzi o to, żeby zatrzymać szybko przenikającą wodę wzdłuż kabla. Całkowite zatrzymanie przenikania wody jest niemożliwe nawet wówczas, gdy tulejki i papierowa izolacja żył zostaną podziurawione w miejscu przegrody za pomocą szczypic do dziurkowania, umożliwiających całkowite wypełnienie zalewą kablową wolnej przestrzeni w złączu

i między izolacją papierowo-powietrzną. W kablach o izolacji papierowo-powietrznej przenikanie wody jest opóźnione wskutek pęcznienia papieru. W kablach współosiowych i symetrycznych o styrofleksowej izolacji żył, woda przy niekorzystnym położeniu kabla może przenikać łatwo na odległość setek metrów. Tego rodzaju uszkodzenie pociąga za sobą mnóstwo długotrwałych i kosztownych zabiegów naprawczych. W kablach o izolacji styrofleksowej (typu 17a) prędkość zalewania wodą ośrodka kabla wynosi 0,5 m/min. W kablach współosiowych, czteroparowych przenikanie wody jest znacznie szybsze i wynosi 1,7 m/min. Bezpieczeństwo i ciągłość ruchu specjalnie dla kabli z torami nośnymi, w których wykorzystuje się często 1920 kanałów na dwóch parach współosiowych, ma wielkie znaczenie ekonomiczne i gospodarcze.

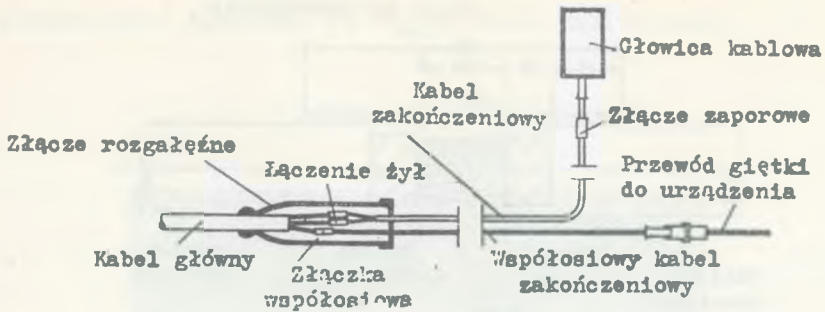
W ostatnich latach wysunęła się na czoło koncepcja, aby obok normalnej kontroli elektrycznej stanu kabli zastosować kontrolę mechaniczną za pomocą ciśnienia lub przepływu gazu w kablach. Przy elektrycznej metodzie kontrolnej uszkodzenia izolacji, które występują po uszkodzeniu ołowianej powłoki kabla, mogą być ustalone dopiero wówczas, kiedy wilgoć przeniknie do wnętrza kabla. Oczywiście, tego rodzaju uszkodzenia są lokalizowane i usuwane w porę, tak że nie odczuwa się wielkich zaburzeń w ruchu telekomunikacyjnym. Przy zastosowaniu ciśnienia gazu uszkodzenia powłoki ołowianej kabla są wykrywane wcześniej zanim wilgoć przeniknie do ośrodka kabla, gdyż gaz wydostający się z kabla w miejscu uszkodzenia przy małych nieszczelnościach powłoki przeszkadza

wdzieraniu się wilgoci. Bliższy opis budowy i działania kontroli ciśnieniowej powłok ołowianych kabli oraz lokalizację uszkodzeń podają książki i instrukcje.

Przy opisywanej kontroli ciśnieniowej, pracującej na pewnych urządzeniach kablowych jest konieczne stosowanie przegród gazoszczelnych, stanowiących pneumatyczną zapórę w określonym miejscu kabla. Technika kontroli ciśnieniowej zakłada możliwie zupełną gazoszczelność ołowianej powłoki kabla na całej długości zestroju kabli. Warunek ten jest jak najbardziej spełniony przez zastosowanie lutowania ołowianych osłon złączowych spoiwem cynowym. Głowice kablów i skrzynie symetryzacyjne muszą być oddzielane od kabla przez pneumatyczne przegrody gazoszczelne. Gumowe uszczelnienia tych zespołów okazały się niedostatecznie szczelne.

W Niemczech Zachodnich stosuje się hermetyczne zabezpieczenie kabli w złączach rozgałęźnych przy kablach zakończeniowych (TKZ). W ZSRR i w Niemieckiej Republice Demokratycznej przyjęto sposób, według którego możliwa jest jeszcze kontrola ciśnieniowa prawie całych odcinków kabli zakończeniowych. Przegrody gazoszczelne są wtedy wykonane w pobliżu głowic kabli zakończeniowych lub kabli magistralnych (rys. 1).

W Niemczech Zachodnich mufa gazoszczelna zakończeniowa jest wykonana z blachy stalowej. Posiada ona dwie komory oddzielone od siebie ścianką działową w miejscu łączenia żył. W ściance działowej znajdują się przewody wtopione w perełki szklane względnie gazoszczelne przejścia dla żył par współosiowych. Dalsze prowadzenie żył

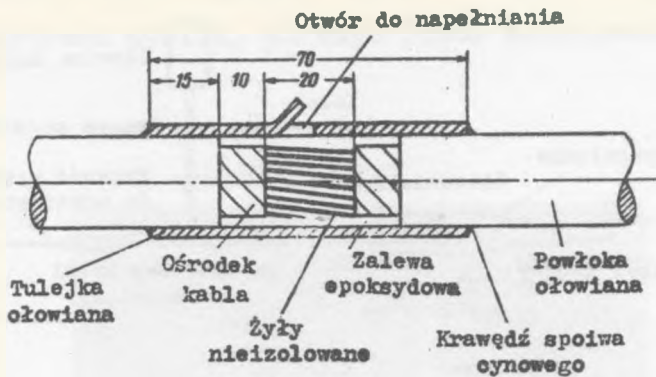


Rys. 1. Rysunek poglądowy gazoszczelnego zakończenia kabla

kabli symetrycznych do łączówek wykonuje się kablem zakończonym o izolacji z tworzyw sztucznych.

Przez zastosowanie poniżej opisanej gazoszczelnej przegrody można uniknąć stosowania konstrukcyjnie skomplikowanego, gazoszczelnego złącza kabla zakończeniowego oraz kabli TKZ o izolacji z tworzyw sztucznych. Do zakończenia par współosiowych są już w handlu gazoszczelne głowice kabli współosiowych.

Konstrukcja przegrody gazoszczelnej jest przedstawiona na rys. 2. Przegroda gazoszczelna powstaje w kablu, jeżeli na długości od 2 cm do 4 cm wolną między żyłami i powłoką kabla przestrzeń wypełniono płynnym niehygroskopijnym materiałem izolacyjnym, który po zastygnięciu tworzy szczelne ciało stałe. Jako materiał izolacyjny na przegrody nadaje się szczególnie żywica do zalewania. Posiada ona dobre właściwości elektryczne i wysoką wytrzymałość mechaniczną. Osobliwością nowej przegrody gazoszczelnej jest to, że zbyteczne jest wykonywanie mufy

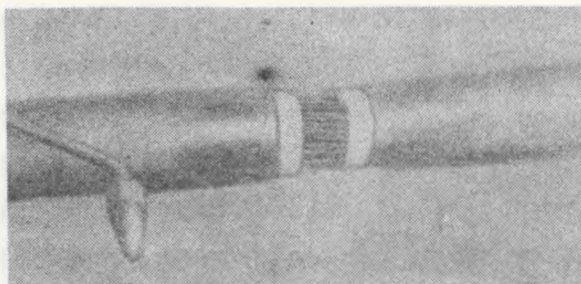


Rys. 2. Przegroda gazoszczelna w przekroju wzdłużnym zaporowej w miejscu łączenia żył dwóch odcinków kabla. Wystarczy w dowolnym miejscu kabla wykonać otwór w powłoce ołowianej. Po otwarciu kabla należy papierową izolację żył wypalić, a folię styroflexową stopić i całą wolną przestrzeń wypełnić roztopioną żywicą.

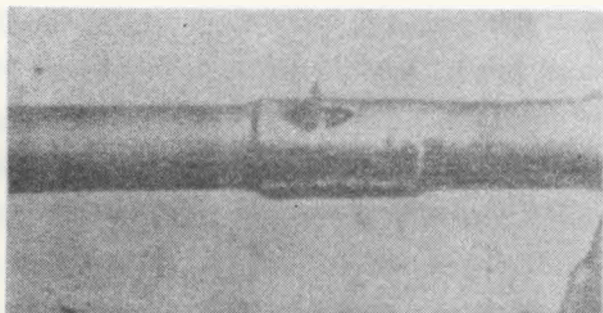
Kolejność czynności przy wykonywaniu gazoszczelnej przegrody jest następująca:

- 1) w odległości 50 cm od głowicy kablowej usunąć na długości około 20 mm ołowianą powłokę kabla zakończeniowego;
- 2) izolację żył wypalić względnie wytropić (rys. 3);
- 3) na obydwu stronach ołowianej powłoki kabla odchylić nieco brzegi powłoki na długości około 10 mm;
- 4) nałożyć na powłokę ołowianą kabla ołowianą osłonę tak, żeby zachodziła na powłokę po 15 mm z każdej strony i zlutować osłonę z powłoką za pomocą spoiwa cynowego Sn 30 (rys. 4);

- 5) wykonać otwór w górnej części osłony i zalać wolną przestrzeń żywicą, po czym otwór zalutować.



Rys. 3. Widok żył kablowych odizolowanych przez wypalanie lub wytopienie izolacji



Rys. 4. Wygląd zewnętrzny osłony cłowiąnej przegrody gazoszczelnej po zalutowaniu (widać kawałek odgiętej powłoki okłówanej dla utworzenia wlewu)

W celu uzyskania skutecznej przegrody konieczne jest przy kablach do 30 mm średnicy usunięcie izolacji żył na szerokości 20 mm, dzięki czemu żywica może dokładnie

uszczelnić każdą żyłę kabla. Izolacji nie można wypalać płomieniem lecz starać się wytworzyć żarzenie z odpowiednią ilością doprowadzonego tlenu. Zaleca się zapalić papier izolujący żyły płomieniem propanowo-tlenowym i w tym samym momencie odciąć dopływ propanu. Doprowadzenie tlenu należy odpowiednio regulować, aby utrzymać proces żarzenia. Pozostałości z wypalenia usunąć za pomocą twardego pędzla przy jednoczesnym wydmuchiowaniu powietrzem tak, aby gołe żyły kabla były wyraźnie widoczne. Do wytapiania izolacji styrofleksowej stosuje się gorące powietrze. Można to łatwo wykonać na miejscu montażu za pomocą zwykłej benzynowej lampy lutowniczej i zbieżnej nasadki rurkowej o długości 30 cm. Przy wytapianiu styrofleksu nie pozostają resztki spalania. Do zalewania przegród gazoszczelnych może być z dobrym wynikiem stosowana żywica epoksydowa utwardzana na gorąco lub na zimno, produkowana przez zakłady VEB Leuna-Werke "Walter Ulbricht" pod nazwą handlową "Epilox". Utwardzany na gorąco Epilox (np. EG 1) zostaje oddzielnie z dostosowanym doń utwardzaczem (kwaśny wodorek ftalowy) stopiony przez podgrzewanie do temperatury około 135°C . Następnie miesza się je razem przy jednakowej temperaturze. Mieszanka żywicy epoksydowej z utwardzaczem nadaje się do użytku około 30 do 45 minut, po czym gęstnieje i nie daje się wylewać. Do zupełnego stwardnienia potrzeba około 18 godzin. Aby uzyskać jednolitą masę z oddzielonych od siebie żywicy i utwardzacza, należy je stale mieszać, obserwując temperaturę. Zaleca się stosowanie grzejnika propanowego z dwoma palnikami. Do topienia nadaje się ty-

giel porcelanowy. Palnik, tygiel, termometr i zbiornik na propan umieszcza się w jednej skrzynce, aby w czasie pracy mieć je pod ręką.

Epilox utwardzany na zimno (np. EGK 19) należy na krótko przed użyciem starannie wymieszać z utwardzaczem Nr 5 w stosunku 10:1. Mieszanka nadaje się do zalewania przez około 30 minut. Żywica epoksydowa utwardza się po upływie 6 godzin. Ostateczne utwardzenie jest zakończone dopiero po wielu dniach.

W Związku Radzieckim znana jest również podobna metoda do pneumatycznego uszczelniania kabli telekomunikacyjnych. W metodzie tej zastosowano żywicę epoksydową. Odcinki kabli opuszczające fabrykę mają w pewnej odległości od obu końców wbudowane przegrody gazoszczelne. Po wykonaniu złącza przelotowego na trasie kabla, przegrody gazoszczelne wykonane w fabryce znajdują się z dwóch stron złącza.

Opisane przegrody gazoszczelne zalewane żywicą epoksydową utwardzaną na zimno stosuje się obecnie w NRD szeroko przy gazoszczelnym przegradzaniu kabli torami symetrycznymi na wszystkich odcinkach wzmacniakowych nowo ułożonej współosiowej linii kablowej Praga-Berlin na odcinku od granicy kraju do Berlina.

ZASTOSOWANIE METODY WYPALANIA DO LOKALIZACJI
USZKODZEŃ KABLI TELEKOMUNIKACYJNYCH

P. Meya, KDT, Berlin: Anwendung des Einbrennverfahrens zum Orten von Kabelfehlern. Fernmelde Praktiker nr 5, 1963, str. 97-99 i Fernmelde Praktiker, nr 6, 1963, str. 127-130.

1. WIADOMOŚCI OGÓLNE

1.1. WSTĘP

Wiadomo, że jeżeli oporność izolacji między żyłami kabla w miejscu uszkodzenia jest duża, to za pomocą pomiarów jest bardzo trudno dokładnie wyznaczyć to miejsce. Również trudno jest wyznaczyć za pomocą dotychczas znanych metod pomiarowych i lokalizacyjnych miejsce przebicia izolacji, spowodowane napięciem probierczym lub wyładowaniem atmosferycznym. Przebicia takie występują nie tylko na kablach współosiowych, lecz także można je często obserwować na symetrycznych kablach telekomunikacyjnych, na których pracują urządzenia telefoniczne zdalnie zasilane. Jeżeli np. przy próbach napięciowych, przeprowadzanych w czasie lub po montażu krótkiego lub dłuższego odcinka kabla, wystąpią na przewodach, przeznaczonych do zdalnego zasilania urządzeń, przebicia izolacji lub krótkotrwałe przeskoki napięcia, to zgodnie z przepisami bezpieczeństwa pracy kabel ten nie może być użyty do zdalnego zasilania urządzeń.

Wady izolacji wykrywane w czasie montażu kabla wywołane są częściowo uszkodzeniami powstałymi w czasie transportu, a częściowo spowodowane wadami ukrytymi materiałów. Mogą powstawać również przy wykonywaniu złączy, jeżeli te prace nie są prowadzone z dostateczną starannością. W przeważającej większości przypadków przy kablach o izolacji polistyrenowej (styrofleksowej¹⁾), osłabienie wytrzymałości elektrycznej na przebicie następuje w czasie zalewania złączy, na skutek przegrzania polistyrenu (około 90°C).

Jeżeli przebicie izolacji wystąpi w czasie prób napięciowych lub w czasie pracy kabla, należy natychmiast temu zaradzić. Szybkie usunięcie stwierdzonej wady jest zależne od dokładności pomiarów, które przy obecnie znanych metodach są związane z dużymi trudnościami, wymagają dużo czasu, a uzyskane wyniki w większości przypadków są niezadowolające. Szczególnie trudno jest zlokalizować dokładnie uszkodzenie, jeżeli oporność izolacji w miejscu uszkodzenia jest duża, co w praktyce zdarza się bardzo często.

W celu zmniejszenia oporności izolacji w miejscu uszkodzenia wprowadza się obecnie do eksploatacji urządzenia wypalające, które przez "wypalanie" wysokoomowych

¹⁾ Nazwa "polistyren" jest tu może niewłaściwie zastosowana, gdyż do izolowania żył kablowych stosowany jest styrofleks, tj. polistyren poddany pewnej obróbce termicznej (patrz artykuł 1 w niniejszym zeszycie - przyp. red.).

oporności izolacji pomiędzy wszystkimi żyłami kabli symetrycznych lub pomiędzy pojedynczymi żyłami albo żyłami sygnalizacyjnymi (ekran miedziany) z jednej strony a powłoką kabla z drugiej strony zostają utworzone połączenia przewodzące, umożliwiające szybkie i dokładne lokalizowanie miejsca uszkodzenia za pomocą zwykłych metod pomiarowych. Również przebicia i krótkotrwałe przeskoki napięcia przez izolację w kablach współosiowych można za pomocą procesu wypalania zmniejszyć w ciągu kilku minut w oporność izolacji poniżej $0,1\Omega$ lub doprowadzić do zwarcia. We wszystkich przypadkach należy przestrzegać zasady, że napięcie użyte do wypalania nie powinno znacznie przekraczać dopuszczalnego napięcia probierczego, gdyż tylko wtedy możemy ustrzec kabel przed całkowitym zniszczeniem. Zrozumiałe jest również, że urządzenia do wypalania mogą być stosowane tylko do kabli niepupinizowanych. Jeżeli muszą być użyte do kabla pupinizowanego, to cewki pupinizacyjne muszą być wyłączone przed procesem wypalania.

Na podstawie dokładnych badań przebiegów fizycznych, zachodzących przy wypalaniu takich uszkodzeń izolacji za pomocą sztucznie wywołanego łuku elektrycznego lub przebicia, stwierdzono, że nie ma żadnych obaw, aby kabel w miejscach dobrych (wytrzymałych napięciowo) uległ uszkodzeniu, jeżeli fizyczne procesy wypalania są znane i przestrzegane. Bez znajomości przebiegu wypalania nie możliwe byłoby skuteczne zastosowanie przyrządów do wypalania.

W poniższym opracowaniu są podane tylko ogólne wiadomości

mości i wskazane niektóre możliwości, pozwalające za pomocą metody wypalania zamieniać duże oporności izolacji lub przebicia na oporności małe, a nawet na zwarcia. Wskazane zostaną również znane metody lokalizacji, które w czasie lub po procesie wypalania umożliwiają bardzo dokładnie zlokalizowanie miejsca uszkodzenia.

1.2. Ogólne zasady wypalania

Jeżeli w czasie pracy lub prób napięciowych nastąpi przebicie izolacji kabla, to materiał izolacyjny w miejscu przebicia ulega zwęgleniu i dzięki własnościom przewodzącym węgla staje się przewodnikiem. Powstaje w ten sposób przewodzące połączenie pomiędzy żyłami a powłoką kabla albo między żyłami toru współosiowego. Oporność takiego połączenia może być bardzo różna. Najczęściej jednak prąd płynący przez to połączenie jest zbyt mały, żeby można było zastosować zwykłe metody lokalizacji uszkodzenia.

Urządzeniu wypalającemu stawia się wymaganie, żeby proces wypalania w poszczególnych fazach miał przebieg ciągły od przeskoaku iskrowego, poprzez łuk elektryczny, aż do utworzenia stałego mostka węglowego lub zwarcia.

1.3. Proces i metody wypalania

Przebiegający przez różne fazy proces wypalania może być tylko wtedy skuteczny, jeżeli w miejscu uszkodzenia izolacji wytworzy się więcej węgla niż zdąży się go spalić w powietrzu, często nawet zawilgoconym. Jeżeli moc

dostarczana przez urządzenia wypalające jest za mała, to wystąpi znany efekt, że już istniejąca oporność, którą chcieliśmy zmniejszyć, znacznie wzrośnie. W tym przypadku już istniejący węgiel został spalony w tlenie z powietrza. Spalanie za pomocą urządzenia do wypalania może przebiegać również i w ten sposób, że na skutek kolejnego wytwarzania się węgla i jego spalania, materiał izolacyjny innych żył ulega niszczeniu, a zwarcie jednożyłowe zamienia się w zwarcie wielożyłowe.

W pewnych przypadkach, np. przy niekorzystnych warunkach atmosferycznych, w celu uzyskania dostatecznej ilości węgla, wymagana jest większa moc przyrządu wypalającego. Dotychczasowe próby wykazały, że przyrządy wypalające o mocy około 8 kW odpowiadają wszystkim koniecznym wymaganiom. Wymaga się jednak, aby stosunek prądu do napięcia oddawanej mocy był regulowany we właściwych stopniach, np.: 20 kV/0,4 A, 3 kV/3 A, 1 kV/6 A lub 100 V/60 A. Nieuniknione przełączania przy regulowaniu tego stosunku przerywają proces wypalania.

Wielokrotnie wykazano, że znaczna część uszkodzeń nie daje się wypalić, jeżeli przełączanie trwa kilka sekund. Natomiast czasy przełączania od 0,3 sek do 0,5 sek nie mają dostrzegalnego wpływu na przebieg procesu. Badania te doprowadziły do wniosku, że takie krótkie czasy przełączeń, przy równoczesnym zachowaniu wszystkich innych wymagań pracy i bezpieczeństwa, może spełnić tylko pełna automatyzacja procesu wypalania. Dlatego idealny przyrząd do wypalania musi być tak zbudowany, żeby podczas skokowych zmian mocy zachodzących na mostku węglowym u-

trzymać na nim w prosty sposób stałą temperaturę (800°C), wymaganą dla prawidłowego przebiegu procesów przemiany.

Ze względu na często niezadowalające wyniki wypalania i skomplikowanie układów przełączających, stosowanych przy kombinowanych przyrządach wypalających na prąd zmienny i stały, coraz większe znaczenie zyskuje w ostatnich czasach rezonansowa metoda wypalania.

1.4. Przebieg wypalania przebieć izolacji w kablach

Znane przyrządy do wypalania uszkodzeń w kablach mają wspólną wadę, że na skutek dużej własnej oporności wewnętrznej nie oddają wystarczającej ilości energii w czasie wypalania, gdyż malejąca oporność w miejscu uszkodzenia powoduje spadek napięcia na ich zaciskach wyjściowych. Może to spowodować zanik uszkodzenia kabla. Wprawdzie przyrządy z przełączalną opornością wewnętrzną mogą podtrzymać łuk elektryczny, jeżeli zostaną szybko przełączone, zanim nastąpi przerwa łuku, jest to jednak możliwe przy torach napowietrznych i przy krótkich odcinkach kabli wprowadzeniowych o bardzo małej pojemności, ale nie może mieć miejsca, jeżeli równoległe do łuku istnieje znaczna pojemność kabla, która działa jak kondensator gasikowy. Powoduje ona przerwanie łuku po jego pojawieniu się, ponieważ pojemność rozładowująca się przez łuk, powoduje spadek napięcia, aż do czasu ponownego naładowania pojemności. W takich przypadkach przełączenie następuje zwykle za późno. Ponieważ czas rozładowania jest tylko ułamkiem czasu ładowania, oporność przejścia

w miejscu uszkodzonym może ponownie wzrosnąć, a łuk elektryczny będzie przerywany przy każdym przebicciu. Żeby ponowne ładowanie było dostatecznie szybkie, stała czasu ($\tau = RC$) oporności wewnętrznej generatora R i pojemności kabla C musi być bardzo mała.

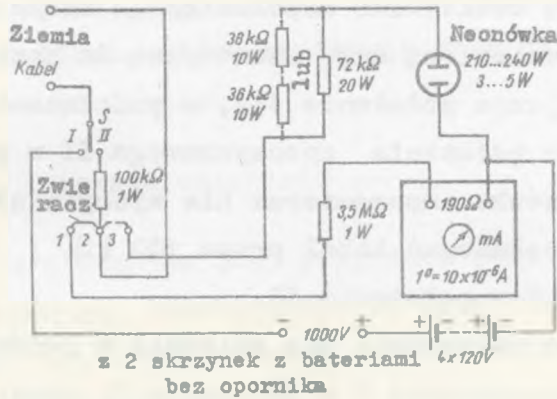
W ramach niniejszego artykułu trudno zajmować się zasadami działania różnych metod i urządzeń do wypalania oraz rozpatrywać ich zalety lub wady. Zwrócono tylko uwagę na użyteczne możliwości techniki wypalania przy lokalizacji uszkodzeń kabla, które mogą stanowić wskazówki do praktycznego stosowania. Wydaje się jednak konieczne opisać w krótkim zarysie schemat przyrządu na prąd stały do badań przepięciowych, zasilanego z baterii anodowych. Podaje się również krótki opis przyrządu do prób napięciowych i do wypalania, zasilanego prądem zmiennym, pracującego metodą rezonansową. Wyczerpujący opis budowy, łączenia i sposobu działania specjalnych przyrządów do prób napięciowych i do wypalania zostanie obszerniej podany po uzyskaniu danych z zakładów doświadczalnych.

2. BUDOWA I ZASADA DZIAŁANIA PRYZRZĄDÓW STOSOWANYCH DO PRÓB NAPIĘCIOWYCH I WYPALANIA KABLI NA PRĄD STAŁY I ZMIENNY

2.1. Przyrząd do prób napięciowych i wypalania na prąd stały produkcji VEB Fernmeldekabel-Anlagebau (1952)

Przyrząd zbudowano w 1952 r. według własnych doświadczeń i wytycznych jako konieczny do badania

wytrzymałości elektrycznej izolacji styrofleksowej kabla współosiowego, 17-parowego. Przyrząd był przeznaczony do wykonywania prób napięciowych w czasie układania kabla. W późniejszym okresie /1959/ został zastosowany do badań napięciowych telefonicznego kabla symetrycznego, na którym przewidziano pracę zdalnie zasilanych urządzeń stacyjnych. Na rys. 1 podano schemat przyrządu.



Rys. 1. Schemat przyrządu do prób napięciowych i wypalania na prąd stały na napięcia od 500 V do 1500 V

Przyrząd został opracowany na napięcia probiercze od 500 do 1500 V. Cztery baterie anodowe po 120 V są połączone szeregowo ze wskaźnikami, amperomierzem lub neonówką oraz z odpowiednimi opornikami ochronnymi. Wymienione urządzenia zostały umieszczone w jednej obudowie. Jak widać z rysunku, napięcie stałe 1000 V jest pobierane z dwóch innych skrzynek z bateriami (bez oporników). Napięcie próby otrzymuje się przy zwarceniu zacisków c-

znaczonych "kabel" i "ziemia" dla I położenia przełącznika S oraz przy zwieraczu w położeniu 1-2. Jeżeli amperomierz wskaże wtedy "a" działek, to

$$E = 10 \cdot 10^{-6} \cdot a \cdot 3,5 \cdot 10^6 = 35a$$

Próbie napięciową kabla przeprowadza się w ten sposób, że po zastosowaniu wszystkich środków ostrożności, włącza się żyłę wewnętrzną współosiowego kabla do zacisku "kabel", a uziemioną żyłę zewnętrzną do zacisku "ziemia". Zwieracz zajmuje położenie 1-2, a przełącznik S przedstawia się z położenia spoczynkowego II w położenie I. Jeżeli wskazówka amperemierza nie wychyli się na stałe, to należy rozładować kabel przez $100 \text{ k}\Omega$, przełączając przełącznik S w położenie II.

Następnie przestawia się zwieracz w położenie 2-3 i przechyla przełącznik S w położenie I, przez co włącza się obwód neonówki ze stosunkowo małym oporem, i przykładając do kabla napięcie probiercze od 1 do 2 minut. Bezpośrednio potem rozładowuje się kabel przełącznikiem S w położeniu II. Jeżeli izolacja kabla ulegnie przebiciu, to neonówka zaświeci się. Natężenie światła neonówki zależy od oporności łuku elektrycznego w kablu. Jarzenie rozpoczyna się przy oporności izolacji około $90 \text{ M}\Omega$, jeżeli napięcie probiercze wynosi $E = 1500 \text{ V}$.

2.2. Przyrząd do wypalania uszkodzeń w kablu typu T 15/1

2.2.1. Zastosowanie przyrządu

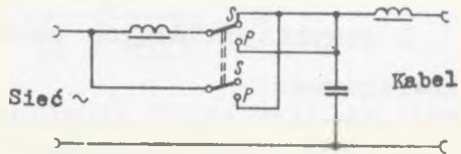
Przyrząd typu T 15/1 służy do wypalania wysokoomowych uszkodzeń kabla. Za pomocą tego przyrządu można wypalić

prądem zmiennym trudne do lokalizacji wysokoomowe uszkodzenia izolacji w kablach, co pozwala na zastosowanie zwykłych metod pomiarowych i przyrządów przy dokładnym wyznaczaniu miejsca uszkodzenia.

Przyrząd jest wytrzymały na zwarcie i posiada bardzo małą oporność wewnętrzną. Według przepisów VDE 0255/51 § 11 przyrząd ten może być używany również do prób napięciowych prądem zmiennym na kablach ułożonych i pracujących, ale wykazujących wady. Dzięki temu można wykryć błędy w kablach, które występują przy działaniu prądu zmiennego na dielektryk.

2.2.2. Budowa i zasada działania

Podstawowym elementem tego przyrządu jest obwód rezonansu szeregowego, dostrojonego do częstotliwości sieci 50 Hz (rys. 2). Dobroć obwodu rezonansowego (Q) określa wielkość amplitudy napięcia na kondensatorze w rezonansie i jest tak dobrana, że na kondensatorze otrzymujemy napięcie bierne około 1000 V. Pobór prądu z sieci wynosi wtedy około 10 A.



Rys. 2. Schemat przyrządu T 15/1

W czasie wypalania powstaje w miejscu uszkodzenia łuk elektryczny. Natężenie prądu wypalania jest wtedy rzędu 50 do 200 A (w zależności od oporności żył kabla). Jeżeli oporność w miejscu uszkodzenia staje się mała, to łuk elektryczny gaśnie. Cewki indukcyjne można wtedy

przyłączyć równolegle, a uszkodzenie może być wypalone (praktycznie biorąc aż do zwarcia). Oporność wewnętrzna przyrządu jest tak dobrana, żeby podczas wypalania oddawana przez urządzenie moc wynosiła maksymalnie 0,5 kW. Przyrząd do wypalania pracuje jako generator niewrażliwy na zwarcia, dzięki czemu jest zabezpieczony przed uszkodzeniami. Pobór prądu z sieci przy zwarciu zacisków wyjściowych wynosi około 2 A.

2.2.3. Teoretyczne rozważania nad obwodem rezonansu szeregowego

Obwód rezonansu szeregowego dostrojony do 50 Hz przyłącza się do sieci o napięciu skutecznym 220 V. Dobroć tego obwodu jest $Q = 3,6$. Oporności biernie kondensatora $C = 33 \mu\text{F}$ i cewki indukcyjnej $L = 310 \text{ mH}$ wynoszą

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} = 100 \Omega$$

Z powyższych danych obliczamy oporność dla rezonansu szeregowego

$$R_s \approx 27,5 \Omega$$

oraz skuteczne natężenie prądu w rezonansie

$$I = \frac{220}{27,5} = 8 \text{ A}$$

Prąd ten płynąc przez oporność bierną $\frac{1}{\omega C} = 100 \Omega$ wytwarza napięcie biernie $U = 800 \text{ V}$, które zostaje przyłożone do kabla. Oporność wewnętrzna jest równa oporno-

ści obwodu rezonansowego równoległego

$$R_r = \omega L \cdot Q = 360 \Omega$$

To znaczy, że napięcie na kondensatorze zmienia się znacznie dopiero wtedy, gdy oporność w miejscu uszkodzenia kabla osiąga wartość rzędu 5 k Ω .

Napięcia wyjściowe dla różnych oporności R w miejscu uszkodzenia oblicza się wg wzoru:

$$U_w = 800 \cdot \frac{R}{R + 360} [V]$$

Prąd płynący przez oporność uszkodzenia R wynosi wtedy:

$$I_R = \frac{800}{R + 360} [A]$$

Z powyższego oblicza się moc, która przy istnieniu pojedynczej oporności wypala uszkodzenie:

$$P = 6,4 \cdot 10^5 \cdot \frac{R}{(R + 360)^2} [W]$$

Jeżeli maksymalna moc wypalania P zostanie przekroczona, można wtedy tak przełączyć cewkę, aby jej indukcyjność wynosiła 1/10 indukcyjności początkowej. Wtedy maleje oporność bierna cewki, która dla małych wartości oporności izolacji w miejscu uszkodzenia decyduje o wielkości prądu. Po przełączeniu cewki prąd wypalający rośnie dziesięciokrotnie. Osiąga on wtedy wartość rzędu 20A. Jak z powyższego wynika, moc wypalania przy pojedynczych opornościach uszkodzeń zwiększa się więc stokrotnie.

3. METODA PRACY

3.1. Zastosowanie przyrządu do wypalania w kablach o torach symetrycznych

Jeżeli przy zewnętrznych uszkodzeniach kabla nastąpi zmniejszenie oporności izolacji (zwarcie wysokoomowe) przez przenikającą z ziemi wilgoć lub skutek dostania się wody do ośrodka kabla, zostanie on całkowicie zalany (zwarcie z ziemią wszystkich żył), wówczas lokalizacja miejsca uszkodzenia za pomocą znanych klasycznych metod jest trudna i nie prowadzi do jednoznacznego wyniku pomiarów.

Przy pomiarach metodą mostkową wymaga się, ażeby oporność izolacji pomocniczych żył pomiarowych zarówno między sobą, jak i względem powłoki (ziemia) była większa niż oporność izolacji między uszkodzonymi żyłami i powłoką. Jeśli żyły zewnętrznej warstwy kabla leżące blisko powłoki wykazują małą oporność izolacji lub prawie zwarcie do ziemi (wartość oporności izolacji bliska zera), a żyły warstw wewnętrznych są prawie dobre, wówczas wyżej wymagany warunek jest spełniony. Jak już wspomniano, w czasie procesu wypalania istnieje możliwość, że izolacja jednej żyły przepali się od drugiej i między tymi dwoma żyłami nastąpi zwarcie. W takim przypadku dokładna lokalizacja uszkodzenia jest możliwa zarówno metodami klasycznymi, jak również metodą impulsową (za pomocą impulsowych lokalizatorów uszkodzeń). Wtedy istnieją szczególnie korzystne warunki lokalizacji u-

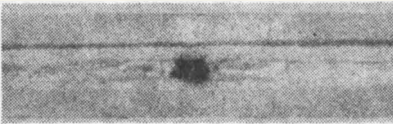
szkodzenia za pomocą dobrych szukaczy trasy kabli.

Przy wypalaniu prądem stałym wielkość oporności izolacji w miejscu uszkodzenia nie odgrywa istotnej roli, jeżeli wartość napięcia jest wystarczająca, ażeby osiągnąć wymagane przebicie iskrą elektryczną i tym samym zapoczątkować proces wypalania. Przy źródle prądu o odpowiedniej mocy uzyskuje się łuk elektryczny. W wyniku tego procesu tworzy się w miejscu łuku mostek węglowy. Istniejąca temperatura 800°C stwarza najkorzystniejsze warunki operacji. Tę temperaturę przemiany należy w miarę możliwości utrzymać jako stałą w czasie zabiegu, gdyż przy zbyt wysokich temperaturach powstaje zjawisko parowania, a przy zbyt niskich tworzą się spieki, przez co oporność izolacji znacznie wzrasta i może nastąpić przerwanie dopływu prądu przed zakończeniem operacji. Opisane zjawisko jest niepożądane, gdyż powoduje w miejscu zwarcia żył wytworzenie się dość dużych oporności izolacji.

Przy wykonywaniu zabiegu za pomocą przyrządu do wypalania typu T 15/1, według danych firmy produkującej sprzęt, oporność izolacji między dwoma przewodami podawanymi operacji powinna być większa od $1000\ \Omega$, gdyż jak opisano w rozdz. 2.2.2 i 2.2.3 przy metodzie rezonansowej napięcie przyłożone do żył kabla jest zależne od oporności w miejscu uszkodzenia. Jak wynika z charakterystyki przyrządu, najwyższą wartość napięcia $1000\ \text{V}$ osiąga się przy oporności $5 \cdot 10^4\ \Omega$. Według dotychczasowych doświadczeń z przyrządem, oporność izolacji w miejscu uszkodzenia rzędu 10^3 do $10^5\ \Omega$ pozwala na pewne przepalenie wysokoomowych oporności aż do całkowitego

zwarcia. Wprawdzie działanie to nie występuje przy każdej wadliwej pętli toru o wartościach powyżej podanych, gdyż zależy to od warunków w miejscu uszkodzenia toru, które przeciwdziałają lub wpływają korzystnie na utworzenie się mostka węglowego.

Jest znanym faktem, że materiał izolujący spala się w tlenie otaczającego powietrza na początku procesu wypalania. Węgiel wzbogaca się dopiero wtedy, gdy w otoczeniu wytworzy się ubogi w tlen gaz ochronny. Tak więc przez łuk elektryczny zostaje zwęglony nie tylko materiał izolujący i wytworzona pewna stykowa oporność przejścia, lecz także przez połączenie z parami (gazami) miedzi powstają częściowo różne oporności izolacji żył między se-



Rys. 3. Miejsce wypalania z charakterystycznymi opornościami przejścia

bą i względem ziemi. Te niskoomowe oporności przejścia (stykowe) wynoszą zwykle kilka Ω (mniej niż 10Ω) jednakże zdarzają się również większe niż 100Ω , a często wartość ich osiąga 1000Ω i więcej.

Na rysunku 3 pokazano miejsce wypalania przy wysokoomowej oporności izolacji w miejscu uszkodzenia. Wartości oporności były różnej wielkości. Pomimo różnic tych oporności miejsca z tego rodzaju wadami dają się jeszcze pomierzyć i zlokalizować z dużą pewnością i znaczną dokładnością. Wysokoomowe oporności, jak również uszkodzenia spowodowane przebicciem izolacji, które z różnych powodów (długość kabla od 6 km do 18 km) mogły być wypala-

ne tylko do oporności 1 M Ω względnie 10 M Ω . Wtedy uszkodzone odcinki zostają częściowo przepalane na znacznej długości i nie mogą być pomierzone punktowo. Wadliwe miejsca tego rodzaju muszą być wypalane całkowicie, jak np. pokazano na rys. 4. W tym przypadku chodzi o wysokomową oporność przejścia, która mogła być zmniejszona dopiero po wytworzeniu mostka węglowego między żyłami i miedzianym ekranem.



Rys. 4. Wypalone miejsce zmniejszonej oporności izolacji między żyłami i ekranem oraz żyłami i powłoką ołowianą

Jest rzeczą zrozumiałą, że metoda całkowitego, miejscowego zniszczenia kabla nie może być stosowana przy czynnych łączach w kablu.

Powinna być stosowana tam, gdzie nie ma obawy przerwy w ruchu telekomunikacyjnym w kablu wskutek opisywanych zabiegów.

Metoda jest zalecana przy kablach nowo układanych lub uszkodzonych, ale całkowicie wyłączonych z ruchu. Całkowite zniszczenie izolacji w wadliwym miejscu kabla nie powoduje żadnych ujemnych następstw dla kabla bez wad izolacji. Jak dowiedziono, metoda wypalania może być stosowana bez obawy, jeśli znane są wykonującemu fizyczne właściwości procesu wypalania oraz zostały przez niego przedsięwzięte odpowiednie środki ostrożności, przy jednoczesnym zwróceniu uwagi na przewidzianą dla danego kabla wartość wytrzymałości elektrycznej izolacji. Z drugiej strony, przy wielu innych skomplikowanych uszkodze-

niach (jak np. przebicie izolacji między żyłą i ekranem albo żyłą i powłoką) można było również bez potrzeby całkowitego zniszczenia izolacji kabla wytworzyć wolne od wad kompletne zwarcia. Przy tych wewnętrznych uszkodzeniach w większości przypadków można było pomierzyć i zlokalizować miejsca uszkodzenia zupełnie dokładnie za pomocą szukaczy trasy kabli, wykonując pomiary za pomocą cewki kontrolnej szukacza nad powierzchnią ziemi w miejscu zakopania kabla. Wykrywanie tego rodzaju defektów, występujących bądź to jako wysokoomowe oporności izolacji, bądź też jako przebicia, prawie bez wyjątku ma swoje uzasadnienie lokalizowanie przez wypalanie nie tylko z konieczności szybkiego usunięcia defektu, lecz również decydującej roli, jaką odgrywają względy ekonomiczne i gospodarcze.

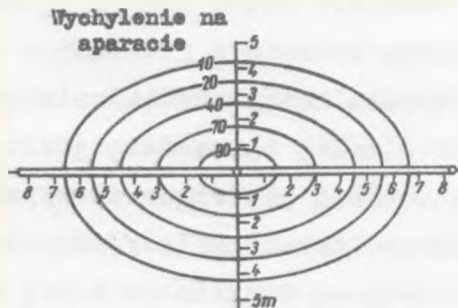
Można za pomocą nieskomplikowanych środków opanować technikę wypalania oraz poznać sprzęt. Jej główną zaletą jest możliwość osiągnięcia właściwego celu za pomocą prostych przyrządów na prąd stały lub zmienny. Z powyższych względów technika wypalania miejsc uszkodzeń powinna być w większym niż dotychczas zakresie stosowana.

Niezawodność tej metody, która dotychczas gra główną rolę tylko przy lokalizowaniu uszkodzeń kabli energetycznych, powinna być wzięta pod uwagę również w dziedzinie lokalizacji uszkodzeń, występujących na kablach telekomunikacyjnych. W istocie obecna technika wypalania przy kablach telekomunikacyjnych może być tylko tam stosowana, gdzie istnieje możliwość przełączenia ru-

chu z uszkodzonego kabla na inne relacje lub linie kablowe tak, aby uszkodzony kabel został całkowicie wyłączony z pracy i starannie izolowany na obu końcach danego odcinka.

3.2. Akustyczna metoda lokalizacji uszkodzeń

Przeskoki iskrowe, które w miejscu uszkodzenia kabla są wywołane za pomocą przyrządów do wypalania, wytwarzają w rytmicznej kolejności pole akustyczne, które można wykorzystać przy akustycznej metodzie lokalizacji uszkodzeń. Przebiegi elektryczne które w miejscu przebicia kabla wywołują zakłócenia przeskokowe lub szумы wyładowań, rozprzestrzeniają się jako fale dźwiękowe. Miejsce,



Rys. 5. Rozkład natężeń pola akustycznego na powierzchni ziemi

z którego rozchodzą się te fale, można zlokalizować nad ziemią, jeżeli zastosuje się specjalny mikrofon w połączeniu z szukaczem trasy kabla. Rozkład fal dźwiękowych, powstających przy przeskokach spowodowanych działaniem przyrządów do wypalania, pokazano na rys. 5.

Metoda akustyczna okazuje się skuteczna przede wszystkim tam, gdzie szумы powstają w miejscach występowania uszkodzenia. Rolę zasilacza spełnia tutaj pojemność żył względem powłoki kabla telekomunikacyjnego o długości około 1,2 km.

Przy lokalizacji uszkodzeń metodą akustyczną mikrofon odbierający dźwięki jest ustawiony na ziemi nad miejscem uszkodzenia, które orientacyjnie zostało zlokalizowane. Najczęściej mikrofon jest dostarczany jako wyposażenie dodatkowe do normalnych, spotykanych w handlu szukaczy trasy kabla. Zastępuje on cewkę szukacza. Konstruując mikrofon zwrócono szczególną uwagę na to, aby można go było stosować przy takich uszkodzeniach kabla, gdzie nie jest możliwe wypalanie. Pole akustyczne tworzy się wskutek przeskoków iskrowych w miejscu uszkodzenia kabla. Powstaje ono w równym stopniu przy jedno jak i wielożyłowym zwarciu z ziemią.

Metodę akustyczną można również stosować przy lokalizacji uszkodzeń o małej oporności, jeśli albo przez odpowiednie uruchomienie przyrządu do wypalania zostanie wypalone istniejące uszkodzenie /połączenie węglowe/, albo jeśli na uszkodzoną żyłę kabla z jej małą opornością zostaną podane bardzo energiczne impulsy wysokiego napięcia. Szумы powstałe wskutek przeskoków iskrowych można wyczuwać w przyrządach z odległości od 3 m do 30 m w kierunku trasy kabla od miejsca uszkodzenia. Bezpośrednio nad miejscem uszkodzenia natężenie dźwięku w słuchawce jest największe. Wskazania przyrządu mogą być akustyczne, optyczne względnie jednocześnie akustyczne i optyczne.

Przy praktycznym zastosowaniu tej metody należy brać pod uwagę następujące wskazówki. Po ustaleniu odcinka, na którym występuje uszkodzenie, należy ustalić za pomocą szukacza trasy kabla i zaznaczyć w terenie jego przebieg. Następnie dobiera się taką wielkość napięcia przyłożonego do kabla, ażeby można było utrzymać ciążość przebiegu wypalania. W przypuszczalnym miejscu uszkodzenia należy usunąć sondę, a na jej miejsce użyć mikrofonu. Przesuwając go nad powierzchnią gruntu w kierunku trasy kabla, badać teren według natężenia odbieranych dźwięków. Aparat odbierający przełączony na odbiór szerokostęgowy przyjmuje za pomocą mikrofonu fale dźwiękowe. Pole akustyczne może być odbierane za pomocą jednego lub dwóch specjalnych odbiorników. Kolejne włączenie dwóch odbiorników ułatwia wyszukanie miejsca uszkodzenia, gdyż ten odbiornik, który znajduje się bliżej, wykazuje większe odchylenia lub wyższe natężenie dźwięku. Przesuwając więc odbiorniki aż do odebrania dźwięku o największym natężeniu można zlokalizować dokładnie miejsce uszkodzenia. Przy miękkim podłożu jest celowe zastosowanie sondy. Należy ją osadzić w ziemi, a w jej otwór wprowadzić końcówkę mikrofonu. Przy twardej nawierzchni można użyć mikrofonowego stojaka. Mikrofon przetyka się przez otwór w gumowej membranie tak, aby jego końcówka wystawała nieco nad nóżki stojaka. Po ustawieniu stojaka na ziemi przesuwają się z powrotem mikrofon na właściwą odległość. Zadaniem membrany gumowej jest wywieranie potrzebnego, sprężynującego nacisku na powierzchnię ziemi.

Skuteczność metody akustycznej jest zapewniona, jeżeli zakłócenia przeskokowe, rozchodzące się w przestrzeń, będą natychmiast dokładnie rejestrowane. Mając to na względzie firma Usines Balteau S.A., Lüttich wbudowała przy swoim odbiorniku lampę sygnałową, która w rytmie przeskoków iskrowych zaświeca się. Antena ramowa ustawiona z boku trasy kabla odbiera sygnały przeskoków. Warto zauważyć, że również i prosty szukacz trasy kabli z normalną cewką szukającą przejmuje sygnały przeskoków iskrowych i wskazuje je akustycznie lub optycznie.

3.3. Metoda lokalizowania uszkodzeń par współosiowych

Często występujące uszkodzenia w postaci przebicia izolacji nie tylko w kablach symetrycznych o izolacji styrorefleksowej, przeznaczonych do pracy z urządzeniami zdalnie zasilanymi, lecz również w kablach współosiowych, zmuszają do opracowania nowych i pewnych metod pomiarowych. Niewielkie odkształcenia mechaniczne, na przykład zbliżenia między żyłami wewnętrzną i zewnętrzną pary współosiowej względnie zmęczenie izolacji, mogą spowodować przebicia i długotrwałe, trudne do zlokalizowania uszkodzenia. Przy bezpośrednich zetknięciach żyły wewnętrznej z zewnętrzną w kablach współosiowych metody lokalizacji uszkodzeń według Varley'a względnie Murray'a są niewystarczające z uwagi na bardzo małe wartości oporności żył. W tym przypadku może być z dobrym wynikiem wykorzystana metoda mostka z pomiarowym drutem ślizgowym w układzie typu Matthiessen-Hockina (skrót mostek M-H).

Metoda wyłącza całkowicie z pomiaru oporności przewodów doprowadzających. Ideowy schemat mostka przedstawia rys. 6.

Mierzona oporność x połączona szeregowo z opornikiem R łączy się z drutem ślizgowym, posiadającym skalę z równomierną podziałką. Jeden koniec przewodu galwanometru

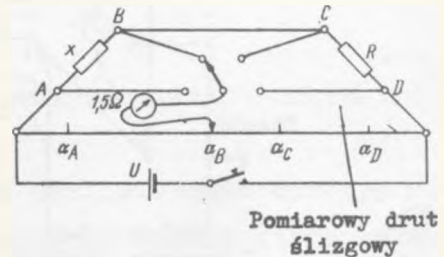
jest połączony na stałe z przewodem styku ślizgowego, drugi - może być dowolnie przyłączany do punktów mostka: A, B, C i D. Punktowi A odpowiada znajdujący się na drucie ślizgowym punkt α_A , w którym galwanometr nie wykazuje przepływu prądu. Podobnie punktom

B, C i D odpowiadają punkty α_B , α_C i α_D . Tak więc oporności: A-B tak się mają do C-D, jak odległości $\alpha_B - \alpha_A$ do $\alpha_D - \alpha_C$ na drucie ślizgowym.

Stąd można obliczyć x

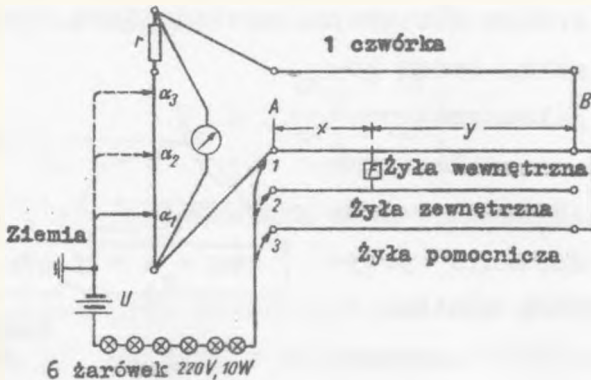
$$x = \frac{\alpha_B - \alpha_A}{\alpha_D - \alpha_C} \cdot R$$

Jeżeli trzeba zlokalizować miejsce przebicia izolacji na parach współosiowych, można przyłożyć do mostka M-H napięcie do 2000 V. Wtedy jako opornika zabezpieczającego należy użyć odpowiednich żarówek na 220 V, połączonych szeregowo, jak to widać na rys. 7. Opisaną metodę można również stosować przy przebiciach izolacji w symetrycz-



Rys. 6. Schemat ideowy połączeń mostka z drutem ślizgowym typu M-H. /Matthiessen-Hockin/

nych kablach telekomunikacyjnych, ale przy długościach nie większych niż 2 km. Przy kablach współosiowych dopuszczalne są dowolne długości przy lokalizacji chwilo-



Rys. 7, Schemat ideowy połączeń układu pomiarowego mostka M-H z mierzonym obiektem (kablem)

wo powstających i zanikających uszkodzeń. Przy przebiegach wymagane jest wysokie napięcie pomiarowe, przy czym bateria U musi być uziemiona od strony drutu ślizgowego (patrz rys. 7). Przyrząd pomiarowy powinien wykazywać małą oporność wewnętrzną. Przy praktycznym wykorzystaniu mostka M-H należy brać pod uwagę następujące wskazówki.

Uszkodzony przewód lub żyłę łączy się na oddalonym końcu z przewodem powrotnym o małej oporności (może to być jedna lub więcej czwórek tego samego kabla połączone równolegle). Drugi koniec uszkodzonej żyły przyłącza się do zacisku drutu ślizgowego mostka M-H. Do tego samego punktu przyłączyć galwanometr. Jeden biegun baterii pomiarowej U jest połączony na stałe z drutem śliz-

gowym, drugi zaś może być według wyboru dołączany do punktu 1, 2 albo 3 (rys. 7). Każdemu z tych punktów odpowiadają odpowiednie punkty α na drucie ślizgowym. Miejsce uszkodzenia oddalone od punktu pomiaru o l_x metrów oblicza się według następującego równania

$$l_x = l \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{\alpha_3 - \alpha_1}$$

gdzie: l - długość odcinka zawartą między punktami A i B, przy czym $l = x + y$.

Aby uzyskać przy pomiarach możliwie duże odstępy punktów α_1 i α_3 na drucie ślizgowym, należy starać się o to, żeby przewody doprowadzające od końca drutu ślizgowego do punktów 1 i 3 miały mniejszą oporność niż uszkodzona żyła A-B. W przeciwnym przypadku należy drut ślizgowy przedłużyć przez opornik r , który skompensuje część oporności przewodów doprowadzających. Aby przez drut ślizgowy nie przepływał zbyt duży prąd, należy pomiary 1 i 3 wykonywać przy małym napięciu. Przy pomiarze 2, jeśli przed baterią włączy się odpowiedni zestaw żarówek, można wykorzystać napięcie do 2000 V. Chodzi głównie o to, aby w miejscu uszkodzenia (na rys. 7 oznaczonym przez F), zapewnić wystarczający przepływ prądu. Pomiary lokalizacyjne należy wykonać z obydwu stron kabla.

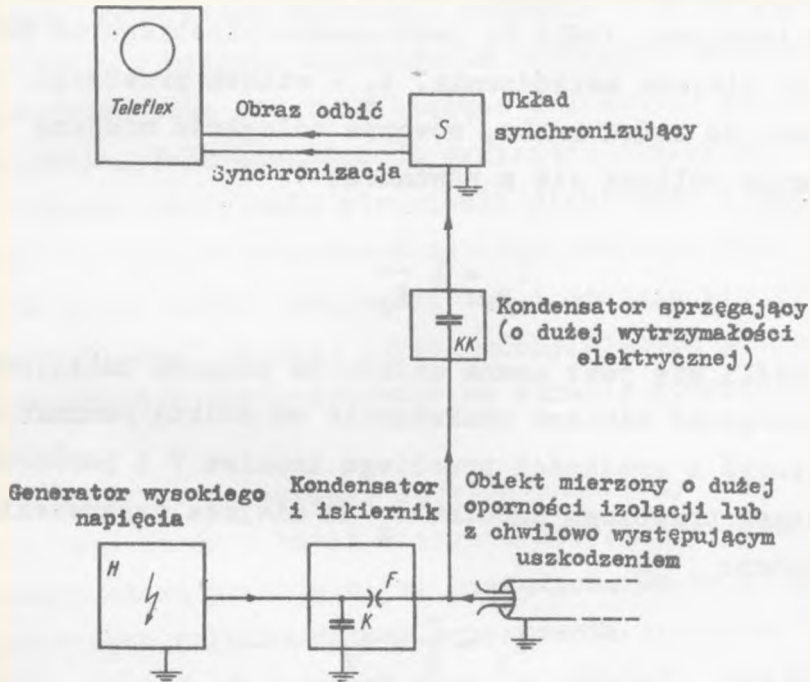
3.4. Metoda pomiaru czasu przejścia impulsu

3.4.1. Metoda lokalizacji uszkodzeń iskiernikiem kulowym i przyrządem do lokalizacji uszkodzeń kabli typu "Teleflex" T 01/2

Metoda "Teleflex" dotychczas stosowana tylko przy kablach energoelektrycznych może być również stosowana przy lokalizacji uszkodzeń symetrycznych i współosiowych torów telekomunikacyjnych, przeznaczonych do zdalnego zasilania. Należy ją głównie stosować przy lokalizacji uszkodzeń przebieg zmęczeniowych izolacji w parach współosiowych. W dalszym rozwoju metody istnieje możliwość jej zastosowania przy lokalizacji uszkodzeń z dużą opornością izolacji między żyłami, oraz przy chwilowo występujących przeskokach iskrowych.

Technika tej metody polega na wprowadzeniu do pomiaru i wspólnym połączeniu na stole pomiarowym kilku specjalnych przyrządów i sprzętu pomocniczego. Rysunek 8 ułatwi zrozumienie sposobu pracy i układu połączeń. Generator wysokiego napięcia H ładuje kondensator K. Przez iskiernik kulowy F kondensator rozładowuje się impulsowo na badanym lub uszkodzonym kablu. Impuls trwa około 5 μ s i ma regulowaną o dowolnej wysokości amplitudę. Impuls synchronizuje przyrząd lokalizujący uszkodzenie "Teleflex" poprzez kondensator sprzęgający KK i przyrząd synchronizujący S. Częstotliwość impulsów ustawiona jest na stałe i wynosi około 1 impuls na sekundę. Impuls wysokiego napięcia wędruje do miejsca uszkodzenia

i z powrotem. Przebieg impulsu zostaje uwidoczniiony na ekranie lampy oscyloskopowej.



Rys. 8. Szkic orientacyjny połączeń układu pomiarowego do lokalizacji chwilowych lub wysokoomowych uszkodzeń, występujących w kablach telekomunikacyjnych

Metoda pomiaru czasu przejścia impulsu (metoda odbitych impulsów) jest niezbędną pomocą przy lokalizacji uszkodzeń kabli. Żadna inna metoda stosowana w miernictwie telekomunikacyjnym nie przewyższa wyżej opisaną pod względem szybkości i dokładności pomiaru.

Do ustalenia odległości miejsca uszkodzenia od punktu pomiaru musi być wiadoma długość kabla albo prędkość

przebiegu impulsu w danym kablu. Mamy więc dwa sposoby obliczenia:

a. Przy znanej długości kabla l można obliczyć odległość l_x miejsca uszkodzenia ze stosunku czasów przebiegów impulsów. Jeśli t_1 jest czasem przebiegu od przyrządu do miejsca uszkodzenia, t_2 - czasem przebiegu od przyrządu do końca kabla, wówczas odległość miejsca uszkodzenia oblicza się z równania:

$$l_x = l \frac{t_1}{t_2}$$

b. Jeśli nie jest znana całkowita długość kabla, wówczas odległość miejsca uszkodzenia od punktu pomiaru można obliczyć z prędkości przebiegu impulsu V i pomierzonego czasu przebiegu impulsu t_x do miejsca uszkodzenia i z powrotem:

$$l_x = \frac{V}{2} \cdot t_x$$

Dokładność pomiaru zależy więc od tego czy znana jest dokładnie długość kabla względnie, czy znana jest prędkość przebiegu impulsu w danym torze. Dokładność odczytu za pomocą przyrządu "Teleflex" leży w granicach ± 5 ns, co odpowiada długości $\pm 0,4$ m (przy 160 m/us tj. 160000 km/s).

3.4.2. Metoda pomiaru czasu przebiegu fal bieżących

Metoda ta umożliwia za pomocą wytworzonych w kablu fal bieżących (wg układu na rys. 8) lokalizowanie uszko-

dzeń o dużej oporności izolacji w miejscu uszkodzenia względnie chwilowo powstających i zanikających wadach w kablach. W tym celu kondensator K i iskiernik kulowy F zostają z układu usunięte. Kabel zostaje naładowany za pomocą generatora wysokiego napięcia H aż do przeskoku iskrowego w miejscu uszkodzenia izolacji. W miejscu przeskoku rozchodzą się fale bieżące w kierunku obydwóch końców kabla. Fala biegnąca do przyrządu "Teleflex" wywołuje czasowe odchylenie strumienia elektronów i sygnalizuje w ten sposób początek przebiegu pomiaru. Fala biegnąca do końca kabla odbija się tam i dostaje się również do "Teleflexu" na parę płytek odchylających pionowo. Odbicie zostaje zarejestrowane na ekranie przyrządu jako impuls.

W praktyce pomiarowej są stosowane przy lokalizacji uszkodzeń torów i kabli energoelektrycznych inne metody pomiaru czasu przebiegu fal bieżących. Do najczęściej stosowanych należą: metoda przesuwania impulsów i metoda samowyładowań. W metodach tych są również wykorzystane wytworzone względnie powstające fale bieżące, rejestrowane na ekranach przyrządów pomiaru czasu.

3.5. Metoda lokalizacji uszkodzeń w czasie przebiegu wypalania

W praktyce okazało się, że metoda wypalania nie zawsze jest skuteczna. Od kabli współosiowych wymagana jest duża wytrzymałość elektryczna izolacji (ok. 3,5 kV).

Pomimo przeprowadzania ścisłego odbioru w zakładach produkujących kable okazało się po ułożeniu, że kable

współosiowe wykazują w niektórych miejscach zbyt małą wytrzymałość elektryczną izolacji. Za pomocą pomiarów ujawniono przebicia względnie przerywane przeskoki iskrowe. W wielu przypadkach udało się tego rodzaju wady wypalić już w stanie zmęczenia izolacji. Jeżeli jednak jest to niemożliwe, trzeba w miejscu uszkodzenia kabla wykonać całkowite wypalenie izolacji. Można to w wielu przypadkach osiągnąć za pomocą przyrządów do wypalania o dużej mocy. Trudniejsze jednak będzie wypalenie tego rodzaju miejsc uszkodzenia, jeśli przebicia lub chwilowe przeskoki występują dopiero przy napięciu przekraczającym 3 KV, albo jeśli z powodu wad w rozmieszczeniu materiału izolującego (np, przesunięcia krążków izolacyjnych) nie może się utworzyć mostek węglowy. Zdarza się, że wskutek wysokiej temperatury mostek już wcześniej się wypala. Przy tego rodzaju przebiciach izolacji par współosiowych jest pożądane, ażeby napięcie wypalania doprowadzić do jego dopuszczalnej, maksymalnej wartości, a proces wypalania z krótkimi przerwami przeprowadzić w dłuższym czasie. Po odpowiednim czasie wypalania mogą wystąpić nawet zwarcia. W większości przypadków tego rodzaju zwarcia trwają krótko w czasie wypalania. Po odłączeniu wypalającego napięcia, zwarcia najczęściej znikają, gdyż chodzi tutaj o zmiany strukturalne izolacji powstające pod wpływem wysokiej temperatury i ułatwiające przeskoki iskrowe. Przez zbliżenie lub zmiany strukturalne izolacji między żyłami wewnętrzną i zewnętrzną powstaje w jednorodnym torze pary współosiowej odbicie, które wywołuje skok oporności falowej. Te niewielkie zmiany kształtu toru wystar-

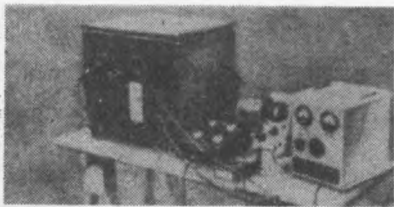
czają, aby wykorzystać metodę odbicia impulsów do lokalizacji uszkodzenia. W podobny sposób jak przy pomiarze czasu przebiegu impulsu lokalizujemy miejsce uszkodzenia. W tym miejscu impuls wychodzący ze źródła i biegnący wzdłuż toru z prędkością V , zostaje proporcjonalnie do wielkości współczynnika odbicia częściowo odbity. Odbita część impulsu zwana "echem" dochodzi po określonym czasie do początku toru. Czas przebiegu odpowiada tu podwójnej odległości od miejsca pomiaru do miejsca uszkodzenia. Jednakże amplituda impulsu wyraźnie się tu zmniejsza, co wynika z tłumienia impulsu przy przebiegu po torze w jedną i drugą stronę.

Z opisanych wskazówek stosowania przyrządów do lokalizacji uszkodzeń metodą odbitych impulsów wynika, że dla uzyskania dobrych rezultatów niezbędne jest pewne doświadczenie praktyczne.

Może się zdarzyć, że mimo wielokrotnych prób wypalania nie uzyska się ani trwałego zwarcia w miejscu uszkodzenia, ani zmian oporności falowej w torze, wówczas metoda ta nie doprowadzi do celu. Przy takich chwilowych zwarcjach, które występują tylko w czasie procesu wypalania i warunkują powstawanie pojedynczych przeskoków iskrowych lub łuku elektrycznego, a nie wywołują przy tym żadnych zmian oporności falowej, często bardzo prosta metoda lokalizacji uszkodzeń za pomocą szukacza trasy kabla daje dobre wyniki. Zwarcia, znikające przy odłączeniu napięcia wypalania, mogą być ujęte i zlokalizowane tylko w czasie procesu wypalania. Możliwość zlokalizowania uzyskuje się, stosując do wypalania prąd zmienny

50-okresowy. Wywołuje on powstawanie silnego pola magnetycznego, które może być wykorzystane przy lokalizacji uszkodzeń za pomocą szukacza trasy kabla. Wówczas w miejscu zwarcia można czas jonizacji pola tak osłabić lub całkiem znieść, że w słuchawce szukacza ton osiąga minimum lub zupełnie znika. Przy odbiorniku wskazówkowym odchylenie wskazówki jest wtedy bliskie zera. W ten sposób możliwe jest zlokalizowanie uszkodzenia bez istotnych trudności. Należy tylko odbiornik nastroić selektywnie na częstotliwość 50 Hz, gdyż wtedy wyższe harmoniczne i inne szumy zostaną przytłumione lub zupełnie wyeliminowane. W przeciwnym razie przez sprzężenie pojemnościowe, wytrzymałe na wysokie napięcie, można przy wypalaniu częstotliwością 50 Hz przesunąć częstotliwość tonu do wartości 800 do 1100 Hz. Zlokalizować przebieg kabla i miejsce zwarcia można za pomocą normalnych, handlowych szukaczy trasy kabla ustawionych na określoną częstotliwość.

Powyższa metoda może być wykorzystana przy lokalizowaniu przebiegów w kablach symetrycznych przesyłających na-



Rys. 9. Wyposażenie zestawu pomiarowego do wypalania, przeznaczonych do kabli współosiowych

pięcie zdalnego zasilania, w kablach w których przez przeskok i iskrowe mogą powstawać krótkotrwałe zwarcia. Zakres tej metody stosowania zależy od dalszych badań i prób oraz praktycznej wytrzymałości mierzących.

Często występujące w praktyce przypadki przebić izolacji i konieczność ich szybkiego usunięcia wymagają zastosowania specjalnych układów do wypalania. Na rys. 9 pokazano taki układ przygotowany do pracy. Połączenie go z agregatem napięciowym o mocy pozornej 3 kVA daje bardzo dobre wyniki przy usuwaniu przebić na parach współosiowych. Transformator 5,2 kVA jest umieszczony w skrzyni przenośnej. Na jego tablicy rozdzielczej znajduje się oprócz wyłączników napięcia wejściowego i wyjściowego sześć przełączników przyciskowych wysokiego napięcia, umożliwiających przełączanie zakresów napięcia z transformatora od 0,5 kV do 5 kV, zależnie od potrzebnego napięcia przebicia. Transformator wysokiego napięcia jest zabezpieczony czterema odpowiednio wycechowanymi bezpiecznikami automatycznymi, umieszczonymi w oddzielnej skrzynce. Przez użycie transformatora regulującego napięcie 220 V, przyłączonego do układu przed skrzynką z bezpiecznikami, jest możliwa dalsza regulacja napięcia tak, że napięcie przebicia może być dokładnie odczytane na odpowiednim przyrządzie pomiarowym. Przyrząd zwany "Impuls-Echometr" (np. Ortix 2), służący do obserwacji odchyień wartości oporności falowej najczęściej występujących krótko po wypalaniu, musi być zawsze pod ręką. Należy on jak również szukacz trasy kabla do przyrządów, stanowiących wyposażenie układu pomiarowego. Ze względów bezpieczeństwa agregat napięciowy musi być ustawiony w pewnej odległości od układu pomiarowego. Łączy się go z transformatorem regulującym napięcie dłuższymi przewodami doprowadzającymi. Praktycznie

stwierdzono, że w czasie pracy agregatu nie występują żadne uszkodzenia ani zakłócenia w poborze prądu, którego wartość wynosi od 18 A do 20 A. Przy bezpośrednim włączeniu transformatora do sieci spalają się częste bezpieczniki 10 A, a niekiedy i 20 A. Pomimo to przebieg wypalania rozwija się w bardzo krótkim czasie, nie przekraczającym 1 minuty. Szybkie i silne zmiany obciążenia agregatu odbijają się na ilości obrotów (silnie maleją). Doświadczenia z praktyki dowiodły, że praca wypalania z opisanym agregatem jest lepsza niż przy zasilaniu z sieci.

Przy pomiarach powinny być stosowane zabezpieczające obsługę gumowe maty.

4. UWAGI KOŃCOWE

Wypalanie uszkodzeń kabli zarówno na torach współosiowych, jak i symetrycznych zostało w ostatnich latach przy montażu nowych linii telekomunikacyjnych wypróbowane na bieżąco i zbadane.

Ponieważ trudno jest pomierzyć nie tylko wysokieomowe wielożyłowe uszkodzenia izolacji w kablach symetrycznych, lecz także przebicia w kablach współosiowych, zastosowano przy pomiarach telekomunikacyjnych znaną od dawna w technice pomiarów kabli energoelektrycznych metodę wypalania i osiągnięto dobre wyniki. Stwierdzono, że całkowite zniszczenie izolacji w miejscu uszkodzenia w czasie procesu wypalania nie stanowi dla niepupinizowanych i nie będących w ruchu urządzeń kablowych żadnego nie-

bezpieczeństwa. Jest konieczne, aby mierzący znał dostatecznie fizyczne właściwości procesu wypalania i warunki techniczne normalnych przebiegów wypalania. Wówczas całkowite wypalenie często trudno uchwytnych uszkodzeń może być przeprowadzone bez obawy.

Ażeby zniknąć na przyszłość długotrwałych i kosztownych prac lokalizowania tego rodzaju uszkodzeń, zaleca się, aby technika wypalania, która jest nie tylko celowa ale i opłacalna, została wprowadzona w większym niż dotychczas zakresie w dziedzinę budowy i miernictwa kabli telekomunikacyjnych. Podane wskazówki i zachęty powinny służyć przede wszystkim temu, aby zapoznać praktyków z problemami nowej techniki. Należałoby dążyć do zebrania dalszych wiadomości i doświadczeń aby rozbudować techniczny stan procesów wypalania.

WYKAZ LITERATURY

1. Kupfmüller K.: Einführung in die theoretische Elektrotechnik. Springer-Verlag, Berlin (Göttingen) Heidelberg 1962.
2. Kaden H.: Impulse und Schaltvorgänge in der Nachrichtentechnik. Verlag Oldenbourg, München 1957.
3. Graf W.: Das Kabelsuchgerät und seine Anwendung. Telegraphen- und Fernsprechtechnik 25, 1936, z. 3.
4. Behrend P.: Theorie der Impulstechnik auf Koaxialkabeln. Zeitschrift für angewandte Physik 5, 1953, z. 2.

5. Henneberg H.: Eine neue Kabel-Brenn- und Prüfeinrichtung. Siemens Zeitschrift 31, 1957, z. 5.
6. Henneberg H.: Ein neues Punktortungssystem für Starkstrom-Erdkabel. Siemens Zeitschrift 33, 1959, z. 11.
7. Rosen-Runge A.: Resonanzeinbrenngeräte für Kabelfehler. Elektrizitätswirtschaft 56, 1957, z. 20.
8. Nirrgarten A.: Arbeiten mit Einbrenngeräten an Fernmeldekabeln Elektrizitätswirtschaft 57, 1958, z. 22.
9. Steinhuer H.: Die punktgenaue Nachortung bei Kabelfehlern. Elektrizitätswirtschaft 60, 1961, z. 5.
10. Kieler Howaldtswerke: Beschreibungen und Bedienungsanweisungen.
11. Bauer H. und Weissker F.: Die Fehlerortung an Fernsprechleitungen mit dem Echographen. Nachrichtentechnische. Zeitschrift 12, 1959, z. 1.
12. Meya P.: Abspannprüfung an Breitbandkabeln. VEB-FKAB-VVB-RFT Akt. Verm. - M-5/53 vom 24.6.53.
13. Meya P.: Abspannprüfung an Breitbandkernern mittels Gleichstrom-Abspanngerät für 500 bis 1500 V =. VEB FKAB-VVB-RFT Akt. Verm.-M-6/53 vom 9.9.63.
14. Pötschick R.: Gleichstromabspanngerät für symmetrische und koaxiale Kabel. ZaF-BM/B1 3824-0 Akt. Verm. Nr 21/61 vom 22.6.61.
15. Meya P.: Kabel-Prüf- und Brenngeräte. ZAF-BM/Mt Bedienungsanleitung /III/61/ vom 27.3.61.

16. Meya P.: Abspannprüfung an polystyrolisolierten TP-Kabeln. VEB-FKAB TG- Akt. Verm. vom 18.8.59.
17. Grotkopp E. und Meya P.: Ortung von Kurzschlüssen an Koaxialtuben mittels Kabelsuchgeräten während des Einbrennprozesses mit Wechselstrom. ZAF-VV Nr 48/433 vom 5.6.62.
18. Meya P.: Unveröffentlichte Arbeit über Kabel- und Fehlerortungen mittels Kabelsuchgeräten. ZAF-BM/Mt-8 3589-8 Nr 60/ 61 vom 13.11.61.

