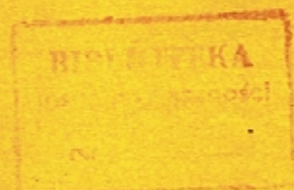


1961

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI  
WARSZAWA – MIEDZESZYN

Nr 1 (1)



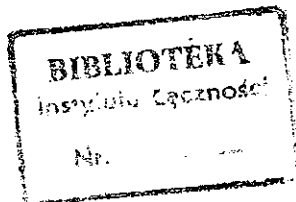
# PRZEGLĄD ZAGADNIEŃ ŁĄCZNOŚCI





MINISTERSTWO ŁĄCZNOŚCI

---



# PRZEGLĄD ZAGADNIEN ŁĄCZNOŚCI

ROK 1

WARSZAWA 1961

NR 1

---

INSTYTUT ŁĄCZNOŚCI

Ośrodek Informacji Techniczno-Ekonomicznej

Redaguje Kolegium

T R E Ś Ć

	Str.
K. Pakoca - Badania i ocena gleb i wód pod względem ich agresywności w stosunku do ołowiu	1
J. Bralewski - Sprzęt stosowany w Resorcie Łączności przy pomiarach prądów błędzących na miejskich sieciach kablowych	9
K. Pakoca - Korozja żelaza w glebie	15
K. Pakoca - Wpływ gruntowych mikroorganizmów na korozję rurociągów	25
J. Jagodzińska - Ochrona katodowa telekomunikacyjnych kabli miejskich	33
J. Bralewski - Trwałe anody do ochrony katodowej z obcym źródłem prądu	41
R. Trau - Nowości w praktyce ochrony metali przed korozją	47

Wydano na prawach rękopisu

---

Dział Wydawniczy OKW Instytutu Łączności  
Format B5. Nakład 250. Druk ukończono  
w grudniu 1961

mgr Kalina Pakoca

620.193

BADANIA I OCENA GLEB I WÓD  
POD WZGLĘDEM ICH AGRESYWNOSCI W STOSUNKU DO OŁOWIU

Kalina Pakoca, Olimpia Skiba-Rogalska: Agresywność gruntów i wód gruntowych w stosunku do ołowiu. „Prace Instytutu Łączności”, 1960, r.VII, nr 3/20/, 49 - 88.

Ołów jest jednym z najważniejszych materiałów konstrukcyjnych używanych przy fabrykacji kabli.

W warunkach atmosferycznych ołów jest trwały dzięki tworzeniu się na jego powierzchni ochronnej warstewki tlenków. W ziemi ołów często ulega niszczeniu zarówno wskutek korozji elektrolitycznej powodowanej przez prądy błędzące, jak też wskutek korozji wywołanej przez agresywny charakter otaczającego środowiska, to jest gleby i wód gruntowych. Korozja ziemna przedstawia poważne niebezpieczeństwo dla setek kilometrów podziemnych kabli w powłoce ołowianej.

Zjawisko korozji metali, zakopanych w ziemi, jest bardzo złożone. W ciągu ostatnich lat zebrano wiele cennych wskazówek dotyczących agresywności gruntu w stosunku do metalu, mimo to do tej pory odczuwa się brak ujednoczonych metod badawczych dla wskaźników

agresywności. Znajomość warunków glebowych pozwala na wybór odpowiedniej trasy nowoprojektowanych linii telekomunikacyjnych a także na wybór odpowiedniego sposobu ochrony przed korozją w odcinkach najbardziej agresywnych.

Przy badaniu gruntów agresywność ich ocenia się w zależności od oporności właściwej gleby, zdolności polaryzacji elektrod w gruntach oraz czynników chemicznych występujących w glebie.

Określenie własności korozyjnych gruntu według wartości elektrycznej oporności jest najprostsze, jednakże w metodzie tej nie zawsze mamy prostą zależność między korozją metali a przewodnością gruntu. Brak tej zależności obserwuje się nie tylko w gruntach, ale i w roztworach elektrolitów. Tak np. kwas octowy ma stosunkowo małą przewodność, jednak koroduje ołów równie silnie jak kwas azotowy, czy ług sodowy, których przewodności są kilkadziesiąt razy większe.

Metoda krzywych polaryzacyjnych, oparta jest na założeniu, że korozja w gruntach zależy od zdolności polaryzacji elektrod, to znaczy od kinetyki katodowego i anodowego procesu. Stopień obniżenia potencjału katody albo anody wskazuje, że reakcja korozyjna w danym środowisku przebiega łatwo lub trudno.

Krzywe polaryzacyjne jednak nie charakteryzują indywidualnych własności gruntów; rodzaj metali prawie nie wpływa na ich charakter, przebieg ich zależy przede wszystkim od napowietrzenia gleby. O agresywnym charak-

terze gruntu decydują jego własności indywidualne, jak, stopień przenikalności powietrza i wody, ilość substancji humusowych <sup>1/</sup>, ilość soli, obecność mikroorganizmów i inne.

Pracownia Korozji Instytutu Łączności, opierając się na własnych doświadczeniach oraz danych z literatury, opracowała chemiczne metody badania gleb i wód pod względem ich agresywności w stosunku do ołowiu.

Udział poszczególnych czynników w procesach korozji jest następujący.

Woda jest warunkiem koniecznym dla korozji elektrochemicznej. Woda zawierająca rozpuszczone sole odgrywa rolę elektrolitu w tworzących się ogniwach korozyjnych. W glebach absolutnie suchych metal nie koroduje. Dlatego np. glina dobrze utrzymująca wilgoć jest bardziej agresywna niż piasek.

Drugim czynnikiem wpływającym na szybkość korozji jest tlen. Wpływ tlenu na korozję nie został dotychczas wyjaśniony. Według jednych tlen dzięki tworzeniu ochronnych pasywujących warstewek na ołowiu hamuje korozję. Według innych natomiast, tlen obok wilgoci jest jednym z najistotniejszych czynników wzmagających korozję zie-

---

<sup>1/</sup> Substancje humusowe - mieszanina związków organicznych i organiczno-mineralnych powstałych w glebie na skutek rozkładu biochemicznego szczątków organizmów roślinnych i zwierzęcych.

mną. Jedną z bardziej charakterystycznych cech gruntu, warunkującą możliwość przenikania powietrza, jest jego struktura fizyczna, to znaczy grubość ziarn, spistość, ułożenie warstw. Wskutek lokalnych różnic w napowietrzeniu gruntu powstają ogniwa galwaniczne.

Bakterie znajdujące się w glebie są również czynnikiem sprzyjającym korozji ołowiu. Szczególnie aktywne są bakterie aneorobowe redukujące siarczany do siarkowodoru.

Różne zanieczyszczenia gleby, jak żużel, popiół, węgiel, koks, sprzyjają intensywnej korozji ołowiu.

Niebezpieczne są także substancje organiczne tworzące agresywne produkty rozkładu, głównie kwaśne substancje humusowe.

Znajdujący się w glebie bezwodnik węglowy wchodzi w reakcję z ołowiem tworząc w pierwszej chwili ochronną warstewkę węglanów. Jednak przy dużych koncentracjach bezwodnik węglowy może działać agresywnie, przekształcając węglany w łatwo rozpuszczalne kwaśne węglany. Sole mineralne zawarte w glebie, takie jak węglany, krzemiany, fosforany, siarczany, dzięki tworzeniu nierozpuszczalnych spoistych warstewek na metalu chronią go przed korozją. Wpływ chlorków nie został jeszcze dokładnie zbadany. Azotany i azotyny przyspieszają korozję ołowiu. Dla wód gruntowych charakterystyczną cechą określającą stopień ich agresywności, oprócz wymienionych wyżej, jest twardość. Szybkość korozji ołowiu zmniejsza się w miarę zwiększania się twardości wody.

Niebezpieczne są wody zawierające  $\text{CO}_2$  agresywne. Ba-



dania nad wpływem różnych czynników glebowych na korozję ołowiu dały podstawę do następującej klasyfikacji:

- do nieagresywnych zalicza się piaski i grunty piaszczysto-gliniaste,
- do średnio agresywnych - gliny i ubogie czarnoziemy,
- do agresywnych - torfiaste, bagniste, .. wapienne, sztuczne nasypowe i czarnoziemy bogate w substancje humusowe.

W Pracowni Korozji IŁ wykonano analizy dużej ilości próbek gleb i wód z różnych rejonów Polski. Próby laboratoryjne prowadzone były równolegle z obserwacjami polowymi.

Dla oceny agresywności gleb i wód konieczna jest znajomość następujących danych:

- 1/ zapach i barwa
- 2/ wskaźnik pH
- 3/ obecność siarkowodoru
- 4/ zawartość wolnego  $\text{CO}_2$
- 5/ zawartość agresywnego  $\text{CO}_2$
- 6/ utlenialność
- 7/ zawartość azotanów
- 8/ zawartość chlorków
- 9/ twardość ogólna

Przyjęto podział gleb i wód według stopnia ich agresywności w stosunku do ołowiu, który jest podany w tablicach I i II.

T a b l i c a I

Podział gruntów wg stopnia ich agresywności

Stopień agresywności	Zakres pH	Utlenialność w % tlenu	Zawartość NO <sub>3</sub> w %	H <sub>2</sub> S
Nieagresywny	6,0 - 7,4	do 1,5	do 0,0001	nieobecny
Srednioagresywny	5,8 - 6,0 oraz 7,4 - 8,5	do 2,5	do 0,001	nieobecny
Agresywny	poniżej 5,8 i powyżej 8,5	powyżej 2,5	powyżej 0,001	obecny

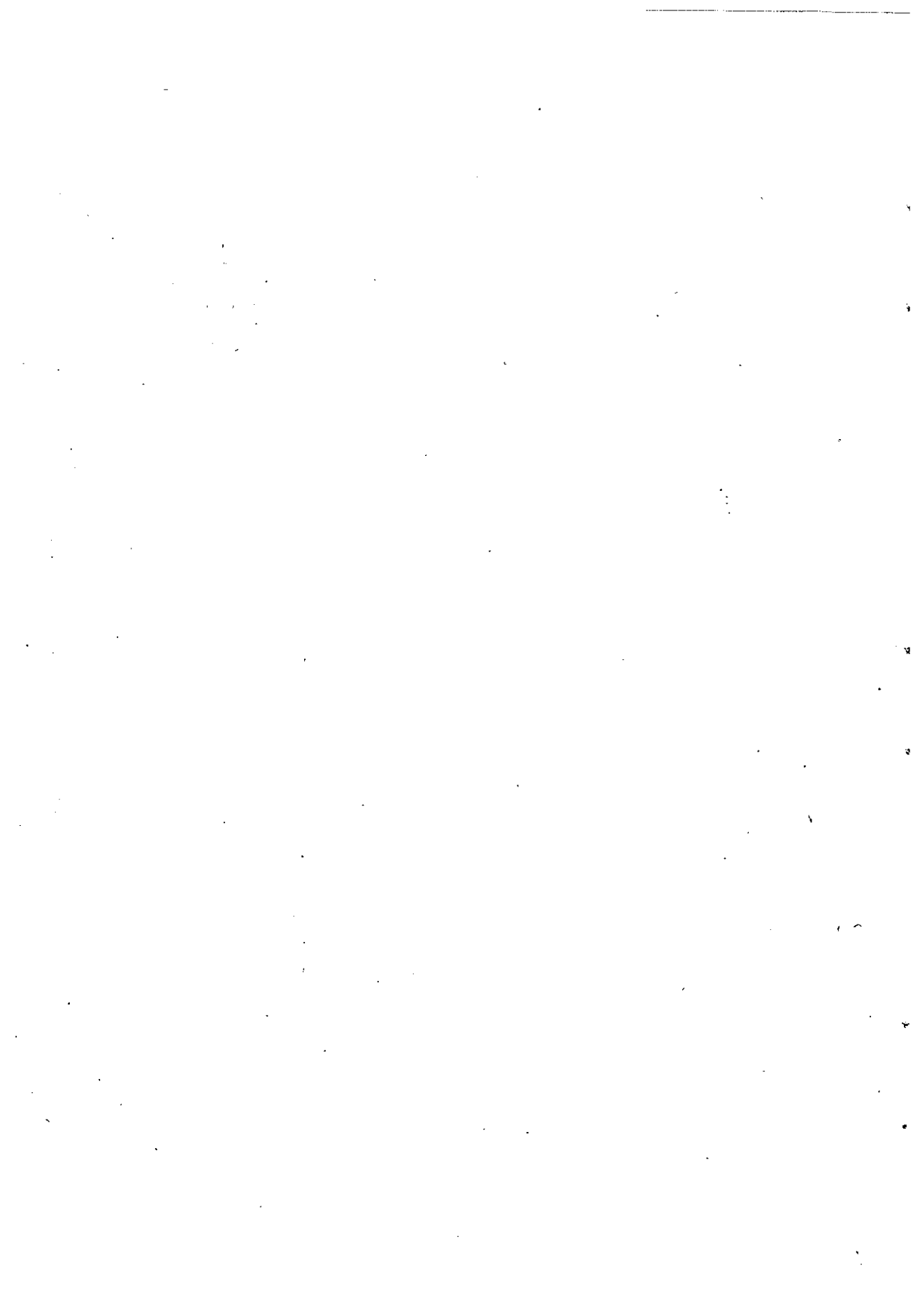
T a b l i c a II

Podział wód wg stopnia ich agresywności

Stopień agresywności	Zakres pH	Utlenialność wyraźna	CO <sub>2</sub> agresywny w mg/l	Twardość w o n	Zawartość NO <sub>3</sub> w mg/l	H <sub>2</sub> S
Nieagresywny	6,3 - 7,4	do 30	=	powyżej 15	do 10	nieobecny
Srednioagresywny	6,0 - 6,3 i 7,4 - 8,5	do 60	do 2,0	9 - 15	do 30	nieobecny
Agresywny	poniżej 6,0 i powyżej 8,5	powyżej 60	powyżej 2,0	poniżej 9	powyżej 30	obecny

Grunt, lub wodę zalicza się do agresywnych, jeśli przynajmniej jeden ze wskaźników ma charakter agresywny.

W pracy oryginalnej podano instrukcję szczegółową badania wskaźników agresywności gleb i wód.



inż. Jerzy Bralewski

620.193

SPRZĘT STOSOWANY W RESORCIE ŁĄCZNOŚCI  
PRZY POMIARACH PRĄDÓW BŁĄDZĄCYCH  
NA MIEJSKICH SIECIACH KABLOWYCH

referat wygłoszony w PAN

Ochrona metalowych urządzeń podziemnych, lub ocena stopnia ich zagrożenia przez korozję powodowaną prądami błędzącymi wymaga stosowania specjalnych przyrządów pomiarowych prądu stałego i sprzętu pomocniczego.

Instytut Łączności wykonał zestawy sprzętu do pomiaru prądów błędzących dla jednostek swego resortu.

W skład zestawu wchodzi:

- 2 woltoamperomierze
- 2 elektrody niepolaryzujące się  $\text{Cu}/\text{CuSO}_4$
- 3 ołowiane elektrody stykowe
- 2 żelazne elektrody stykowe
- 2 ołowiane elektrody uziemiające
- 2 żelazne elektrody uziemiające.

Pomiary prądów błędzących wykonywane są zawsze w terenie, zatem woltoamperomierze muszą być lekkie, w mocnej obudowie i powinny być odporne na wstrząsy. Układy

ruchome przyrządów powinny być dobrze wyrównoważone, aby ich wskazania nie były zależne od ustawienia. Położenie spoczynkowe wskazówki powinno być pośrodku skali, ponieważ w czasie wykonywania pomiarów występują szybkie zmiany kierunku mierzonych wielkości. Częste wahania mierzonych wartości wymagają stosunkowo szybkiego czasu ustalania się wskazówki przyrządu przy niezbyt dużym tłumieniu mechanizmu ruchomego. Zakres mierzonych napięć zmienia się w zależności od rodzaju pomiarów w bardzo szerokich granicach, od miliwoltów do kilkudziesięciu woltów, a zatem zakresy pomiarowe stosowanych przyrządów muszą być odpowiednio dobrane. Ze względu na to, że uzyskanie dostatecznie małej oporności styków przy pomiarach różnic potencjałów na urządzeniach podziemnych jest trudne, dlatego oporność wewnętrzną używanych do tego celu woltomierzy musi być duża, aby zmniejszyć do minimum uchyb pomiaru. Natężenie prądu w metalowych urządzeniach podziemnych wyznacza się często metodą pomiaru spadku napięcia. Miliwoltomierze używane do tych pomiarów powinny mieć dużą oporność wewnętrzną i dużą czułość.

Pomiary prądów metodą bezpośredniego włączania amperomierza w obwód pomiarowy wykonuje się przy instalowaniu i kontroli urządzeń drenażowych, oraz w pewnych przypadkach określania natężenia prądu płynącego w powłóce badanego kabla. Z uwagi na to, że wymienione obwody cechuje bardzo mała oporność, stosowane do pomiarów amperomierze powinny mieć również małą oporność rzędu dziesiętnych lub setnych części oma.

## DANE TECHNICZNE WOLTOAMPEROMIERZY

Zastosowano miernik magnetoelektryczny prądu stałego. Zakresy napięciowe i prądowe przełączane są pokrętnym przełącznikiem. Przyrządy wykonane były w trzech nieco różniących się seriach.

### Zakresy napięciowe:

w serii I: 0,2-2-2-20-50 V - skala 20 działek po obu stronach zera

w serii II i III: 0,1-1-10-100 - skala 25 działek po obu stronach zera

### Zakresy prądowe:

w serii I, II: 10 - 50 A

w serii III: 10 - 100 A

Dokładność wskazań serii I, II, III ok  $\pm$  2%

Czas ustalania wskazówki serii I, II, III ok. 1 sek

Oporności wewnętrzne miernika dla zakresów napięciowych:

w serii I 30000  $\Omega$  /V

w serii II, III 25000  $\Omega$  /V

Spadek napięcia na mierniku dla zakresów prądowych

/przy maksymalnym natężeniu pola/

w serii I, II, III - rzędu 60 mV

Obudowa:

seria I - pudło drewniane z pokrywą. Wymiary zewnętrzne przyrządu z pokrywą:

140 x 230 x 100 mm,

seria II i III - pudło metalowe z pokrywą. Wymiary zewnętrzne przyrządu z pokrywą:

190 x 240 x 100 mm.

#### ELEKTRODY NIEPOLARYZUJĄCE SIĘ $\text{Cu}/\text{CuSO}_4$

Elektrody niepolaryzujące się  $\text{Cu}/\text{CuSO}_4$  stosuje się przy pomiarach różnicy potencjałów w granicach do 0,5 V, występujących między metalowym urządzeniem podziemnym a ziemią.

Elektrody niepolaryzujące się  $\text{Cu}/\text{CuSO}_4$  wykonywane przez Instytut Łączności posiadają obudowę z pleksigłasu. Rura o średnicy 30 mm, długości 135 mm zakończona jest gwintem, na który nakręcona jest nasadka z otworem o średnicy 25 mm. Między rurą a nasadką umieszczono krążek z nieżywicznego drzewa. Rurę po napełnieniu nasyconym roztworem  $\text{CuSO}_4$  zatyka się korkiem gumowym ze swożeniem miedzianym zakończonym zaciskiem. Elektrode ustawia się tak, aby był dostatecznie pewny styk między ziemią a drewnianym krążkiem przesyconym siarczanem miedzi. Potencjał tego pół-ogniwa wynosi w stosunku do normalnej elektrody wodorowej +0,34 V.

#### ELEKTRODY STYKOWE I UZIEMIAJĄCE

Przy pomiarach prądów błędzących w celu uniknięcia powstawania dodatkowych ogniów w miejscach styku między dwoma różnymi metalami, a tym samym dodatkowych błędów,



stosuje się elektrody pomiarowe wykonane z tego samego metalu co badane urządzenie. A więc przy pomiarach różnicy potencjałów między ołowianą powłoką kabla a ziemią stosuje się elektrody ołowiane, zaś przy pomiarze różnicy potencjałów między ołowianą powłoką kabla a szyną trakcyjną elektrycznej - odpowiednio elektrody ołowianą i żelazną.

Ołowiana elektroda stykowa - jest to odlew ołowiu w kształcie walca z siodełkowatym wyżłobieniem. Elektroda ta jest umocowana na rurce aluminiowej za pośrednictwem turbaxowego łącznika. Z ołowiu, poprzez rurkę aluminiową, wyprowadzony jest przewód pomiarowy.

Żelazna elektroda stykowa - wykonana jest podobnie jak ołowiana, z tym że odlew ołowiany zastąpiono ostrzem stalowym.

Ołowiana elektroda uziemiająca - jest to walec ołowiany o ciężarze ok. 1 kg, do którego przymocowano przewód pomiarowy.

Żelazna elektroda uziemiająca - jest to pręt stalowy z zaciskiem umożliwiającym dołączenie przewodu pomiarowego.

Poza omówionym zestawem sprzętu do pomiaru prądów błądzących stosuje się mierniki oporności właściwej gleby. Używane w Resorcie Łączności do tego celu mierniki umożliwiają wykonanie pomiaru metodą czterech elektrod. Stosuje się następujące mierniki:

- a/ radzieckie: MC-17 zakresy pomiaru 10  $\Omega$  , 100  $\Omega$  , 1000  $\Omega$
- b/ angielskie: „Meger”     ”     ”     3  $\Omega$  , 30  $\Omega$  , 300  $\Omega$   
3000  $\Omega$

c/ polskie: ZEPW zakresy pomiaru 1  $\Omega$  10  $\Omega$  100  $\Omega$

Metody pomiarowe i sposób wykonywania pomiarów za-  
pomocą powyżej opisanego sprzętu podane są w Instrukcji  
technicznej TL-120 wydanej przez Instytut Łączności w  
1960 r. pt. „Wytyczne do sporządzania map rozkładu po-  
tencjałów na kablowych sieciach miejscowych oraz wytycz-  
ne do interpretacji tych map”

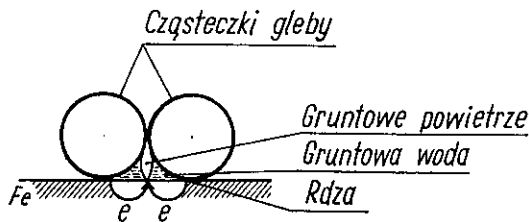
620.193  
683.1

### KOROZJA ŻELAZA W GLEBIE<sup>1/</sup>

Marković T., Sevdic M. Beitrag zur Systematik der Korrosion der Metalle im Erdreich. Werkstoff und Korrosion, 1959, 10, Nr 9, 547-555

Szybkość gruntowej korozji żelaza zależy od zawartości w glebie wody, tlenu oraz jej ogólnej kwasowości.

Na rysunku nr 1 pokazano schemat powstawania ogniw galwanicznych na granicy żelazo-gleby nie nasyconej wodą. Swobodna przestrzeń między cząsteczkami gleby wypełniona jest wodą gruntową i gruntowym powietrzem.



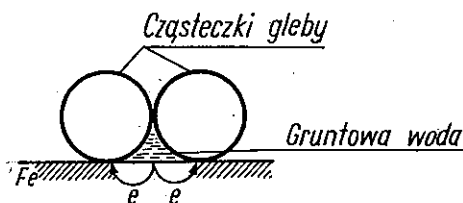
Rys.1. Schemat powstawania ogniw korozyjnych w gruncie nie nasyconym wodą

Cząsteczki powierzchni metalu stykające się z gruntem stają się anodami, a cząsteczki gleby pokryte błonką wody - katodami.

---

<sup>1/</sup> Na podstawie oryginału opracowała Kalina Pakoca

W przypadku gleby nasyconej wodą cząsteczki powierzchni metalu stykające się z gruntem stają się katodami, a cząsteczki gleby pokryte błonką wody - anodami. Schemat powstawania tego rodzaju ogniów pokazano na rysunku nr. 2.



Rys.2. Schemat powstawania ogniw korozyjnych w gruncie nasyconym wodą

Działanie areacyjnych makroogniw na powierzchni żelaza można wyjaśnić rozpatrując działanie poszczególnych mikroogniw.

Na rysunku 3 pokazano schematycznie tworzenie się makroogniwa z trzech różnych mikroogniw.

	Ogniwo	Zawartość tlenu	Zawartość wody	Oporność układu
Fe	1-2	min.	maks.	$r \ll$
	2-3	kryt.	kryt.	$r <$
	3-4	maks.	$\approx 0$	$r \infty$
	1-2-3-4			

Wskazówki w tabeli: Woda gruntowa (przy ogniwie 1-2), Powietrze gruntowe (przy ogniwie 2-3).

Rys.3. Schemat powstawania makroogniwa z trzech mikroogniw

Działanie mikroogniwa charakteryzuje natężenie powstającego prądu elektrycznego. Prąd ten określony jest równaniem:

$$i = \frac{E_a - E_k}{R_a + R_k} \quad /1/$$

gdzie:

$R_k$  - oporność w obszarze katodowym przy potencjale katody  $E_k$

$R_a$  - oporność w obszarze anodowym przy potencjale anody  $E_a$

Jeżeli ogniwo galwaniczne tworzy się w gruncie nasyconym wodą między cząsteczkami gleby o jednakowej wielkości, to prąd ogniwa określony jest równaniem:

$$i_{/1-2/} = \frac{E_{a_{1-2}} - E_{k_{1-2}}}{R_{a_{1-2}} + R_{k_{1-2}}} \quad /2/$$

Opór elektryczny tego ogniwa jest bardzo mały. Wobec tego natężenie prądu korozyjnego  $i_{1-2}$  określone jest różnicą potencjałów początkowych anody i katody.

$$\left( E_{a_{1-2}} \quad i \quad E_{k_{1-2}} \right).$$

Opór elektryczny ogniwa aeracyjnego 2-3 różni się nieco od oporu ogniwa 1-2.

Prąd ogniwa 2-3 określony jest równaniem:

$$i_{2-3} = \frac{E_{a_{2-3}} - E_{k_{2-3}}}{R_{a_{2-3}} + R_{k_{2-3}}} \quad /3/$$

Porównanie natężenia prądu korozyjnych ogniw 1-2 i 2-3 daje:

$$i_{1-2} < i_{2-3} \quad /4/$$

Opór ogniwa 3-4 jest bardzo duży. Przy oporze równym nieskończoności prąd ogniwa 3-4 równy jest zeru.

Z powyższego wynika, że całkowity prąd I makroogniwa określony jest pracą ogniw 1-2 oraz 2-3 i

$$E_{1-3} = E_{1-2} + E_{2-3} \quad /5/$$

Równanie to może być napisane w postaci:

$$R_{1-3} \cdot I = R_{1-2} \cdot i_{1-2} + R_{2-3} \cdot i_{2-3} \quad /6/$$

przy

$$R_{1-2} \simeq R_{2-3} \simeq R_{1-3} \quad /7/$$

Całkowite natężenie prądu makroogniwa równa się:

$$I = i_{1-2} + i_{2-3} \quad /8/$$

albo uwzględniając równanie /4/

$$I \approx i_{2=3} \quad /9/$$

Rozpatrzmy mikroogniwo, w którym zachodzi zmiana wielkości potencjałów wskutek polaryzacji. Maksymalny prąd mikroogniwa równy jest:

$$I_{\text{maks}} = \frac{E_k - E_a}{P_k + P_a} \quad /10/$$

gdzie:

$|E_k - E_a|$  - maksymalna różnica potencjałów mikroogniwa, która zmniejsza się wskutek polaryzacji  $P$ ;

$P_k$  i  $P_a$  - katodowa i anodowa polaryzacja.

Anodowa i katodowa polaryzacja zależą od wielkości powierzchni anody  $F_a$  i katody  $F_k$ . Zależność ta może być wyrażona wzorami:

$$F_k = \frac{K_1}{P_k} \quad \text{i} \quad F_a = \frac{K_2}{P_a} \quad /11/$$

gdzie:

$K_1$  i  $K_2$  oznaczają udział katodowej i anodowej polaryzacji w ogólnej polaryzacji mikroogniwa.

Podstawiając do równania /10/ wartości  $P_k$  i  $P_a$  otrzymamy:

$$I_{\text{maks}} = \frac{E_k - E_a}{\frac{K_1}{F_k} + \frac{K_2}{F_a}} \quad /12/$$

Jeżeli w ogniwie galwanicznym powierzchnia katody  $F_k$  jest dużo mniejsza od powierzchni anody  $F_a$ , to maksymalny prąd mikroogniwa określony jest polaryzacją katodową.

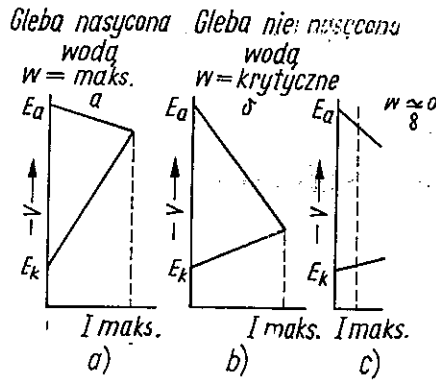
Jeżeli  $F_k$  jest znacznie większe od  $F_a$ , to wówczas maksymalny prąd mikroogniwa zależy od polaryzacji anodowej.

Zasada ta jest słuszna w przypadku korozji żelaza w gruntach neutralnych lub słabo kwaśnych.

W gruncie nasyconym wodą, względna powierzchnia katodowa i prąd korozyjny, są duże /rys.4a/.

Przy krytycznej zawartości wody w gruncie do powierzchni metalu przenika dużo tlenu, co powoduje maksymalną korozję. W tym przypadku ma miejsce anodowa polaryzacja /rys.4b/. Jeżeli przestrzeń między cząsteczkami gruntu wypełniona jest całkowicie powietrzem, to wówczas zjawisko polaryzacji prawie nie wpływa na natężenie prądu korozyjnego.





Rys.4. Krzywe polaryzacyjne mikroogniw przy różnej zawartości wody w glebie

Szybkość gruntowej korozji żelaza zależy od struktury gleby. W glebach drobno-ziarnistych zmniejsza się powierzchnia katodowa w tworzących się ogniwach galwanicznych.

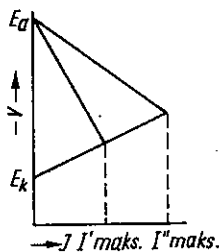
Rozpatrzmy, jaki wpływ wywiera wielkość ziaren gleby  $G_p$  na rozkład stref anodowych i katodowych na powierzchni żelaza. Przy stałej zawartości wody w gruncie w stosunek powierzchni katodowej do anodowej wyraża się równaniem:

$$\frac{\sum F_k}{\sum F_a} = f / \sum G_p / \quad /13/$$

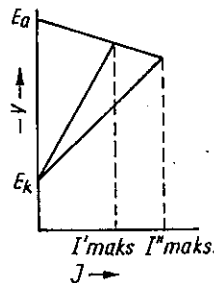
Przy początkowych potencjałach anody  $E_a$  i katody  $E_k$  maksymalny prąd ogniwa korozyjnego zależy od struktury gleby /rys.5/. Natężenie prądu  $I'_{maks.}$  odpowiada mikroogniwu z silną polaryzacją anodową /drobnoziarnista gle-

ba/; prąd  $I''_{maks.}$  odpowiada mikroogniwiu z mniejszą anodową polaryzacją /gruboziarnista gleba/.

W glebie drobnoziarnistej, nasyconej wodą, katodowa polaryzacja mikroogniwa, jest mniejsza niż w glebie gruboziarnistej, a wskutek tego większy maksymalny prąd mikroogniwa /rys.6/.



Rys.5. Zależność maksymalnego prądu korozyjnego mikroogniwa od anodowej polaryzacji przy różnej strukturze gleby

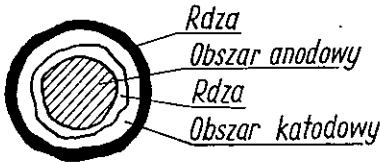


Rys.6. Zależność maksymalnego prądu korozyjnego mikroogniwa od katodowej polaryzacji przy różnej strukturze gleby

Przeprowadzono laboratoryjne badania korozji na próbkach o powierzchni  $25 \text{ cm}^2$  wykonanych z żelaza kowalnego polerowanego. Próbki wymyto, wysuszono, a następnie umieszczono na dnie szklanego naczynia i zasypano je 5 centymetrową warstwą szklanych kuleczek. Układ taki przy niewielkim zwilżeniu kuleczek wodą odpowiadał warunkom korozji metalu w glebie nie nasyconej wodą.

W szeregu doświadczeń kulki zwilżono 1% roztworem chlorku sodu. Rozkład korozji na powierzchni próbki po-

kazano na rys.7. Zupełnie inny rozkład korozji obserwuje się na próbkach przy ograniczonym dostępie tlenu /kulki pokryte warstwą wody/ /rys.8/.



Rys.7. Schemat rozkładu korozji na powierzchni próbki znajdującej się w kontakcie ze szklanymi kulkami zwilżonymi 1% roztworem chlorku sodu



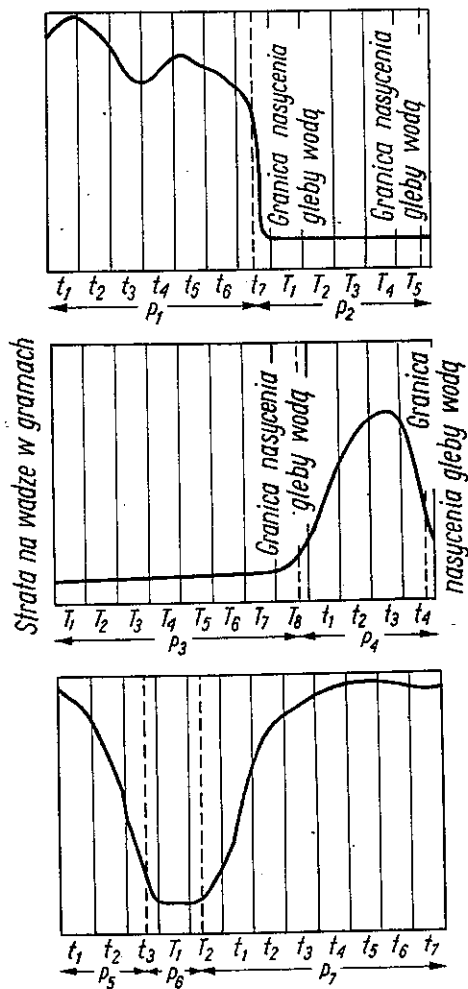
Rys.8. Schemat rozkładu korozji na powierzchni próbki znajdującej się w kontakcie ze szklanymi kuleczkami pokrytymi warstwą wody

Warunki klimatyczne /wahania temperatury, opady roczne/ są również ważnymi czynnikami korozji gruntowej metalu.

Największe zmiany szybkości korozji obserwuje się w okresie nasycania gleby wodą. Po nasyceniu wodą szybkość korozji praktycznie jest stała.

Zależność szybkości korozji żelaza w glebie od czasu trwania próby pokazano na rys.9, gdzie  $t_1, t_2 \dots t_n$  są odcinkami czasu korozji żelaza w gruncie nie nasyconym wodą;  $T_1, T_2 \dots T_n$  odcinki czasu korozji żelaza w gruncie nasyconym wodą;  $P_1, P_2 \dots P_n$  odcinki czasu nasycania gleby wodą.

Zauważono, że szybkość korozji metalu zmniejsza się przy zwiększającej się średniej rocznych opadów.



Rys.9. Zależność szybkości korozji żelaza od zawartości wody w glebie

620.193  
621.643

WPLYW GRUNTOWYCH MIKROORGANIZMOW  
NA KOROZJĘ RUROCIĄGÓW <sup>1/</sup>

Harris J.O. Soil microorganisms in relation to cathodically protected pipe, "Corrosion", 1960, 16, Nr 9, 113-119. Discuss., 119-120 /ang/.

Na uniwersytecie w Kansas w USA przeprowadzono badania w celu sprawdzenia wpływu gruntowych mikroorganizmów na uszkodzenia pokryć izolacyjnych lub utratę przez pokrycie własności elektroizolacyjnych.

Wykonano analizy bardzo dużej ilości próbek gruntów, pobranych w 14 stanach, wzdłuż tras gazo i ropociągów.

Analizy te wykazały, że w obszarach układania rurociągów występowały odchylenia od biologicznej i fizycznej równowagi, charakterystyczne dla gruntów o nienaruszonej strukturze.

Ustalono, że w warstwie gruntu przylegającej do izolowanej powierzchni rurociągu, są sprzyjające warunki dla rozwoju mikroorganizmów, niezależnie od głębokości ułożenia i temperatury rurociągu, jak również od wilgotności i zasadowego czy kwaśnego charakteru gruntu.

---

<sup>1/</sup> Na podstawie oryginału opracowała Kalina Pakoca

Polowe badania wykazały, że na dnie rowów, w których ułożone były rurociągi, znajdowały się grunty o nadmiernej wilgotności. Ta wysoka wilgotność gruntów wzdłuż tras sprzyjała znacznej zawartości wilgoci w pokryciach izolacyjnych, posiadających skłonności absorbcyjne.

Stwierdzono różnicę w zachowaniu się pokryć izolacyjnych w zależności od materiału, z którego zostały wykonane. Pokrycia na bazie smoły z węgla kamiennego wykazywały małą wodochłonność, natomiast w pokryciach asfaltowych zawartość wody zwiększała się w miarę upływu czasu.

Porównanie ilości bakterii w warstwie gruntu przylegającej do izolowanego rurociągu i w gruncie o nienaruszonej strukturze wykazało, że materiał izolacyjnych pokryć i taśm wzmacniających izolację jest dobrą pożywką dla bakterii.

Stwierdzono, że bakterie dobrze rozwijają się na asfaltowych pokryciach ochronnych, na substancjach służących do przyklejania izolacji taśmowej do metalowej rury oraz na niektórych gatunkach mas plastycznych. Nie zauważono rozwoju bakterii na pokryciach wykonanych ze smół z węgla kamiennego. Wyniki badań, jakie uzyskano po przeanalizowaniu około 800 próbek gruntów, wykazały przewagę bakterii aerobowych nad anaerobowymi, co świadczy o dyfuzji tlenu do gruntu na głębokości ułożenia rurociągów.

Szczególnie ciekawe są liczne odmiany bakterii, wychodowane na czystych kulturach, zdolne rozwijać się na materiałach zawierających węglowodory.

Takie typy bakterii wykryto w próbkach gruntów, pobranych zarówno z warstwy przylegającej do powierzchni rurociągów jak i z dna rowów, w których były ułożone rurociągi. Znaczne ilości bakterii wykryto w wodzie znajdującej się pod odstającymi warstwami asfaltowej i taśmowej izolacji. We wszystkich pobranych próbkach gruntów wykryto następujące rodzaje bakterii: *Micrococcus paraffinae*, *Pleomorphic rods* i *Pseudomonas aeruginosa*; sfotografowano je za pomocą elektronowego mikroskopu stosując 6000- do 16500- krotne powiększenie.

Przy układaniu rurociągów i zasypywaniu rowów powstają sprzyjające warunki dla rozwoju mikroorganizmów. Jak widać z rysunku, nad rurociągiem w rowie tworzy się warstwa pulchnego gruntu, umożliwiająca dobrą dyfuzję tlenu. Dostateczna wilgotność gruntu otaczającego rurociąg stwarza warunki, w których życiowe procesy mikroorganizmów gruntowych mogą wywołać uszkodzenia pokrycia ochronnego.

Przeprowadzono badania mikrobiologicznej aktywności gruntów na znacznym obszarze USA. Dla ułatwienia pracy posługiwano się ruchomym polowym laboratorium i na miejscu wykonywano część badań. Okazało się, że rozwojowi bakterii towarzyszyło uszkodzenie pokrycia i utrata jego elektroizolacyjnych własności.

Badano wpływ absorbcyjnych własności pokrycia oraz wpływ warunków katodowej ochrony obiektu na rozwój mikroorganizmów i na wielkość oporności elektrycznej pokrycia. Korozja rurociągów nie posiadających ochronne-





Reakcja 4 uwarunkowana jest działaniem bakterii *Desulfovibrio desulfuricans* redukujących siarczany i siarczyny. Zachodzi przy tym depolaryzacja metalowej powierzchni wzmagająca proces korozji. Bakterie te mają anaerobowy charakter i rozwijają się przy zupełnej nieobecności tlenu w warunkach przebiegu procesu redukcji. Inne rodzaje bakterii, których działalność życiowa objawia się wytwarzaniem kwasów organicznych, przyczyniają się do powstawania mikroogniw.

Na podstawie badań laboratoryjnych stwierdzono, że między stalową elektrodą umieszczoną w środowisku zawierającym pożywkę z kulturą bakterii i analogiczną elektrodą umieszczoną w wyjałowionym środowisku istnieje różnica potencjałów, zależna od rodzaju bakterii.

Po 24- godzinym utrzymywaniu elektrody w środowisku z kulturą bakterii otrzymano następujące różnice potencjałów /w woltach/:

w przypadku bakterii

<i>Aerobacter aerogenes</i>	0,256
<i>Bacillus cereus</i>	0,383
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0,640
<i>Micrococcus parafinae</i>	0,555

Prąd mierzony w obwodzie połączonych elektrod zmieniał się w ciągu 2 tygodni od 0 do 60 mikroamperów.

Laboratoryjne badania przeprowadzone przez autora wykazały możliwość pojawienia się między identycznymi elektrodami różnicy potencjałów od 0,25 do 0,65 V uwarunkowanej oddziaływaniem mikroorganizmów.

Fakt ten potwierdza niebezpieczeństwo korozji podziemnych rurociągów, ułożonych w gruntach dobrze napowietrzonych i wilgotnych, zawierających duże ilości mikroorganizmów i substancji organicznych. Prosty sposób określenia stopnia mikrobiologicznej korozyjnej aktywności mikroorganizmów jest zbadanie utleniająco-redukcyjnego potencjału gruntu. Wcześniejsze badania wykazały, że częste uszkodzenia korozyjne powstawały w gruntach o małej oporności właściwej.

Zależność pomiędzy rozmiarem uszkodzenia i opornością gruntu mniej wyraźnie przejawia się w północnych okęgach USA. Dlatego też dla określenia korozyjnej aktywności gruntu nie wystarcza samo tylko oznaczenie oporności właściwej.

Wyniki przeprowadzonych prac wykazały możliwość określenia charakterystyki utleniająco-redukcyjnej gruntu i oceny według tego wskaźnika korozyjnej jego aktywności, przez porównanie ze skalą wzorcową zalecaną przez Starkey'a.

Pomiary wykonane według tej metody wzdłuż magistralnych rurociągów gazowych w New Yorku dowodzą, że można ją stosować dla orientacyjnej oceny korozyjnej aktywności gruntu.

Metoda ma jednak w niektórych przypadkach ograniczone zastosowanie. W gruntach, o zmieniającym się poziomie wód gruntowych, możliwe są okresowe zmiany potencjału utleniająco-redukcyjnego.

W strefie redukcyjnej siarczany redukują się do siarczynów i zachodzi korozja z udziałem anaerobowych bakterii. W strefie utleniającej siarczyny utleniają się na siarczany, co również może wzmacniać korozję. W tych warunkach zachodzi możliwość współdziałania aerobowych i anaerobowych bakterii i konieczny jest właściwy wybór czasu dla przeprowadzenia pomiaru potencjału utleniająco-redukcyjnego.



620.497.5  
621.315.23

OCHRONA KATODOWA  
TELEKOMUNIKACYJNYCH KABLI MIEJSKICH <sup>1/</sup>

Mc Ardle James P. Cathodic protection in an urban area with a distributed anode system. Corrosion, 1960, 16, Nr 3, 83-86.

Zastosowanie ochrony katodowej dla podziemnych kabli telekomunikacyjnych na terenie miasta napotyka na szereg trudności związanych z rozmieszczeniem anod uziemiających ze względu na obecność podziemnych urządzeń metalowych znajdujących się w sąsiedztwie. Urządzenia metalowe znajdujące się w pobliżu anod uziemiających, nie włączone do instalacji ochrony katodowej, ulegać mogą silnej korozji powodowanej prądami ochrony, szczególnie gdy nie posiadają one powłoki ochronnej.

W przypadku stosowania ochrony katodowej do obojętnych kabli telekomunikacyjnych natężenie prądu ochronnego powinno być tak dobrane aby nie spolaryzować zbyt ujemnie powłok kabli i nie spowodować związanej z tym korozji ołowiu na skutek zalkalizowania środowiska przykatodowego.

Poza tym przy małym natężeniu prądu ochronnego istnieje

---

<sup>1/</sup> Na podstawie oryginału opracowała Janina Jagodzińska

je mniejsze niebezpieczeństwo oddziaływania na sąsiednie urządzenia.

Zmniejszenie poboru prądu ze źródła ochrony katodowej uzyskuje się przez dobre izolowanie obiektu chronionego od urządzeń metalowych znajdujących się w pobliżu.

Przy stosowaniu wspólnej ochrony dla kilku urządzeń łączy się je elektrycznie między sobą.

W najprostszym obwodzie ochrony katodowej prąd płynący od zewnętrznego źródła wypływa z anody do ziemi, a stąd na chroniony obiekt podziemny. Najniższy potencjał jest przy uziemiaczu anodowym. Jeśli uziemiacz ten jest odległy od urządzenia, to zmiana potencjału w pobliżu obiektu chronionego jest nieznaczna i wpływ uziemiacza uwydatnia się tylko w ujemnym potencjale obiektu w stosunku do ziemi.

W przypadku gdy uziemiacz znajduje się blisko urządzenia chronionego, zmiana potencjału urządzenia jest wyraźna i wiąże się ona z efektywnością ochrony. Jeśli w pobliżu chronionego urządzenia, lub sąsiadującego z nim uziemienia, znajdzie się jakaś konstrukcja metalowa nie włączona w ogólny system ochronny, nastąpi zmiana rozkładu potencjałów dokoła uziemiacza. Przyczyną tej zmiany jest dobra przewodność elektryczna danej konstrukcji.

Niejednorodność gruntu charakteryzująca się zmianą oporności z głębokością ma wpływ na oddziaływanie uziemiacza na sąsiednie urządzenia. Aby wpływ ten zmniejszyć, odsuwa się uziemiacz o setki, a nawet tysiące metrów, od urządzeń.

Taki przypadek miał miejsce w opisywanej ochronie sieci kablowej w Greensboro /USA/.

Oporność właściwa gruntu na głębokości od 1,5 - 9 m zmienia się w granicach od 30 - 500  $\Omega \cdot m$ . Na głębokości poniżej 15 m oporność ta wzrasta do 8000  $\Omega \cdot m$ , a wymagana przy tym odległość uziemiacza anodowego od kabla wzrasta do 900 m.

Przy tak dużych opornościach dolnych warstw gruntu, prądy płynące z punktowej anody, względnie zestawu anod, rozpląwałyby się głównie w górnych warstwach stanowiąc poważne niebezpieczeństwo dla znajdujących się w pobliżu urządzeń.

Doświadczenie wykazało, że przy ustawieniu jednej punktowej anody w granicach miasta, prąd ochronny wpływał szkodliwie na nie chronione urządzenia metalowe znajdujące się pomiędzy uziemiaczem anodowym i kablem, nawet w tym przypadku, kiedy znajdowały się one na znacznej odległości /rzędu 1,6 km/ od uziemiacza.

Urządzenia metalowe znajdujące się w odległości 100 - 200 m od uziemiacza narażone były na działanie prądów ochrony katodowej. Spełniały one rolę anod uziemiających i polepszały w ten sposób warunki ochrony sieci kablowej, ale same przy tym ulegały niszczeniu.

Z wyżej wymienionych powodów uziemiacze punktowe przy ochronie kablowej okazały się niewygodne na terenie miasta. Również usytuowanie uziemiacza poza miastem w odległości kilku kilometrów było w praktyce trudne do zrealizowania.

Dobre wyniki uzyskano po zainstalowaniu zestawu anod uziemiających ustawionych co 40 m, w odległości 1 - 2 m od trasy kabla. Początkowo próbowano zastosować do tego celu protektory magnezowe. Okazały się one jednak niedogodne ze względu na niejednorodność i dużą oporność gruntu.

Ostatecznie zastosowano ochronę katodową z użyciem szeregu pionowych anod ze stali o wysokiej zawartości krzemu, połączonych ze sobą jednym izolowanym przewodem podwieszonym na słupach linii biegnącej w pobliżu chronionego rurociągu.

Dla utrzymania wymaganej gęstości prądu ochronnego uziemiacze ustawiono w dostatecznej odległości od sąsiednich urządzeń metalowych i równocześnie minimalnej odległości od kabla.

Badania wykazały, że przy pionowym ustawieniu anodowych uziemiaczy w ziemi uzyskiwano 90% spadku potencjału w promieniu 3 m dokoła anody. Mając to na uwadze, anody można było rozmieszczać stosunkowo blisko sąsiednich urządzeń podziemnych.

Zastosowanie układu anod, opisanych wyżej, zapewniało równomierną ochronę sieci kablowej, bez zwiększenia ujemnego potencjału w punktach drenażowych /tzn. w miejscach podłączenia do powłoki kabla przewodu od ujemnego bieguna prostownika/. Zużycie prądu wynosiło 100 mA na każdy uziemiacz.

W opisanych warunkach zestaw uziemiaczy składał się z 155 pionowych anod. Anody wykonane były w kształcie prętów długości 1,5 m i średnicy 2,5 cm ze stali o wy-



sokiej zawartości krzemu. Każdą anodę umieszczono w pobliżu szupa, na którym podwieszono przewód główny dla całego zestawu anod. Od przewodu głównego odgałęziały się przewody do poszczególnych anod. Przewody te przymocowane były wzdłuż szupa. W obwód każdej anody włączono szeregowo opornik /rys.1/, którego zadaniem było kompensowanie nierównomierności rozprywu prądów ochronnych / w granicach strefy chronionej nierównomierności takie powstają mogą na skutek zmian oporności gruntu/. Przewidziano także odprowadzenie do pomiarów natężenia prądu. Długość przewodu głównego rozciągniętego pomiędzy 48 studzienkami kablowymi wynosiła 6,2 km. Całkowita oporność zestawu anod wraz z przewodami łączącymi wynosiła 2-3  $\Omega$ , a przy podłączeniu oporników 4  $\Omega$ . Dla zabezpieczenia sieci kablowej zastosowano 3 prostowniki selenowe małej mocy.

Schemat ochrony katodowej sieci kablowej przedstawiono na rys.2. Prostowniki zainstalowano na skupach na wysokości 1,20 m w pobliżu studzienek kanalizacji kablowej.

Dodatni biegun prostownika łączono z przewodem uziemiaczy anodowych, ujemny - z powłoką kabla.

Jeden z prostowników dawał prąd o natężeniu 6 A przy napięciu 18 V. Dwa inne dawały prąd o natężeniu 3 A przy napięciu 18 V. Średnia wartość prądu przypadającego na każdą anodę wynosiła 60 mA. Jednak w odcinkach sieci kablowej, gdzie znajdowało się kilka kabli ułożonych równolegle obok siebie, średni prąd miał większą wartość. Średni prąd ochronny 30 metrowego odcinka powłoki kabla wynosił 10 mA.

Ponieważ trzy stacje katodowe dołączone były do jednego przewodu, to działanie prostowników częściowo się pokrywało. Powłokę kabla długości 34 km chroniono prądem 8,4 A, przy całkowitej mocy trzech prostowników 200 W.

Srednia zmiana potencjału powłoki kabla wynosiła -0,2 V. /Pomiary potencjału wykonano w studzienkach kablowych przy włączonej i wyłączonej instalacji ochrony katodowej/.

W pobliżu studzienki nr 29, gdzie anody ustawiono w odległości ok. 1 m od trzech równolegle biegnących kabli, przeprowadzono dokładniejsze pomiary rozkładu potencjału powłoki kabla. Pomiar dokonywany był co 3 metry względem niepolaryzującej się elektrody siarczano-miedziowej. Wartość potencjału zmieniała się od -0,7 V na odcinkach oddalonych od uziemiaczy anodowych do -1,2 V w pobliżu anod /rys.3/.

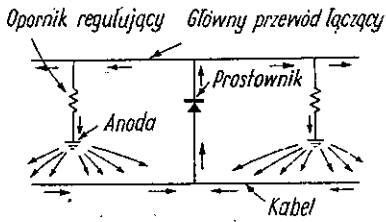
Prąd wypływający z każdej anody nie przekraczał wartości 70 mA. Pomiary natężenia prądów przedostających się od instalacji ochrony katodowej na sąsiednie urządzenia wykazały, że wartość tych prądów jest niewielka. Na wyprowadzeniach sieci wodociągowej położonych w pobliżu uziemiaczy stwierdzono prąd od 1 do 7 mA. Prądy spływały do tych stref rurociągu, które znajdowały się w pobliżu kabla chronionego i uziemiaczy anodowych.

Pomiary rozkładu potencjałów rurociągu wodnego położonego w sąsiedztwie kabla wykazały, że ustawienie anod w odległości 4,5 m od rurociągu jest zupełnie bezpieczne i nie pociąga za sobą żadnych szkodliwych zjawisk na skutek prądów ochrony katodowej.

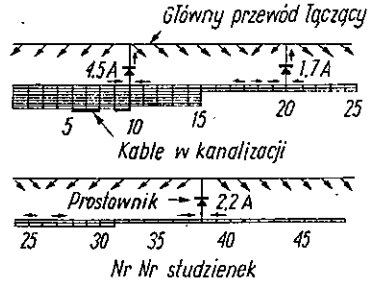
Przy mniejszych odległościach anody od rurociągu należy zmniejszyć natężenie prądu wypływającego z danej anody, lub wyłączyć ją całkowicie z instalacji ochrony katodowej.

Warunki miejscowe nie pozwalały na przeprowadzenie pomiarów rozkładu potencjału na gazociągach.

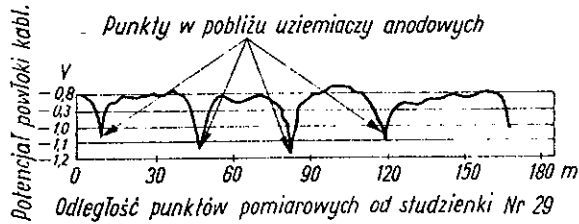
Przeprowadzone badania wykazały, że ochrona katodowa z układem uziemiaczy anodowych nieznacznie tylko wpływa na sąsiednie urządzenia. Wpływ ten można całkowicie usunąć łącząc sąsiednie urządzenia między sobą. Wymaga to niewielkiego powiększenia mocy dla wyrównania potencjałów sąsiednich urządzeń.



Rys.1. Schemat podłączenia uziemiaczy anodowych do głównego przewodu



Rys.2. Schemat ochrony katodowej sieci kablowej



Rys.3. Wykres rozkładu potencjałów kabla chronionego

620.137.5

TRWAŁE ANODY DO OCHRONY KATODOWEJ  
Z OBCYM ŹRÓDŁEM PRĄDU <sup>1/</sup>

Curtis C.A. /The permanent anode in impressed-current cathodic protection systems/. Corros. Technol., 1959, 6, Nr 10, 296-298, 314.

Zbadano trwałość anod z grafitu i z żeliwa o dużej zawartości krzemu. Dane o zachowaniu się tych anod pozwalają na wysnucie dwóch zasadniczych wniosków.

1. Szybkość niszczenia /kg/Ah/ anod z grafitu i z żeliwa o dużej zawartości krzemu jest zależna od gęstości prądu. W środowiskach o dużej oporności rzędu  $5000 \Omega/\text{cm}^2$  zależność ta jest prawie liniowa.

2. Stosowanie izolujących pokryć w celu zmniejszenia odsłoniętej powierzchni anody powoduje lokalną korozję na granicy izolowanej powierzchni. W cylindrycznych anodach, pokrytych izolacyjnymi taśmami lub częściowo wmontowanych w rury izolacyjne, uszkodzenia korozyjne powodują powstawanie wżerów w postaci przewężeń. Uszkodzenia

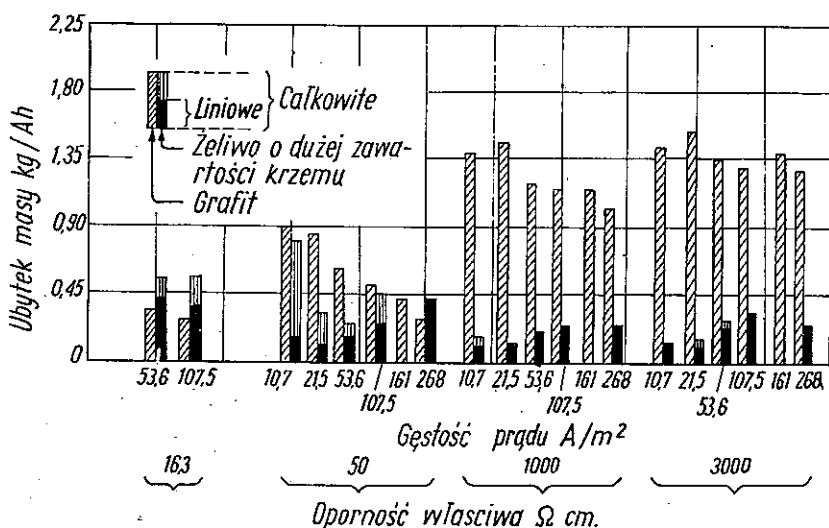
---

1/

Na podstawie oryginału opracował Jerzy Bralewski

te są również zależne od oporności ośrodka, w którym znajduje się dana anoda. Najbardziej intensywnie występują one w elektrolitach o dużej oporności.

Niżej podany wykres obrazuje straty masy anod grafitowych i anod z żeliwa o dużej zawartości krzemu w roztworach o różnej oporności przy różnych gęstościach prądu.



Anody grafitowe są często umieszczane w wykopach ściśle wypełnionych miazem koksowym i wapnem. Tego rodzaju rozwiązania są stosowane przy ochronie urządzeń podziemnych. W tych przypadkach w obliczeniach przyjmuje się, że efektywną anodę stanowi miazł koksowy, a anoda grafitowa służy wyłącznie dla doprowadzenia do niego prądu.

Przy małych gęstościach prądu rzędu  $5,4 \div 8 A/m^2$  anody grafitowe mogą pracować od 10 do 15 lat. Wadą tych

anod jest mała dopuszczalna gęstość prądu, gwarantująca długotrwałość pracy, oraz mała wytrzymałość mechaniczna.

Niżej podano wyniki pomiarów szybkości niszczenia anod wykonanych z żeliwa o dużej zawartości krzemu.

Szybkość niszczenia anod w wodzie morskiej  
w zależności od gęstości prądu

Gęstość prądu $A/m^2$	Ubytek masy $kg/Ah$
5,4	0,45
10,7	0,19
32,2	0,33
53,6	0,38
70,0	0,46
75,3	0,66
86,0	0,77
107,0	1,1

Szybkość niszczenia anod w słodkiej wodzie  
w zależności od stężenia jonów wodorowych /pH/  
i gęstości prądu

pH wody	Gęstość prądu A/m <sup>2</sup>	Ubytek masy kg/Ah
3	2,7	0,045
3	10,7	0,082
5	2,7	0,059
5	10,7	0,077
5	32,2	0,122
7	10,7	-
10	2,7	0,109
10	10,7	0,117

Szybkość niszczenia anod w koksowym miale  
nasyconym wodą w zależności od gęstości prądu

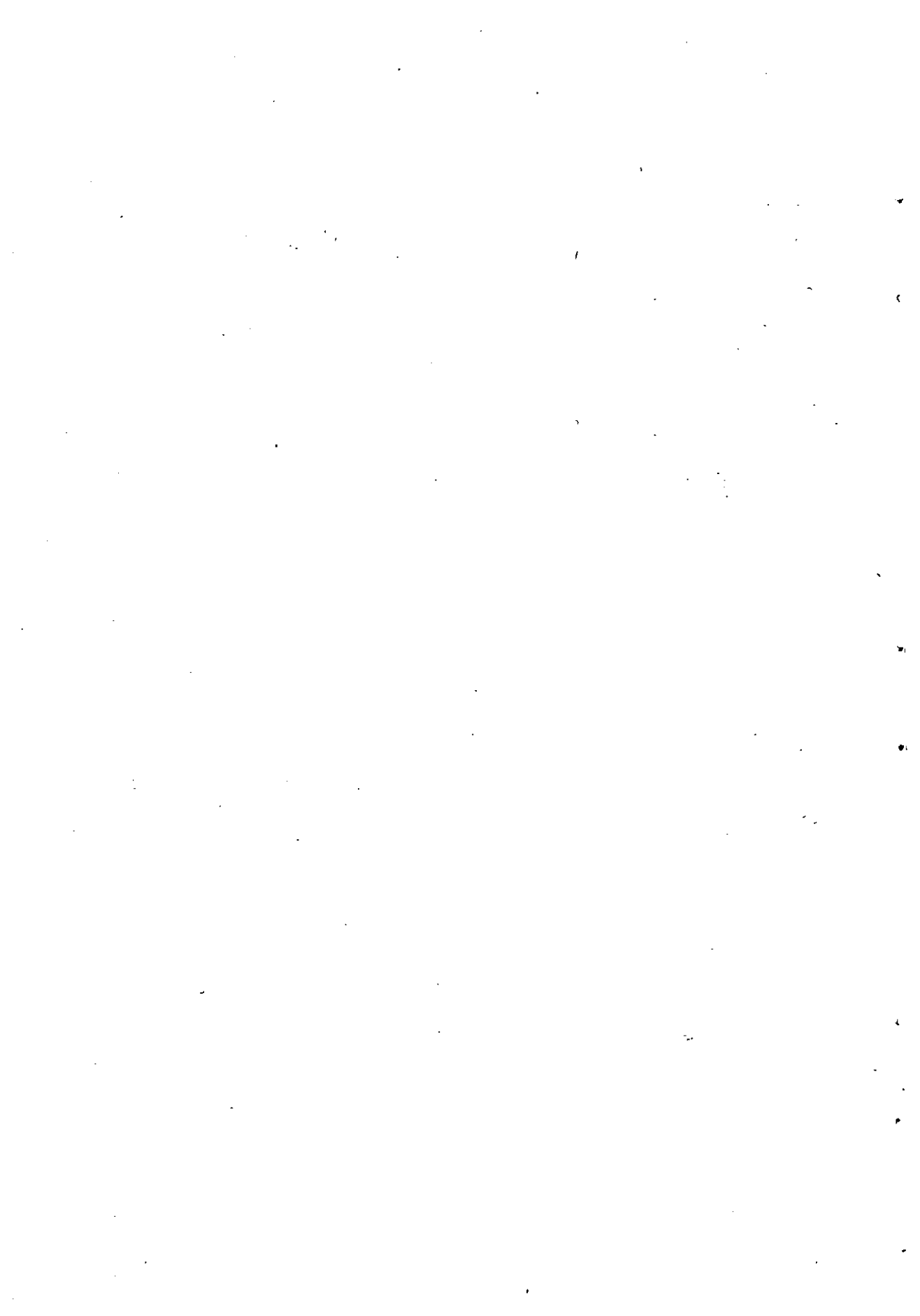
Gęstość prądu A/m <sup>2</sup>	Ubytek masy kg/Ah
10,7	0,045
53,6	0,086
107,5	0,104



Szybkość niszczenia anod w morskiej wodzie przy gęstości prądu  $10,7 \text{ A/m}^2$  w zależności od temperatury

Temperatura °C	Ubytek masy kg/Ah	
	Stop bez dodatku molibdenu	Stop z 3% dodatkiem molibdenu
pokojowa	0,217	0,150
38	0,270	0,145
52	0,273	0,145
66	0,222	0,213
66	0,806	0,215
79	2,166	0,123
93	6,410	0,091

Anody wykonane z żeliwa o dużej zawartości krzemu są szczególnie przydatne dla ochrony od korozji urządzeń morskich i zbiorników w tankowcach. Wadą tych anod jest mała wytrzymałość chemiczna na działanie chloru, duża twardość i kruchość. Wytrzymałość na działanie chloru może być zwiększona przez dodanie molibdenu.



620.197.5  
621.315.23

1/  
NOWOSCI W PRAKTYCE OCHRONY METALI PRZED KOROZJA

Thalman E.H. New developments in the mitigation of corrosion in the utility field. "Corrosion", 1960, 16, Nr 11, 99-108 /ang/.

Ochrona podziemnych kabli przed korozją

Poniżej opisane są udoskonalenia systemu katodowej ochrony kabli w powłoce ołowianej, ułożonych w kanalizacji w obszarze klimatu morskiego.

Wiadomo, że na proces korozji gruntowej powłok ołowianych wpływają warunki układania kabla, typ kanalizacji kablowej, właściwości wód gruntowych, jakość ołowiu, obecność prądów błędzących i inne.

W opisanym przypadku kanalizacja kablowa miała żelazobetonowe studzienki. Na dnie studzienek wmontowane były uziemienia z przewodu miedzianego niez izolowanego.

Poziom wód gruntowych był normalnie wyższy od poziom ułożenia kabla i w niektórych przypadkach zasolone gruntowe wody przenikały do kanalizacji. Średnia oporność właściwa gleby przy  $\text{pH} = 7,8$  wynosiła  $400 \Omega \text{ cm}$ .

-----  
1/ Na podstawie oryginału opracowała Renata Trau

Woda do picia miała oporność 520  $\Omega$  cm i pH = 7,5/. Poziom wody w wielu studniach zależał od przypływów i odpływów morza.

Przy przeprowadzaniu kontroli i czyszczeniu studni zauważono wyraźną korozję powłok kablowych.

Badanie wykazało, że produkty korozji brunatnego koloru pokrywały zewnętrzną część powłoki ołowianej w miejscach, gdzie brakowało ogniotrwałego ochronnego pokrycia i gdzie przy obniżeniu poziomu wód gruntowych tworzyły się osady o charakterze zasadowym, co wpływało na niszczenie ołowiu.

Dokładne badanie wykazało obecność korozji także pod ogniotrwałym ochronnym pokryciem; tłumaczono to obecnością zasadowych składników w materiale pokrycia.

Sieć kablowa posiadająca instalację ochrony katodowej nie była elektrycznie odizolowana od sąsiednich urządzeń podziemnych.

Do zasilania instalacji ochrony katodowej wykorzystywano istniejącą napowietrzną linię prądu stałego o napięciu 125/250 V. Na odcinkach oddalonych od tej linii korzystano z urządzeń prostownikowych.

Anodowe uziemiacze ustawiano w pobliżu kablowej kanalizacji albo obok studzienek. Po zastosowaniu ochrony katodowej w dalszym ciągu obserwowano korozyjne uszkodzenia powłok kablowych.

Badania wykazały, że zasięg ochrony katodowej ograniczał się do odcinków kabli znajdujących się w pobliżu uziemiaczy anodowych. Obok studzienek, przy których usta-

wione były uziemiacze, znaczna gęstość prądu ochronnego sprzyjała tworzeniu się zasadowych osadów.

Przeprowadzono badania wżerów korozyjnych. Pomiary wykazały, że głębokość wżerów dochodziła do 75% grubości powłoki. Remontowe prace miały za zadanie usunięcie ogniotrwałych pokryć, oczyszczenie ołowianej powłoki, pokrycie jej taśmą polichloroku winylu, z żywicznym lepiszczem oraz nałożenie na powierzchnię taśmy nowego ogniotrwałego pokrycia.

Na korozję powłoki ołowianej miało także wpływ elektryczne połączenie jej z uziemionym przewodem miedzianym. Wpływ takich uziemień miedzianych był sprawdzony przez pomiar prądu i różnicy potencjałów między specjalnie izolowanym odcinkiem kabla a sąsiednimi kablami stykającymi się z uziemieniem.

Po przyłączeniu izolowanego odcinka kabla do pozostałych kabli natężenie prądu płynącego z izolowanej części osiągało wartość 42 mA przy różnicy potencjałów 350 mV. Ciągły przepływ prądu o takim natężeniu może spowodować w ciągu roku zniszczenie około 1,3 kg ołowiu.

Urządzenie uziemiające należy od powłoki kabla odizolować. Dla kontroli stanu kabli i rozkładu potencjałów przy katodowej ochronie na częściach kabli leżących w kanalizacji między studniami zastosowano ruchomą elektrodę ołowianą długości około 30 cm. Elektrodę przeprowadzono przez wolny otwór kanalizacji i pomiary wykonywano w odstępach co 1,2 m.

Oporność elektryczną ścian kanalizacji określano mierząc oporność przejścia między powłokami kabli i rucho-

mą elektrodą ołowianą. Przyjęto, że odcinki kabli ułożonych w kanalizacji, gdzie oporność ta jest mniejsza od  $250 \Omega$ , są zagrożone korozją. Pożądane jest, aby oporność przejścia była większa od  $1000 \Omega$ . Wyniki pomiarów wykazały, że w większości przypadków oporność ścianek kanalizacji była bardzo mała i zasięg działania ochrony katodowej sprowadzał się wyłącznie do stref sąsiadujących z anodami. Na tych odcinkach ujemny potencjał powłoki kabla w stosunku do ołowianej elektrody porównawczej osiągał wartość  $-2,2 \text{ V}$ , przy której następuje katodowa korozja ołowiu. Równocześnie na oddalonych od anod odcinkach kabla można było zauważyć szybką korozję powłoki na skutek zbyt niskiego potencjału ochronnego.

Dla podwyższenia skuteczności ochrony katodowej zastosowano uziemiacze anodowe z żelaza o dużej zawartości krzemu, ułożone co  $1,5 \text{ m}$  w jednym z wolnych otworów kanalizacji.

Stwierdzono, że taka odległość między anodami jest najkorzystniejsza dla równomiernego rozkładu potencjałów wzdłuż kabla przy katodowej ochronie, i tylko minimalnie wpływa na sąsiednie podziemne konstrukcje. Jako materiał dla anod zastosowano Duriron G /rodzaj żelaza o dużej zawartości krzemu/. Anody połączono ze sobą przewodem w izolacji polietylenowej. Natężenie prądu ochronnego regulowano w poszczególnych grupach anod za pomocą żarówek oświetleniowych o różnej mocy na napięcie  $120 \text{ V}$ . Przy wstępnym obliczeniu natężenia prądu

du koniecznego dla ochrony poszczególnych odcinków sieci kablowej wykorzystywano dane charakteryzujące oporność elektryczną kanalizacji kablowej.

Efekt ochronny uzyskiwano przy potencjale powłoki ołowianej od  $-0,72$  do  $-0,82$  V względem niepolaryzującej się elektrody siarczano-miedziowej.

Wskutek nierównomiernego rozkładu prądu ochronnego na poszczególnych odcinkach potencjał powłoki może osiągać wartości poniżej  $-1,0$  V.

Przy potencjale  $-1,5$  V zasadowa korozja ołowiu jest mało prawdopodobna. Jednak w momentach wyłączania ochrony katodowej silnie spolaryzowane odcinki powłok kabli mogą stać się aktywnymi anodami w stosunku do pozostałej sieci, a przy częstych przerwach w pracy instalacji ochrony katodowej mogą wystąpić uszkodzenia korozyjne. Badania przeprowadzone po włączeniu ochrony katodowej z anodami rozstawionymi co  $1,5$  m na odcinku  $120$  m wykazały, że wielkość prądu ochronnego spływającego z każdej anody wynosiła  $450-500$  mA. Jednak w tych warunkach wielkość potencjału ujemnego osiągała tylko  $2/3$  wartości potrzebnej dla pełnej ochrony. W związku z tym trzeba było zwiększyć natężenie prądu ochronnego w obwodzie każdej anody do  $615$  mA. W opisywanej na początku instalacji katodowej ochrony z indywidualnymi anodami umieszczonymi wzdłuż kablowej kanalizacji pobór prądu przez każdą anodę wynosił  $2-3$  A, przy czym  $50\%$  sieci pozostawało nie zabezpieczone.

## Zastosowanie cynkowych protektorów dla ochrony podziemnych konstrukcji

Na miejskich podziemnych konstrukcjach równocześnie z ochroną katodową można stosować ochronę protektorową. W niektórych przypadkach protektory stosuje się nie tylko dla ochrony przed korozją; często spełniają one rolę specjalnych uzemień. Układ protektorów obniża oporność przejścia izolowanych konstrukcji i wyklucza możliwość powstawania wysokich napięć spowodowanych awariami miejskiej sieci elektrycznej, wyładowaniami atmosferycznymi a także zakłóceniami indukowanymi przez linie energetyczne.

W strefach zakłóceń indukowanych a także na odcinkach rurociągu, gdzie możliwe jest występowanie wysokich napięć, instalacja protektorów pozwala na stosowanie złącz izolujących, polepszających efektywność ochrony katodowej. W tym przypadku protektory przyłącza się do rurociągu z obu stron złącza. Oporność przejścia między taką parą cynkowych protektorów zależy od odległości między nimi, oporności właściwej gleby i mieszaniny stosowanej jako wypełniacz.

Dwa cylindryczne cynkowe protektory, o długości 125cm i o powierzchni podstawy  $13 \text{ cm}^2$ , ustawione w odległości 1,2 cm od siebie stanowią dla prądu zmiennego o częstotliwości 60 Hz oporność około  $1 \Omega$ . Równocześnie mają one dla prądu stałego ochrony katodowej dostatecznie dużą oporność.



W czasie awarii para protektorów, ustawionych z dwu stron złącza może przepuścić bez oznak wyraźnego zniszczenia prąd rzędu 1000 A.

Dla ochrony powłok ołowianych można również stosować inne materiały jako protektory.

### Wpływ prądów błądzących powstających przy spawaniu elektrycznym na korozję urządzeń podziemnych

Zauważono znaczne uszkodzenia korozyjne konstrukcji podziemnych na skutek prądów błądzących pochodzących od urządzeń spawalniczych prądu stałego.

W trakcie budowy elektrowni zanotowano przypadek zniszczenia w ciągu 90 dni przez prądy błądzące spawania elektrycznego, aluminiowej rury izolowanej, której okres pracy obliczony był na 25 lat.

W innym przypadku z tej samej przyczyny po 6 miesiącach od zainstalowania powstały dziury na wodociągowym przepuszczeniu o średnicy 50 mm.

Nawet nieznaczny wpływ prądu przy spawaniu elektrycznym, gdzie natężenie prądu jest rzędu 750 A, może przynieść wyraźne szkody dla szeregu konstrukcji podziemnych. Obniżenie wpływu prądu przy spawaniu elektrycznym osiąga się uziemiając agregaty spawalnicze przez dołączenie ich do urządzeń posiadających metaliczne łączenie ze spawaną konstrukcją.

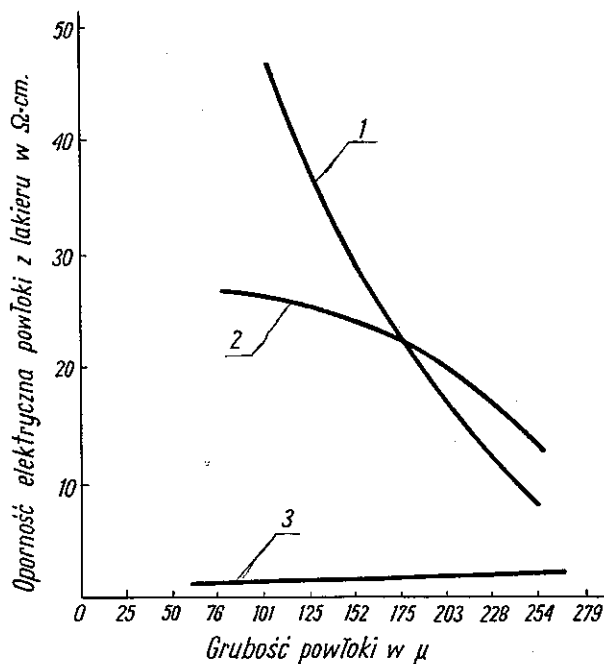
### Zastosowanie antykorozyjnych lakierów z pyłem cynkowym

Dobry efekt ochronny daje stosowanie lakierów zawierających 90-95% pyłu cynkowego. Lakiery takie produkowane są przy zastosowaniu organicznych i nieorganicznych materiałów wiążących /chlorokauczuk, polistyren, żywica epoksydowa/.

Duża zawartość cynku metalicznego w lakierze daje ochronę mikroelektrochemiczną pokrywanej powierzchni stali.

Wspomniane lakiery mogą być stosowane obok cynkowych powłok galwanicznych. Przy uszkodzeniu powłoki lakieru cynkowego na stali w wilgotnych warunkach korozja stali nie nastąpi.

Przeprowadzone doświadczenia na próbkach stali pokrytych lakierem cynkowym i zanurzonych w wodzie wykazały, że najlepsze właściwości ochronne uzyskuje się przy zastosowaniu epoksydowych materiałów wiążących. Oporność elektryczna powłoki wykonanej z lakieru cynkowego zależy od grubości warstwy oraz czasu i warunków wysychania lakieru.



Zależność elektrycznej oporności lakieru cynkowego od grubości warstwy

- 1/ czas wysychania lakieru - 2 doby
- 2/ czas wysychania lakieru - 2 godziny
- 3/ lakier nasiąknięty słoną wodą.

Na rysunku przedstawiono krzywe oporności elektrycznej powłoki z lakieru cynkowego w zależności od jej grubości i czasu wysychania.

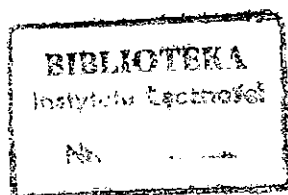
Elektryczna oporność lakieru nasiąkniętego słoną wodą obniża się, co świadczy o porowatej strukturze warstewki lakieru.

Cynkowy lakier może być stosowany również jako podkład.

Przeprowadzono badania porównawcze własności cynkowego lakieru i innych podkładów stosowanych przy ochronie przed korozją stalowych konstrukcji - minii ołowianej i chromianu cynku.

Rezultaty wykazały, że cynkowy lakier ma własności nie ustępujące innym podkladom, a w niektórych wypadkach nawet lepsze.

Zupełnie dobre wyniki uzyskano przy jednoczesnym stosowaniu cynkowych i aluminiowych lakierów dla ochrony metalowych urządzeń przed korozją atmosferyczną.







8