

Maciej Markiewicz, Paweł Stochaj
Instytut Nafty i Gazu, Kraków

Ochrona katodowa zbiorników za pomocą anod galwanicznych

Ochrona katodowa konstrukcji podziemnych

Zewnętrzne powierzchnie stalowych rurociągów i zbiorników umieszczonych w ziemi zabezpiecza się przed korozją odpowiednio dobranymi powłokami izolacyjnymi i współdziałającą z nimi ochroną katodową, której zadaniem jest zahamowanie procesów korozyjnych w miejscach uszkodzeń powłoki izolacyjnej. Powłoki izolacyjne są elementem ochrony biernej, a ochrona katodowa stanowi element czynnej ochrony przed korozją.

Korozja metalu w środowisku elektrolitycznym jest procesem niszczenia powierzchni metalu w wyniku reakcji elektrochemicznych z udziałem przepływu prądu elektrycznego przez granicę faz metal-elektrolit.

Zadaniem powłoki ochronnej jest stworzenie izolacyjnej bariery pomiędzy powierzchnią metalu, a środowiskiem korozyjnym. W tym celu stosuje się powłoki metaliczne, nieorganiczne i organiczne. Ochronę przed korozją atmosferyczną oraz korozją morską stanowią powłoki malarskie. Do tych ostatnich należą cienkie powłoki z farb i lakierów. Cienkimi powłokami jednowarstwowymi są też powłoki ze sproszkowanych żywic, stosowane do ochrony zarówno wewnętrznych, jak i zewnętrznych powierzchni podziemnych rurociągów i zbiorników.

Wszystkie materiały organiczne, z których wykonuje się powłoki izolacyjne rurociągów i zbiorników są bardzo dobrymi dielektrykami, tj. charakteryzują się wysoką rezystywnością (co najmniej $10^{12} \Omega\text{m}$) i dużą wytrzymałością na przebicie prądem elektrycznym o wysokim napięciu (co najmniej 10 kV/mm). O skuteczności powłoki jako bariery izolacyjnej decyduje przede wszystkim jej szczelność, tj. liczba defektów i uszkodzeń. Wykonanie szczelnej, praktycznie pozbawionej defektów powłoki izolacyjnej

konstrukcji podziemnej lub podwodnej jest zadaniem trudnym, często niewykonalnym lub tak kosztownym, że ekonomicznie nieopłacalnym. W większości przypadków dopuszcza się więc powłoki ochronne z wadami izolacji, a zadaniem ochrony katodowej jest zapewnienie w tych miejscach ochrony przeciwkorozyjnej powierzchni konstrukcji.

Prąd polaryzacji katodowej albo pochodzi z zewnętrznego źródła prądu, albo jest prądem ogniwa korozyjnego, w którym konstrukcja jest katodą, a pomocnicza elektroda (tzw. anoda galwaniczna) – o potencjale elektrochemicznym ujemnym w stosunku do potencjału konstrukcji – anodą korodującą.

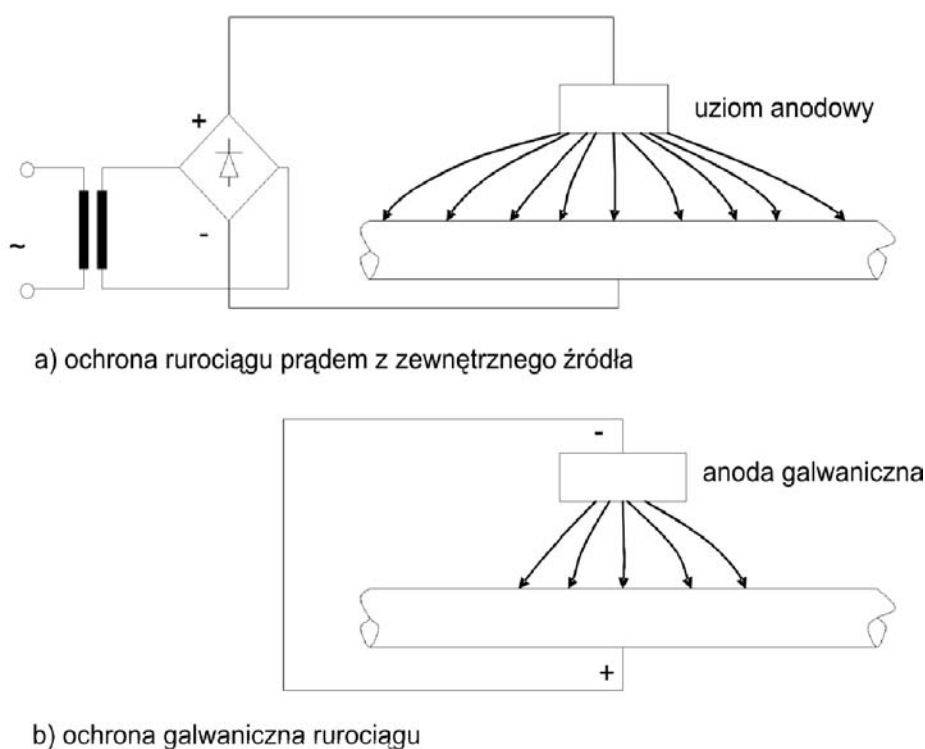
Pierwszy sposób jest to ochrona katodowa prądem z zewnętrznego źródła (rysunek 1a). Obwód obciążenia stanowią: uziom anodowy, ziemia, chroniona konstrukcja i kable łączące.

Stosuje się uziomy anodowe płytkie lub głębokie, wykonane z materiałów takich jak:

- stop żelaza i krzemu,
- grafit,
- platynowane lub pokryte tlenkami metali bazy tytanowe lub tantalowe,
- kable miedziane w izolacji z przewodzących polimerów,
- stal, np. odcinki rur.

Elektrody uziomu anodowego umieszcza się w zasypcie z koksiku węglowego lub ponaftowego. Zadaniem zasyпки jest przejęcie roztwarzania materiału anodowego i zmniejszenie rezystancji uziomu.

Ochronę katodową prądem z zewnętrznego źródła stosuje się do ochrony przed korozją zewnętrznych po-



Rys. 1. Schemat ochrony katodowej

wierzchni wszelkiego rodzaju konstrukcji podziemnych i podwodnych, wewnętrznych powierzchni rurociągów wodnych oraz zbrojeń żelbetu.

Drugi sposób to ochrona galwaniczna (rysunek 1b). Obwód obciążenia ogniwa galwanicznego stanowi połączenie przewodowe anody galwanicznej z konstrukcją.

Stosowanie ochrony galwanicznej konstrukcji podziemnych jest ograniczone do konstrukcji niewielkich rozmiarów i/albo dobrze izolowanych, a przy tym umieszczonych w środowisku elektrolitycznym o niewielkiej rezystywności. Zakres zastosowań ochrony galwanicznej wzrasta, ponieważ nowe konstrukcje z reguły posiadają bardzo dobre powłoki izolacyjne. Również wymóg niskiej rezystywności środowiska traci na znaczeniu, bowiem przy dobrej powłoce izolacyjnej potrzebny prąd ochrony jest tak mały, że nawet w gruncie o wysokiej rezystywności (100–200 Ωm) nie potrzeba instalować wielu anod galwanicznych, aby uzyskać wymagane natężenie prądu.

Anody galwaniczne wykonuje się z metali o potencjałach elektrochemicznych bardziej elektroujemnych od potencjału chronionej konstrukcji stalowej. Różnica potencjałów anoda-konstrukcja powinna być wystarczająco duża, aby zapewnić przepływ wymaganego prądu ochrony katodowej. Anoda galwaniczna nie powinna ulegać pasywacji, czyli na jej powierzchni nie powinny się tworzyć

trudno przewodzące warstewki tlenków [4, 8].

Anody galwaniczne nie powinny się polaryzować podczas pracy, tj. potencjał anody nie powinien się podwyższać pod wpływem płynącego prądu, ponieważ prowadzi to do ograniczenia napięcia anoda-konstrukcja i w konsekwencji – do ograniczenia prądu ochrony katodowej. Anody powinny się charakteryzować jak najmniej własną korozją.

Powyższe wymagania spełniają – w różnym stopniu – anody galwaniczne magnezowe, cynkowe i aluminiowe. Do czystych metali dodaje się dodatki stopowe; celem ograniczenia pasywacji i korozji własnej, a także celem poprawy struktury krystalicznej anody, co sprzyja

równomiernemu jej roztwarzaniu. Sprawność anody galwanicznej jest to stosunek masy materiału anody zużytego na wytworzenie prądu w ogniwie anoda-konstrukcja, do całkowitej masy roztworzonego materiału anody. Gdyby sprawność anody wynosiła 100% to jej praktyczna wydajność prądowa byłaby równa teoretycznej.

W ochronie katodowej konstrukcji podziemnych stosuje się prawie wyłącznie anody galwaniczne magnezowe. Ich potencjały korozyjne (naturalne) sięgają od $-1,5$ do $-1,7$ V względem elektrody Cu/nas. CuSO_4 , dzięki czemu w obwodzie ochrony katodowej łatwo osiąga się napięcie 0,6 a nawet 0,8 V. Wysokie elektroujemne potencjały anody magnezowe uzyskują w wyniku dodania manganu. Wadą anod magnezowych jest ich niska sprawność, wynosząca zaledwie 55%, spowodowana znaczną wewnętrzną korozją, towarzyszącą anodowemu roztwarzaniu.

Anody galwaniczne w instalacjach ochrony katodowej konstrukcji podziemnych umieszcza się w jutowych workach wypełnionych aktywatorem, składającym się zwykle z 20% objętościowych bentonitu, 75% gipsu i 5% siarczanu sodu. Zadaniem aktywatora jest przeciwdziałanie powstawaniu warstw pasywacyjnych na powierzchni anody, utrzymanie wilgoci wokół niej (bentonit), zmniejszenie rezystancji przejścia (gabaryt worka, bentonit) oraz zapewnienie równomiernego roztwarzania anody (gips). Siarczan sodu obniża rezystywność aktywatora.

Zastosowanie anod galwanicznych w instalacjach ochrony katodowej zbiorników

Obiekty, na których realizuje się ochronę katodową przy pomocy anod galwanicznych to:

- zbiorniki o osi poziomej, umieszczone w gruncie lub w kopcach ziemnych nad poziomem gruntu,
- rurociągi zabezpieczone powłokami o bardzo dobrej jakości i odizolowane od innych konstrukcji przewodzących.

Zgodnie z [6] i [7] zbiorniki powinny być uziemione, co najłatwiej zrealizować przez połączenie z siecią uziemiającą obiektu. Wszystkie metalowe nadziemne konstrukcje na terenie bazy lub stacji paliw są połączone z siecią uziemiającą obiektu, ze względu na wymagania ochrony odgromowej.

Napędy elektryczne i urządzenia AKP zainstalowane na stałe przy zbiornikach zasilane są z sieci niskiego napięcia prądu przemiennego w systemie TN. Części dostępne tych urządzeń, połączone galwanicznie ze zbiornikami, wymagają połączenia z siecią uziemiającą za pośrednictwem przewodu ochronnego PE lub ochronno-neutralnego PEN.

Powyższe rozwiązania ochrony odgromowej i przeciwporażeniowej powodują, że wymóg uziemienia zbiorników jest łatwo spełniony, ale równocześnie wymóg skutecznej ochrony katodowej zbiorników jest trudny do spełnienia, ponieważ konstrukcja chroniona katodowo powinna być nie tylko ciągła elektrycznie, ale także odizolowana elektrycznie od konstrukcji nie objętych ochroną katodową, w tym sieci uziemień [2, 3].

Rozwiązaniem powyższej sprzeczności jest uziemienie zbiorników przez ochronniki przeciwprzepięciowe oraz odizolowanie zbiorników od konstrukcji uziemionych albo narażonych na kontakt z siecią uziemiającą. Konstrukcjami tymi są stalowe skrzynie nazbiornikowe, rurociągi technologiczne oraz żelbetowe płyty fundamentowe, na których spoczywają zbiorniki. Urządzenia elektryczne (napędy pomp oraz AKP), do których doprowadzone jest zasilanie 220 V AC powinny być zasilane przez transformatory separacyjne lub wykonane w II klasie ochronności, albo też ich obudowy powinny być połączone z przewodem ochronnym poprzez urządzenia odgraniczające prądu stałego [3].

Ograniczenia w stosowaniu anod galwanicznych w ochronie katodowej zbiorników wynikają z następujących względów:

- dużej rezystywności gruntu, przy równoczesnej niskiej jakości powłoki izolacyjnej,
- galwanicznego połączenia zbiorników z konstrukcjami nieizolowanymi,
- wymogu objęcia ochroną katodową nie tylko zbiorników, lecz także związanych z nimi rurociągów.

W przypadku nowych zbiorników powód pierwszy praktycznie nie występuje; powłoki izolacyjne są wysokiej jakości, a zapotrzebowanie prądu ochrony katodowej jest na tyle niskie, że anody galwaniczne umieszczone nawet w piasku o rezystywności rzędu 10^2 – $10^3 \Omega\text{m}$ bez trudu dostarczają wymagany prąd ochrony.

W przypadku nowych zbiorników zdarza się, że z różnych powodów pozostają one połączone z nieizolowanymi konstrukcjami i urządzeniami. Wymagany prąd ochrony katodowej wzrasta wówczas na ogół o rząd wielkości i w fazie projektowania trudno jest określić czy ochrona przy użyciu anod galwanicznych będzie skuteczna. Bezpiecznie jest więc zaprojektować ochronę katodową prądem z zewnętrznego źródła.

Wymóg objęcia ochroną katodową rurociągów technologicznych dotyczy baz zbiorników paliwowych i gazu płynnego, i raczej oznacza konieczność zastosowania ochrony katodowej prądem z zewnętrznego źródła. Powłoki izolacyjne rurociągów są wprawdzie wysokiej jakości, ale zwykle trudno jest (na terenie rozległej bazy) uniknąć wszystkich połączeń rurociągów z siecią uziemiającą za pośrednictwem przewodu ochronnego.

W przypadku istniejących zbiorników gazu płynnego skojarzonych z rurociągami należy wykluczyć możliwość ochrony przy użyciu anod galwanicznych. Podobnie problematyczna byłaby ochrona katodowa przy użyciu anod galwanicznych istniejących zbiorników na stacji paliw – nie tyle z uwagi na niskiej jakości powłoki ochronne, lecz raczej z uwagi na istniejące i trudne do usunięcia połączenia z siecią uziemiającą stacji. Jeżeli jednak ochrona katodowa jest instalowana w związku z remontem stacji obejmującym odkrycie zbiorników, to gdyby wówczas udało się zlikwidować połączenia z siecią uziemiającą oraz zainstalować złącza izolujące na rurociągach technologicznych lub wymienić rurociągi na nieprzewodzące, wtedy zastosowanie anod galwanicznych do ochrony katodowej zbiorników byłoby możliwe.

Wymagane natężenia prądu ochrony katodowej zależą od szczelności powłoki izolacyjnej oraz od wielkości powierzchni konstrukcji. Bardzo dobrze izolowane rurociągi o długości nawet kilkudziesięciu kilometrów są chronione katodowo prądami rzędu mA. Źle izolowane odcinki rurociągów, dna zbiorników lub nieizolowane orurowania odwiertów często wymagają prądów rzędu amperów, a nawet dziesiątek amperów. Podobnie dużych natężeń prądów wymagają konstrukcje hydrotechniczne oraz kałużby statków.

Zależności parametrów ochrony katodowej od powierzchni konstrukcji

Polaryzacja konstrukcji do wymaganego potencjału ochrony katodowej wymaga dostarczenia do niej stałego lub wyprostowanego prądu elektrycznego. Prąd ten, w postaci jonowej, wpływa do konstrukcji z ziemi, a jego źródłem jest albo transformator/prostownik, albo ogniwo elektrochemiczne utworzone przez konstrukcję i połączoną z nią anodę galwaniczną. Gęstość prądu w A/m^2 na powierzchni konstrukcji zależy od liczby i wielkości defektów powłoki; im większy stopień szczelności powłoki, tym mniejszy pobór prądu ochrony katodowej. Miarą szczelności powłoki jest rezystancja przejścia konstrukcji względem ziemi, zależna od rezystywności gruntu, z którym stykają się defekty. Rezystancja ta, odniesiona do powierzchni konstrukcji i wyrażona w Ωm^2 , jest podstawowym parametrem charakteryzującym konstrukcję, szczególnie typu liniowego, tj. rurociąg. Wartość wymaganej jednostkowej rezystancji przejścia potrzebna jest dla zaprojektowania ochrony katodowej rurociągu i następnie kontrolowana jest podczas eksploatacji.

Ochronę katodową przy użyciu anod galwanicznych stosuje się dla obiektów, które mogą być skutecznie chronione niewielkim prądem – rzędu od 10^{-1} do 10 mA. Oznacza to, że zewnętrzna powierzchnia obiektu ochrony musi być niewielka, albo że obiekt jest bardzo dobrze izolowany od ziemi.

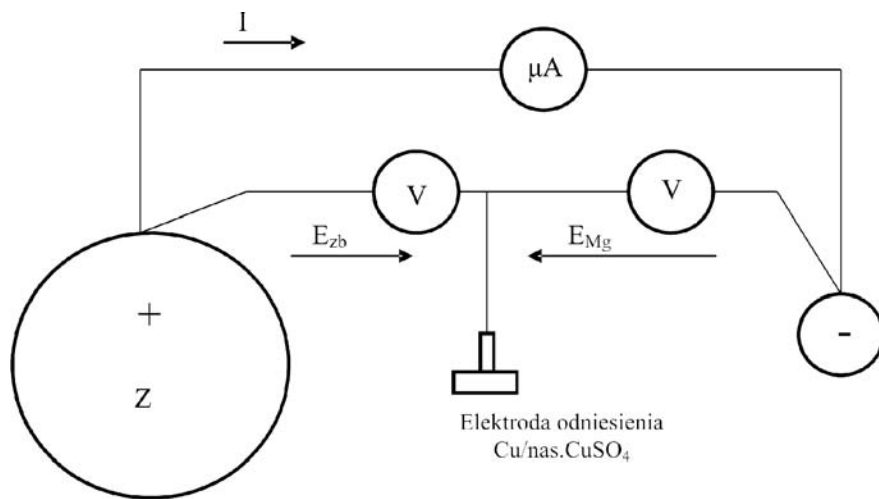
Przykładem obiektu o małej powierzchni jest podziemny zbiornik paliwowy – powierzchnia typowego zbiornika o pojemności 50 m^3 wynosi około 100 m^2 . Jeżeli powłoka izolacyjna zbiornika jest dobrej jakości (rezystancja przejścia rzędu 10^4 lub $10^5 \Omega m^2$) to zbiornik będzie chroniony prądem odpowiednio rzędu 1 lub 0,1 mA.

Przykładem obiektu o dużej powierzchni, ale równocześnie o bardzo dobrej powłoce izolacyjnej (rezystancja przejścia rzędu 10^6 lub $10^7 \Omega m^2$) jest podziemny rurociąg. Powierzchnia rurociągu DN 300 o długości 50 km wynosi około 50 000 m^2 . Powinien on być chroniony odpowiednio prądem około 15 lub około 1,5 mA.

Potencjały zbiornika mierzy się względem stałych elektrod odniesienia Cu/nas.CuSO₄, zainstalowanych przy powierzchni zbiornika. Potencjałem porównywanym z wartością kryterium ochrony jest potencjał wyłączeniowy zbiornika, mierzony podczas chwilowego odłączenia od zbiornika anod galwanicznych. W sytuacji, gdy zbiornik nie jest połączony z katodami (żelbet) i anodami (taśma uziemiająca) obiektu, względnie z innymi nieizolowanymi elementami konstrukcyjnymi, ocena skuteczności ochrony katodowej na podstawie wartości potencjału wyłączeniowego jest w pełni miarodajna. Jeżeli zbiornik jest połączony z nieizolowanymi konstrukcjami – zwłaszcza z żelbetem i ocynkowaną taśmą uziemiającą – to po odłączeniu anod galwanicznych, na skutek różnic potencjałów pomiędzy połączonymi galwanicznie eksponowanymi powierzchniami, powstaną ogniwa elektrochemiczne i w ziemi popłyną prądy. Wywołają one spadki napięcia, które zakłócać będą mierzone wartości potencjałów wyłączeniowych. Miarodajnym pomiarem potencjału byłyby w tych warunkach pomiar potencjału powierzchni (płytki) symulującej, długotrwale polaryzowanej prądem ochrony katodowej, a następnie chwilowo odłączonej od zbiornika na czas pomiaru.

Pomiar potencjału zbiornika o idealnej, pozbawionej defektów powłoce izolacyjnej nie jest możliwy. Umieszczenie przy zbiorniku symulowanych defektów pozwoliłoby zmierzyć ich potencjały i na tej podstawie wnioskować o skuteczności ochrony defektów o określonej powierzchni.

Jeżeli więc zbiornik ma doskonałą, bezdefektową izolację, o czym nie wiemy, natomiast ma połączenia z konstrukcjami nieizolowanymi, np. z rurą nalewową (o czym świadczy wartość prądu anod galwanicznych), to mierzone wartości potencjałów wyłączeniowych są potencjałami rury nalewowej, a nie zbiornika. Jeżeli zaś prąd anod galwanicznych odpowiada prądowi przyjętemu do obliczeń ochrony katodowej dla danej powłoki izolacyjnej to mierzone wartości po-



Rys. 2. Schemat ideowy ochrony katodowej zbiornika przy użyciu galwanicznej anody magnezowej

tencjałów wyłączeniowych są potencjałami defektów w powłoce izolacyjnej. Tak więc, aby wiarygodnie ocenić skuteczność ochrony katodowej zbiornika należy go bar-

dzo dobrze odizolować; nie tylko od sieci uziemiającej, ale także od jakichkolwiek niez izolowanych elementów konstrukcyjnych.

Przykład obliczeniowo-pomiarowy dotyczący instalacji ochrony katodowej zbiorników gazu płynnego (LPG) przy użyciu galwanicznych anod magnezowych oraz prądem z zewnętrznego źródła

Obiektem ochrony katodowej są dwa zbiorniki LPG: o pojemności 300 m³, długości 30 m i średnicy 3,6 m, umieszczone obok siebie na betonowych ławach we wspólnym kopcu ziemnym. Zbiorniki nie są bezpośrednio uziemione i są odizolowane od rurociągów za pomocą złączy izolujących. Zbiorniki pokryte są powłoką izolacyjną z dwuskładnikowej farby Bergolin.

Zbiorniki te obsypane są gruntem piaszczystym, który również zalega u podnóża skarpy kopca. Rezystywność pozorną gruntu waha się w granicach od 130 do 400 Ωm.

Rezystancja przejścia zbiorników, zmierzona względem sieci uziemiającej, wynosi: zbiornik 1 – 14,9 Ω, zbiornik 2 – 18,4 Ω. Wypadkowa rezystancja przejścia dwóch zbiorników: $R_{zb} = 8,23 \Omega$.

Wokół zbiorników zainstalowano 18 magnezowych anod galwanicznych. Wypadkowa rezystancja anod wynosi: $R_{Mg} = 7,84 \Omega$.

Średni potencjał korozyjny (naturalny) anod, względem elektrod odniesienia Cu/nas.CuSO₄: $En_{Mg} = -1,57 \text{ V}$.

Po połączeniu anod ze zbiornikami w obwodzie ustalił się prąd ochrony katodowej: $I = 11 \text{ mA}$.

Po 2 tygodniach pracy instalacji zmierzono potencjały zbiorników względem stałych elektrod odniesienia Cu/nas.CuSO₄, podczas chwilowego odłączenia anod od zbiorników. Są to tzw. potencjały wyłączeniowe E_{off} . Średnia wartość potencjału $E_{off_{sr}}$ wyniosła $-0,67 \text{ V}$, przy bardzo małym rozrzucie mierzonych wartości. Niższej ujemnie wartości potencjału nie uzyskano, co pozwala przypuszczać, że powłoka izolacyjna zbiorników jest niskiej jakości. Ponieważ potencjał ochrony zbiorników E_p wynosi $-0,75 \text{ V}$, względem elektrody odniesienia Cu/nas.CuSO₄, kryterium ochrony katodowej nie jest spełnione.

Zgodnie z [7], napięcie (U) wytworzone w układzie anody-zbiorniki wynosi:

$$U = I(R_{zb} + R_{Mg}) = 0,011(8,23 + 7,84) = 0,18 \text{ V}$$

Równocześnie, zgodnie z [5]:

$$E_{zb} - I \times r_p = U + En_{Mg} = 0,18 - 1,57 = -1,39 \text{ V}$$

Skoro potencjał $E_{off_{sr}} = -0,67 \text{ V}$, to potencjał załączeniowy zbiorników $E_{on_{sr}}$ raczej nie jest niższy niż np.

$-0,77 \text{ V}$, co świadczyłoby o dużej polaryzacji anod, która wyniosłaby np.:

$$1,39 - 0,77 = 0,62 \text{ V}$$

$$R_{Mg} = \frac{U}{I} - R_{zb}$$

$$R_{Mg} = \frac{0,18}{0,011} - 8,23 = 8,13 \Omega \text{ (z pomiaru: } 7,84 \Omega \text{)}$$

Rezystancja jednej anody galwanicznej:

$$Ra = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{2l_w}{d_w}$$

gdzie:

długość worka z anodą $l_w = 0,8 \text{ m}$,
średnica worka z anodą $d_w = 0,25 \text{ m}$,
dla średniej wartości $\rho = 250 \Omega\text{m}$:

$$Ra = 92 \Omega$$

Wymagana liczba anod (współczynnik rezerwy 1,2):

$$N = \frac{Ra \cdot 1,2}{R_{Mg}} = 14$$

W praktyce okazuje się, że napięcie U , wskutek znacznej polaryzacji anod jest na tyle małe, że nawet z 18-stu anod uzyskuje się tylko 11 mA, a prąd ten okazał się niewystarczający aby zapewnić wymaganą polaryzację katodową zbiorników.

Zwiększenie liczby anod, a tym samym uzyskanie większego prądu, nie przyniosłoby pożądanego efektu – w postaci wystarczająco ujemnego potencjału zbiorników, spełniającego kryterium ochrony przynajmniej $E_{off} = -0,75 \text{ V}$ względem elektrody Cu/nas.CuSO₄. Zwiększyłyby się przede wszystkim polaryzacja anod, przez co napięcie U wzrosłoby nieznacznie, a potencjał zbiorników uległby jedynie niewielkiemu obniżeniu.

Skuteczna ochrona galwaniczna przedmiotowych zbiorników nie jest możliwa. Dlatego też zaprojektowano i zrealizowano ochronę katodową zbiorników prądem z zewnętrznego źródła; w postaci zasilacza prądu stałego o parametrach wyjściowych 2,5 A, 30 V. Jako uziom anodowy zastosowano rurę stalową $\Phi 100$, o długości 1 m.

Powierzchnia zewnętrzna dwóch zbiorników 300 m^3 ,
dł. 30 m, śr. 3,6 m:

$$S_{zb} = 2 \times 360 = 720 \text{ m}^2$$

Powierzchnię tę zwiększono o 2% ze względu na od-
cinki rur, które będą się stykały z ziemią kopca. Stąd:

$$S_{zb} = 734 \text{ m}^2$$

Jednostkowa rezystancja przejścia zbiorników:

$$R_{pzb} = R_{zb} \times S_{zb}$$

R_{zb} – jest to wypadkowa rezystancja dwóch zbiorników
względem ziemi, która z pomiaru wynosi $8,23 \Omega$.

$$R_{pzb} = 8,23 \times 734 = 6040 \Omega \text{m}^2$$

Jest to wartość rezystancji przejścia charakteryzująca
powłokę co najwyżej średniej jakości. Powłoka takiej
odpowiada gęstość prądu ochrony katodowej (j) około
 $0,05 \text{ mA/m}^2$. Stąd szacunkowe zapotrzebowanie prądu
ochrony katodowej zbiorników:

$$I = j \times S_{zb} = 37 \text{ mA}$$

Napięcie wyjściowe SOK:

$$U = I \times (R_{zb} + R_{kb} + R_{ua}) [\text{V}]$$

gdzie:

R_{zb} – wypadkowa rezystancja przejścia zbiorników [Ω],

R_{kb} – rezystancja kabli anodowych i katodowych [Ω],

R_{ua} – rezystancja uziomu anodowego [Ω].

Rezystancja uziomu anodowego wyniosła 73Ω . Rezy-
stancja kabli jest do pominięcia. Napięcie wyjściowe SOK:

$$U = 0,037 \times (73 + 8,23) = 3,0 \text{ V}$$

Okazało się, że kryterium ochrony katodowej
 $E_p = E_{off} = -750 \text{ mV}$ jest spełnione przy prądzie 20 mA ,
a więc znacznie mniejszym od obliczonego prądu 37 mA ,
ale blisko dwukrotnie większym od prądu 11 mA , możli-
wego do dostarczenia przez anody galwaniczne. Napięcie
wyjściowe SOK wyniosło $2,7 \text{ V}$.

Podsumowanie

Do ochrony katodowej realizowanej za pomocą anod
galwanicznych **nie nadają się**, ze względu na duże zapo-
trzebowanie prądu ochrony katodowej, następujące stalowe
konstrukcje podziemne:

- orurowania otworów wiertniczych – są to nieizolowane
powierzchnie, częściowo zacementowane, stykają-
ce się na swojej długości z różnego rodzaju gruntem
i górotworem,
- dna zbiorników paliwowych o osi pionowej – są to
powierzchnie co najmniej 500 m^2 , najczęściej nieizo-
lowane i połączone bezpośrednio z siecią uziemiającą.
Pozostałe konstrukcje podziemne, tj. rurociągi oraz
zbiorniki podziemne i zakopcowane o osi poziomej **mogą
być chronione katodowo za pomocą anod galwanicz-
nych, pod warunkiem, że:**
- są odizolowane od sieci uziemiającej, konstrukcji uzi-
emionych i konstrukcji podziemnych źle izolowanych,
oraz
- są zabezpieczone przy pomocy powłoki izolacyjnej
o określonej minimalnej rezystancji przejścia.

Uwaga: do ochrony katodowej wymienionych kon-
strukcji stosuje się galwaniczne anody magnezowe.

Do ochrony katodowej anodami galwanicznymi **na-
dają się:**

- zbiorniki odizolowane od wszystkich rurociągów
technologicznych, od skrzyń nazbiornikowych, od
żelbetowej płyty fundamentowej, od obudów urządzeń
elektrycznych i AKP, do których jest doprowadzony
przewód ochronny PE; praktycznie są to zbiorniki na
nowych obiektach, o dobrych powłokach izolacyjnych
(rezystancja przejścia $rp \geq 10^4 \Omega \text{m}^2$), dzięki czemu
wysoka rezystywność gruntu otaczającego zbiorniki nie
stanowi ograniczenia. Pojemności zbiorników wynoszą
od kilku m^3 (gaz płynny) do $30\text{--}50 \text{ m}^3$ (paliwa płynne),
- nowoprojektowane zbiorniki zakopcowane i podziem-
ne o pojemnościach do kilkuset m^3 , odizolowane od
rurociągów technologicznych, od obudów urządzeń
elektrycznych i AKP, do których doprowadzony jest
przewód ochronny PE.

Do ochrony katodowej anodami galwanicznymi z za-
sady **nie nadają się** zbiorniki istniejące, ponieważ są one
bezpośrednio uziemione i połączone z konstrukcjami uzi-
emionymi, a ich powłoki izolacyjne są zwykle złej jakości.

Ponadto do ochrony katodowej nie nadają się istniejące
i nowoprojektowane zbiorniki zakopcowane i podziemne,
które w założeniu nie są odizolowane od rurociągów tech-
nologicznych, od obudów urządzeń elektrycznych i AKP,
do których doprowadzony jest przewód ochronny PE.

Artykuł nadesłano do Redakcji 08.01.2010 r. Przyjęto do druku 16.04.2010 r.

Recenzent: doc. dr inż. Andrzej Froński

Literatura

- [1] PN-86/E-05030/05 *Ochrona przed korozją. Ochrona katodowa. Anody galwaniczne. Wymagania i badania.*
- [2] PN-EN 12954 *Ochrona katodowa zakopanych lub zanurzonych konstrukcji metalowych – Zasady ogólne i zastosowania dotyczące rurociągów.*
- [3] PN-EN 13636 *Ochrona katodowa metalowych zbiorników podziemnych i związanych z nimi rurociągów.*
- [4] Praca zbiorowa. *Ochrona elektrochemiczna przed korozją.* WN-T, Warszawa 1991.
- [5] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 18 września 2001 r. w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego, jakim powinny odpowiadać zbiorniki beciśnieniowe i niskociśnieniowe przeznaczone do magazynowania materiałów ciekłych zapalnych (Dz.U. z 2001 r. Nr 113, poz. 1211).
- [6] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 listopada 2005 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać bazy i stacje paliw płynnych, rurociągi przesyłowe dalekosiężne do transportu ropy naftowej i produktów naftowych i ich usytuowanie (Dz.U. Nr 243, poz. 2063 z dnia 14 grudnia 2005 r.).
- [7] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 31 marca 2008 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego, jakim powinny odpowiadać zbiorniki beciśnieniowe i niskociśnieniowe przeznaczone do magazynowania materiałów ciekłych zapalnych (Dz.U. z 2008 r. Nr 60, poz. 371).
- [8] von Baeckmann W., Schwenk W., Prinz W.: *Handbook of Cathodic Corrosion Protection.* Gulf Publishing Company, Houston 1997.



Mgr inż. Paweł STOCHAJ – absolwent AGH, Kierownik Laboratorium Techniki Eksploatacji Gazociągów w INiG w Krakowie. Główny przedmiot zainteresowań – przesył i dystrybucja paliw gazowych i ropy, ochrona katodowa oraz powłoki ochronne na rurociągach.

ZAKŁAD PRZESYŁANIA I DYSTRYBUCJI GAZU

Zakres działania:

- badania laboratoryjne rur, kształtek, armatury z tworzyw sztucznych oraz armatury metalowej i powłok antykorozyjnych, prowadzone dla potrzeb certyfikacji i aprobat technicznych;
- ocena stopnia zagrożenia korozyjnego gazociągów stalowych oraz ocena stanu technicznego izolacji gazociągów stalowych metodami bezwykopowymi;
- ocena efektywności metod rekonstrukcji sieci dystrybucyjnych gazu;
- opracowanie projektów przepisów związanych z budową i użytkowaniem sieci gazowych;
- opracowanie lub opiniowanie projektów norm dotyczących sieci i instalacji gazowych;
- badania z zakresu współpracy ośrodka gruntowego z siecią gazową na terenach górniczych;
- prowadzenie specjalistycznego szkolenia kadr, głównie w zakresie budowy sieci gazowych z polietylenu;
- wspomaganie przemysłu we wdrażaniu nowych rozwiązań technicznych oraz opracowywanie ekspertyz i analiz;
- badania laboratoryjne metalowej armatury odcinającej do systemów i instalacji wodociągowych oraz baterii mechanicznych, natrysków i przewodów natryskowych.

Kierownik: mgr inż. Janusz Neider

Adres: ul. Bagrowa 1, 30-733 Kraków

Telefon: 12 653-25-12 wew. 142

Faks: 12 653-16-65

E-mail: janusz.neider@inig.pl

