

Mieczysław BARTOSZEWSKI
Stefan F. FILIPOWICZ

WYBRANE ZAGADNIENIA OCHRONY KATODOWEJ RUROCIĄGÓW PRZED KOROZJĄ

STRESZCZENIE *Niniejsza praca ma na celu przybliżyć zainteresowanym zagadnienie ochrony przeciwkorozyjnej rurociągów będących w bezpośrednim oddziaływaniu środowisk elektrolitycznych. W celu zahamowania procesów korozyjnych w technologii ochrony elektrochemicznej wykorzystuje się zjawisko polaryzacji elektrycznej, która jest następstwem przepływu stałego prądu elektrycznego pomiędzy powierzchnią chronionego obiektu a otaczającym środowiskiem korozyjnym. Uzyskanie efektu pełnej ochrony przeciwkorozyjnej rurociągu za pomocą polaryzacji katodowej jest możliwe wyłącznie wtedy, gdy prąd ochrony katodowej wyeliminuje pozostałe prądy wpływające z powierzchni metalu przy powstałych defektach powłoki izolacyjnej. Ciągłe nierozwiązaniem problemem jest ochrona przed korozyjnością przeniennoprądową.*

Słowa kluczowe: *ochrona przeciwkorozyjna rurociągów, ochrona katodowa, korozyjność przeniennoprądowa, monitoring korozyjności*

mgr inż. Mieczysław BARTOSZEWSKI
e-mail: mieczyslaw.bartoszewski@gaz-system.pl
Gas Transmission Operation GAZ-SYSTEM S.A.

prof dr hab. Stefan F. FILIPOWICZ
e-mail: 2xf@nov.iem.pw.edu.pl
Zakład Metrologii i Badań Nieniszczących
Instytut Elektrotechniki

1. WSTĘP

Ochrona katodowa rurociągów jest jedną z najskuteczniejszych metod ochrony przed korozją. W Polsce jej stosowanie datuje się na lata pięćdziesiąte ubiegłego stulecia. Zmianę potencjału rurociągu będącego w środowisku elektrolitycznym (np. w ziemi) można osiągnąć poprzez celowe utworzenie z chronioną konstrukcją – ogniwa galwanicznego. Dołączając do niej anodę galwaniczną w postaci odpowiedniej elektrody wykonanej z metalu o bardziej elektroujemnym potencjale niż potencjał chronionej konstrukcji (tzw. ochrona za pomocą protektorów) lub za pomocą zewnętrznego źródła prądu stałego i specjalnego układu anodowego zmieniającego rozkład potencjałów (stacja ochrony katodowej). Ochrona za pomocą anod galwanicznych jest jedną z najprostszych metod ochrony katodowej. Jednak stosowana może być jedynie w takich przypadkach, gdy do zapewnienia ochrony wymagane są stosunkowo niewielkie prądy, a środowisko korozyjne dobrze przewodzi prąd elektryczny. Elektrochemiczna ochrona katodowa polega na bezpośrednim oddziaływaniu na mechanizm i kinetykę procesów korozyjnych poprzez zmianę potencjału rurociągu w kierunku wartości bardziej elektroujemnych. Mechanizm i kinetyka korozyjna może w czasie przebiegać bardzo różnorodnie, jednak osiągnięcie i utrzymanie na powierzchni chronionego rurociągu potencjału ochronnego gwarantuje zahamowanie procesów korozyjnych.

Potencjałowe zabezpieczenie przed korozją elementów metalowych realizuje się z wykorzystaniem zewnętrznego źródła prądu. Taki układ ochrony katodowej składa się z dwóch obwodów elektrycznych:

- polaryzującego,
- kontrolnego.

W obwodzie polaryzującym do dodatniego bieguna źródła prądu przyłącza się układ anodowy, natomiast do bieguna ujemnego – chroniony rurociąg. Wielkość prądu ochrony zależy od stanu izolacji i od wielkości powierzchni zewnętrznej rurociągu. Za pomocą obwodu kontrolnego określa się wartość potencjału chronionej konstrukcji względem niepolaryzowanej elektrody odniesienia, monitorując w ten sposób skuteczność działania ochrony katodowej. Energia niezbędną do ochrony katodowej zależna jest od stanu powłok izolacyjnych, im więcej miejsc nieuszczelnności w pokryciu ochronnym tym większy prąd wymagany jest do utrzymania właściwego potencjału.

2. KOROZJA I JEJ RODZAJE

Korozja elektrochemiczna zachodzi na granicy faz pomiędzy metalem (przewodnikiem elektronowym) a środowiskiem elektrolitycznym (przewodnikiem jonowym). Na przebieg procesu zasadniczy wpływ ma środowisko korozyjne, jego skład chemiczny i zawartość czynników agresywnych. W atmosferze korozja zachodzi w cienkiej warstwie wody lub wilgoci na powierzchni metalu, gdzie tlen dociera do granicy faz metal-elektrolit. Procesy korozyjne przebiegają wówczas w sposób widoczny na całej powierzchni.

Trochę inaczej wyglądają procesy korozyjne w wodzie i w ziemi. W takim przypadku powierzchnia metalu ma kontakt z warstwą elektrolitu (ziemia lub woda jako elektrolit). Szybkość korozji ogólnej w ziemi i w wodach naturalnych szacowana jest na poziomie 0,01-0,02 mm/rok [2].

2.1. Korozja lokalna

Korozja lokalna występuje najczęściej na metalach znajdujących się w stanie pasywnym, mających na swojej powierzchni cienką warstwę ochronną złożoną z tlenków. W wyniku tego typu korozji na powierzchni metalu powstają ubytki, które powiększają się w kształcie niewielkich otworów w głąb materiału aż do perforacji. Produkty korozji gromadzą się wokół ujścia wżeru, tworząc zwykle charakterystyczne narosty przykrywające wżer. W obiektach podziemnych nie występuje typowa korozja wżerowa, lecz ze względu na obecność powłoki i lokalną korozję w jej porach czy lokalne uszkodzenia, szczególnie po dłuższym czasie, wygląda to jak korozja wżerowa. Ten efekt wzmocniony jest dodatkowo wypływającym z uszkodzonej powłoki prądem elektrycznym, pochodzącym ze źródeł prądów błędnych lub makroogniw korozyjnych. Podobne ogniska korozyjne wywołane są przez mikroorganizmy [1].

2.2. Korozja w wodzie i w ziemi

Agresywne działanie wód naturalnych spowodowane jest przede wszystkim obecnością tlenu i dwutlenku węgla. Szybkość korozji większości metali zależy w dużej mierze od dostępu tlenu. We wszystkich wodach naturalnych występuje dwutlenek węgla, który powoduje obniżenie pH a tym samym zwiększa agresywność korozyjną wody a to prowadzi do rozpuszczania już istnieją-

cych warstewek ochronnych węgla wapniowego. Zawartość dwutlenku węgla w wodzie zmniejsza się ze wzrostem ilości soli. Również wzrost temperatury wody zmniejsza rozpuszczalność gazów. Cechą charakterystyczną takiej korozji jest tworzenie się przy powierzchni wody ogniwa stężeniowego spowodowanego różnym natlenieniem. Tego typu zaatakowania korozyjne można zaobserwować na linii wodnej statków, na stalowych ścianach chroniących nabrzeża wodne oraz rurociągach wchodzących do morza.

Korozja przebiegająca w ziemi w głównej mierze zależy od wilgotności gleby oraz zawartości rozpuszczalnych związków chemicznych. Z zasady grunty o dużej wilgotności zawierające związki chemiczne charakteryzują się dobrym przewodnictwem elektrolitycznym. W gruntach o niewielkiej wilgotności lub suchych, gdzie ułatwiony jest dostęp tlenu z powietrza do powierzchni metalu, proces korozji może ulegać zahamowaniu w wyniku pasywacji metalu. Stąd często przyjmuje się wielkość elektrycznego oporu właściwego (rezystywności) gruntu jako podstawowe kryterium jego agresywności korozyjnej [2]. Od struktury gruntu zależy przemieszczanie się wilgoci i powietrza, a także charakter kontaktu ziemi z umieszczoną w niej konstrukcją. Grunty piaszczyste charakteryzują się stosunkowo niedużą porowatością, jej pory są duże, łatwo przepuszczają wodę oraz gazy. W nich jest łatwy dopływ tlenu do powierzchni zakopanych elementów metalowych. Grunty gliniaste charakteryzują się znaczną porowatością, przy czym pory są cienkie, kapilarne. Grunty takie potrafią przez długi czas utrzymywać wilgoć, ograniczać ruch powietrza i tym samym znacznie utrudniać dopływ tlenu do konstrukcji np. rurociągu.

Fakt, że powstające produkty korozji osadzają się na powierzchni metalu, wykazuje po części również własności ochronne. W wilgotnych gruntach często obserwuje się stopniowe zmniejszanie szybkości procesu korozyjnego w miarę upływu czasu.

2.3. Prądy błędzące

W rejonach uprzemysłowionych obserwuje się intensywną korozję podziemnych konstrukcji metalowych wywołaną działaniem tzw. prądów błędzących. Pod tym pojęciem rozumie się wszelkiego rodzaju prądy elektryczne swobodnie płynące w ziemi. Obejmuje to m.in. prądy błędzące naturalne, tzw. prądy telluryczne, oraz prądy wytworzone wskutek działalności człowieka, zarówno stałe jak i przemienne. W niektórych przypadkach przepływ prądów w ziemi wynika z technologii np. eksploatacji trakcji elektrycznych, przesyłu energii elektrycznej liniami wysoko-napięciowymi czy niewłaściwie zaprojektowanego systemu ochrony katodowej. Badanie oddziaływań prądów błędzących

na konstrukcje podziemne i podwodne jest bardzo trudne ze względu na ich losowy charakter. Zmieniające się w sposób przypadkowy wszystkie wielkości elektryczne, w tym również potencjał konstrukcji, zmuszają do stosowania odpowiednich technik pomiarowych, które w efekcie mogą być pomocne w eliminacji niekorzystnych zjawisk [2, 3, 4].

3. OCENA ZAGROŻENIA KOROZYJNEGO W ZIEMI

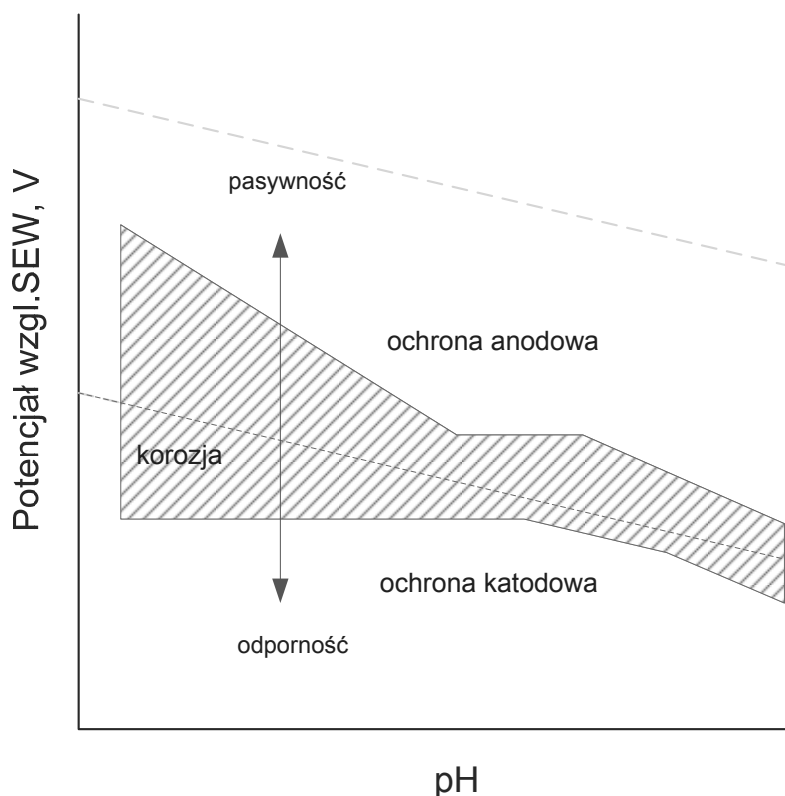
Celem oceny ogólnej zagrożenia korozyjnego wykorzystuje się pomiar rezystywności gruntu. Jeśli rezystywność jest mniejsza niż $20 \Omega\text{m}$ świadczy to o dużej agresywności korozyjnej gruntu, a gdy jest większa niż $100 \Omega\text{m}$ to agresywność korozyjna jest mała. Bazując na dokonanych pomiarach rezystywności gruntu zagrożenie korozyjne szacuje się na podstawie następujących kryteriów:

- wartości rezystywności poniżej $30 \Omega\text{m}$ wskazują na lokalizację o wysokim zagrożeniu korozyjnym,
- wartości rezystywności powyżej $30 \Omega\text{m}$ – należy wykonać dodatkowe badania gruntu, pobrać próbki i gdy te okażą się podobnymi parametrami wskazuje to lokalizację o niskim zagrożeniu korozją,
- gleba jest piaskiem czy żwirem,
- wartości rezystywności powyżej $100 \Omega\text{m}$ wskazują na nieznaczne zagrożenie korozyjne.

4. OCHRONA KATODOWA RUROCIĄGÓW

Ochrona katodowa jako technologia datuje swój rozwój na okres powojenny. Obecnie obowiązują przepisy nakazujące stosowanie ochrony katodowej do konstrukcji metalowych eksploatowanych w ziemi lub wodzie. Ze względu na bezpośrednie oddziaływanie przepływającego prądu elektrycznego na szybkość procesów korozyjnych metoda ta uznawana jest za jedną z najskuteczniejszych. W zależności od stopnia polaryzacji, którą określa się jako zmianę potencjału chronionej powierzchni, możliwe jest dowolne kontrolowanie wszystkich rodzajów korozji metali przebiegających z mechanizmem elektrochemicznym. W zależności od kierunku polaryzacji w technologii ochrony

elektrochemicznej wyróżnia się ochronę katodową i anodową. Ochronę anodową wykorzystuje się sporadycznie do zabezpieczenia aparatury chemicznej w środowisku silnie utleniającym. Natomiast ochrona katodowa stosowana jest powszechnie do ochrony wszelkiego rodzaju konstrukcji podziemnych i podwodnych (rurociągi, pancerze kabli, zbiorniki, kadłuby jednostek pływających). Podział technologii ochrony elektrochemicznej związany jest kierunkiem przepływu prądu (anodowa, katodowa) jak też sposobami uzyskania prądu ochronnego – z ogniwa galwanicznego lub zewnętrznego źródła prądu. Potencjał jest wielkością termodynamiczną, a jego wartość można określić w sposób pośredni na drodze pomiarowej. Proces ochrony elektrochemicznej obrazuje diagram Pourbaix. [2]

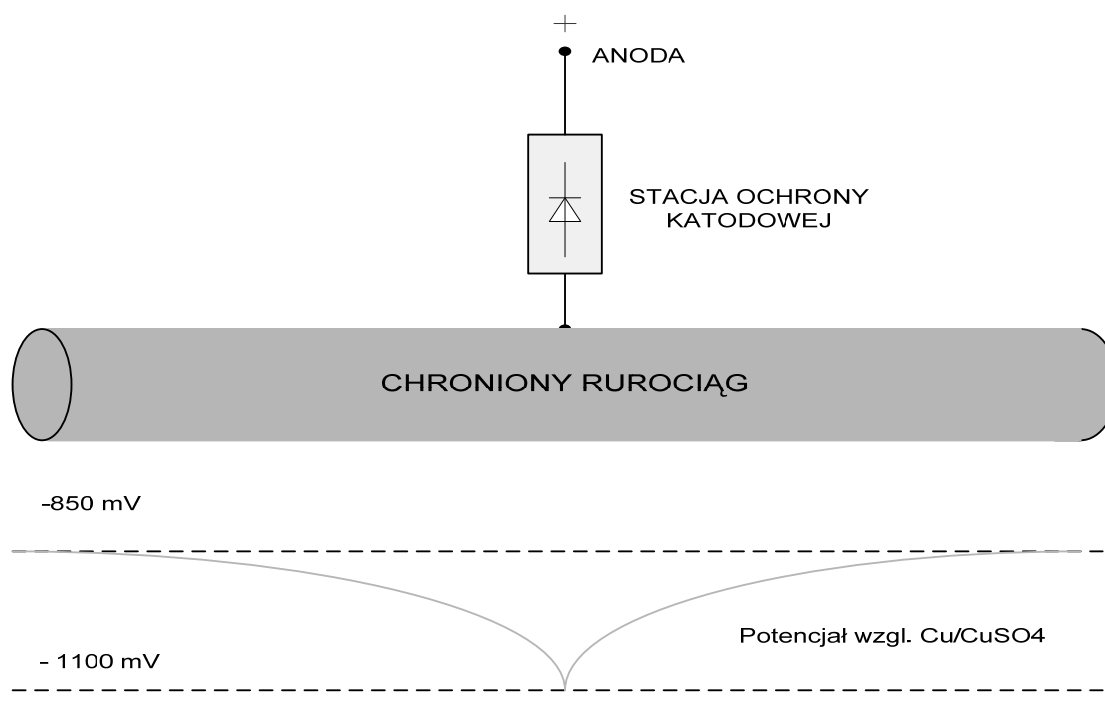


Rys. 1. Diagram Pourbaix dla układu żelazo-woda: analiza efektu ochrony elektrochemicznej (SEW-standardowa elektroda wodorowa)

Na diagramie tym jest zaznaczony obszar termodynamicznej trwałości wody (pomiędzy liniami przerywanymi) oraz obszary, w których żelazo ulega procesowi korozji (zakreślony). Na rysunku zaznaczono również stan pasywny,

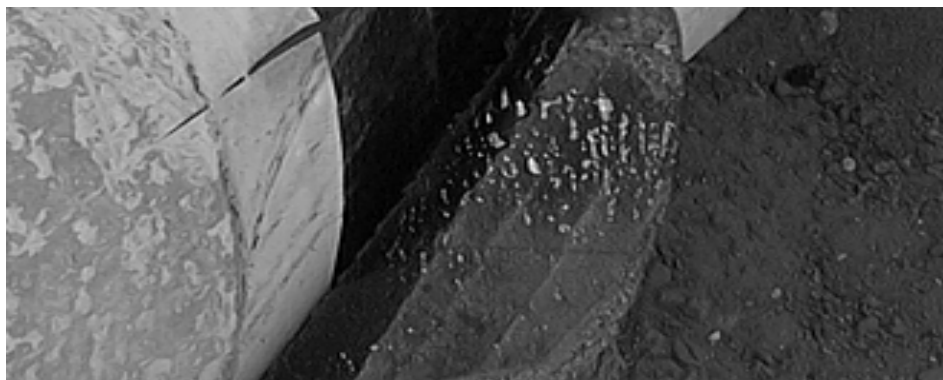
gdy metal pokryty jest warstwami tlenków oraz stan całkowitej odporności na korozję między innymi ze względu na ochronę katodową. Strzałki wskazują stan, jaki można uzyskać w zależności od kierunku przepływu prądu elektrycznego przez powierzchnie styku żelaza i wody. Zmiana potencjału w kierunku dodatnim, w określonych warunkach, wywołuje zahamowanie procesu korozyjnego wskutek wytworzenia na powierzchni cienkiej warstewki ochronnej tlenków. Proces ten nazywany pasywacją i zjawisko to wykorzystane jest przy tworzeniu stali stopowych m.in. chromowo-niklowych. Technika uzyskiwania takiego stanu pasywności poprzez polaryzację elektrochemiczną nazywana jest ochroną anodową [1].

Polaryzacja katodowa, po przekroczeniu określonego progu potencjału, zapewnia osiągnięcie stanu odporności korozyjnej żelaza. Jak wynika z diagramu efekt pełnej ochrony katodowej może być osiągnięty po przesunięciu potencjału chronionej powierzchni w kierunku ujemnym do określonej wartości. Wartość ta zależy przede wszystkim od rodzaju metalu oraz właściwości fizykochemicznych środowiska korozyjnego. Z istoty polaryzacji katodowej wynika alkalizacja w pobliżu chronionej powierzchni. Dotyczy to warstwy środowiska elektrolitycznego mającej bezpośredni kontakt z powierzchnią metalu m.in. w porach i defektach izolacji.



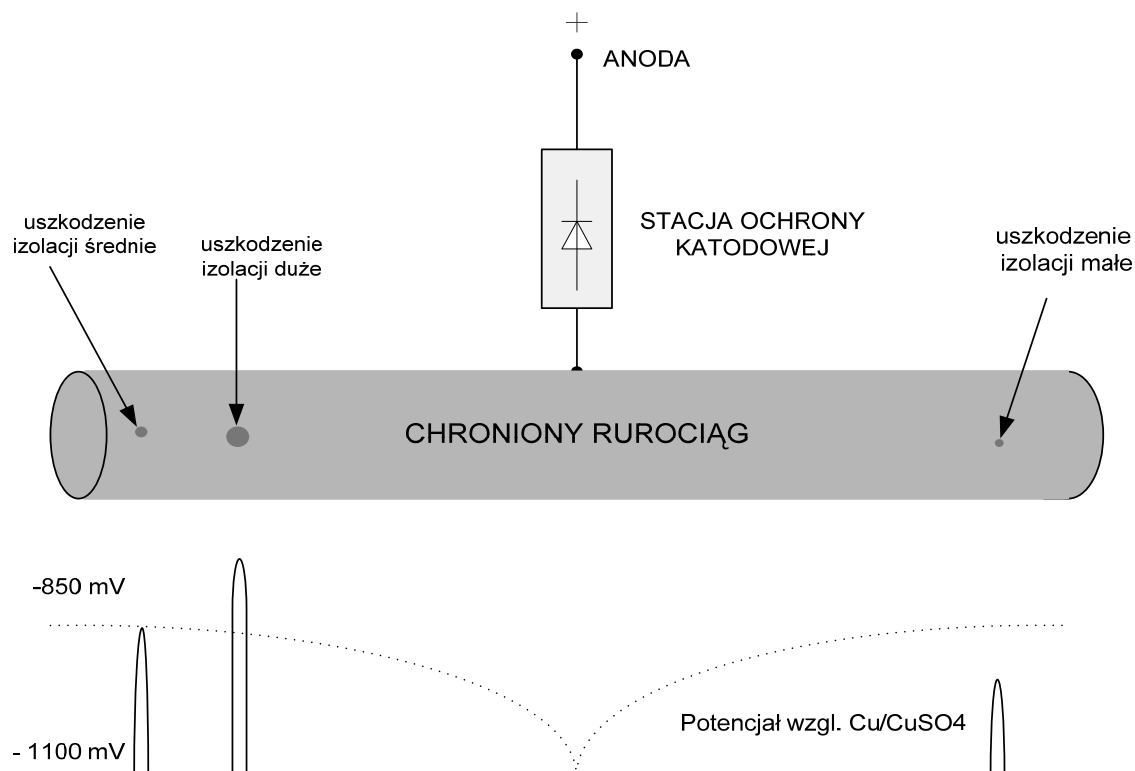
Rys. 2. Schemat instalacji ochrony katodowej rurociągu z tradycyjną izolacją przeciwkorozyjną oraz oczekiwany rozkład potencjału wzdłuż jego długości

Przy potencjale $-0,85$ V względem elektrody Cu/CuSO_4 można oczekiwać wartości pH na poziomie 9,3 a przy potencjale $1,1$ V względem tej elektrody pH równe jest 13,5. Podczas normalnej eksploatacji ochrony katodowej, przy odpowiednio dobranych parametrach, nie występuje nadmierna alkalizacja środowiska. Można ustalić, że potencjał rurociągu w ziemi może osiągnąć maksymalną wartość $-1,22$ V względem elektrody siarczano-miedzianej, a pH w przypowierzchniowej warstwie elektrolitu 15,5. Przy wartości potencjału niższej od $-1,12$ V względem tej samej elektrody odniesienia inicjuje się proces wydzielania wodoru. Wystąpienie różnicy potencjału elektrycznego w warstwach porowatych powoduje, że zamknięta w porach i szczelinach woda migruje od anody do katody. Efektem tego zjawiska jest osuszanie rejonu w pobliżu anod i zwiększenie zawilgocenia katody. W porowatych izolacjach takie zawilgocenie może wywołać odspojenie izolacji od konstrukcji i wnikanie wody pod jej powłokę ochronną, co przedstawia fotografia na rys. 3.



Rys. 3. Fotografia odspojenia izolacji

Rurociąg styka się z ziemią na całej swojej długości poprzez mikropory i nieszczelności powłoki. Bardzo ważną cechą jest możliwość przewidywania zmian potencjału w zależności od odległości przyłączenia stacji ochrony katodowej. Dla materiałów izolacyjnych z tworzyw sztucznych, które cechuje w pierwszym rzędzie wyraźnie mniejsza porowatość i zdecydowanie większa rezystancja jednostkowa, prąd ochrony katodowej dociera jedynie do powierzchni metalu w miejscu uszkodzenia izolacji. Warunki polaryzacji stali w miejscu uszkodzenia izolacji będą zależały od wielkości powierzchni uszkodzenia, jego kształtu i odległości od układu anodowego. Wartość potencjału w miejscu uszkodzenia powłoki odzwierciedla lokalizację uszkodzeń w izolacji oraz wielkość polaryzacji w miejscu defektu. Obrazuje to rys. 4.



Rys. 4. Instalacja ochrony katodowej z powłoką izolacyjną oraz oczekiwany (linia przerywana) i rzeczywisty (linia ciągła) rozkład potencjału

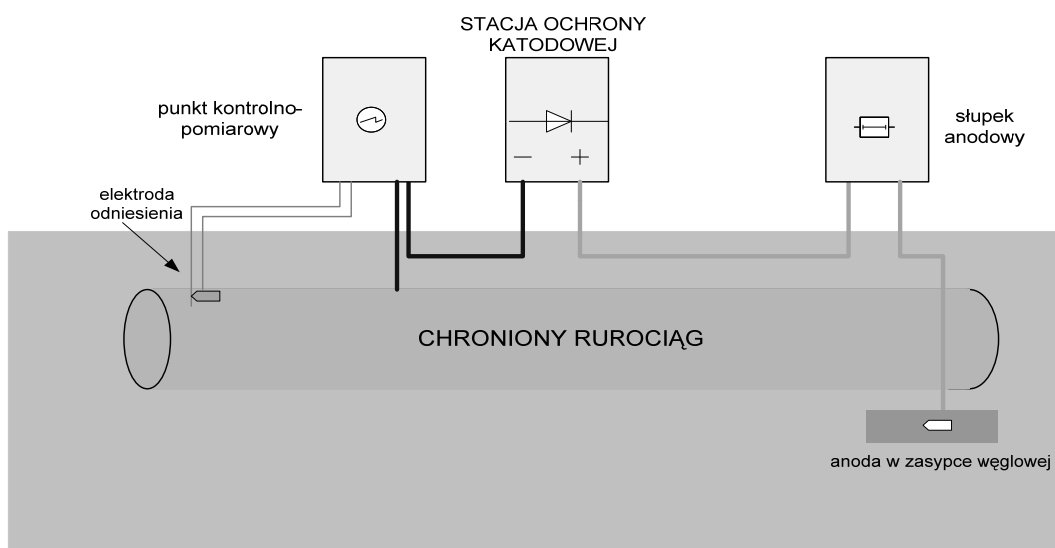
Wartość potencjału w miejscu uszkodzenia powłoki zależna jest od powierzchni stali kontaktującej się za środowiskiem elektrolitycznym: im większa powierzchnia, tym mniejsza polaryzacja katodowa. W takim układzie może wystąpić sytuacja, że pomimo utrzymania na całym rurociągu potencjału ochronnego, w miejscu znacznego uszkodzenia izolacji mogą nie być spełnione warunki pełnej ochrony katodowej. I odwrotnie – spełnienie warunków pełnej ochrony katodowej w defektach o dużej powierzchni może powodować nadmierną polaryzację katodową w defektach o małej powierzchni.

Zazwyczaj układ ochrony katodowej składa się z dwóch obwodów elektrycznych:

- polaryzującego (prądowego), którego zasadniczymi elementami są źródło prądu stałego (stacja ochrony katodowej – SOK), chroniony rurociąg oraz pomocnicza anoda umieszczona w odpowiednim wypełnieniu (zasypce),
- kontrolnego (potencjałowego) zawierającego przyłącze potencjałowe, elektrodę odniesienia i miernik potencjału, którym jest z reguły miliwoltomierz o dużej rezystancji wewnętrznej. Za pomocą tego obwodu określa

się wartość potencjału chronionego rurociągu względem elektrody odniesienia, kontrolując w ten sposób skuteczność działania ochrony katodowej [1].

Schemat z rysunku 5 przedstawia schemat ochrony katodowej z pojedynczej instalacji zabezpieczającej SOK.



Rys. 5. Schemat obwodów instalacji ochrony katodowej rurociągu z zewnętrznym źródłem prądu (SOK)



Rys. 6. Przykładowa stacja ochrony katodowej

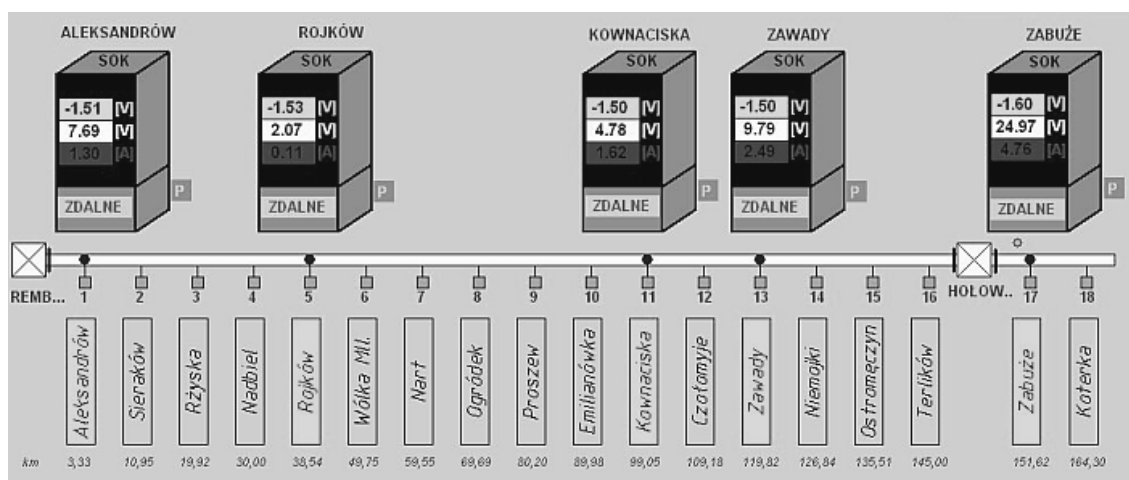
W instalacjach z zewnętrznym źródłem prądu podstawowym elementem jest prostownik o napięciu wyjściowym 50 V dla zastosowań w ziemi oraz 24 V dla układów wodnych oraz prądzie wyjściowym od kilku do kilkunastu amperów. Obecnie SOK-i wyposażane są w systemy regulacji prądu, układy do transmisji danych pomiarowych oraz systemy skuteczności ochrony

pomiarowej. Przykładową stację ochrony katodowej, punkt kontrolno-pomiarowy i stosowane elektrody anodowe przedstawiono na kolejnych fotografiach (rys. 6 i 7).



Rys. 7. Punkt kontrolno-pomiarowy i elektroda anodowa

Dane pomiarowe kolejnych stacji ochrony katodowej mogą być przekazywane do punktów dyspozytorskich a ich właściwa interpretacja może służyć do oceny stanu zagrożenia korozyjnego danego odcinka rurociągu. Przykładowa wizualizacja wskazań dla odcinka gazociągu przedstawiona jest na rys. 8 [3].



Rys. 8. Wizualizacja wskazań kolejnych stacji ochrony katodowej na odcinku gazociągu

5. ZAGROŻENIA ZWIĄZANE Z KOROZJĄ PRZEMIENNOPRĄDOWĄ

Korozja powodowana przez elektryczny prąd przemienny stanowi jedno z największych zagrożeń korozyjnych podziemnych rurociągów stalowych zabezpieczonych ochroną katodową. Prąd przemienny przepływający pomiędzy stalowym podziemnym rurociągiem a ziemią może powodować istotne uszkodzenia korozyjne. Z opracowanych zasad ogólnych wynika, że można nie uwzględniać prawdopodobieństwa korozji, jeśli gęstość prądu przemiennego na 1 cm² odsłoniętej powierzchni jest mniejsza niż 30 A/m² jednak korozję przemiennoprądową stwierdzano przy mniejszych gęstościach około 22 A/m² [7].

Napowietrzne linie wysokiego napięcia przebiegające w pobliżu podziemnych stalowych rurociągów powodują indukowanie się w nich wzdluznych, przemiennych sił elektromotorycznych. W rezultacie powstaje prąd przemienny, przepływający w obwodzie utworzonym przez rurociąg, odsłonięte powierzchnie stykające się z elektrolitem glebowym w defektach powłoki izolacyjnej, ziemię. Ten prąd przepływający między rurociągiem a ziemią powoduje powstanie przemiennych spadków napięć, których nie zabezpieczają stacje ochrony katodowej. Przy równoległym przebiegu linii wysokiego napięcia wzdluz rurociągu na odcinku o długości L , największe napięcia przemiennie będą występować na końcach tego odcinka a najmniejsze w środku. Również w środku odcinka równoległego wystąpi największe natężenie prądu przemiennego płynącego przez rurociąg. Gęstość prądu przemiennego j_{ac} przepływającego między rurociągiem a ziemią poprzez defekt izolacji zależy od napięcia U_{ac} pomiędzy rurociągiem a ziemią oraz średnicą (powierzchni) defektu D i rezystywnością gruntu ρ :

$$j_{ac} = 8U_{ac}/\pi D\rho$$

Ze wzoru wynika, że im jest mniejsza średnica (powierzchnia) defektu, tym występuje większa gęstość prądu przemiennego i większe zagrożenie korozyjne. Dla małych defektów powłoki, o powierzchni 1 cm², gęstość prądu przemiennego można szacować wg uproszczonej zależności:

$$j_{ac} = 226U_{ac}/\rho$$

Nie zawsze największa gęstość prądu przemiennego w małych defektach występuje tam, gdzie pojawia się największe napięcie pomiędzy ru-

rociągiem a ziemią. Przykładowo, jeśli na końcach równoległego zbliżenia linii wysokiego napięcia i rurociągu między rurociągiem a ziemią występuje napięcie 20V a rezystywność gruntu wynosi 500 Ωm , to gęstość prądu w defekcie o powierzchni 1 cm^2 wynosi ok. 11,6 A/m^2 . Jeśli bliżej środka zagrożonego odcinka napięcie wynosi zaledwie 2 V ale rezystywność gruntu jest mała, np. 10 Ωm , to gęstość prądu zbliży się do 43 A/m^2 i wystąpi zagrożenie korozyjne.

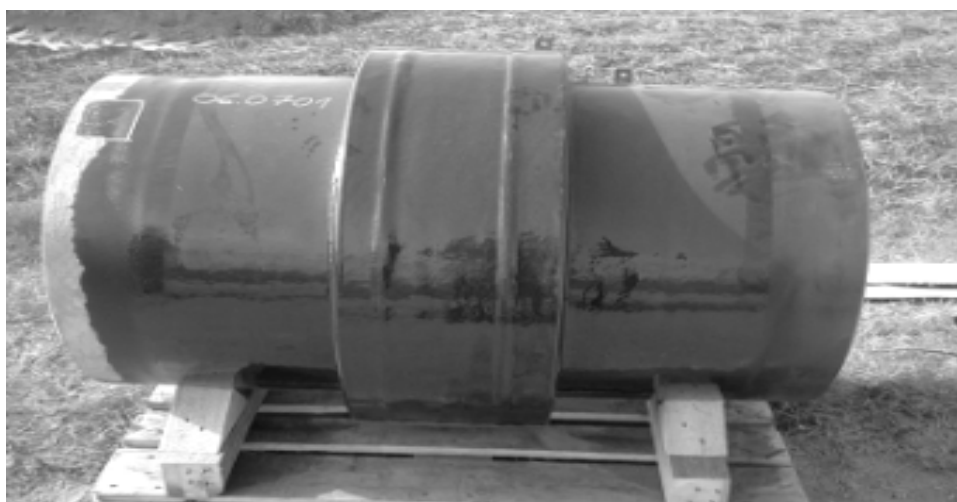
Zagrożenie korozyjne rurociągu może występować także poza odcinkiem równoległego przebiegu linii wysokiego napięcia i rurociągu.

6. OCHRONA KATODOWA A KORozJA PRZEMIENNOPRĄDOWA

Ochrona katodowa nie powstrzymuje korozji przemiennoprądowej. Jeśli w wyniku wtórnych reakcji towarzyszących polaryzacji katodowej w defekcie powłoki izolacyjnej nie wytworzą się zwarte osady katodowe, to polaryzacja katodowa może intensyfikować korozję przemiennoprądową. Efektem wtórnym polaryzacji katodowej jest wzrost pH środowiska elektrolitycznego w pobliżu polaryzowanej powierzchni stalowej. Właśnie w środowisku o wysokim pH korozja przemiennoprądowa przebiega intensywnie. Głęboka polaryzacja katodowa i towarzyszące jej wysokie pH występuje w małych defektach izolacji występujących w gruntach niskooporowych. Zatem w takich małych defektach powłoki izolacyjnej występują dwa czynniki sprzyjające intensywnej korozji przemiennoprądowej: duża gęstość prądu przemiennego i wysokie pH środowiska, będące efektem głębokiej polaryzacji katodowej. Jeśli natomiast w defekcie powłoki izolacyjnej wytworzą się zwarte osady katodowe, to powoduje to zwiększenie rezystancji uziemienia defektu, a w konsekwencji zmniejszenie gęstości prądu przemiennego i spowolnienie korozji przemiennoprądowej [4].

Można to uzyskać np. przez umiejętne zastosowanie bezpośrednich lub pośrednich uziemień rurociągu. Zmniejszenie napięć pomiędzy rurociągiem a ziemią można także uzyskać w wyniku umiejętnego podzielenia zagrożonego odcinka rurociągu za pomocą złączy izolujących na elektrycznie oddzielone sekcje (w poszczególnych sekcjach indukują się mniejsze wypadkowe napięcia wzdluzne). Zmniejszenie gęstości prądu przemiennego można także uzyskać w wyniku zwiększenia rezystywności środowiska glebowego otaczającego rurociąg, np. poprzez zastosowanie obsypki piaskowej rurociągu. Innym sposobem istotnego zmniejszenia gęstości prądu przemiennego jest doprowadzenie do wytworzenia się w defektach powłoki osadów katodowych. W tym celu niez-

będne jest oszacowanie (drogą obliczeniową lub pomiarowo-obliczeniową) napięć przemiennych, jakie będą mogły występować pomiędzy projektowanym rurociągiem a ziemią oraz wykonanie bardzo zagęszczonych, niemalże ciągłych pomiarów rezystywności gruntu na trasie odcinków poddanych oddziaływaniom linii wysokiego napięcia, a także poza tymi odcinkami. Sekcję gazociągu dzieli się też za pomocą monobloków izolujących na elektrycznie oddzielone odcinki; monobloki izolujące bocznikuje w punktach pomiarowych za pomocą odpowiednich układów, które blokują przepływ prądu przemiennego i umożliwiają przepływ prądu stałego ochrony katodowej. Monobloki izolujące oddzielają odcinki w których indukują się napięcia od pozostałej części rurociągu (rys. 9).



Rys. 9. Monoblok dla rurociągu dn 700

Stosowane są też rezystancyjne czujniki korozymetryczne o powierzchni 1 cm², które pozwalają oceniać szybkość korozji bez potrzeby odkopywania czujników [4]. Ubytki korozyjne oblicza się na podstawie wyznaczonych przyrostów rezystancji elektrycznej. Rezystancja korodującej powierzchni jest wyrażona wzorem:

$$R = \rho L/S$$

gdzie:

- R – rezystancja elektryczna,
- ρ – rezystywność metalu,
- L – długość elementu pomiarowego,
- S – pole przekroju poprzecznego.

W wyniku procesu korozji następuje stopniowe zmniejszenie przekroju próbki, natomiast jej długość pozostaje niezmienną, zgodnie z tym następuje wzrost rezystancji próbki w czasie. Kolejne odczyty w czasie dają obraz procesu korozyjnego i może on być monitorowany. Prowadzi się również odkrywki rurociągów w miejscach, w których wskutek oddziaływania prądu przemiennego mogło dojść do uszkodzenia ścianki rurociągu. W odniesieniu do nowo projektowanych rurociągów wymaga się, aby już na etapie projektowania rozpoznane było ewentualne zagrożenie korozją prądu przemiennopiętrowego i zaprojektowane zostały odpowiednie zabezpieczenia. W tym celu niezbędne jest oszacowanie (drogą obliczeniową lub pomiarowo-obliczeniową) napięć przemiennych, jakie mogą występować pomiędzy projektowanym rurociągiem a ziemią oraz wykonywanie bardzo częstych, niemalże ciągłych pomiarów rezystywności gruntu na trasie odcinków poddanych oddziaływaniom linii wysokiego napięcia, a także poza tymi odcinkami. Powinno się unikać, na ile to możliwe, prowadzenia tras stalowych rurociągów wzdłuż linii wysokiego napięcia.

7. PODSUMOWANIE

Przyjęcie właściwego kryterium ochrony katodowej jest podstawowym elementem każdego projektu zabezpieczenia przeciwkorozyjnego określonego rurociągu i ma decydujący wpływ na jego eksploatację. To kryterium oprócz znaczenia technicznego, tj. wymogu spełnienia pożądanego stopnia zahamowania procesów korozyjnych, ma także istotny wpływ na ekonomiczną stronę eksploatacji. Od prawidłowego sformułowania kryterium zależy w głównej mierze efektywność ochrony katodowej, gdyż na tej podstawie przyjmowane są parametry pracy instalacji ochronnych. Konieczność posługiwania się w warunkach technicznych potencjałowym kryterium ochrony wynika z braku możliwości ustalenia stopnia zahamowania procesów korozyjnych wskutek polaryzacji katodowej przez bezpośredni pomiar szybkości korozji. Przejście z powłok bitumicznych i smołowych do powłok z tworzyw sztucznych na chronionych gazociągach zmieniło w sposób znaczący własności fizykochemiczne tych pokryć, mają doskonałe własności dielektryczne, co ma znaczący wpływ na zakres stosowanej ochrony. Jednak najpoważniejsze zagrożenia występują ze strony korozji prądu przemiennopiętrowego, która ze względu na samoistne zmiany w czasie związane ze stopniem korozji powoduje zagrożenie trudne do zdefiniowania. Nadal jedynym sposobem zabezpieczenia rurociągu przed jej wpływem jest ciągle monitorowanie i usuwanie defektów powłoki izolacyjnej na zagrożonym odcinku rurociągu.

LITERATURA

1. Abramowski T.: Zbiorniki podziemne gazu, Gaz, Woda i Technika Sanitarna, nr 1/99, Warszawa, 1999.
2. Dąbrowski J., Mrówka M., Suwart C.: Specjalna stacja ochrony katodowej kompensująca oddziaływania prądów błędzących, IX Krajowa konferencja Polskiego Komitetu elektrochemicznej ochrony przed korozją, 7-9 06. 2006.
3. Budnik K., Czarnywojtek P., Kozłowski J., Machczyński W.: Komputerowa rejestracja i analiza sygnałów w technice korelacyjnej badania prądów błędzących, VII Krajowa Konferencja Pomiary korozyjne w ochronie elektrochemicznej, Jurata, 18-20.09. 2002.
4. Machczyński W.: Oddziaływanie elektromagnetyczne na obwody ziemnopowrotne-rurociagi podziemne, Wydawnictwa Politechniki Poznańskiej, Poznań 1998.
5. Machczyński W.: Wyznaczanie parametrów jednostkowych R, L, G, podziemnych rurociągów, IX Krajowa konferencja Polskiego Komitetu elektrochemicznej ochrony przed korozją, 7-9 06. 2006.
6. Michałowski St. W.: Rurociagi dalekiego zasięgu, Odysseum, Warszawa, 2005.
7. Reinisch R.: Euromagazyny, Rurociagi, nr 4, Warszawa, 2001.
8. Wilk S.: Bierna ochrona antykorozyjna rurociągów gazowych, AGH, Kraków, 2000.

Rękopis dostarczono, dnia 05.03.2007 r.

Opiniował: dr inż. Jacek Perz

SELECT QUESTIONS OF CATHODE PROTECTION OF PIPELINES

Mieczysław BARTOSZEWSKI
Stefan F. FILIPOWICZ

ABSTRACT

The aim of this report is to bring closer the issue of the anticorrosive processes protection in pipelines which are in direct interaction of electrical polarization environment. The phenomenon of the electrical polarisation, which is the sequence of continuous flow of electrical drift between the surface of protected object and surrounding corrosive environment, is harness in the aim of apprehend the corrosive processes in the electrochemical protection technology. The effect of whole anticorrosive protection in pipelines with the aid of cathodic polarisation is possible only in the case when cathodic protected drift would eliminate the residual drifts flowing from the metal surface with some defects of isolating mantle. However, the nonsolved problem is the protection for the current alternating corrosivity.