

Olimpia Skiba-Bogalska
Krzyszyna Teska-Swiderek
Instytut Łączności, Warszawa

POMIARY POTENCJAŁU BEZ SKŁADOWEJ IR NA KABLACH TELEKOMUNIKACYJNYCH

1. Wprowadzenie.

Zagadnienie pomiaru potencjału rzeczywistego metalowej konstrukcji podziemnej, będącej pod działaniem prądu polaryzującego pojawiło się dość wcześnie w praktyce korozyjnej. Wiele tamów naftowych i gazowniczych w Stanach Zjednoczonych Ameryki posiadało już w latach 20-tych naszego wieku tysiące kilometrów rurociągów podziemnych, które wymagały zabezpieczenia przed korozją elektrolityczną od prądów błądzących odgałęziających się z systemów trakcyjnych prądu stałego i przed działaniem galwanicznym w agresywnych środowiskach. W związku z planowaniem środków ochrony przed korozją zainteresowano się pomiarami elektrycznymi do oceny zagrożenia korozyjnego konstrukcji podziemnych. W 1928r Kuhn w Stanach Zjednoczonych wprowadził pierwszą ochronę katodową gazociągu i ustalił kryterium potencjałowe tej ochrony $-0,85V$ wzgl $Cu/CuSO_4$ /1/. Pomiary elektryczne stosowane na metalowych konstrukcjach podziemnych umożliwiły, w tym przypadku lepsze poznanie elektrochemicznych procesów związanych z korozją metalu i ochroną katodową. Zwłaszcza przy elektrolitycznym oddziaływaniu prądów błądzących pomiary pozwoliły na wykrycie stref anodowej i katodowej polaryzacji metalowej konstrukcji podziemnej. Już wtedy zauważono, że

największy spadek napięcia w obwodzie elektrycznym występuje w środowisku glebowym, którego rezystancja jest bardzo duża w porównaniu z rezystancją metalu rurociągu, co przy pomiarach należy brać pod uwagę /2/. W celu eliminowania błędów pomiarowych zwracano uwagę na właściwy dobór przyrządów do mierzenia potencjału, podkreślając, że potencjał konstrukcja-ziemia względem Cu/CuSO_4 powinien być mierzony przyrządem o bardzo dużej rezystancji /3/. Do tego celu były początkowo wykorzystywane przyrządy potencjometryczne, które nie pobierały z obwodu pomiarowego wogóle prądu, lub w niewielkim tylko stopniu.

Prąd przepływający przez elektrodę, metalową powoduje jej polaryzację, pociągającą za sobą zmianę potencjału. Potencjał charakteryzuje więc stan elektrochemiczny metalu na styku z elektrolitem i powinien być mierzony na granicy faz "metal-elektrolit". W praktyce taki pomiar jest raczej trudny do wykonania. Elektrodę odniesienia ustawia się najczęściej na powierzchni ziemi nad konstrukcją badaną. Jeśli przez konstrukcję płynie prąd /ochronny lub błądzący/ to wynik pomiaru jest prawie zawsze nawet przy stosowaniu wysokooporowych przyrządów obciążony błędem wynikającym z omowego spadku napięcia $/IR/$, na drodze między konstrukcją i elektrodą odniesienia. Na temat eliminacji tego błędu z wartości mierzonej w ciągu ostatnich 40 lat wiele już napisano. Prowadzący badania nad przyrządami do pomiarów korozyjnych dr J.M. Pearson z Amerykańskiego Biura Standardów zaproponował pod koniec lat 30-tych, metody mostkowe do eliminacji omowego spadku napięcia z wartości mierzonego potencjału /4/.

W ciągu następnych lat proponowane były różne odmiany metod mostkowych do pomiarów ρ . Jednak nie znalazły one szerszego zastosowania w praktyce terenowej. Błędy wynikające ze zbyt skomplikowanego obwodu pomiarowego mogą niekiedy przewyższać korzyści jakie uzyskuje się z eliminacji składowej omowej.

W praktyce do chwili obecnej stosowane są różne niżej wymienione sposoby mierzenia potencjału polaryzacyjnego.

- Pomiary bezpośrednie, przy włączonym prądzie

polaryzacyjnym. Pomiary takie mogą być prowadzone w przypadku małej rezystywności środowiska i przy niewielkich prądach płynących w obwodzie ochrony. Nieduży błąd wynikający z omowego spadku napięcia można zaniedbać.

Błąd spadku napięcia można, przy pomiarze bezpośrednim, w dużym stopniu zmniejszyć przed umieszczeniem stałej elektrody odniesienia w najbliższym sąsiedztwie polaryzowanej konstrukcji.

- Pomiary względem "dalekiej ziemi", to znaczy

względem obszaru w którym nie obserwuje się zmian potencjału metalowej konstrukcji podziemnej. Wynik pomiaru względem dalekiej ziemi zawiera składową omową, zwłaszcza w przypadku środowisk o dużej rezystywności. Taki sposób pomiaru potencjału nadaje się również do środowisk o małej rezystywności;

- Pomiary przez ekstrapolację. Potencjał mierzy się jako

funkcję odległości elektrody odniesienia od konstrukcji badanej. Dane nanosi się we współrzędnych i ekstrapoluje do odległości zerowej. Metoda jest czasochłonna, a funkcja ekstrapolacyjna niepewna, zwłaszcza w pobliżu pola rysowanej konstrukcji;

- Metody obliczeniowe. W tym przypadku potencjał rzeczywisty polaryzowanej katodowo konstrukcji oblicza się przez odjęcie z wartości mierzonej omowego spadku napięcia Baeckmann i inni /6,7/ podają specjalne wzory obliczeniowe.

Metody obliczeniowe z pewnymi modyfikacjami wykorzystali Baeckmann i Funk /8/ do określenia potencjału rzeczywistego, w rejonach oddziaływania prądów błędzących /metoda impulsowa/. Przy średnich i dużych gęstościach prądu ostatnie proponowane są metody komputerowe /9/. Na uwagę zasługuje także metoda opracowana w Politechnice Gdańskiej /10/.

Do pomiaru potencjału rzeczywistego na kablach opancerzonych opracowano specjalne nomogramy ułatwiające określenie potencjału z dwu różnych wartości mierzonych przy dwu różnych rezystancjach przyrządu /11/. Metoda jednak nie do określenia potencjału w rejonach oddziaływania prądów błędzących nadaje się. Do określenia potencjału rzeczywistego kabli zaproponowane również wzór z którego wylicza się potencjał polaryzacyjny powłoki metalowej kabla na podstawie zmierzonych potencjału opancerzenia /12/. Metoda obliczania potencjału powłoki podana jest w normie radzieckiej GOST 9.015-74 /13/.

- Metody wyłączeniowe. Najprostszy sposób eliminacji omowego spadku napięcia to wykonanie pomiaru potencjału natychmiast po wyłączeniu prądu polaryzującego metalową konstrukcję. W metodzie tej wykorzystuje się zróżnicowanie czasów zaniku polaryzacji po wyłączeniu prądu. Polaryzacje elektrochemiczne /aktywacyjna i stężeniowa/ zanikają w czasie 10^{-3} s i dłuższym. Polaryzacja omowa, czyli spadek napięcia IR, ma na ogół bardzo krótki czas zaniku. Jeśli metalowa konstrukcja podziemna jest dobrze uziemiona jak to ma miejsce w przypadku

kabli tradycyjnych to czas ten wynosi 10^{-5} s. Natomiast w przypadku dobrych pokryw ochronnych na metalowych konstrukcjach, czas zaniku polaryzacji omowej może być tego samego rzędu, jak dla polaryzacji elektrochemicznej aktywacyjnej, 10^{-2} s /5/. Błąd popełniamy przy takim pomiarze nie jest jednak znaczący dla praktyki polowej i dlatego za granicą, zwłaszcza w Stanach Zjednoczonych, metodę wyłączeniową stosuje się z powodzeniem do pomiarów metalowych konstrukcji polaryzowanych katodowo, w strefach gdzie nie ma oddziaływania prądów błądzących wg normy TGL /14/ potencjał wyłączeniowy powinien być mierzony w czasie nie dłuższym niż 30s po wyłączeniu prądu ochrony.

W rejonach oddziaływania prądów błądzących eliminacja omowego spadku napięcia wymaga specjalnych technik. W ostatnich latach rozwinęły się metody elektrody symulującej, wbudowanej w specjalną sondę z elektrodą odniesienia, lub stosowanej oddzielnie obok elektrody odniesienia. Na czas pomiaru odłącza się nie źródło prądów polaryzujących, lecz elektrodę symulującą. Różne warianty sond pomiarowych badanych za granicą i w krajach opisane są w literaturze technicznej /15+26/. Szersze badania w zakresie sond pomiarowych prowadzone były od ponad 20 lat na terenie RFN przez Baeckmanna, ponadto w Czechosłowacji przez J. Polaka i w Japonii.

Sondę w której płytka symulująca nie jest odłączana na czas pomiaru z obwodu konstrukcji polaryzowanej opracowali Klink i Klink /29/, w rozwiązaniach do zakopania na stałe w ziemi i jako przenośną.

Tego typu sondy były wstępnie badane w odniesieniu do kabli telekomunikacyjnych, przez Czechosłowacki Instytut

Łączności /27/.

Sondy pomiarowe zbudowane są z płytki metalowej symulującej defekt w pokryciu izolującym na metalowej konstrukcji podziemnej. Najczęściej wykonuje się je we wspólnej obudowie z elektrodą odniesienia np Cu/CuSO_4 . Diafragma sondy czyli element zapewniający jonowe połączenie z ziemią znajduje się w bliskiej odległości od płytki /el. sondy/ symulującej. Odległość ta w różnych rozwiązaniach wynosi kilka do kilkadziesiąt milimetrów.

Elektroda symulująca sondy jest zwykle wykonana z tego samego materiału co konstrukcja badana. Elektrode łączy się do wspólnej polaryzacji z konstrukcją podziemną, a na czas pomiaru przerywa połączenie stosując do tego celu różne, niekiedy kosztowne rozwiązania aparaturowe umożliwiające automatyczne włączanie i wyłączanie.

Potencjał zmierzony na płytce symulującej odpowiada potencjałowi konstrukcji polaryzowanej, w miejscu defektu, przy założeniu, że powierzchnie płytki i defektu izolacji są podobne, że mają taką samą gęstość prądu polaryzującego i stykają się ze środowiskiem o takiej samej rezystywności.

Sondy w założeniu swoim przeznaczone były do pomiarów na konstrukcjach dobrze izolowanych. Rurociągi podziemne mają stosunkowo dobrą izolację. Podziemne kable o budowie tradycyjnej praktycznie pozbawione są pokrycia izolującego. Ponadto kable stanowią konstrukcję bimetaliczną w przeciwieństwie do rurociągów. Ołowiana powłoka kabla i opancerzenia stalowe połączone

104

są ze sobą w złączach kablowych. Między złączami mają kontakt jonowy przez wilgotną warstwę celulozowych osłon włóknistych.

Interesujące było więc sprawdzenie możliwości wykorzystania sond do pomiarów na kablach.

2. Badania własne

Celem prac własnych było m. inn.:

- przebadanie możliwości wykorzystania sond do pomiarów w obszarach oddziaływania prądów błądzących. W takich obszarach dla praktyki pomiarowej korzystne byłoby uśrednienie wartości mierzonych. Uśrednianie obserwowano przy pomiarach na rurociągach /23/;
- sprawdzenie materiału płytki symulującej w układach złożonych, takich jak kable o powłoce metalowej z opancerzeniem stalowym;
- sprawdzenie przy pomiarach wpływu wielkości powierzchni płytki symulującej.

Badania prowadzone były w warunkach laboratoryjnych i terenowych. Do tego celu przygotowano dwa rozwiązania sondy pomiarowej pokazane na rys.1 i 2.

Wariant na rys.1, przeznaczony do zakopania na stałe w ziemi do pomiarów terenowych, miał diafragmę o bardzo małej średnicy /5mm/ i płytkę symulującą w odległości kilku mm od diafragmy.

Wariant pokazany na rys.2 miał diafragmę o dużej średnicy, /ceramiczne dno stałej elektrody odniesienia Cu/CuSO_4 /, a płytka symulująca odsunięta była od diafragmy na odległość około 3mm.

Ten wariant przeznaczony był do badań laboratoryjnych.

We wcześniejszych badaniach modelowych IL /28/ sprawdzano już możliwość eliminacji składowej omowej z wartości mierzonego potencjału, przy czym pomiary wykonywano bez odłączania elektrody symulującej od modelu polaryzowanej konstrukcji. Taki sposób mierzenia potencjałów rzeczywistych byłby dla praktyki również bardzo korzystny.

Nie stosowanie przerywania prądu polaryzującego w trakcie mierzenia potencjału konstrukcji miałyby jeszcze tę zaletę, że pomiar można byłoby realizować za pomocą ogólnie dostępnych w praktyce korozyjnej przyrządów.

W opisanych tu badaniach ograniczone się do pomiarów na tradycyjnych kablach doziemnych posiadających powłoki ołowiane, stalowe opancerzenie i jutowo-bitumiczne osłony. Badania laboratoryjne wykonane były w 3 układach modelowych, w których elektrolitem był piasek gruboziarnisty z 20% domieszką torfu i bentonit.

W badaniach stosowano zmodyfikowaną sondę pomiarową /rys.2/. Modyfikacja dotyczyła odsunięcia elektrody symulującej od diafragmy na cylindryczną obudowę sondy wykonaną z tworzywa sztucznego. Elektroda symulująca wykonana była z taśmy stalowej opancerzenia kabla i miała powierzchnię $6,25\text{cm}^2$ /podobną do opisanej w normie GOST /13/ /. We wnętrzu sondy umieszczona była ceramiczna elektroda odniesienia Cu/CuSO_4 z elektrolitem stałym produkcji Przedsiębiorstwa Korchem we Włocławku. Dno tej elektrody było jednocześnie dnem i diafragmą

108

sondy pomiarowej. Przestrzeń między cylindryczną obudową sondy i elektrodą odniesienia wypełniona była elektrolitem pośrednim jak w rozwiązaniu przeznaczonym do pomiarów terenowych /rys.1/.

Anody, katody i model konstrukcji w układach laboratoryjnych, były stalowe. Poza sondami, w układach stosowano oddzielne ceramiczne elektrody Cu/CuSO_4 z elektrolitem stałym i przenosne elektrody Cu/CuSO_4 z elektrolitem ciekłym. Symulowany prąd błędzący doprowadzany był do anod poprzez stabilizowane zasilacze tranzystorowe typ 204 produkcji Zakładów Radiowych Kasprzaka.

Pomiary potencjału wykonywano woltomierzem Unigor 4 prod. austriackiej; pomiar prądu krajowym multimetrem V-640 firmy "Meratronik"; pomiary rezystancji przejścia - przyrządem typu KS firmy "Ganz" /WRL/.

Płytką symulująca sondy pomiarowej była zawsze w polu oddziaływania dodatnich prądów, w odległości 4mm od modelu konstrukcji, umieszczona również w polu oddziaływania symulowanych prądów błędzących.

Badania prowadzone były około 40 dni przy czym prąd podawany na anodę był rzędu $0,026\text{mA}/\text{cm}^2$ do $0,047\text{mA}/\text{cm}^2$.

Anodowy prąd dodatni $0,4 \pm 0,6\text{mA}$ powodował, w gruncie piaszczystym, przesunięcie potencjału elektrody symulującej do wysokich wartości dodatnich.

W środowisku o małej rezystywności /bentonit/ nie obserwowano pod wpływem prądu anodowego o natężeniu jak wyżej, wyraźnego przesunięcia w stronę dodatnią potencjału elektrody symulującej, przy czym wartości potencjału konstrukcji

mierzone względem różnych elektrod były w tym przypadku podobne.

Przypuszcza się więc, że wartości potencjału, mierzone w warunkach oddziaływania na płytkę symulującą sondy modelowanych prądów błędzących zawierają bardzo duży udział składowej omowej, w gruncie o dużej rezystywności.

Po zakończeniu 40 dniowych badań i wyłączeniu prądu polaryzującego, wpływ polaryzacji anodowej na płytkach symulujących uwydatnił się przesunięciem ich potencjału w kierunku dodatnim o 100 w układzie z bentonitem do 200mV w układzie z piaskiem w stosunku do wartości mierzonych przed rozpoczęciem prób polaryzacyjnych.

Oględziny wykazały znaczną korozję płytek symulujących, przy czym płytki otoczone gruntem piaszczystym miały powierzchnie skorodowane w 50-60% z pojedynczymi wżerami do 1/4 grubości płytki. Natomiast płytka symulująca otoczona bentonitem skorodowana była powierzchniowo w 80%.

Wyniki badań laboratoryjnych wskazywałyby na inny przebieg polaryzacji anodowej na płytce symulującej w stosunku do polaryzacji dużej powierzchni nieizolowanej konstrukcji metalowej, w środowisku o dużej rezystywności. Symulująca elektroda sondy w opisanym wykonaniu nie może więc być w takich warunkach wykorzystana jako miara elektrochemicznego zachowania się metalowej konstrukcji w polu oddziaływania prądów błędzących.

Ze względu na korozję płytki symulującej w polu prądów błędzących, potencjał jej może się z upływem czasu

zmi.

też

pod.

moż.

3.

pom.

był.

sta.

tło.

sta

był

Wsp

dre

ele

osa

oto

roz

gru

Prz

Cu/

na

zmieniać inaczej niż potencjał konstrukcji badanej. Dlatego też zakopywanie sondy na stałe do pomiarów na konstrukcjach podziemnych pozostających w polu oddziaływania prądów błądzących może być niekorzystne.

3. Konstrukcja sondy do badań polowych.

Badania w różnych warunkach terenowych prowadzono za pomocą sondy pomiarowej pokazanej na rys.1, w którą wbudowana była ceramiczna elektroda odniesienia $Cu/CuSO_4$ z elektrolitem stałym.

Elektrody symulujące sondy wykonane były ze stali tłoczonej 2T i miały powierzchnię $5cm^2$, $10cm^2$ i $30cm^2$.

Sonda obudowana była rurą z polichlorku winylu, przy czym stalowa elektroda symulująca stanowiła dno sondy i osadzona była od strony wewnętrznej i bocznej w żywicy epoksydowej. Współśrodkowo w dnie sondy znajdowała się diafragma /kołek z drewna lipowego/ o średnicy 5mm. Diafragma odizolowana była od elektrody symulującej otoczką teflonową. Elektroda $Cu/CuSO_4$ osadzona była współosiowo wewnątrz rury z polichlorku winylu i otoczona elektrolitem pośrednim /zawiesiną bentonitu z 4% roztworem siarczanu sodu/. kontaktowała się ona ze środowiskiem gruntowym poprzez elektrolit pośredni i drewnianą diafragmę. Przewody od elektrody symulującej i elektrody odniesienia $Cu/CuSO_4$ wyprowadzone były w sposób izolowany z obudowy sondy na zewnątrz.

4. Przebieg i wyniki badań polowych.

Sondy zakopano w ziemi przy kablu w różnych warunkach eksploatacyjnych a mianowicie:

- w gruncie piaszczystym w odległości 30m od szyny trakcyjnej prądu stałego,
- w gruncie piaszczysto-gliniastym 700 i 1000m od uziomu stacji katodowej o parametrach $I=4,2A$, $U=60V$
- w agresywnych gruntach gliniastych i torfiastych, bez oddziaływania prądów.

Schemat instalacji pokazano na rys.3.

Przewody od elektrody symulującej i elektrody odniesienia sondy wyprowadzono na słupek oznaczeniowo-pomiarowy. Do słupka doprowadzony był także przewód od kabla. Elektroda symulująca była zwarta z kablem na stałe i połączenia tego nie rozwierano na czas pomiarów z wyjątkiem stosowania wibracyjnego miernika potencjału do celów porównawczych. Oprócz pomiaru na sondach mierzono różnice potencjałów kabel-ziemia względem oddzielnej stałej elektrody odniesienia $Cu/CuSO_4$ usytuowanej obok sondy w ziemi oraz względem przenośnej elektrody $Cu/CuSO_4$ ustawianej w czasie pomiaru na powierzchni ziemi nad kablem.

W rejonach oddziaływania prądów błądzących pomiary prowadzono równolegle, przy wykorzystaniu woltomierzy rejestrujących.

W rejonach oddziaływania prądów błądzących potencjał elektrody symulująca - ziemia mierzony względem elektrody odniesienia sondy był stały /rys.4/. Początkowo jego wartość była średnią wartości potencjałów kabel-ziemia zmierzonych względem oddzielnie umieszczonej stałej elektrody odniesienia

Cu/CuSO₄.

Po upływie 32 tygodni wartość potencjału elektroda symulująca-ziemia przesunęła się w stronę dodatnią /mniej ujemną/.

Po 40 tygodniach wystąpiło dalsze przesunięcie w stronę wartości dodatnich /mniej ujemnych/.

W przypadku oddziaływania prądów ochrony katodowej na kabel /rys.5/ wartości potencjałów elektroda symulująca-ziemia mierzone względem elektrody odniesienia sondy są bardziej dodatnie /mniej ujemne/ niż wartości potencjałów kabel-ziemia zmierzone względem stałej i przenośnej elektrody Cu/CuSO₄. Przy czym na sondzie usytuowanej przy kablu w odległości 700m, od uziomu anodowego potencjał był średnio o 400mV mniej ujemny w stosunku do wartości zmierzonej względem elektrody Cu/CuSO₄ przenośnej ustawionej nad kablem na powierzchni ziemi oraz średnio o 250mV mniej ujemny w porównaniu z wartością zmierzona względem elektrody ceramicznej zakopanej obok sondy.

W okresach suchych wartość potencjału zmierzonego na płytce symulującej wskazywała na brak dostatecznej polaryzacji katodowej kabli, podczas gdy wartości zmierzone w tym samym okresie względem przenośnej i stałej elektrody odniesienia były bardziej ujemne niż -0,85V /rys.5/.

Wyniki pomiaru potencjału względem elektrod stałej i przenośnej są obciążone składową omową, tym większą im większa była rezystywność gruntu i im większa odległość elektrody od kabla.

W obszarach bez oddziaływania prądów polaryzujących różnice pomiędzy potencjałem zmierzonym na płytce symulującej sondy oraz potencjałami kabel-ziemia zmierzonymi względem stałej i przenośnej elektrody Cu/CuSO_4 są niewielkie.

Dodatkowo przeprowadzono także pomiary przy użyciu sondy wykonanej do badań laboratoryjnych. W sondzie tej płytka symulująca była odsunięta od diafragmy /rys.2/. Wykonano również pomiary przy użyciu wibracyjnego miernika potencjału "Victor" produkcji Dolnośląskich Okręgowych Zakładów Gazownictwa we Wrocławiu, cyklicznie zwierającego i rozwierającego połączenie kabel-elektroda symulująca.

Jak widać z tablicy 2 wartości potencjału zmierzone na płytce symulującej sondy /rys.1/ bez użycia Victora i przy użyciu Victora są zbliżone.

Przy wykonywaniu pomiarów z użyciem sondy w której płytka symulująca jest oddalona od diafragmy wartości te różnią się w sposób znaczny.

Przypuszczalnie ma tutaj wpływ różnica w powierzchni diafragmy sond /około 100 razy większa w sondzie pokazanej na rys.2/.

Wyniki badań wskazują, że sonda o małej powierzchni diafragmy, mniej narażona na wpływy zewnętrzne, może być wykorzystana do pomiarów potencjałów bez składowej IR w rejonach oddziaływania prądów bioprotekcyjnych i w rejonach oddziaływania prądów ochrony stacji katodowych.

Gdy nie ma oddziaływania takich prądów, do pomiaru wystarcza przenośna względnie zakopana na stałe elektroda odniesienia Cu/CuSO_4 .

112

W rejonach oddziaływania prądów błędzących potencjał elektrody symulującej z upływem czasu przesuwają się w stronę dodatnią. Przypuszcza się, że jest to spowodowane wyciekami elektrolitu pośredniego oraz korozją elektrody w ziemi. Korozja płytki symulującej potwierdzona była w badaniach laboratoryjnych.

Płytkę stalową sondy koroduje w wilgotnym gruncie zarówno wtedy, gdy znajduje się w bezpośrednim sąsiedztwie diafragmy i narażona jest na działanie siarczanów przesączających się z elektrolitu pośredniego do gruntu, jak też wtedy, gdy jest oddalona od diafragmy /jak w rozwiązaniu na rys.2/. Może też korodować choć nieco wolniej w przypadku niedostatecznej polaryzacji katodowej, jeśli sonda zainstalowana jest w ziemi do kontroli układów ochrony katodowej. We wszystkich tych przypadkach proces korozji płytki będzie wpływał na przesunięcie jej potencjału w kierunku dodatnim. Tak zmieniona wartość potencjału płytki nie będzie odzwierciedlała warunków rzeczywistych na długiej, metalowej konstrukcji podziemnej.

Wydaje się więc, że zakopywanie sondy na stałe w ziemi będzie miało ograniczone zastosowanie, tylko do przypadków, gdzie jest dostateczna polaryzacja katodowa, zapobiegająca korozji płytki.

Zaletą sond pomiarowych stosowanych w rejonach oddziaływania prądów błędzących jest to, że na płytce symulującej mierzy się średnią wartość potencjału.

W wybranym do badań obszarze nie zanotowano jednak dużych wahań prądu błądzącego. W badanym przypadku rejestrowane potencjały płytki symulującej i kabla były zawsze mniej lub bardziej ujemne. Nigdy nie osiągały wartości dodatnich. Interesujące byłoby więc przebadanie sondy w obszarach o dużych waniach prądów błądzących i porównanie średniej wartości zmierzonej za pomocą sondy i wyliczonej metodami tradycyjnymi z sumy i czasu trwania dodatnich i ujemnych polaryzacji metalowej konstrukcji podziemnej.

5. Wnioski.

- 5.1. W warunkach prowadzonych prób sondy pomiarowe nadawały się do określania rzeczywistych potencjałów polaryzacji kabli doziemnych w osłonach jutowo-papierowych i to zarówno w obszarze oddziaływania prądów błądzących o niewielkich natężeniach jak też w obszarach oddziaływania prądów ochrony katodowej.
- 5.2. W badanym modelu sondy elektrody symulującej nie trzeba na czas pomiaru wyłączać z układu polaryzowanego.
- 5.3. Diafragmę sondy należy zabezpieczyć przed wyciekami elektrolitu pośredniego, który może przyspieszać korozję elektrody symulującej sondy, a tym samym zmieniać jej potencjał z upływem czasu.
- 5.4. W trakcie badań nie stwierdzono aby powierzchnia płytki symulującej miała istotny wpływ przy pomiarach na kablach pozbawionych izolujących pokryć.
- 5.5. Stwierdzono natomiast, że do układu bimetalicznego jakim jest kabel obożłowny z opancerzeniem stalowym, można stosować płytki stalowe, co było między innymi celem niniejszej pracy.

114

- 17 -

5.6. Do pomiarów można stosować woltomierze dostępne na rynku krajowym /np V-640/.

5.7. Nie zostało jeszcze dostatecznie wyjaśnione zagadnienie w jakich warunkach można zakopywać sondy na stałe przy badanej konstrukcji. Dokumenty normalizacyjne zagraniczne np GOST /13/ nie precyzują tego zagadnienia w sposób jednoznaczny niezbędne są więc dalsze badania w tym zakresie

W najbliższych latach przewiduje się badanie sond pomiarowych w odniesieniu do kabli w termoplastycznych osłonach ochronnych.

ltu

L i t e r a t u r a

1. Baeckmann W., Schwenk W.: Handbuch des Kathodischen Korrosionsschutzes. Weinheim, 1980, s.16, Verlag Chemie.
2. Mudd O.C.: Control of pipe-line corrosion. Corrosion 1, 1945, 4, s.192-218.
3. Mc Raven C.M.: Cathodic protection. Corrosion 2, 1946, 6 s.320-329.
4. Pearson J.M.: "Null" Methods applied to corrosion measurements. Metal Finishing 40, 1942, s.300.
5. Schwenk W.: Die Bestimmung des Potentials stromdurchflossener Elektroden mit besonderer Berücksichtigung der Anwendung beim kathodischen Korrosionsschutz. Werkstoffe u. Korrosion 1962, 4, s.212-218.
6. Baeckmann W., Heim G.: Kriterien für den kathodischen Schutz. Gas u. Wasserfach 1960, 101, s.942-986.
7. Bralswaki J.: Pomiar korozyjne na metalowych konstrukcjach podziemnych. Warszawa, 1968, s.75-83, WNT.
8. Baeckmann W., Funk D.: Verfahren und Geräte zur Messen des IR-Freien Potentials bei streustrombeeinflussten Stahlrohrleitungen. 3E-International 1982, 7, s.375-380.
9. Elaner B., Bohm H.: Werkstoffe und Korrosion 1982/4 s.207-212.
10. Juchniewicz R., Sokólski W.: Pomiar współczynnika asymetrii zmian potencjału konstrukcji w polu oddziaływania prądów błędnych. W : Materiały III Sesji Naukowej Podproblemu C-2 "Ochrona elektrochemiczna" Politechnika Gdańska, Kołobrzeg 1985.
11. Muller A. J.: Nasz metod kontrola kaczestwa zaszcity sooruzenij ot korrozji. Wiestnik Swiazi, 1979, 4, s.25-26.

12. Lunin O.A., Mischenko W.J.: Oprediasenijs potencjals oboloczsek bronirovannykh kabelej swiazi pri ich katodnoj polarizacii. Sbornik naucznykh trudov ONIIS. Kanały i aparatura dla pieredaczi informaczi. Moskwa 1984, s.52-58.
13. GOST, 9.015-74 Jedinaja sistiema zaszcizity ot korrozji i starenija. Podziemnyje sooruzhenija. Obszczije techničeskie trebowanija. /znowelizowane w 1984r/.
14. TGL 190-353/07/1976/. Gasfortleitung und Verteilungsanlagen Kathodischer Korrosionsschutz. IR-freie Potential messung.
15. Komei Kasahara i inni: An improved method for measuring pipe to soil potential and current density at cathodically protected pipelines, Mat. Perform. 1979, 3, s.21-25.
16. Komei Kasahara i inni: Results of polarization potential and current density surveys on existing buried pipelines. Mat Perform. 1980, 9, s.45-51.
17. Polak J.: The use of multipurpose measuring probes to assess the adequacy of cathodic protection of buried pipelines Mat. Perform 1983, 8, s.45-51.
18. Polak J.: Pomiarы elektryczne na rurociągach podziemnych z użyciem wielofunkcyjnej sondy pomiarowej. Ochrona przed Korozją 1980, 1, s.1-6.
19. Mićko F., Wawřina J. i inni: Niektóre zagadnienia związane z określeniem poziomu potencjału polaryzacyjnego rurociągu zienia w warunkach eksploatacji. W materiałach IV Międzynarodowej Naukowo-Technicznej Konferencji RZPG - Opracowanie środków ochrony metali przed korozją. Włarna 1985, cz.4, s.245-248.
20. Srebrakowski S.: Wibracyjny miernik potencjału Victor-1 jako przykład urządzenia realizującego pomiar potencjału metalowych konstrukcji podziemnych z wyłączeniem składowej omowej. Ochrona przed korozją 1983, 6, s.141-145.
21. Srebrakowski S.: Zgłoszenie patent. nr.P-236333 z dn5.05.82.
22. RD pat. Nr.2707265, 1978r, Ruhr - s-Essen. Messanordnung zur Ermittlung des Metall-Boden Potentials Kathodisch geschl. ar Metallkörper.

23. Baeckmann W. i inni: Messtechnik beim kathodischen Korrosionsschutz. Grafenau 1982, s.39-45. Expert Verlag.
24. Baeckmann W.: Neue Gesichtspunkte beim kathodischen Korrosionsschutz. Gwf-gas/erdgas. 1982, 10/11, s.530-536.
25. Baeckmann W.: Potentialmessung beim kathodischen Korrosionsschutz. 3R-International 1978, 8/7, s.545-548.
26. Baeckmann W. i inni: Verfahren und Geräte zum Messen des IR-freien Potentials bei Streustrombeeinflussten Stahlrohrleitungen. 3R-International 1982, 7, s.375-380.
27. Šach V.: Měření plastových potenciálu sdělovacích kabelů. Sborník prací Vyskumného Ústavu Spoju, 1983, 61, s.125-148.
28. Bralowski J., Teska-Swiderek K.: Badania w zakresie elektrod odniesienia przystosowanych do pomiaru potencjału bez składowej IR. Praca IL nr.3/14-02, W-wa, 1982r.

118

Tablica 1. Średni prąd płynący między modelem konstrukcji i ziemią w pobliżu miejsca usytuowania płytki symulującej sondy pomiarowej

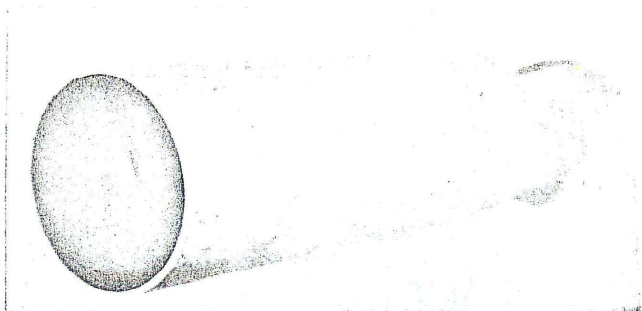
Układ	Elektrolit w miejscu usytuowania sondy po- miarowej	Natężenie prądu anodowe- go w miejscu usytuowania sondy pomiaro- wej /I, mA/	Natężenie prądu katodowego w miejscu dopływu do konstrukcji po przeciwnej stronie usytuowania sondy pomiarowej /I, mA/
1	piasek + 20% torfu	+ 0,4	- 0,1
2	piasek + 20% torfu	+ 0,6	- 0,1
3	bentonit	+ 0,5	- 0,4

Tablica 2. Pomiar porównawczy potencjałów w rejonach oddziaływania prądów błądzących wykonano metodą wyłączeniową /Victor/ 1 bez wyłączania elektrody symulującej sond pokazanych na rys.1 i 2

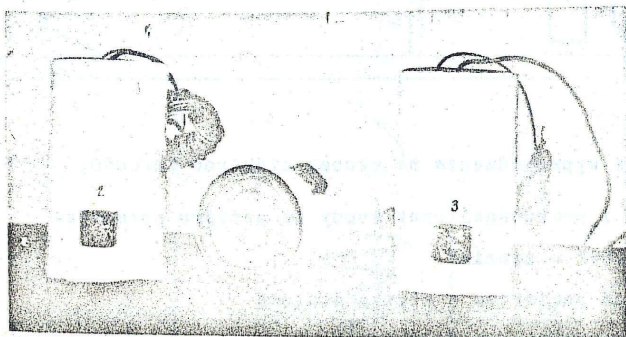
Miejsce pomiaru	Sonda	Potencjał kabel-sienia, V	
		metoda wyłączeniowa	bez wyłączania
L 110	a	- 0,48	- 0,46
	b	- 0,28 - - 0,37	- 0,54 - - 0,68
L 317	a	- 0,56	- 0,58
	b	- 0,39 - - 0,42	- 0,60 - - 0,72

a - sonda pokazana na rys.1

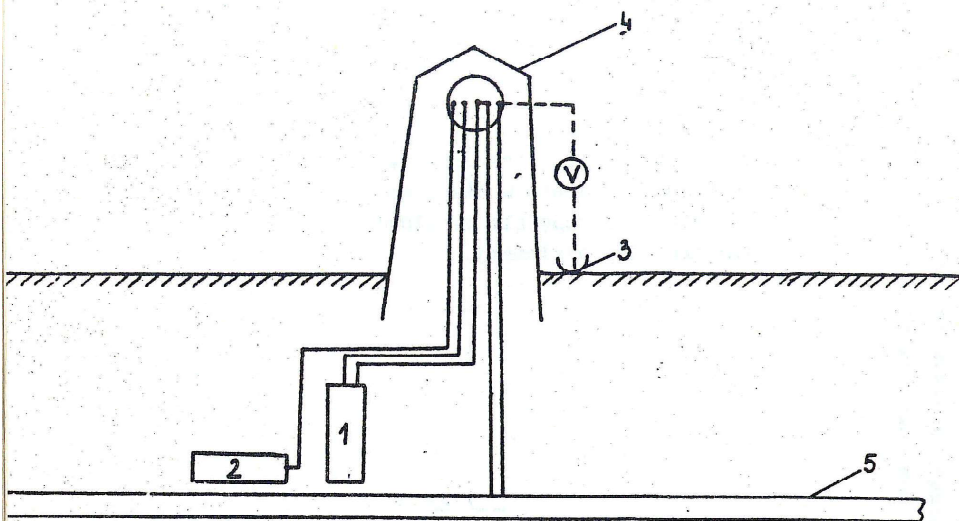
b - sonda pokazana na rys.2



Rys.1. Sonda pomiarowa, przeznaczona do
zakopania na stałe w ziemi do pomiarów
terenowych potencjału metalowej
konstrukcji podziemnej



Rys.2. Sonda pomiarowa przeznaczona do
pomiarów laboratoryjnych.



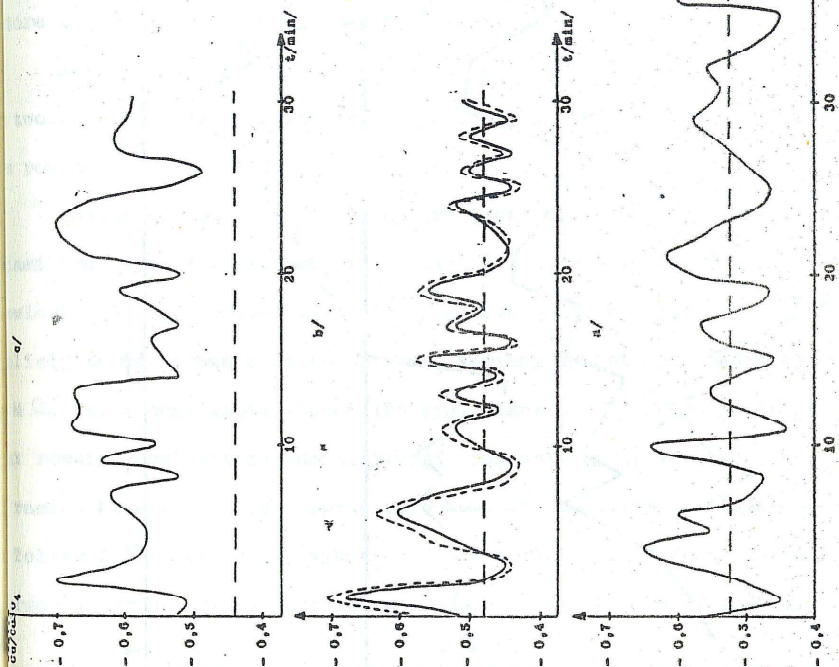
Rys. 3. Schemat wyprowadzenia na słupek elektrod Cu/CuSO_4

stałej i przenośnej oraz sondy do pomiaru potencjałów "kabel - ziemia"

- 1 - sonda pomiarowa z płytką stalową
- 2 - stała elektroda Cu/CuSO_4
- 3 - przenośna elektroda Cu/CuSO_4
- 4 - słupek oznaczeniowo-pomiarowy z gniazdem pomiarowym
- 5 - kabel

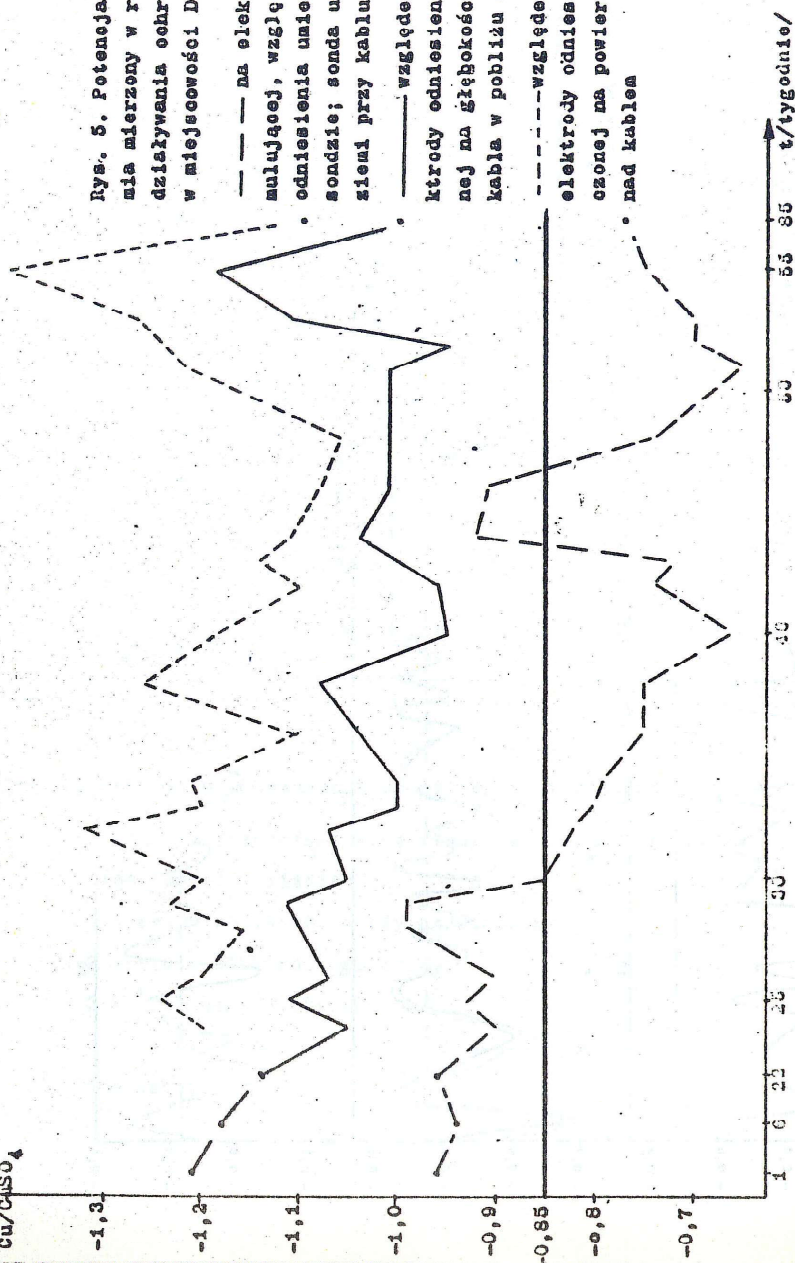
rys. 4. Potencjał "kabel-ziemia" utrzymywany w stanie oddziaływania prądów błądzących w miejscowości S

- a/ i tydzień od zainstalowania
b/ 32 tygodnie od zainstalowania
c/ 40 tygodni od zainstalowania



- na elektrodzie symulującej, względem
elektrody odniesienia umieszczonej w
sondzie; sonda umieszczona w ziemi
przy kablu
- względem stałej elektrody odniesienia
umieszczonej na głębokości ułożenia
kabla w pobliżu sondy
- względem przenośnej elektrody odnie-
sienia umieszczonej na powierzchni
ziemi nad kablem

U/V/V
wzgl.
Cu/CuSO₄



Rys. 5. Potencjał kabel-zienia mierzony w rejonie oddziaływania ochrony katodowej w miejscowości D, przy L 190

--- na elektrodzie symulującej, względem elektrody odniesienia umieszczonej w sondzie; sonda umieszczona w ziemi przy kablu

--- względem stałej elektrody odniesienia umieszczonej na głębokości ułożenia kabla w pobliżu sondy

--- względem przenośnej elektrody odniesienia umieszczonej na powierzchni ziemi nad kablem

Janin
Edwar

, Wst

ę zab

rownęci

ię be

owłoka

które p

K

tworz

a powł

O

iami k

owłoki

lietyl

M.Ω. i

ak równ

ramach

Telegr

ermopla