

XVII Krajowa Konferencja
POMIARY KOROZYJNE W OCHRONIE ELEKTROCHEMICZNEJ
12-14.06.2024 Bronisławów

Pomiary w ochronie przed korozją
Hanna Matus



XVII Krajowa Konferencja

POMIARY KOROZYJNE W OCHRONIE ELEKTROCHEMICZNEJ

Pomiary w ochronie przeciwkorozyjnej wykonuje się w trakcie:

- ▶ projektowania instalacji,
- ▶ wykonawstwa,
- ▶ rozruchu,
- ▶ eksploatacji.

Podstawowe pomiary na etapie projektowania instalacji ochrony przed korozją dotyczą:

- ▶ rezystywności i pH gruntu,
- ▶ oddziaływania prądów błędzących,
- ▶ oddziaływania prądu przemiennego.

Na etapie wykonawstwa instalacji wykonuje się szereg pomiarów zarówno podczas realizacji prac jak również po ich zakończeniu. Pomiary te są wyszczególnione w ST-IGG-0602 p. 11.9 Badania przed, w trakcie i po montażu.

XVII Krajowa Konferencja

POMIARY KOROZYJNE W OCHRONIE ELEKTROCHEMICZNEJ

Rezystywność gruntu.

Pomiary rezystywności gruntu wykonuje się na potrzeby:

- pomiarów przedprojektowych dla oceny stanu zagrożenia od prądów przemiennych i prądów błędzących,
- projektowania uziomów odgraniczników i uziomów rur osłonowych,
- projektowania uziomów anodowych płytkich i głębokich,
- projektowania ochrony katodowej za pomocą anod galwanicznych,
- pomiarów potencjału w punktach pomiarów elektrycznych,
- pomiarów intensywnych,
- pomiarów na elektrodach symulujących i czujnikach korozymetrycznych,
- lokalizacji defektów izolacji w celu oszacowania wielkości defektu,

- Badania rezystywności gruntu na etapie pomiarów przedprojektowych powinno się wykonać się wzdłuż całej trasy rurociągu.
- Zasadniczy krok pomiarowy wynosi 100 m dla gruntów niskooporowych oraz 200 m dla gruntów wyskooporowych.
- Badania wykonuje się również tam gdzie zmienia się pokrycie terenu lub w widoczny sposób jego właściwości (tereny podmokłe, skrzyżowania z ciekami wodnymi, obniżenia terenu i in.).

Dla oceny oszacowania rezystywności gruntu na głębokości ułożenia rurociągu wykonuje się pomiary w układzie liniowym Wennera miernikiem rezystancji. Cechą charakterystyczną tych pomiarów jest proporcjonalna zależność między odległością na jaką rozstawione są elektrody, a głębokością na którą wnika płynący prąd.

Ta zależność pozwala na określenie przedziału głębokości, na której występuje mierzona rezystywność i wynosi ona około 0,7 odległości pomiędzy elektrodami.

Obliczenie rezystywności gruntu następuje wg wzoru:

$$\rho = 2 \pi \cdot a \cdot R_x$$

gdzie:

ρ – rezystywność gruntu [$\Omega \cdot m$];

R_x – wartość rezystancji odczytana z miernika [Ω];

a – odległość pomiędzy elektrodami [m].

- W celu określenia rezystywności oraz grubości poszczególnych warstw gruntu pod projektowane uziomy anodowe półgłębokie i głębokie oraz uziomy odgraniczników prądu stałego, wykonuje się pionowe sondowanie elektrooporowe gruntu.
- Rezystywność warstw gruntu ocenia się na podstawie interpretacji krzywych polowych i porównania ich z profilami najbliższych otworów badawczych. Dzięki tym pomiarom uzyskuje się dokładny model geologiczny gruntu w miejscu przewidywanego uziomu.

Oddziaływanie prądu przemiennego

Pomiary oddziaływania prądu przemiennego mają na celu określenie skutków potencjałowych i korozyjnych oddziaływania linii elektroenergetycznych wysokiego napięcia na rurociąg.

Miarą zagrożenia rurociągu korozją powodowaną przez prąd przemienny jest gęstość prądu przemiennego na powierzchni defektu w powłoce ochronnej rurociągu.

Pomiary oddziaływania prądu przemiennego na rurociąg obejmują:

- pomiar prądu przemiennego przepływającego pomiędzy stałą elektrodą symulującą a rurociągiem i/lub pomiędzy przenośną elektrodą symulującą a rurociągiem,
- pomiar prądu stałego przepływającego pomiędzy stałą elektrodą symulującą a rurociągiem i/lub pomiędzy przenośną elektrodą symulującą a rurociągiem,
- pomiar wartości skutecznej napięcia przemiennego,

- Największych gęstości prądu i największego zagrożenia korozją spodziewamy się na małych powierzchniach defektów izolacji. Dlatego pomiary oddziaływania prądu przemiennego na rurociąg wykonuje się na elektrodach symulujących o powierzchni 1 cm².
- Gęstość prądu przemiennego j_{ac} można wstępnie oszacować wg uproszczonej zależności dla kołowego defektu izolacji o powierzchni 1 cm²:
$$j_{ac} = 226 \cdot U_{ac} / \rho \quad [A/m^2]$$
gdzie
 U_{ac} – wartość skuteczna napięcia przemiennego [V],
 ρ – rezystywność gruntu na głębokości rurociągu [Ωm]
- Pomiar wartości skutecznej U_{ac} rurociągu wykonuje się względem elektrody umieszczonej w ziemi dalekiej.

XVII Krajowa Konferencja

POMIARY KOROZYJNE W OCHRONIE ELEKTROCHEMICZNEJ

Wg zapisów w normie PN-EN 18086_2018 skuteczną ochronę katodową w warunkach oddziaływania prądu przemiennego można osiągnąć poprzez spełnienie jednego ze scenariuszy.

Pierwszy scenariusz dotyczy „bardziej ujemnej ochrony katodowej”.

W takim przypadku można zastosować jeden z trzech poniższych parametrów (w kolejności pierwszeństwa):

1) Należy spełnić następującą warunek:

$$U_{ac} / (|E_{on}| - 1,2) < 3$$

gdzie -1,2V względem CSE jest granicznym krytycznym potencjałem.

Wybranie bardziej dodatniej wartości spowodowałoby mniej zapobiegawczy wynik w obliczonym stosunku określonym wartościami U_{ac} i E_{on}

2) gęstość prądu $j_{ac} < 30 \text{ A/m}^2$,

3) $j_{ac}/j_{dc} < 3$ jeśli gęstość prądu $j_{ac} > 30 \text{ A/m}^2$,

XVII Krajowa Konferencja

POMIARY KOROZYJNE W OCHRONIE ELEKTROCHEMICZNEJ

Drugi scenariusz dotyczy „łagodnej ochrony katodowej”.

W takim przypadku można zastosować jeden z trzech poniższych parametrów:

- 1) $U_{ac\ \acute{s}r} < 15\text{ V}$ jeśli średnia wartość potencjału E_{on} jest bardziej dodatnia niż $-1,2\text{V}$ względem CSE,
- 2) $j_{ac\ \acute{s}r} < 30\text{ A/m}^2$
- 3) $j_{dc\ \acute{s}r} < 1\text{ A/m}^2$ jeśli średnia gęstość prądu $j_{ac} \geq 30\text{A/m}^2$,

Potencjał należy wyznaczyć za pomocą tej samej elektrody odniesienia umieszczonej w tym samym miejscu. Elektrode jest korzystnie umieścić w ziemi dalekiej. Jeśli nie jest to możliwe, spowoduje to mniejszą wiarygodność oceny ryzyka korozji ac.

- Trudność w ocenie oddziaływań prądów przemiennoprądowych na rurociągi ziemne wynika przede wszystkim ze zmienności tych oddziaływań. Pomiary wykonane w porze porannej mogą mieć wartości zupełnie inne w porze wieczornej czy nocnej.
- Oddziaływania prądów przemiennych zmieniają się wraz ze zmianą pory roku i temperatury otoczenia z uwagi na różne dopuszczalne obciążenia linii WN.
- Rozkład napięcia wzdłuż gazociągu zmierzony jednego dnia, może być inny następnego dnia. Dopiero po wykonaniu serii pomiarów w różnym okresie czasu można zauważyć utrzymującą się tendencję.
- Wszystkie zmierzone wielkości prądów, potencjałów, napięć oraz rezystancji należy oceniać w dłuższym przedziale czasu, porównując ze sobą wartości archiwalne. Rejestracje powinny być wielogodzinne, najlepiej jednocześnie w wielu miejscach pomiarowych.

- W przypadku oddziaływań przemiennoprądowych bardzo przydatny jest zdalny monitoring napięcia przemiennego U_{ac} oraz prądu I_{ac} w obwodzie elektrody symulującej/czujnika korozymetrycznego.
- Preferowany sposób oceny szybkości korozji to wyniki pomiarów za pomocą czujników korozymetrycznych. Akceptowanie większej gęstości prądu przemiennego I_{ac} jest dopuszczalne jeżeli za pomocą metod korozymetrycznych wykaże się, że szybkość korozji jest akceptowalna.
- W miejscach gdzie mamy wątpliwości co do szybkości korozji należy odkopywać elektrody symulujące/czujniki korozymetryczne i oceniać ich powierzchnie pod kątem ewentualnej korozji.

XVII Krajowa Konferencja

POMIARY KOROZYJNE W OCHRONIE ELEKTROCHEMICZNEJ

W przypadku oddziaływań prądu przemiennego na rurociąg chroniony katodowo ważny jest dobór właściwych zabezpieczeń. W zależności od zagrożenia korozją prądu przemiennoprądową stosuje się:

- Zmniejszenie napięcia przemiennego poprzez:
 - ▶ bezpośrednie lub pośrednie uziemienia rurociągu w odpowiednich miejscach. W przypadku słabszych oddziaływań można zastosować uziemianie anodami magnezowymi, co w niewielkim stopniu powoduje wzrost zapotrzebowania prądu ochrony katodowej. Można zastosować uziemianie pośrednie poprzez baterie kondensatorów lub urządzenia odgraniczające prądu stałego co nie powoduje wzrostu zapotrzebowania prądu ochrony katodowej.
 - ▶ zasilacze kompensujące napięcie przemiennie pomiędzy rurociągiem a ziemią,
 - ▶ sekcjonowanie rurociągu za pomocą monobloków izolujących,
- Obsypkę piaskową na etapie budowy rurociągu
- Zastosowanie szczelnej powłoki izolacyjnej na krótkich odcinkach rurociągu

Oddziaływanie prądów błędzących

W przypadku oddziaływania prądów błędzących na rurociąg wskazane jest przeprowadzenie pomiarów potencjałów załączeniowych rurociągu oraz czasów trwania ewentualnego wypływu prądu z rurociągu do środowiska elektrolitycznego.

Pomiary należy wówczas przeprowadzać w reprezentatywnych miejscach pomiarowych przez okres co najmniej:

- jednej doby - przy oddziaływaniach prądów błędzących z trakcji kolejowej,
- jednej godziny w okresie szczytu komunikacyjnego - przy oddziaływaniach prądów błędzących z trakcji tramwajowej.

Istotne jest, aby dokonywać oceny skuteczności ochrony dla okresów, gdy oddziaływania prądów występują.

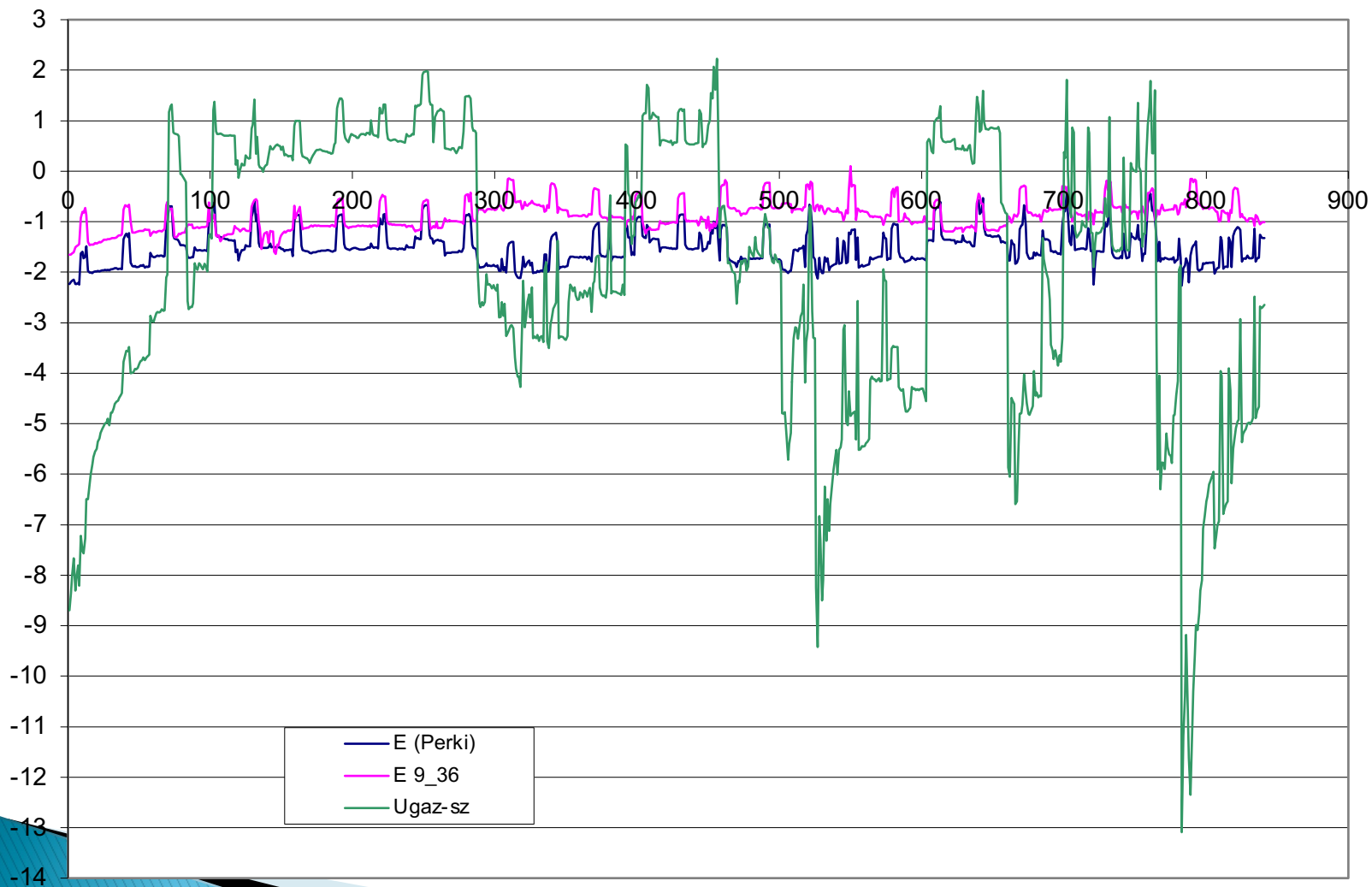
- ▶ W badaniach oddziaływania prądów błędzących zaleca się stosowanie elektrod symulujących lub czujników korozymetrycznych.
- ▶ W przypadku gazociągów pokrytych powłokami izolacyjnymi o wysokim poziomie szczelności należy brać pod uwagę, że przyłączenie do rurociągu elektrody symulującej lub elektrody korozymetrycznej w pobliżu skrzyżowania z tracją elektryczną może zmienić warunki rozptywu prądów błędzących i uzyskane wówczas wyniki pomiarów mogą nie być miarodajne.

XVII Krajowa Konferencja

POMIARY KOROZYJNE W OCHRONIE ELEKTROCHEMICZNEJ

- Na obszarach skrzyżowań rurociągu z zelektryfikowanymi liniami kolejowymi wymagane są całkowicie szczelne (bezdefektowe) powłoki izolacyjne rurociągu, na odcinkach po około 500 m w obu kierunkach od skrzyżowania. Jednostkowa rezystancja przejścia odcinka gazociągu nie powinna być mniejsza niż $10^9 \Omega\text{m}^2$.
- Pomiar należy wykonać po zakończeniu prac montażowych, w tym punktów pomiarów elektrycznych, oraz po zasypaniu odcinka gazociągu – przed przyłączeniem do odcinków sąsiednich.
- W przypadku niespełnienia kryterium wymagane jest ustalenie przyczyny tego stanu oraz usunięcia nieprawidłowości.
- W celu lokalizacji potencjalnych defektów izolacji stosuje się silny sygnał detekcyjny w postaci krótkotrwałych impulsów zwiększonego prądu polaryzacji katodowej.

Wykres potencjału gazociągu w p. 9_01 i 9_35 oraz napięcia gazociąg – szyna kolejowa Ug-sz



XVII Krajowa Konferencja

POMIARY KOROZYJNE W OCHRONIE ELEKTROCHEMICZNEJ

Pomiary potencjału

- Przed przystąpieniem do pomiarów potencjałów załączeniowych E_{on} i wyłączeniowych E_{off} na rurociągach chronionych katodowa należy odłączyć od rurociągu kondensatory i odgraniczniki prądu stałego.
- Źródła polaryzacji katodowej powinny pracować w trybie pracy przerywanej np. 27s on/ 3 s off lub 12s on/ 3s off. W przypadku gdy rurociąg jest chroniony przez kilka źródeł, przerywanie sygnału powinno być synchroniczne.
- Podczas pomiarów rejestruje się potencjały zmierzone:
 - ▶ na rurociągu i na elektrodach symulujących we wszystkich punktach pomiarowych,
 - ▶ w stacjach ochrony katodowej,
 - ▶ na rurach osłonowych,
 - ▶ na obcych konstrukcjach,
 - ▶ oraz na nadziemnych elementach rurociągu
- Potencjał wyłączeniowy odczytuje się po czasie nie krótszym niż 100 ms i nie dłuższym niż 1000 ms od wyłączenia źródła (źródeł) prądu ochrony katodowej. Czas ten zależy od własności polaryzacji rurociągu i jest oceniany na podstawie zarejestrowanych przebiegów potencjału.

- ▶ Pomiar potencjałów E_{on}/E_{off} rurociągu wykonuje się względem elektrod stałych zainstalowanych przy rurociągu oraz względem elektrody przenośnej umieszczonej bezpośrednio nad rurociągiem oraz w ziemi dalekiej.
- ▶ Pomiar potencjału załączeniowego w punktach pomiarowych stosuje się w celu kontroli działania ochrony katodowej, w tym w ramach zdalnego monitoringu oraz na obszarach oddziaływań prądów błądzących.
- ▶ Pomiar potencjału wyłączeniowego w punktach pomiarowych na rurociągu dostarcza jedynie ogólnej informacji o polaryzacji katodowej w rejonie wykonywania pomiaru. Nie mogą być podstawą oceny skuteczności ochrony katodowej.

Metoda pomiarowo – ekstrapolacyjna

- ▶ Metodę pomiarowo – ekstrapolacyjną stosuje się, gdy nie są spełnione warunki wiarygodnego stosowania metody wyłączeniowej w punktach pomiarowych w badaniach skuteczności ochrony katodowej.
- ▶ Metoda ma zastosowanie przy wyznaczaniu potencjałów w uprzednio zlokalizowanych, pojedynczych defektach izolacji, jak również w celu zlokalizowania defektów i wyznaczania potencjałów E_{IRfree} w tych defektach na odcinkach rurociągu (tzw. pomiary intensywne).
- ▶ W ocenie wyników powinien być uwzględniany wpływ błędów elektrod odniesienia na wyniki obliczeń potencjałów E_{IRfree} . Błędy obliczonych E_{IRfree} mogą być istotne, z tego względu metoda pomiarowo – ekstrapolacyjna nie powinna być stosowana, gdy wartości mierzonych gradientów są małe, na przykład w przypadku rurociągów pokrytych powłokami izolacyjnymi wysokiej jakości, zawierającymi defekty niewielkich rozmiarów, w przypadku rurociągów ułożonych na dużych głębokościach i in.

Rury osłonowe

- ▶ Badania odizolowania stalowych rur osłonowych od rurociągu produktowego mają na celu wykrycie połączeń galwanicznych i elektrolitycznych pomiędzy tymi rurami.
- ▶ Jeżeli wartość rezystancji pomiędzy stalową rurą osłonową i rurą produktową jest mniejsza od 1Ω , świadczy to o galwanicznym połączeniu między badanymi konstrukcjami. Jeżeli zwarcie rur jest czyste metaliczne, to rezystancja rurociąg — rura osłonowa jest rzędu $0,01$ lub $0,1 \Omega$. Jeżeli stykają się ze sobą powierzchnie skorodowane, zanieczyszczone, to rezystancja takiego styku może przekraczać 1Ω .
- ▶ Wykazanie połączenia galwanicznego między stalową rurą osłonową a umieszczoną w niej rurą produktową podczas prac budowlanych skutkuje wymianą rury produktowej i ponownym jej ułożeniem.

XVII Krajowa Konferencja

POMIARY KOROZYJNE W OCHRONIE ELEKTROCHEMICZNEJ

- ▶ W przypadku rur istniejących połączenie metaliczne (zwarcie) pomiędzy stalową rurą osłonową i produktową czyni w praktyce niemożliwą ochronę katodową odcinka układu rurowego umieszczonego w takiej rurze. Pozostaje wymiana odcinka rury produktowej lub wypełnienie przestrzeni międzyrurowej masą izolacyjną. Wypełnienie masą nie likwiduje zwarcia ale powstrzymuje dalszą korozję układu rurowego oraz dalszą korozję wewnętrzną powierzchni rury osłonowej.
- ▶ W przypadku nowo budowanych układów rurowych połączenie elektrolityczne pomiędzy rurami można wykazać po uszczelnieniu końców rury osłonowej, wypełnieniu przestrzeni międzyrurowej wodą i polaryzacją rury przewodowej zwiększonym prądem poprzez punkt pomiarów elektrycznych.
- ▶ Sprawdzenie połączenia elektrolitycznego wykonuje się poprzez jednoczesny pomiar potencjału rurociągu i rury osłonowej. Zmiana potencjału rury osłonowej nawet o 1mV w kierunku w kierunku elektrododatnim w takt przerywania prądu polaryzacji rury przewodowej świadczy o obecności defektów izolacji rury przewodowej.

- ▶ Brak szczelności izolacji rury przewodowej na odcinku w rurze osłonowej można również wykazać poprzez pomiar prądu płynącego między uziomem rury osłonowej a samą rurą osłonową przy impulsowej polaryzacji gazociągu zwiększonym prądem. Prąd wpływający do rury poprzez uziom świadczy o obecności defektu rury przewodowej oraz obecności elektrolitu w przestrzeni międzyrurowej.
- ▶ Pomiar potencjałów rur osłonowych wykonuje się względem elektrody odniesienia w ziemi dalekiej. Dotyczy to zwłaszcza starych rurociągów. Pomiar potencjałów obydwu konstrukcji względem stałych elektrod odniesienia Cu/CuSO_4 zakopanych blisko badanych konstrukcji lub względem elektrod przenośnych Cu/CuSO_4 ustawionych w ziemi bliskiej jest pomiarem uzupełniającym.

XVII Krajowa Konferencja

POMIARY KOROZYJNE W OCHRONIE ELEKTROCHEMICZNEJ

- ▶ Potencjał rury osłonowej nie powinien się zmieniać przy załączaniu i wyłączaniu źródła polaryzacji. Jeżeli potencjał rury osłonowej w czasie przerywania źródła prądu polaryzacji katodowej zmienia się w kierunku elektrododatnim lub w kierunku elektroujemnym, należy przeanalizować wpływ na wyniki pomiarów ewentualnych potencjałowych stożków anodowych od uziomów anodowych oraz potencjałowych stożków katodowych od defektów izolacji.
- ▶ Przestrzeń między przewodowym układem rurowym, a rurą osłonową powinna pozostać bez wypełnienia. Dopuszcza się wypełnianie przestrzeni wewnątrz rury osłonowej specjalną masą izolacyjną, jeżeli jest to niezbędne w celu zapewnienia skutecznej ochrony przeciwkorozyjnej odcinka gazociągu umieszczonego w tej rurze.
- ▶ Zdarza się, że projektuje się wypełnienie wszystkich przestrzeni międzyrurowych na przekroczeniach przeszkód terenowych masą izolacyjną. Nie ma ekonomicznego a także technicznego uzasadnienia dla takiego podejścia.
- ▶ Doświadczenia ostatnich lat pokazują, że mimo wypełnienia masą, do przestrzeni międzyrurowej może dostać się elektrolit wodno – glebowy. Dotyczy to zwłaszcza długich odcinków rur osłonowych pod przeszkodami terenowymi.

- ▶ W każdym przypadku rura przewodowa wewnątrz rury osłonowej dla ochrony przed korozją powinna być wyposażona w powłokę wysokiej jakości.
- ▶ Rury osłonowe mogą szkodliwie wpływać na ochronę katodową rur przewodowych. W związku z tym, o ile jest to możliwe, stosowania rur osłonowych należy unikać.
- ▶ Zaleca się unikanie stosowania rur osłonowych i zastąpienie ich rozwiązaniami technicznymi gwarantującymi identyczne lub lepsze parametry jakościowe. Tam, gdzie konieczność zastosowania rury osłonowej wynika z obowiązujących przepisów, zaleca się uzyskanie odstępstwa od obowiązku stosowania rury osłonowej.

Stałe elektrody odniesienia

- ▶ Ocenę poprawności działania stałej elektrody odniesienia przeprowadza się według kryterium różnicy potencjałów między elektrodą stałą a wzorcową elektrodą przenośną, która nie powinna być większa niż ± 20 mV.
- ▶ Wyboru miejsca ustawienia elektrody wzorcowej należy dokonać kierując się minimalną różnicą potencjałów pomiędzy elektrodami lub przyłączając elektrodę na chwilę do źródła polaryzacji katodowej. Elektroda zachowuje się wówczas jak elektroda symulująca defekt izolacji i można ją zlokalizować za pomocą np. przyrządu DCVG.

XVII Krajowa Konferencja

POMIARY KOROZYJNE W OCHRONIE ELEKTROCHEMICZNEJ

- ▶ Nie ma uzasadnienia dla ponoszenia kosztów zakupu i montażu dużej ilości stałych elektrod Cu/nas.CuSO₄ montowanych w punktach pomiarowych na trasie rurociągów chronionych katodowo.
- ▶ Stałe elektrody odniesienia stosuje się przede wszystkim w punktach pomiarowych przy skrzyżowaniach z torami kolejowymi, w punktach drenażu stacji ochrony katodowej oraz w miejscach zdalnego monitoringu potencjału gazociągu.
- ▶ Stałe elektrody odniesienia stosowane do oceny skuteczności ochrony katodowej orurowania podziemnego obiektów takich jak tłocznie gazu, obiekty śluz, stacje gazowe, stacje pomp itp. mogą być montowane w pionowych rurach osłonowych i zabezpieczone przed przemarzaniem. Takie rozwiązania ułatwiają wymianę uszkodzonej elektrody na nową bez konieczności jej odkopania.

XVII Krajowa Konferencja

POMIARY KOROZYJNE W OCHRONIE ELEKTROCHEMICZNEJ

- ▶ Pomiaru potencjałów rurociągów w bardzo dobrej powłoce izolacyjnej, wykonywane w punktach pomiarowych na trasie rurociągu, mogą być z powodzeniem wykonywane względem elektrody przenośnej ustawianej na powierzchni ziemi nad gazociągiem.
- ▶ Pomiaru potencjałów gazociągu w izolacji bitumicznej, wykonywane w punktach pomiarowych na trasie gazociągu, wykonuje się względem elektrody przenośnej ustawianej w ziemi bliskiej i dalekiej.
- ▶ Instalując stałą elektrodę odniesienia lub wymieniając uszkodzoną elektrodę na nową należy pamiętać o wykonaniu pomiarów różnicy potencjałów między elektrodą stałą i przenośną bezpośrednio w miejscu jej zakopania oraz na powierzchni ziemi po jej zakopaniu. Te dwa pomiary mogą różnić się od siebie o wartość przekraczającą dopuszczalne kryterium ± 20 mV co jest istotne w późniejszej ocenie sprawności elektrody. Dotyczy to zwłaszcza elektrod odniesienia zakopanych na dużych głębokościach przy skrzyżowaniach z obcymi konstrukcjami.

Elektrody symulujące

- ▶ Należy pamiętać, że ocenę skuteczności ochrony katodowej przy pomocy czujnika korozymetrycznego /elektrody symulującej o danej powierzchni można odnieść tylko do defektów gazociągu znajdujących się w podobnych warunkach polaryzacji katodowej jak czujnik czy też elektroda symulująca, w gruncie o podobnej rezystywności i dla defektów o powierzchniach nie większych niż powierzchnia stalowej próbki.
- ▶ Wyniki te mogą być odniesione do dłuższych odcinków rurociągu jeżeli na tym odcinku występuje jednorodny grunt, istniejące defekty izolacji są mniejsze od powierzchni elektrody symulującej i nie zmienia się znacząco potencjał załączeniowy rurociągu.

XVII Krajowa Konferencja

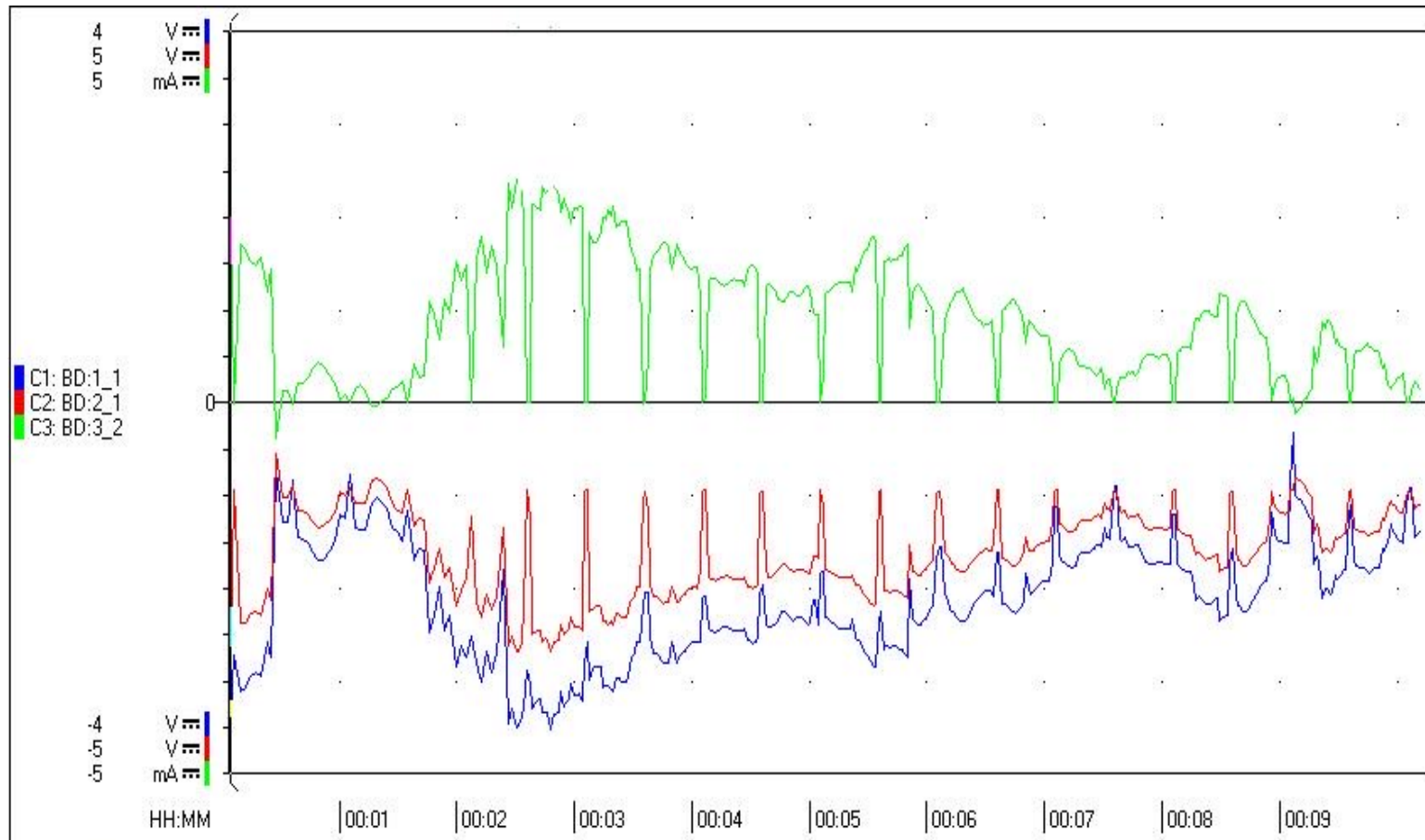
POMIARY KOROZYJNE W OCHRONIE ELEKTROCHEMICZNEJ

- ▶ Powinno się ograniczyć stosowanie elektrod symulujących o małych powierzchniach np. 1 cm^2 w gruntach średnio- i wysokoomowych. W warunkach działającej ochrony katodowej elektrody 1 cm^2 w takim gruncie szybko staną się nieprzydatne wskutek pokrycia się nieprzewodzącymi alkalicznymi osadami katodowymi.
- ▶ Elektrody o powierzchni 1 cm^2 powinny być stosowane głównie w miejscach oddziaływań prądów błędzących i prądu przemiennego w gruntach niskooporowych oraz w miejscach zagrożonych korozją galwaniczną w sytuacji braku ochrony katodowej.
- ▶ W przypadku rurociągów w powłokach bitumicznych o średnim i niskim poziomie izolacji wskazane jest stosowanie do oceny skuteczności działania ochrony katodowej elektrod symulujących/czujników szybkości korozji o powierzchniach odpowiednio większych np. 5 cm^2 i 10 cm^2 . Na obiektach w izolacji bitumicznej pozostających w gruncie o rezystywności powyżej $100 \Omega\text{m}$ do oceny skuteczności ochrony katodowej najlepiej sprawdzają się elektrody symulujące o powierzchni 100 cm^2

- ▶ Wartość rezystancji przejścia stałych elektrod odniesienia, rezystancji elektrod symulujących i czujników korozymetrycznych zakopanych w gruncie o znanej rezystywności jest informacją o prawidłowym montażu tych elementów. Jeżeli elektrody lub czujniki nie mają dobrego kontaktu z gruntem, to wyniki pomiarów potencjałów i prądów będą zafałszowane. Jeżeli rezystancja elektrody symulującej jest niemierzalna, tj. przekracza 50 k Ω , to elektroda symulująca praktycznie nie ma styku z gruntem, lub kabel elektrody jest przerwany.
- ▶ Rezystancja przejścia elektrody symulującej (o powierzchni stalowej płytki w kształcie koła), nie powinna być większa niż o około 50 % od wartości wyliczonej z zależności:
- ▶ $R = \rho / 2D$
- ▶ gdzie:
- ▶ ρ — pozorna rezystywność gruntu na głębokości zakopania elektrody, wyznaczona metodą elektrooporową czteroelektrodową, Ωm

XVII Krajowa Konferencja

POMIARY KOROZYJNE W OCHRONIE ELEKTROCHEMICZNEJ



Channel:	<input checked="" type="checkbox"/>	Min:	Avr:	Max:	Curs: 00:00:04,125	
1	M	-03,3830	-03,3830	-03,3830		-03,3830 V
2	M	-03,2576	-03,2576	-03,2576		-03,2576 V
3	M	2,51246 m	2,51246 m	2,51246 m		2,51246 mA

Stacje ochrony katodowej

- ▶ W ramach sprawdzenia działania stacji ochrony katodowej z zewnętrznym źródłem prądu (SOK) wykonuje się:
 - Pomiar natężenia prądu (I_{wyj}) i napięcia wyjściowego (U_{wyj}) prostownika
 - Pomiar potencjału załączeniowego rurociągu (E_{on}) i potencjału po wyłączeniu SOK (E_{off})
- ▶ W rejonach gdzie nie ma oddziaływania prądów błędzących, wystarczy dokonać odczytów wartości chwilowych parametrów wyjściowych SOK. W rejonach oddziaływania prądów błędzących należy przeprowadzić dłuższą jednoczesną rejestrację prądu i napięcia SOK oraz potencjałów. Czas rejestracji zależy od charakteru i intensywności oddziaływań prądów błędzących.
- ▶ Należy wykonać pomiar różnicy natężeń prądu płynącego od rurociągu do prostownika i od prostownika do uziomu anodowego. Różnica ta może świadczyć np. o zwarciu odgromnika na wyjściu prostownika lub uszkodzeniu kabli.

XVII Krajowa Konferencja

POMIARY KOROZYJNE W OCHRONIE ELEKTROCHEMICZNEJ

- ▶ W przypadku gazociągów w bardzo dobrej izolacji zapotrzebowanie prądu ochrony katodowej jest na poziomie mA. Stabilna praca stacji ochrony katodowej jest możliwa przy napięciu wyjściowym $> 3V$.
- ▶ W rejonie oddziaływania prądów błędnych oraz oddziaływania prądu przemennego SOK pracuje przy jeszcze większej wartości U_{wyj} . W przypadku nowo budowanych rurociągów nie ma potrzeby projektowania uziomu anodowego o niskiej rezystancji i sztucznego obniżania napięcia poprzez montaż dodatkowych rezystorów w obwodzie wyjściowym SOK.
- ▶ W przypadku gazociągów w izolacji bitumicznej o zapotrzebowaniu prądu ochrony katodowej rzędu A, uziom anodowy powinien być tak zaprojektowany (i wykonany), aby ograniczyć oddziaływania na obce konstrukcje metalowe podczas pracy stacji ochrony katodowej, a prąd wypływający z uziomu nie wywoływał na powierzchni ziemi napięcia krokowego większego niż 24 V.

Kryteria odbioru powłoki izolacyjnej.

Dla rurociągów z ochroną katodową, gdy nie wymagana jest szczelność powłoki:

- natężenie prądu polaryzacji katodowej przez rurociąg nie powinno być większe niż 0,5 mA przy $E_{on} = -1,3V$ wzgl. CSE,
- wymagana rezystancja powłoki R_{co} odcinka rurociągu nie powinna być mniejsza niż 1000 Ω ,
- wymagana jednostkowa rezystancja powłoki r_{co} odcinka rurociągu nie powinna być mniejsza niż $1000 \times S$, gdzie S - powierzchnia zewnętrzna odcinka rurociągu w m^2 ,

XVII Krajowa Konferencja

POMIARY KOROZYJNE W OCHRONIE ELEKTROCHEMICZNEJ

- ▶ Dla rurociągów z ochroną katodową, gdy określone zostało kryterium szczelności powłoki, wymagana jednostkowa rezystancja powłoki r_{co} odcinka rurociągu wykonanego z rur pokrytych powłokami 3LPE/3LPP nie powinna być mniejsza niż $10^9 \Omega m^2$.
- ▶ Dopuszcza się kryterium odbiorowe $10^8 \Omega m^2$ jeżeli wynik badania wykrywającego defekty izolacji po zasypaniu odcinka rurociągu wskazuje na brak defektów. Podczas tego badania powinien być stosowany silny sygnał detekcyjny w postaci krótkotrwałych impulsów zwiększonego prądu polaryzacji katodowej.
- ▶ Szczelne powłoki zaleca się stosować dla krótkich odcinków rurociągów bez ochrony katodowej, na odcinkach zagrożonych korozją mikrobiologiczną, na skrzyżowaniach z trakcją elektryczną prądu stałego i na odcinkach przyległych do tych skrzyżowań.

XVII Krajowa Konferencja

POMIARY KOROZYJNE W OCHRONIE ELEKTROCHEMICZNEJ

- ▶ Dla odcinków układanych techniką HDD, odcinków przeciskanych/przewiercanych pod przeszkodami oraz dla odcinków układanych w wykopie, dla których wymaga się powłok bezdefektowych (szczelnych) – badanie stanu izolacji należy wykonywać oddzielnie, przed połączeniem tych odcinków z sąsiednimi.
- ▶ W przypadku niespełnienia kryterium odbiorowego na odcinku ułożonym techniką HDD i braku technicznych możliwości naprawy powłoki, wykonawca zobowiązany jest do wydzielenia tego odcinka złączami izolującymi (jeśli nie były przewidziane w projekcie), zaprojektowania i wykonania indywidualnej ochrony katodowej tego odcinka oraz wykazania, iż spełnione są kryteria ochrony katodowej.

XVII Krajowa Konferencja

POMIARY KOROZYJNE W OCHRONIE ELEKTROCHEMICZNEJ

- ▶ Ochronę katodową przewiertu można zapewnić w dwojaki sposób. Jeżeli rurociąg ma bardzo dobrą powłokę izolacyjną, dzięki czemu jest chroniony małym prądem rzędu najwyżej mA, a dla ochrony katodowej przewiertu potrzeba kilkudziesięciu mA, to ochrona katodowa przewiertu musi być odrębna, autonomiczna. Wymaga to złączy izolujących na końcach odcinka wykonanego przewiertem. Ochronę katodową odcinka realizuje się zwykle za pomocą anod galwanicznych. Jeżeli przewiert został wykonany w ciągu istniejącego rurociągu, który jest chroniony prądem rzędu 0,1 lub 1 A, to przewiert może być włączony do wspólnej ochrony z całym rurociągiem.
- ▶ Badanie jednostkowej rezystancji przejścia odcinka gazociągu w bardzo dobrej izolacji należy wykonywać przy podwyższonych parametrach polaryzacji katodowej. Pomiar jednostkowej rezystancji izolacji w warunkach eksploatacyjnych może być obarczony błędem pomiaru małej wartości prądu, dlatego nie powinien być podstawą do oceny jakości izolacji. Pomiar rezystancji przejścia izolacji odcinka gazociągu za pomocą miernika rezystancji jest pomiarem pomocniczym i nie zawsze można się nim posłużyć przy ocenie jakości izolacji.

XVII Krajowa Konferencja

POMIARY KOROZYJNE W OCHRONIE ELEKTROCHEMICZNEJ

- ▶ W przypadku bardzo dobrej powłoki izolacyjnej o wysokim stopniu szczelności, podczas pomiarów dla wyznaczenia rezystancji przejścia powłoki, koniecznym staje się wielokrotne zwiększenie parametrów polaryzacji katodowej aby ujawniły się bardzo małe defekty powłoki.
- ▶ Wykonując pomiary dla oceny jednostkowej rezystancji przejścia należy stosować cykle przerywania prądu polaryzacji katodowej adekwatne do jakości izolacji odcinka rurociągu. Im izolacja odcinka w przewiercie ma wyższą rezystancję przejścia w stosunku do otaczającego środowiska, tym czas wyłączenia prądu polaryzacji powinien być dłuższy. Pomiary potencjałów wyłączeniowych wykonywane w standardowym cyklu on / off stają się niemiarodajne i powinny być wykonywane po kilkudziesięciu lub nawet kilkuset sekundach od wyłączenia prądu polaryzacji

XVII Krajowa Konferencja
POMIARY KOROZYJNE W OCHRONIE ELEKTROCHEMICZNEJ

Dziękuję za uwagę
Hanna Matus

