

Janina Pałczyńska, Instytut Łączności, Warszawa
Edward Dmowski, Zakład Doświadczalny Budownictwa
Łączności, Warszawa

LOKALIZACJA USZKODZEŃ OSŁON OCHRONNYCH KABLI
TELEKOMUNIKACYJNYCH

1. Wstęp

Telekomunikacyjne kable układane bezpośrednio w gruncie, są zabezpieczone najczęściej dwiema metalowymi warstwami : wewnętrzną - powłoką i zewnętrzną - pancerzem. Niekiedy układa się bezpośrednio w gruncie kable z jedną warstwą metalową - powłoką. Warstwy te chroni się przed korozją za pomocą osłon, które powinny izolować metal od środowiska.

Kable aktualnie produkowane w kraju posiadają osłony tworzyw termoplastycznych, najczęściej z polietylenu, wytłaczane na powłoce i na pancerzu.

Osłony polietylenowe powinny być szczelne. Zgodnie z wymaganiami krajowymi /1/, rezystancja izolacji w stosunku do ziemi, powłoki kabli nieopancerzonych lub pancerza - chronionych polietylenową osłoną o grubości 2 mm, powinny wynosić przynajmniej MΩ. km. Jednak wyniki badań Instytutu Łączności / IŁ / /2,3/ jak również doniesienia administracji zagranicznych, zebrane w ramach Międzynarodowego Doradczego Komitetu do Spraw Telefonii i Telegrafii / CCITT / /4/ wykazały, że w warunkach eksploatacyjnych termoplastyczne osłony ochronne nie zawsze spełniają te wymagania.

Według wyników badań IL około 70 % badanych odcinków instalacyjnych, tj. ułożonych w ziemi niepołączonych, kabli dalekosiężnych w osłonach termoplastycznych, charakteryzowała wartość rezystancji izolacji pancerza w stosunku do ziemi, w granicach $10^2 - 10^3 \Omega \cdot \text{km}$.

Niezadawalająca szczelność osłon kablowych może być spowodowana następującymi czynnikami :

- wadami produkcyjnymi,
- uszkodzeniami osłon w czasie składania i transportu kabli,
- uszkodzeniami osłon w trakcie układania kabli w gruncie.

Wady produkcyjne powinny być wykryte za pomocą testera i usunięte w fabryce, natomiast uszkodzenia osłon można wykryć dopiero po ułożeniu kabli w gruncie, na etapie budowy linii kablowej.

Osobny problem stanowi kontrola szczelności osłon ochronnych i izolacji złącza, w przypadku eksploatowanej linii kablowej. Kontrola taka jest konieczna z uwagi na naturalne procesy starzenia tworzywa termoplastycznego, a także ze względu na możliwości mechanicznego uszkodzenia osłony kablowej, np. podczas robót budowlanych.

O stanie izolacji linii kablowej decyduje także szczelność warstw izolacyjnych złącza. Wartość rezystancji izolacji złącza w stosunku do ziemi powinna być co najmniej tego samego rzędu co wartość rezystancji izolacji pancerza / powłoki / kabla, tak aby zmontowane odcinki wzmacniakowe lub regeneracyjne linii kablowej miały rezystancję izolacji wzgl. ziemi co najmniej

1 M.Ω.km /5/.

Zagadnienie kontroli szczelności osłon ochronnych kabli i warstw izolacyjnych złącza, podczas budowy i eksploatacji linii kablowych było w ostatnich latach przedmiotem prac w ramach RWPG w temacie IV /6/.

Prawidłowo wykonane, nieuszkodzone osłony termoplastyczne kabli i prawidłowo izolowane złącza kablowe zapewniają wymaganą wartość rezystancji izolacji linii kablowej względem ziemi i skutecznie zabezpieczają linię przed korozją. W takim przypadku nie jest konieczne stosowanie ochrony katodowej. Natomiast eksploatacja linii kablowej o nieszczelnych osłonach źle izolowanych złączach jest nieekonomiczna i podważa sens stosowania kosztowych osłon termoplastycznych.

W Instytucie Łączności, w ostatnich latach, w ramach problemu węzłowego prowadzono badania nad zagadnieniem kontroli szczelności osłon ochronnych linii kablowych /x/. Badania zakończono opracowaniem Wytycznych / 8/.

2. Kontrola szczelności osłon ochronnych linii kablowej.

Z analizy układu "metal-osłona-ziemia" wynika, że wartość rezystancji izolacji linii kablowej w stosunku do ziemi będzie sumą równolegle połączonych: rezystancji uszkodzeń osłon ochronnych linii i rezystancji izolacji osłon nieuszkodzonych /16/, w przypadku dużych powierzchni uszkodzeń o wartość rezystancji izolacji linii decydować będzie wartość rezystancji uszkodzeń; w krańcowym przypadku - braku osłon, będzie to rezystancja uziemienia długiego uziomu poziomego, jakim stanie się, w tym przypadku, linia kablowa.

/x/ Pojęciem "osłony ochronne linii kablowych" w dalszym ciągu niniejszego referatu określa się: osłony kabli i warstwy izolujące złącza kablowe.

Wartość rezystancji izolacji może więc stanowić kryterium oceny szczelności ochronnych osłon linii kablowej, a więc kryterium obecności uszkodzeń osłon, a nawet wielkości powierzchni oraz konieczności lokalizacji i naprawy uszkodzeń.

Zgodnie z przyjętą graniczną wartością kryterium lokalizuje się uszkodzenie osłon ochronnych linii kablowej w przypadku, gdy wartość rezystancji izolacji zewnętrznej warstwy metalowej względem ziemi jest mniejsza niż 1 M . km, nie zależnie od rodzaju gruntu /8/. Taka wartość rezystancji izolacji powinna charakteryzować linię kablową w ciągu 3 lat eksploatacji / 7/.

Badania rezystancji izolacji rurociągów metalowych w stosunku do ziemi wykazały zależność wartości rezystancji od rezystywności gruntu /9/. W przypadku kabli, w dotychczasowych badaniach tej zależności nie zauważono. Badania były jednak zbyt krótkotrwałe i będą kontynuowane.

W praktyce pomiar rezystancji izolacji instalacyjnych odcinków kabli i odcinków linii kablowej długości kilku km, nie następuje trudności o ile badane odcinki linii są odizolowane od całości za pomocą złączy izolacyjnych. Brak jest jednak metody pomiaru rezystancji izolacji odcinków linii kablowej dowolnej długości szczególnie w przypadku dużej liczby uszkodzeń osłon, gdy praktycznie mierzy się rezystancję uzziemienia linii. Metody pomiaru rezystancji uzziemienia linii kablowej zalecane przez Nikolskiego i Cikiermana /10/ w praktyce ograniczają się do odcinków długości 10 km i są zbyt skomplikowane aby polecać je do stałej praktyki służbom eksploatacyjnym.

128

Zgodnie z Wytycznymi /8/ do pomiaru rezystancji izolacji kabli telekomunikacyjnych, należy wykorzystać mierniki rezystancji o napięciu pomiarowym 100 do 1000 V i zakresie pomiarowym od 1 k Ω do setek M Ω - ponieważ takie wartości rezystancji mierzy się w praktyce, w zależności od długości badanego odcinka i jakości osłon ochronnych.

3. Metody lokalizacji uszkodzeń osłon ochronnych linii kablowych .

Znane metody określania miejsc uszkodzeń żył kabli, mostkowe czy odbiciowe, są mało przydatne przy lokalizacji uszkodzeń osłon kablowych.

Warunkiem dobrych rezultatów przy metodach mostkowych jest mała rezystancja w miejscu uszkodzenia, co nie zawsze będzie możliwe w przypadku osłon kablowych. Ponadto wystąpienie więcej niż jednego uszkodzenia daje fałszywe wyniki.

Przy metodach odbiciowych warunkiem miarodajnych wyników jest jednorodność i dostatecznie mała tłumienność ośrodka, w jakim rozchodzi się sondujący impuls prądowy.

Własności układu kabel - ziemia są niekorzystne dla uzyskania jednocześnie: wystarczająco dużego zasięgu sondowania i dostatecznej rozdzielności obrazu impulsów odbitych. Ponadto wykrywanie metodą odbiciową małych uszkodzeń jest trudne lub niemożliwe, ze względu na wywoływane przez nie małe zakłócenia jednorodności toru pomiarowego. Z tych powodów odbiciowe mogą być ewentualnie przydatne do wstępnego, orientacyjnego lokalizowania dużych uszkodzeń.

Robiono też próby wykorzystania metody ciśnieniowej, włączając do kabla gaz radioaktywny - Krypton 85 i lokalizując wyciek za pomocą licznika Geigera-Millera /11/.

Za granicą w praktyce lokalizacji uszkodzeń stosuje się powszechnie metodę Pearson'a /12 -15/.

W praktyce krajowej brak było dotychczas doświadczeń w zakresie lokalizacji uszkodzeń osłon kablowych dlatego, korzystając z doświadczeń zagranicznych, IL podjął w ostatnich latach prace nad wykorzystaniem metod Pearsona. Metoda ta polega na spowodowaniu przepływu prądu ze źródła zewnętrznego, wzdłuż odizolowanej od ziemi konstrukcji metalowej i pomiarze sygnału, to jest zmian wartości napięcia lub zmian pola elektromagnetycznego, występujących na powierzchni ziemi w sąsiedztwie miejsca uszkodzenia pokrycia. Znane są trzy warianty tej metody :

1. z wykorzystaniem sond stykowych i źródła prądu stałego, najczęściej wyposażonego w układ wyzwalający regularne impulsy prądowe,
2. z wykorzystaniem sond stykowych i źródła prądu zmiennego, o częstotliwości kilku Hz,
3. z wykorzystaniem sond stykowych, indukcyjnych lub pojemnościowych i źródła prądu o częstotliwości akustycznej / od setek Hz do 10 kHz/.

Warianty 1 i 2 zapewniają: mniejszą wrażliwość sygnału na zakłócenia w polach oddziaływań prądów ze źródeł zewnętrznych

oraz stosunkowo duży zasięg pomiaru.

Wariant 3 pozwala na lokalizację uszkodzeń osłon kabli ułożonych pod twardą nawierzchnią przy użyciu sond indukcyjnych lub pojemnościowych. W tym przypadku jednak sygnał może być zakłócony, szczególnie przez prądy o częstotliwości przemysłowej. Konieczne jest tu wyposażenie odbiornika w skuteczne układy filtrujące - przeciwzakłócenio-we.

Zasady lokalizacji i zmiany sygnału nad uszkodzeniem, pokazano na rysunkach:

1. w przypadku wariantu 1 oraz 2. - w przypadku wariantów 2 i 3.

4. Doświadczenia z krajowymi przyrządami pomiarowymi.

Wstępne pomiary prowadzono w IL wykorzystując, do lokalizacji uszkodzeń osłon kablowych, aparaturę PLH-03 przeznaczoną do badań geofizycznych. Źródłem impulsu prądowego był tu generator prądu o częstotliwości 2,5Hz i maksymalnej mocy 16 W /17,18/. Jako odbiornik zastosowano miliwoltomierz o zakresie pomiarowym od 1 μ V do 10 V.

Za pomocą tej aparatury wykryto nawet punktowe uszkodzenia osłony ochronnej. Dokładność lokalizacji wynosiła \pm 10 cm. Wartość napięcia sygnału mierzona nad osłoną nieuszkodzoną, wahała się w granicach 10 - 30 V i wzrastała do wartości od kilku mV do kilku V nad uszkodzeniem osłony. Wartość mierzonego sygnału była na ogół wprost proporcjonalna do wielkości powierzchni uszkodzenia osłony. Zmiany sygnału, w przypadku uszkodzeń średniej wielkości, obserwowano w odległości ok 20 m od miejsca uszkodzenia. Zasięg sygnału sprawdzono do 2 km.

Podczas badań eksploatowanej linii kablowej wykrywano tylko źle izolowane złącza kablowe. Mimo wykorzystania maksymalnej mocy generatora nie udało się zlokalizować uszkodzeń osłon kablowych mimo, że wcześniejsze badania rezystancji izolacji wykazały na obecność takich uszkodzeń.

Wykorzystując powyższe doświadczenia Zakład Doświadczalny Budownictwa Łączności zaprojektował aparaturę przeznaczoną do lokalizacji uszkodzeń termoplastycznych osłon ochronnych telekomunikacyjnych linii kablowych.

Doświadczalna aparatura, o nazwie: Lokalizator Uszkodzeń Kabli / LUK - 01 /, została wykonana w Przedsiębiorstwie Badań Geofizycznych w Warszawie. Składa się na nią nadajnik, odbiornik oraz rama z sondami pomiarowymi. Dodatkowe wyposażenie stanowią dwa pręty metalowe, przeznaczone na uziomy pomiarowe oraz izolowane przewody, w tym jeden o długości 50 m.

Nadajnik / o masie ok. 4 kg, zasilany z zewnętrznego akumulatora 12 V/ jest źródłem impulsów prądowych o częstotliwości 12,5 Hz i o nastawianej, stabilizowanej wielkości wybieranej w zakresie od 01 do 100 mA. Ponadto w nadajniku znajduje się miernik rezystancji o napięciu pomiarowym ok. 100 V i zakresie od ok. 0,5 k Ω do 10 M Ω .

Odbiornik / o masie ok. 1,5 kg, zasilany z wewnętrznych baterii 3 x 9V/ jest wysoko selektywnym woltomierzem napięć o częstotliwości 12,5 Hz i o siedmiu zakresach pomiarowych : od 0,1 mV do 100 V.

Sztywna rama, o masie 4 kg, jest wyposażona w dwie metalowe sondy w postaci stożkowych ostrzy rozstawionych w stałej odlegości 1 m, a także w uchwyt służący do przymocowania odbiornika.

Zestaw przyrządów LUK-01 umożliwia wykonanie :

- lokalizacji uszkodzenia osłony izolacyjnej kabla ułożonego w ziemi,
- pomiaru rezystancji izolacji pancerza lub powłoki kabla względem ziemi,
- pomiaru rezystywności gruntu na trasie kabla.

Do pomiarów lokalizacyjnych nadajnik LUK-01 przyłącza się do chronionego osłoną, metalowego elementu kabla / pancerz lub powłoka/ bezpośrednio - jeżeli jest dostępny koniec kabla lub za pośrednictwem przewodów wyprowadzonych np. ze złącza izolacyjnego / rys. 3a /, w którym zostaje przerwana ciągłość galwaniczna pancerza /i/ lub powłoki/ kabla. Uziom nadajnika stanowi pręt metalowy wbity w grunt na głębokość 40 do 70 cm, w odległości od 10 do 50 m od trasy kabla. Nastawienia natężenia prądu płynącego z nadajnika dokonuje się w zależności od aktualnej wartości rezystancji izolacji kabla względem ziemi, zależnej od długości badanego odcinka, liczby i rodzaju uszkodzeń osłony oraz rezystywności gruntu na trasie kabla. Nastawioną wartość dobiera się tak, by leżała w zakresie stabilizacji prądu nadajnika. Idąc z ramą pomiarową wzdłuż trasy kabla / rys.3 - b/ co parę kroków wbija się sondy w grunt i odczytuje wartość istniejącego między nimi napięcia, na wskaźniku umocowanego na ramieniu odbiornika. Stosując zasadę lokalizacji uszkodzenia wg rys. 2 zwraca się uwagę na każdy sygnał

wyróżniający się z "tła", obserwując się jego narastanie i ustala miejsca wystąpienia najsilniejszego sygnału.

Do pomiaru rezystancji izolacji pancerza / lub powłoki / kabla względem ziemi wykorzystuje się sam nadajnik, włączony jak na rys. 3-a, ale przełączony na układ omomierza. Trzy zakresy pomiarowe umożliwiają ocenę stanu izolacji zarówno dobrych, jak i uszkodzonych odcinków kabla.

Do pomiaru rezystywności gruntu wykorzystuje się jednocześnie nadajnik i odbiornik w układzie jak na rys. 3-c. Odległość sond pomiarowych / uziomów / i nastawiania nadajnika są tak dobrane, że liczbowa wartość rezystywności gruntu jest równa wartości odczytanego napięcia, z uwzględnieniem tylko mnożnika dziesiętnego.

Zestaw przyrządów LUK-01 wykorzystano doświadczenie m.in. do badania linii kablowej złożonej z pięciu odcinków wzmacniacowych o długości po ok. 4 km każdy, przy czym na trzech odcinkach kabel był ułożony częściowo w kanalizacji kablowej. Przy nieobsługiwanych stacjach wzmacniacowych, na kablu były wykonane złącza izolacyjne z przewodami wyprowadzonymi od pancerza i od ołowianej powłoki kabla. Od czasu ułożenia kabla upłynęły około 2 lata. Grunt na trasie kabla był przeważnie piaszczysto gliniasty, lekko wilgotny, ale miejscami wilgotny a nawet bagnisty.

Na rys. 4 przedstawiono przykładowy diagram lokalizacji uszkodzeń na 4-kilometrowym odcinku kabla ziemnego. Można zauważyć, że pomimo istnienia uszkodzeń dużych / sygnał 5 do 50 mV / a nawet

134

bardzo dużych / sygnał 800 i 4000 mV/ wykrycie uszkodzeń małych /sygnał poniżej 1 mV/ było również możliwe w czasie jednego przejścia trasy kabla. Z doświadczeń wiadomo, że małe uszkodzenia mogą pozostać nie zauważone " w cieniu" dużego uszkodzenia. Na omawianym odcinku sygnał największego uszkodzenia był obserwowany już z odległości ok. 50 m. W takich przypadkach pożądane jest ponowne sprawdzenie odcinka trasy znajdującego się w strefie oddziaływania dużego uszkodzenia, po jego naprawieniu.

Sygnał bardzo małego uszkodzenia. np. rzędu 0,2 mV, jest dostrzegalny z odległości 1 do 2 m, dlatego sondowanie trasy powinno być dokonywane skokami nie większymi niż 3 do 4 m. Podane wartości liczbowe są tylko orientacyjne, ponieważ zależą one każdorazowo od prądu wyjściowego nadajnika, od warunków glebowych, a ewentualnie również od obecności zakłóceń sygnału.

Pewne trudności i niejednoznaczności wystąpiły podczas prób lokalizacji uszkodzeń bardzo blisko miejsca włączenia nadajnika. W takim przypadku wątpliwości można rozstrzygnąć włączając nadajnik w innym miejscu, np. na drugim /odległym/ końcu badanego odcinka kabla lub linii kablowej.

Inną trudność może stanowić zatarty ślad trasy kabla, ponieważ małe uszkodzenia można wykryć przesuwając się z sondami w pasie o szerokości $\pm 0,5$ m od osi kabla. Dlatego w przypadku braku wyraźnych śladów trasy kabla trzeba korzystać z dokładnej dokumentacji, ewentualnie wyznaczyć trasę za pomocą szukacza kabla. Jest to jeden z powodów skłaniających do lokalizowania uszkodzeń w niezbyt długim okresie po ułożeniu kabla.

Podczas badań na 17-kilometrowej trasie kabla ziemnego wykryto ogółem 42 uszkodzenia, z których 29 zlokalizowano na złączach kablowych, a 13 na odcinkach kabla. Spośród 24 zbadanych i naprawionych uszkodzeń stwierdzono 11 uszkodzeń z powodu wadliwego zaizolowania ołowianych osłon złączowych / niewłaściwe materiały i wady wykonania/, 9 z powodu skałeczenia szpadlem polietylenowej osłony kabla blisko złącza, a tylko 4 uszkodzenia zewnętrznej osłony na odcinkach kabla daleko od złączy. Wskazuje to na pilną potrzebę uświadomienia i nadzorowania wykonawców robót montażowych.

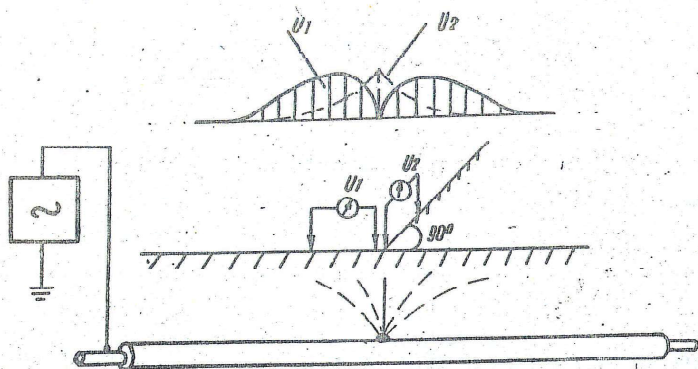
Wymieniony zakres prac lokalizacyjnych i naprawczych wykonała jedna grupa robocza licząca 5 - 7 osób, w czasie 25 dni roboczych. Wskazuje to z jednej strony na to, że zaniedbania w zakresie organizacji i jakości pracy mogą pociągać za sobą znaczne koszty dodatkowe i opóźnienia terminów zakończenia robót montażowych, zaś z drugiej strony na to, że sam proces lokalizacji uszkodzeń przyrządami typu LUK-01 przebiega stosunkowo sprawnie i przy umiarkowanej nieuchronnej liczbie uszkodzeń nie powinien stanowić odczuwalnego obciążenia zespołów montażowych.

Badania dotyczące lokalizacji uszkodzeń osłon ochronnych linii kablowej, w tym przydatności użytkowej przyrządów LUK-01, nie zostały jeszcze zakończone. Sprawdzono np. całkowitą odporność przyrządów na obecność czynnych linii wysokiego napięcia do 220 kV, ale nie zbadano wpływu zakłóceń powodowanych trąką elektryczną. Po zakończeniu doświadczeń terenowych przewiduje się zorganizowanie wykonania serii tego typu przyrządów, z uwzględnieniem wyników doświadczeń.

S p i s l i t e r a t u r y

1. PN-75/E-90163. Osłony ochronne i pancerze kabli elektrycznych.
2. Skiba-Rogalska O., Pałczyńska J.: Badania w warunkach eksploatacyjnych środków ochrony dla kabli w powłokach aluminiowych i stalowych. Praca IŁ nr 111.02.A.03, W-wa 1981.
3. Skiba-Rogalska O., Pałczyńska J.: Cenna jakości osłon ochronnych kabli o powłokach aluminiowych na aktualnie budowanych i eksploatowanych liniach telekomunikacyjnych. Praca IŁ nr C-2.1.5.1, W-wa 1982.
4. CCITT Doc Com VI No29 1981-84. Preliminary reply to question 1/VI nad proposals for amendments to recommendation L4.
5. Bralewski J.: Wstępne zasady instalowania kabli w nowoczesnych osłonach ochronnych. Praca IŁ nr 111.02.D.05/734/68, W-wa 1979.
6. Protokół z konferencji naukowo-koordynacyjnej RWFG w temacie IV " Elektrochemiczna ochrona metalowych konstrukcji i aparatów " Sopot, 1985 r.
7. Skiba-Rogalska O.: Wytyczne stosowania sklejzonej ochrony nowoczesnych linii kablowych w wytłaczanych termoplastycznych osłonach ochronnych, przed wyładowaniami atmosferycznymi oddziaływaniami elektromagnetycznymi i korozją. Praca IŁ nr C-2.1.8, W-wa 1985 r.
8. Pałczyńska J. Wytyczne badania rezystancji oraz lokalizacji uszkodzeń osłon termoplastycznych kabli w warunkach eksploatacyjnych. Praca IŁ nr C-2.1.6.4, W-wa 1985 r.
9. Jefimowa A.M.: Prognozowanie zaszczytnych svojstw izolacyjnych pokrytij i parametrow kompleksnoj zaszczyty. Materiały konferencji naukowo-koordynacyjnej RWFG w temacie IV " Elektrochemiczna ochrona metalowych konstrukcji i aparatów " Sopot 1985 .
10. Rukawodstwo po projektowaniju i zaszczytie ot korrozii podziemnych metaliczeskich sooruzenij swiazi. Ministerstwo Swiazi SSSR, Swiaź Moskwa, 1978

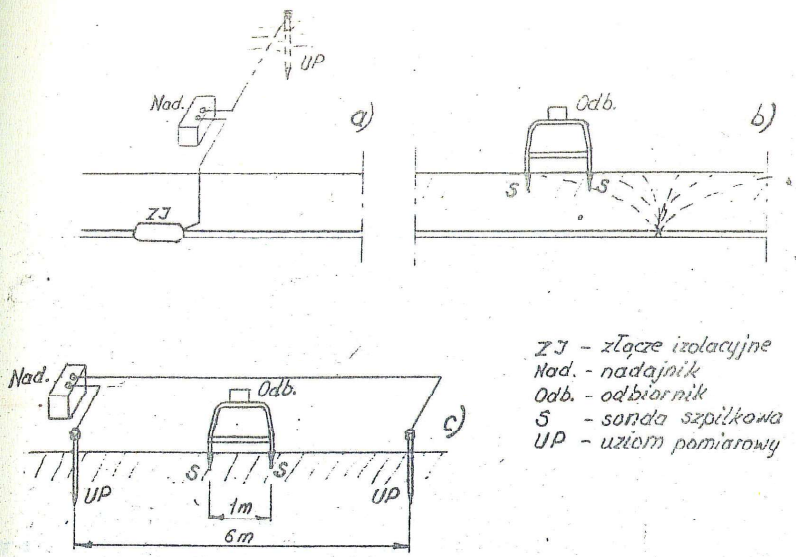
11. Kutze A.: Über Kabelprüfverfahren mit Isotopen.
Informations heft des Instituts für Post - und Fernmeldewesen
No 240. 1976.
12. Katalog Cable fault location with compact unites on the module
system SEBA - DYNATRONIC GMBH. West Germany.
13. Głazow N.P., Striżewskij J.W., Kałasznikow A.L.: Metody kontroli
i izmierenij pri zaszcite podziemnych sooruzenij ot korrozii.
Niedra, Moskwa, 1978.
14. Katalog. Aktivní ochrana potrubí. 2. Vydání, Praha, 1981 .
15. Katalog MP54-1976 Messeinrichtungen Siemens.
16. Baeckmann v W, Schwenk W.: Katodowa ochrona metali. WNT
W-wa 1976.
17. Pałczyńska J.: Opracowanie metody badań rezystancji oraz lokali-
zacji uszkodzeń termoplastycznych osłon kabli w warunkach
eksploatacyjnych. Sprawdzające pomiary terenowe na wybranych
odcinkach kabli przy wykorzystaniu dostępnych w kraju urządzeń
pomiarowych. Praca IŁ nr. C-2.1.6.2, W-wa 1984
18. Pałczyńska J. : Opracowanie metody badań rezystancji oraz
lokalizacja uszkodzeń termoplastycznych osłon kabli w warunkach
eksploatacyjnych. Wybór metody optymalnej i opracowanie aparatury
pomiarowej. Praca IŁ nr C-2-1-6.3. W-wa 1984 .



Rys. 2 Zasada lokalizacji uszkodzenia osłony ochronnej kabla metody prądu przemiennego.

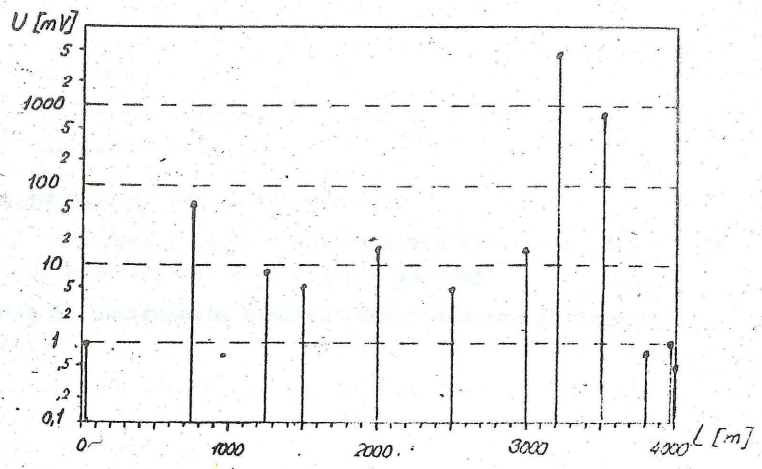
U_1 - różnica potencjałów na sondach umieszczonych równoległe do kabla

U_2 - różnica potencjałów na sondach umieszczonych prostopadle do kabla.



ZJ - złącze izolacyjne
 Nad. - nadajnik
 Odb. - odbiornik
 S - sonda szpilkowa
 UP - uziom pomiarowy

Rys. 3 Przykłady wykorzystania zestawu BUK-01 do pomiarów:
 a/ rezystancji izolacji kabla względem ziemi
 a+b/ lokalizacji uszkodzeń osłony izolacyjnej kabla
 c/ rezystywności gruntu



Rys. 4 Przykład rozmieszczenia uszkodzeń wykrytych wzdłuż badanego odcinka linii kablowej o długości 4 km i maksymalne wielkości sygnałów odebranych w miejscach uszkodzeń. Prąd nadajnika 50 mA.