



**OCHRONA KATODOWA ZBIORNIKÓW WEDŁUG  
AKTUALNYCH POLSKICH PRZEPISÓW I PROPOZYCJE  
ICH ZMIAN W ŚWIETLE NORMY EN 13636**

**CATHODIC PROTECTION OF TANKS ACCORDING  
TO PRESENT POLISH REGULATIONS AND PROPOSALS  
OF CHANGES AS PER EN 13636 STANDARD**

Wojciech Sokółski

SPZP CORRPOL, 80-718 Gdańsk, ul. Elbląska 133A

Słowa kluczowe: zbiorniki podziemne, ochrona katodowa, normy  
Keywords: underground tanks, cathodic protection, standards

**Streszczenie**

Omówiono aktualny stan prawny związany ze stosowaniem ochrony katodowej podziemnych zbiorników stalowych z osią poziomą przeznaczonych do magazynowania paliw płynnych oraz innych substancji szkodliwych dla życia i zdrowia człowieka, a także otaczającego środowiska. Zaprezentowano wymagania zawarte w ostatnim projekcie normy europejskiej dotyczącej tego zagadnienia. Podano rozwiązania techniczne systemów ochrony katodowej zbiorników na stacjach paliwowych. Zwrócono uwagę na współpracę systemu ochrony katodowej z innymi systemami elektrycznymi na terenie stacji. Wskazano na rolę kontroli skuteczności ochrony katodowej zbiorników. Ochrona katodowa w wielu krajach do tej klasy zbiorników jest wymagana i w pracy przedłożono propozycję zapisów do przepisów polskich.

**Summary**

The present legal state has been described regarding application of cathodic protection of underground steel tanks with horizontal axes, used for storage of liquid fuels and other substances hazardous to health and life, as well as the surrounding environment. Requirements have been presented, included in the most recent project of the European standard concerning this problem. Technical solutions have been given of cathodic protection systems of tanks at petrol stations. Attention has been given to joint operation of cathodic protection systems with other petrol station electric systems. The role has been indicated of control of cathodic protection effectiveness of tanks. Cathodic protection of this type of tank is required in many countries and in the paper a proposal of Polish regulations has been given.

## **Wprowadzenie**

Ochrona katodowa zbiorników paliwowych na paliwa i płynny gaz LPG stanowi jedno z licznych zastosowań tej technologii do obiektów podziemnych. Zakończono prace nad Normą Europejską EN 13636 „Ochrona katodowa zakopanych zbiorników metalowych i skojarzonych rurociągów”. Fakt ten powinien mieć znaczenie dla obecnie nowelizowanych przepisów w polskim Prawie budowlanym.

Zbiorniki narażone są na korozję ziemną, tj. na korozję wywołaną agresywnością korozyjną otaczającego gruntu oraz na inne czynniki przyspieszające proces korozji w ziemi. Należą do nich makroogniwa zróżnicowanego napowietrzenia, prądy błędzące oraz mikroorganizmy wywołujące korozję mikrobiologiczną. Podstawy teoretyczne tych zjawisk są ogólnie znane. Poniżej rozwinięte zostaną aspekty techniczne w kontekście omawianej normy. Dotyczy ona zakopanych zbiorników metalowych i skojarzonych rurociągów, bierze pod uwagę specyficzne cechy zakopanych zbiorników pod względem ich konstrukcji, osprzętu elektrycznego oraz względy bezpieczeństwa.

Należy podkreślić, że wobec wprowadzonych ostatnio przepisów w Polsce, zainteresowanie ochroną katodową skupia się na obiektach nowych. Norma dotyczy zbiorników nowych i już eksploatowanych.

Ochrona katodowa jest techniką opartą na zastosowaniu zasad elektrochemicznych i obejmuje szeroki zakres materiałów, urządzeń i różnorodnych technik pomiarowych. Aby uzyskać skuteczną i wydajną ochronę katodową, projektowanie, instalacja, rozruch, inspekcja oraz konserwacja winny być wykonywane przez odpowiednio przeszkolony, kompetentny oraz wiarygodny personel. Norma ma na celu zapewnienie skutecznej ochrony katodowej i z tego powodu adresowana jest głównie do tego personelu.

Do zbiorników objętych normą należą przemysłowe zbiorniki magazynowe, zbiorniki używane na stacjach benzynowych i na posesjach mieszkalnych lub handlowych, które zawierają łatwopalne ciecze lub gazy lub substancje zanieczyszczające środowisko.

## **Warunki wstępne stosowana ochrony katodowej zbiorników**

Projekt ochrony katodowej dla układu zbiorników zależy od położenia i rozmiarów konstrukcji, rodzaju materiału ściółki, rezystywności gruntu, powłoki (typu, rezystancji powłoki, itd.), a także od ogólnych wymagań bezpieczeństwa. Różne elementy konstrukcji, która ma być chroniona katodowo, powinny być oddzielone od siebie. Odległość rozdzielania będzie zależała od średnicy, długości i przede wszystkim od średniej rezystancji powłoki na zbiornikach. Zależy także od położenia (bliskiego lub odległego) układu anodowego względem konstrukcji. Jako minimum, dla zbiorników z dobrą powłoką, ta odległość powinna być 0,40 m między zbiornikami. Chroniona konstrukcja musi być także dostatecznie odległa od jakiegokolwiek innej zakopanej konstrukcji tak, by te obce konstrukcje nie działały jako ekrany w stosunku do konstrukcji mającej podlegać ochronie katodowej, i aby nie były narażone na efekty interferencyjne. Dla zbiorników z dobrą powłoką, odległość między konstrukcją chronioną a obcą powinna wynosić minimum 1,0 m.

W przypadku, gdy chronione zbiorniki są otoczone ścianami ochronnymi ze zbrojonego betonu, trzeba uważać, by nie dopuścić do szkodliwego oddziaływania prądów

ochrony katodowej na stal zbrojoniową oraz metalicznego kontaktu między stalą zbrojoniową a zbiornikiem, gdyż kontakt taki spowoduje zmniejszenie prądu wpływającego do zbiornika.

Konstrukcja, lub sekcja większej konstrukcji, aby mogła być chroniona, musi być ciągła elektrycznie. Ciągłość winna zapewnić niską rezystancję wzdłużną, a części, które mogą zwiększać wzdłużną rezystancję konstrukcji, muszą być krótko zwarte, np. przez użycie kabli o odpowiedniej powierzchni przekroju poprzecznego. Zalecane jest używanie połączeń rozłącznych dla celów pomiarowych.

Konstrukcje chronione nie mogą mieć kontaktu metalicznego z częściami tych konstrukcji, które mają pozostać niechronione lub z innymi konstrukcjami, np. ze stalą zbrojoniową. Konieczne jest unikanie połączeń metalicznych ze zbiorczym systemem uziemiającym. Jeśli uziemienie jest potrzebne z powodów bezpieczeństwa (np. dla urządzeń elektrycznych, ochrony odgromowej i przeciwybuchowej), należy zastosować specjalne rozwiązania.

Konstrukcje chronione powinny normalnie mieć nałożoną odpowiednią powłokę zewnętrzną. Powłoka taka powinna zapewniać dostateczną ochronę przeciwkorozyjną, być kompatybilna z ochroną katodową oraz być odporna na przechowywaną ciecz. Dobra powłoka zewnętrzna zmniejsza zapotrzebowanie na prąd ochrony, poprawia rozkład prądu oraz redukuje oddziaływanie na inne obce konstrukcje. W przypadku konstrukcji bez powłoki lub ze złej jakości powłoką, np. istniejącego zbiornika, ochrona katodowa powinna być stosowana w taki sposób, by uniknąć elektrycznych interfe-rencji.

### **Rozdzielenie elektryczne i uziemienia**

Konstrukcje chronione katodowo nie mogą być elektrycznie połączone ze zbiorczym systemem uziemiającym. Rozdzielenie elektryczne pomiędzy konstrukcją chronioną a konstrukcją przyłączoną do zbiorczego systemu uziemiającego uzyskuje się przy pomocy urządzeń izolujących (np. złącz izolujących, monobloków). Powinny one być zainstalowane w taki sposób, aby wykluczyć możliwość przypadkowego kontaktu izolowanych części konstrukcji ze zbiorczym systemem uziemiającym (taka sytuacja występuje na zbiornikach na stacjach paliw, gdzie dystrybutor musi być uziemiony, a połączony jest z chronionym katodowo zbiornikiem za pomocą metalowego rurociągu). Złącza powinny być chronione przed uszkodzeniami powodowanymi przez czynniki atmosferyczne i mechaniczne. Wszelkie złącza izolujące powinny być w zasadzie instalowane nad ziemią oraz – dla celów pomiarowych – powinny być łatwo dostępne z obu stron. Jeśli są zakopane, powinny być pokryte powłoką.

Rozdzielenie elektryczne, a w konsekwencji i ochrona katodowa, mogą być zakłócone przez czasowe połączenia pomiędzy konstrukcją chronioną a cysterną na samochodzie lub statku. System ochrony katodowej musi być tak zaprojektowany, aby podjął prawidłowe funkcjonowanie po rozłączeniu takiego czasowego połączenia. Instalacja osprzętu elektrycznego (np. pomp, elektrycznie sterowanych zaworów, urządzeń telemetrycznych itp.) na konstrukcji chronionej może naruszać rozdzielenie elektryczne między tą konstrukcją a zbiorczym systemem uziemiającym.

Rozdzielenie elektryczne, o którym wyżej mowa, może być uzyskane przez:

- izolację osprzętu elektrycznego od konstrukcji chronionej katodowo. W tym przypadku osprzęt nie jest chroniony przez system ochrony katodowej zbiornika;
- użycie osprzętu elektrycznego z ochroną klasy II lub III zdefiniowaną w EN 61140;
- instalację wyłącznika różnicowo-prądowego, jeśli to konieczne w połączeniu z lokalnym systemem uziemiającym;
- użycie transformatora izolującego (bezpieczna izolacja, patrz EN 60742);
- zainstalowanie urządzenia odgraniczającego prądu stałego między osprzętem elektrycznym a zbiorczym systemem uziemiającym.

Złącza izolujące pomiędzy chronionymi katodowo i niechronionymi częściami instalacji nie powinny być umieszczane w obszarach niebezpiecznych, zagrożonych wybuchem. Instalacja złączy izolujących w strefie 0 jest niedozwolona. Jeśli złącza izolujące są instalowane w strefach 1 i 2, muszą spełniać odpowiednie wymagania dotyczące ich stosowania w tych strefach. Projekt musi zapewniać uniknięcie przypadkowego połączenia. Aby uniknąć iskrzenia lub wyładowań na złączach izolujących w strefach 1 i 2, powinno się rozważyć zainstalowanie iskierników przeciwwybuchowych. Iskierniki nie są wymagane na złączach izolujących zlokalizowanych wewnątrz obudów pomp benzynowych na stacjach paliwowych. Złącza izolujące w instalacjach przeładunkowych dla cieczy łatwopalnych mogą być instalowane wyłącznie na nieruchomej części instalacji rurociąkowej.

Tam gdzie z powodów bezpieczeństwa wymagane jest uziemienie, należy zainstalować lokalny system uziemiający. System taki powinien być wykonany z metalu o bardziej ujemnym swobodnym potencjale korozyjnym niż metal chroniony (np. dla konstrukcji ze stali węglowej można zastosować materiał uziemiający cynkowy, ze stali ocynkowanej lub magnezowy). Dla konstrukcji metalowych niedopuszczalne jest użycie materiałów uziemiających miedzianych, ze stali nierdzewnej czy stali zbrojeniowej w betonie. Aby pozwolić na przeprowadzanie dokładnych pomiarów (prądu, rezystancji uziemienia oraz potencjału), powinno być możliwe czasowe odłączanie tych uziemień. Należy zachować wszystkie przepisy bezpieczeństwa w odniesieniu do połączeń uziemiających.

### **Punkty kontrolno-pomiarowe**

Minimum jeden punkt kontrolno-pomiarowy musi być zainstalowany na każdym elektrycznie izolowanym zbiorniku. Należy przewidzieć stałe punkty kontrolno-pomiarowe ochrony katodowej. Jest to szczególnie ważne, gdy:

- zbiornik jest posadowiony pod budynkami,
- zbiornik jest zakopany pod warstwami izolacyjnymi, np. asfalt, uszczelniony beton,
- zbiornik jest zainstalowany na poziomie gruntu, a następnie pokryty kopcem ziemi (zbiornik kopcowany),
- kilka zbiorników jest zakopanych równoległe blisko siebie,
- zbiornik ma znaczną powierzchnię.

Ilość i położenie stałych punktów kontrolno-pomiarowych – z zastosowaniem lub bez stałej elektrody odniesienia – powinny być takie, aby spełnić warunek, by mierzone potencjały ochrony katodowej były reprezentatywne dla całej konstrukcji.

Zróżnicowanie wymiarów i konfiguracji instalacji zbiornikowych wyklucza możliwość podania konkretnych zaleceń odnośnie ilości i lokalizacji punktów kontrolno-pomiarowych.

Wskazania są następujące:

- przynajmniej jeden punkt kontrolno-pomiarowy dla każdego zbiornika,
- przynajmniej dwa punkty kontrolno-pomiarowe dla każdego zbiornika o powierzchni większej niż 20 m<sup>2</sup> i mniejszej niż 100 m<sup>2</sup>,
- jeden dodatkowy punkt kontrolno-pomiarowy dla każdego 100 m<sup>2</sup> aż do 500 m<sup>2</sup>,
- następnie jeden dodatkowy punkt kontrolno-pomiarowy dla każdego 500 m<sup>2</sup>.

Dla celów pomiarowych wszystkie złącza izolujące powinny być łatwo dostępne z obu stron. Jeśli nie są dostępne, powinny być wyposażone w punkt kontrolno-pomiarowy.

Konieczne jest także, by punkty kontrolno-pomiarowe były zainstalowane wzdłuż rurociągów, jeśli takowe są obecne, przynajmniej na końcach oraz w pobliżu punktów krytycznych. Ilość punktów kontrolno-pomiarowych do zainstalowania na rurociągach zależy będzie od długości i geometrycznego położenia rurociągów.

Aby ułatwić poszukiwanie defektów zaleca się, by instalacja konstrukcji i systemu ochrony katodowej była przeprowadzona w taki sposób, aby umożliwić elektryczne rozdzielanie każdej części konstrukcji (zbiornik, rury, lokalne urządzenie uziemiające, itp.). Złącza, które mają być rozłączane na czas pomiarów, powinny być umieszczone nad ziemią.

### **Systemy ochrony katodowej z anodami galwanicznymi**

Ochrona katodowa przy użyciu anod galwanicznych może być uzyskana w sposób ekonomiczny, jeśli wymagany prąd nie jest duży a otaczający grunt ma niską rezystywność. Anody galwaniczne są zwykle stosowane w aktywatorze o niskiej rezystywności.

Dla spełnienia kryteriów ochrony katodowej należy rozważyć:

- zastosowanie skutecznej powłoki ochronnej na zbiorniku i rurociągach,
- zachowanie dobrej izolacji między konstrukcją chronioną a sąsiednimi konstrukcjami takimi jak rury ochronne, przejścia przez ściany i obce konstrukcje,
- unikanie używania gołych przewodów pod ziemią (np. dla połączenia z systemem uziemiającym).

Jako materiały anod galwanicznych mogą być używane magnez i cynk. Anody cynkowe mają niższą wydajność prądową i mniejszą siłę elektromotoryczną względem stali węglowej niż anody magnezowe. Wybór między magnezem a cynkiem zależy także od wymaganego czasu eksploatacji oraz od analizy ekonomicznej. Rozmieszczenie anod galwanicznych zależy od rezystancji konstrukcja-ziemia i powinno być tak dobrane, aby osiągnąć żądany rozkład prądu. Niska rezystancja konstrukcja-ziemia

wymaga większej odległości między anodą galwaniczną a konstrukcją. Dodatkowe środki mogą być potrzebne by zapobiec przypadkowemu kontaktowi między anodami a konstrukcją chronioną. Ogólnie, anody są rozmieszczane w odległości nie mniejszej niż 1 m od konstrukcji.

Dla umożliwienia kontroli skuteczności systemu z anodami galwanicznymi, powinien on być połączony z konstrukcją poprzez punkt kontrolno-pomiarowy. Dla kontroli działania, każda anoda powinna być oddzielnie przyłączona do punktu kontrolno-pomiarowego.

Systemy ochrony katodowej zbiorników z zastosowaniem anod galwanicznych stosowane są przede wszystkim dla zbiorników nowych.

### **Systemy z zewnętrznym źródłem prądu**

Ochrona katodowa z zewnętrznym prądem może być stosowana do zakopanych metalowych zbiorników i skojarzonych rurociągów, w szczególności gdy wymagają stosunkowo dużego prądu ochrony, co zazwyczaj ma miejsce w przypadku zbiorników starych, już eksploatowanych w ziemi.

Powszechnie używanymi materiałami anodowymi w instalacjach są: żeliwo wysokozemowe, grafit, tlenki metali (na podłożu tytanowym) i złom stalowy. Dobór materiału anodowego zależy od danego zastosowania.

Stacje ochrony katodowej muszą mieć takie nominalne parametry wyjściowe, aby mogły dostarczać żądany prąd aż do końca wybranego okresu eksploatacji systemu ochrony katodowej, wg zasad bezpieczeństwa (EN 60742) i warunków działania (EN 50014).

Specyfikacja stacji ochrony katodowej powinna uwzględniać wymagania monitorowania parametrów jej pracy (np. zdalne sterowanie, sterowanie parametrami wyjściowymi) oraz warunki terenowe.

Ilość, rozmiar i położenie anod oraz wielkość uziomów anodowych należy dobrać tak, aby odpowiadały wybranemu okresowi eksploatacji systemu ochrony katodowej i by wymagany rozkład prądu można było osiągnąć bez szkodliwego oddziaływania na obce konstrukcje. W przypadku układu anod rozproszonych dla zakopanych zbiorników cylindrycznych i skojarzonych rurociągów anody powinny być instalowane na głębokości osi zbiornika lub niżej. Zbiorniki początkowo skonstruowane nad ziemią, a następnie pokryte warstwą ziemi będą wymagały użycia anod rozproszonych dla osiągnięcia pełnej ochrony katodowej dla wszelkich warunków ziemnych. Anody powinny być umieszczane w zasypce o niskiej rezystywności, np. w przewodzącej zasypce węglowej. Odległość między anodami a konstrukcją chronioną powinna wynosić przynajmniej 1 m. Odległość pomiędzy anodami a konstrukcjami obcymi zależy od przyłożonego napięcia oraz rezystywności gruntu, ale powinna być dość duża i wynosić co najmniej 2 m.

Kable dobiera się tak jak w normie PN-EN 12954. W ogólności, rozmiar kabla będzie wyznaczany przez dopuszczalny spadek IR na danym odcinku. Jednakże, tam gdzie wymagania prądowe są niewielkie, dobór przekroju przewodnika może być oparty raczej na wytrzymałości mechanicznej niż na rezystancji elektrycznej. Stąd, kable o

przekroju mniejszym niż zalecany mogą być stosowane, jeśli kable te i ich połączenia mają wystarczającą ochronę mechaniczną.

### **Instalacja systemów ochrony katodowej**

Instalacja systemu ochrony katodowej musi być przeprowadzona zgodnie z projektem. Obejmuje to lokalizację i instalację punktów kontrolno-pomiarowych oraz anod galwanicznych, systemów z prądem zewnętrznym lub stacji drenażowych. Inne elementy składowe ujęte w projekcie, takie jak złącza izolujące, powłoki, rury ochronne i lokalne urządzenia uziemiające, są integralnymi składnikami konstrukcji podlegającej ochronie i są z tego powodu instalowane w tym samym czasie, co główna konstrukcja chroniona. System ochrony katodowej powinien być zainstalowany tak szybko jak to jest możliwe, najlepiej podczas zakopywania zbiorników i rurociągów.

Następujące punkty muszą być wzięte pod uwagę jako ogólna zasada:

- sprzęt i materiały do zainstalowania są zgodne z wytypowanymi w projekcie,
- lokalne warunki są takie same jak te przyjęte przy projektowaniu,
- w czasie prowadzenia prac trzeba koniecznie zweryfikować, czy instalacja i materiały są w zgodzie z odpowiednimi przepisami, włączając w to przepisy bezpieczeństwa,
- odstępstwa od projektu muszą być uzasadnione i uzgodnione, następnie zdokumentowane i na koniec ujęte w dokumentacji powykonawczej,
- powinny być wzięte pod uwagę środki zabezpieczające przed ryzykiem wybuchu.

Jeśli istnieje ryzyko, że zbiorniki mogą wejść w kontakt metaliczny z innymi konstrukcjami (np. stalą zbrojeniową, kotwami) stanowczo zaleca się zapewnienie trwałości elektrycznego odizolowania przed zasypaniem ziemią.

We wszelkich instalacjach ochrony katodowej kable muszą być instalowane z wielką ostrożnością, aby uniknąć uszkodzenia izolacji. Powinny w zasadzie być układane w nieprzewodzącej kanalizacji lub być chronione dostatecznie grubym nadkładem (np. 80 cm). Na przewodzie powinna być ułożona taśma ostrzegawcza. Na ile jest to możliwe należy unikać połączeń kablowych w ziemi. Kabel powinien być dostatecznie długi, aby pozwolić na osiadanie gruntu. Wszystkie kable powinny być doprowadzone do nadziemnych skrzynek połączeniowych, najlepiej poza obszarami niebezpiecznymi. Skrzynki połączeniowe w obszarach niebezpiecznych, np. w komorach zaworowych i zamkniętych szybach powinny być ognioodporne. Kable muszą być wizualnie identyfikowalne, albo przy pomocy różnych kolorów lub przez znaczniki identyfikacyjne. Należy zwrócić uwagę na przepisy elektryczne i bezpieczeństwa odnoszące się do kabli.

Kable łączące różne części konstrukcji przeznaczonej do ochrony powinny być dostępne i umożliwiać rozłączanie. Połączenia kablowe do konstrukcji obcych muszą być uzgadniane z właścicielami tych konstrukcji. Kable powinny być przyłączane do konstrukcji w punktach, gdzie jest najmniejsze prawdopodobieństwo ich uszkodzenia podczas eksploatacji lub konserwacji. Połączenia kablowe do konstrukcji mających podlegać ochronie powinny być wykonywane przez spawanie, lutowanie twarde, połączenia gwintowane lub przez przewodzące kleje, oraz powinny być chronione przed korozją

(np. za pomocą powłoki). Przewodząca żywica epoksydowa nie powinna być stosowana dla połączeń prądowych w systemach z prądem zewnętrznym. Dla połączeń skręconych z użyciem oczek kablowych, muszą być używane śruby o wymiarze co najmniej M8, zabezpieczone przed samoodkręcaniem. Wszelkie połączenia kablowe muszą być dobrze przewodzące. Stosowana procedura połączeń kablowych powinna być taka, aby nie naruszała właściwości mechanicznych konstrukcji. Zaleca się, aby przewody używane dla celów pomiarowych były oddzielne od przewodów prądowych.

Zbiorniki i rurociągi powinny preferencyjnie być otoczone ściółką z materiału nie powodującego uszkodzeń powłoki (np. piasek). Materiał ten musi być wolny od elektronowo przewodzących składników (metale, materiały węglowe, tlenki metali takie jak magnetyt, itp.). Jednorodny materiał ściółki zapewnia dobry rozkład prądu i pozwala unikać ekranowania.

Jeśli nadziemna konstrukcja, włączając w to jakikolwiek lokalny system uziemiający, nie może być oddzielona od konstrukcji chronionej, powinna być zabezpieczona przed przypadkowym kontaktem z konstrukcjami przyłączonymi do zbiorczego systemu uziemiającego. Rury odpowietrzające, na przykład, powinny być zabezpieczane przez umieszczenie w plastikowych rurach osłonowych lub przez nałożenie powłoki z tworzywa sztucznego.

Rury wychodzące z ziemi powinny być zabezpieczane powłoką w obszarze powietrze/ziemia. Jeśli jest to możliwe ta część konstrukcji powinna być pokryta powłoką do wysokości 0,5 m.

Złącza izolujące muszą być zaprojektowane dla elektrycznych, mechanicznych i chemicznych warunków eksploatacji oraz przed zainstalowaniem powinny być zdolne do wytrzymania testu przemiennym napięciem 5 kV zgodnie z IEC 587 przez okres jednej minuty. Dla umożliwienia inspekcji złącza izolujące, szczególnie typu kołnierz izolujący, nie powinny być zakopane w ziemi. Jednakże złącza wszelkiego typu, jeśli są zakopane, muszą być pokryte powłoką z materiału kompatybilnego z powłoką konstrukcji oraz być wyposażone w kable pomiarowe. Nadziemne złącza izolujące instalowane w obszarach niebezpiecznych są objęte krajowymi przepisami bezpieczeństwa, które wymagają zastosowania specjalnych środków bezpieczeństwa, np. aplikacji powłoki ochronnej zabezpieczającej przed przypadkowym kontaktem i zamontowanie iskierników przeciwwybuchowych dla zabezpieczenia przed wyładowaniami. Jeśli jest kilka złączy izolujących w ograniczonej przestrzeni (np. w zamkniętych studzienkach), należy przedsięwziąć środki, aby unikać przypadkowych kontaktów, np. przez instalowanie złączy na tym samym poziomie. Jeśli woda przedostanie się do zamkniętej studzienki zawierającej złącza izolujące, może nastąpić zwarcie elektrolityczne, powodując korozję. Można temu zapobiec, na przykład, przez montaż złączy izolujących na wysokim poziomie lub wyposażenie studzienki lub komory w wystarczający system drenażowy.

Podczas instalowania anod należy się upewnić, że anody są rozmieszczone zgodnie z projektem oraz z zaleceniami, zwłaszcza odnoszącymi się do warunków gruntowych i rezystywności, nie ma żadnego ekranowania między anodami a konstrukcją chronioną, nie występuje ryzyko niedopuszczalnej interferencji na innych zakopanych konstrukcjach metalowych. Obwód elektryczny między anodami a konstrukcją powinien generalnie pozostać otwarty, aż do pomiaru swobodnego potencjału korozyjnego.



Podczas instalowania anod galwanicznych należy się upewnić, w odniesieniu do dokumentów projektowych (planów, specyfikacji i procedur), czy:

- rodzaj środowiska elektrolitycznego (ziemi) i rezystywność w miejscu instalacji anod odpowiadają projektowi,
- nie istnieje izolujący ekran między anodą a konstrukcją chronioną,
- jeśli jest ryzyko interferencji, odpowiednie środki zostały przedsięwzięte,
- anody są zgodne ze specyfikacją,
- dla anod zakopanych, użyty materiał zasyпки jest odpowiedniego typu dla zastosowanych anod, i czy jednorodna mieszanina zasyпки jest równomiernie rozmieszczona wokół anody (minimum 50 mm),
- anody wstępnie spakowane zostały dobrze zwilżone przed zakopaniem,
- obwód elektryczny między anodą a konstrukcją pozostał otwarty w słupku kontrolno-pomiarowym do czasu odbioru.

**Stacje ochrony katodowej** powinny być łatwo dostępne i być chronione przed oddziaływaniem środowiska oraz przed uszkodzeniami mechanicznymi. Powinny być instalowane poza obszarami niebezpiecznymi, lub alternatywnie, być przystosowane do użytku w takich obszarach (np. z obudową ognioodporną, ciśnieniową lub wentylowaną). Osprzęt elektryczny i jego instalacja powinny zapewnić ciągłe działanie (np. ze wskaźnikiem).

**Punkty kontrolno-pomiarowe** powinny być umieszczane w łatwo dostępnych miejscach, być chronione przed ryzykiem uszkodzenia (np. uderzenia) i ustawione w taki sposób, aby można je było łatwo odnaleźć. Powinny być umieszczane poza obszarami niebezpiecznymi. Ilość i lokalizacja stałych punktów pomiarowych i elektrod symulujących musi być zweryfikowana względem projektu. Urządzenia łączące konstrukcje chronione z obcymi powinny być łatwo dostępne dla wszystkich zainteresowanych stron i powinny być chronione przed uszkodzeniami wskutek oddziaływań środowiskowych. Dla informacji oraz ze względów bezpieczeństwa główne składniki systemów takie, jak stacje ochrony katodowej, stacje drenażowe, słupki kontrolno-pomiarowe oraz konstrukcje chronione powinny być właściwie oznakowane.

W zależności od miejsca zainstalowania i typu konstrukcji chronionej, oznakowanie winno:

- zawierać znaki bezpieczeństwa dotyczące zagrożeń elektrycznością,
- zawierać znaki obszarów niebezpiecznych,
- opisywać środki do zastosowania w razie awarii,
- podać nazwę właściciela/operatora systemu,
- wskazywać, że system ochrony katodowej musi być stale włączony, chyba, że prowadzone są prace na konstrukcji chronionej,
- zawierać schematy obwodów.

Wszystkie kable w punkcie kontrolno-pomiarowym muszą być czytelnie oznakowane.

W czasie prowadzenia prac konieczne jest sprawdzenie, czy instalacja i materiały są w zgodzie z projektem i odpowiednimi przepisami, włączając przepisy bezpieczeń-

stwa. Elementy podziemne, włącznie z połączeniami, muszą być sprawdzone przed przykryciem ziemią. Odstępstwa od projektu muszą być uzasadnione, zaaprobowane, następnie zdokumentowane i naniesione na dokumentację powykonawczą.

Weryfikowanie może obejmować:

- instalowanie anod galwanicznych,
- instalowanie stacji ochrony katodowej (projekt, połączenia anodowe i katodowe oraz działanie elektryczne),
- instalowanie uziomu anodowego z zasypką,
- układanie kabli, połączenia kablowe, oznakowanie kabli, niezawodność kanałów kablowych,
- instalowanie elektrod symulujących,
- instalowanie stałych punktów pomiarowych,
- punkty kontrolno-pomiarowe (posadowienie, projekt i oznakowanie gniazdek pomiarowych).

Dla systemu ochrony katodowej muszą być wykonane rysunki schematów elektrycznych oraz sytuacyjne, przedstawiające konstrukcję z jej głównymi składnikami, lokalizację oraz typ anod galwanicznych i z prądem zewnętrznym, stacji ochrony katodowej, punktów kontrolno-pomiarowych i złączy izolujących jak również pobliskich konstrukcji obcych.

## Odbiór

Przed uruchomieniem systemu ochrony katodowej należy starannie sprawdzić czy wszystkie instalacje są zgodne z projektem. W szczególności, połączenia kablowe oraz środki bezpieczeństwa (ochrona przeciwporażeniowa, ochrona odgromowa, zabezpieczenie przeciwwybuchowe) muszą być skontrolowane tam, gdzie to jest konieczne.

Przyłącza prądu stałego do stacji ochrony katodowej muszą być sprawdzone pod względem prawidłowej biegunowości. Następnie, niżej wymienione pomiary mogą być przeprowadzone i wyniki porównane z wymaganiami projektowymi:

Pomiary rezystancji:

- Rezystancja układu anodowego lub anod galwanicznych względem ziemi.
- Rezystancja między konstrukcją chronioną a układem anodowym lub anodami galwanicznymi.

Oddzielenie elektryczne konstrukcji:

- Na złączach izolujących,
- Od metalowych rur osłonowych,
- Od zbiorczego systemu uziemiającego.

Pomiary potencjałowe:

- Swobodny potencjał korozyjny (stacjonarny) zbiornika,
- Interferencja wskutek ewentualnych prądów błądzących,

- Potencjał anod galwanicznych względem elektrolitu,
- Potencjał sąsiednich konstrukcji względem elektrolitu.

Pomiary dla wyznaczenia wielkości ewentualnej interferencji na, lub pochodzącej od, obcych konstrukcji.

Rozruch instalacji ochrony katodowej następuje w następującej kolejności:

- Włączyć stację ochrony katodowej i upewnić się, że funkcjonuje prawidłowo.
- Wyregulować ustawienia stacji tak by uzyskać zgodność z wymaganiami potencjałowymi projektu. Jeśli występują duże odchylenia, należy przyczyny potwierdzić pomiarami.
- Tam, gdzie to konieczne połączyć anodę galwaniczną z konstrukcją chronioną via regulowany rezystor dla ograniczenia prądu.

Następnie przeprowadzić pomiary następujących parametrów:

- napięcie wyjściowe stacji ochrony katodowej,
- prąd wyjściowy stacji ochrony katodowej,
- potencjały ON/OFF we wszystkich punktach pomiarowych,
- potencjały ON oraz prądy na przyłączonych obcych konstrukcjach,
- możliwe interferencje zmienna- i stałoprądowe (EN 50-162).
- Jeśli występują prądy błądzące, należy wykonać pomiary dla określenia poziomu interferencji, aby uzyskać skuteczność ochrony katodowej. Te pomiary powinny być wykonane przy włączonej i wyłączanej stacji ochrony katodowej.
- Ponadto, wykonać pomiary na wszelkich pobliskich obcych konstrukcjach, aby się upewnić, że nie są narażone na szkodliwe oddziaływanie zainstalowanego systemu ochrony katodowej (EN 50-162).

Gdy konstrukcja ma wystarczający kontakt z ziemią, i po odpowiednim okresie polaryzacji, trzeba sprawdzić skuteczność ochrony katodowej. Pod koniec odbioru można wyznaczyć punkty pomiarowe, które są istotne, dla dalszych okresowych pomiarów potencjału konstrukcji.

Po pomyślnym odbiorze instalacji ochrony katodowej muszą być przygotowane następujące dokumenty:

- rysunki powykonawcze konstrukcji i jej położenia geograficznego oraz tych spośród konstrukcji sąsiadujących, które mogą być narażone na oddziaływanie systemu ochrony katodowej,
- projekt ochrony katodowej z rysunkami powykonawczymi i wszelkimi szczegółami odnoszącymi się do ochrony katodowej konstrukcji,
- wyniki testów interferencyjnych przeprowadzonych na konstrukcjach sąsiednich,
- szczegóły działania urządzeń i ich regulacji oraz wyniki wszystkich pomiarów przeprowadzonych przed i po odbiorze,
- podsumowanie zapisów w dzienniku budowy z wyszczególnieniem wszelkich użytych materiałów i/lub prac instalacyjnych nie ujętych w projekcie.

Końcowe wyniki są podstawą dla kolejnych pomiarów kontrolnych systemu przeprowadzanych na konstrukcji, stąd potrzeba ich przechowywania.

### **Inspekcja i konserwacja**

Celem inspekcji i konserwacji jest zapewnienie skuteczności ochrony katodowej przez cały okres eksploatacji konstrukcji. Aby to osiągnąć, konieczne jest utrzymywanie żądanego potencjału konstrukcji względem ziemi, w granicach podanych w projekcie, poprzez ciągłe działanie i konserwację systemu ochrony katodowej. Po odbiorze konieczna jest regularna inspekcja zgodnie z zatwierdzonymi procedurami. Procedury powinny być rewidowane, aby odzwierciedlać doświadczenia eksploatacyjne oraz nowe technologie. Oprzyrządowanie używane do pomiarów musi być utrzymywane w dobrym stanie i musi podlegać okresowej kalibracji i kontroli bhp.

Inspekcja skuteczności zastosowanej ochrony katodowej może praktycznie podzielona na dwie domeny: kontrola działania urządzeń oraz pomiary na konstrukcji. Wyniki pomiarów i wszelkie inne obserwacje muszą być zapisywane. Stosowane procedury i uzyskiwane rezultaty muszą być analizowane i aprobowane przez personel posiadający wystarczającą teoretyczną i praktyczną wiedzę o ochronie katodowej. W przypadku zauważenia jakichkolwiek nieregularności, ich przyczyny muszą być zbadane i odpowiednio działania podjęte.

Regularne inspekcje wizualne instalacji (np. działanie stacji ochrony katodowej, odczyty wskaźników, dostępność punktów kontrolno-pomiarowych, połączeń,) powinny być przeprowadzane dla sprawdzenia działania oraz poprawnego stanu urządzeń ochrony katodowej. Skuteczność ochrony katodowej ocenia się przez porównanie wartości mierzonych z kryterium ochrony lub wartościami odniesienia. Wartości zmierzone podczas odbioru, jak również w następnych latach, stosowane są jako wartości odniesienia.

W zależności od konstrukcji (typ, wielkość itp.) i od systemu ochrony katodowej, powinny być przeprowadzane następujące pomiary:

- napięcie wyjściowe stacji ochrony katodowej,
- prąd ochrony,
- potencjał ON i OFF w istotnych punktach pomiarowych oraz na elektrodach symulujących,
- interferencja stałoprądowa wywołana na, lub pochodząca z, obcych konstrukcji, jeśli okaże się to konieczne po modyfikacji lub regulacji systemu ochrony katodowej.

Mogą także być przeprowadzane pomiary celem zebrania informacji o zmianach zachodzących w systemie ochrony katodowej. Dotyczą one:

- pomiarów rezystancyjnych,
- elektrycznego rozdzielenia konstrukcji.

Wszystkie pomiary powinny być przeprowadzane przez personel odpowiednio wykwalifikowany w zakresie ochrony katodowej. Jeśli są wskazania, że ochrona katodowa nie jest w pełni skuteczna na całej konstrukcji, należy przeanalizować sytuację

i podjąć odpowiednie działania korekcyjne dla przywrócenia skuteczności ochrony katodowej. Zmierzone potem wartości będą następnie używane jako nowe wartości odniesienia.

O ile metody telemetryczne nie są używane i regularnie weryfikowane, kontrole działania powinny być przeprowadzane w następujących typowych interwałach (analogicznie jak dla rurociągów):

| Kontrola działania                            | Częstotliwość  |
|---|--|
| Punkty kontrolno-pomiarowe anod galwanicznych | Zgodnie z częstotliwością pomiarów na konstrukcji lub częściej, jeśli wymagają tego warunki eksploatacji |
| Stacje ochrony katodowej                      | Co 3 miesiące lub częściej, jeśli wymagają tego warunki eksploatacji                                     |
| Przyłącza do obcych konstrukcji               | Corocznie lub częściej, jeśli wymagają tego warunki eksploatacji   |
| Urządzenia zabezpieczające lub ochronne       | Corocznie lub częściej, jeśli wymagają tego warunki eksploatacji   |
| Punkty kontrolno-pomiarowe                    | Zgodnie z częstotliwością pomiarów na konstrukcji lub częściej, jeśli wymagają tego warunki eksploatacji |

Okres czasu pomiędzy kolejnymi ocenami skuteczności ochrony katodowej wynosi typowo 1 rok. W zależności od typu i lokalizacji zbiorników oraz skutków ewentualnego wycieku, interwał inspekcji może być zmniejszony lub zwiększony do maksymalnego okresu czasu, który nie może przekroczyć trzech lat. Interwał inspekcji może być zmniejszony, aby uwzględnić wymagania nałożone przez przepisy.

Skuteczność ochrony katodowej powinna być również sprawdzana, gdy zaobserwowane zostaną zmiany na konstrukcji lub w otoczeniu, a w szczególności po pracach budowlanych na, lub w sąsiedztwie, konstrukcji.

Częstotliwość inspekcji powinien określać wykwalifikowany personel. Dla wyznaczenia odpowiedniej częstotliwości inspekcji można użyć poniższych tabel:

| Kwestie   | Punktacja ważności |         |        |
|---|--------------------|---------|--------|
|   | Niska              | Średnia | Wysoka |
| 1. Złożoność systemu ochrony katodowej  | 0                  | 3       | 6      |
| 2. Możliwość defektów powłoki   | 0                  | 2       | 4      |
| 3. Warunki środowiskowe, np. interferencje stałoprądowe   | 0                  | 2       | 4      |
| 4. Podatność na uszkodzenia od wyładowań lub uderzeń mechanicznych  | 0                  | 1       | 2      |
| 5. Ryzyko zagrożenia zdrowia ludzi lub ryzyko zanieczyszczenia środowiska lub zniszczenia własności, wskutek wycieku przechowywanego medium | 0                  | 3       | 6      |

|                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|
| Suma punktacji ważności | Częstotliwość inspekcji |
|-------------------------|-------------------------|

|        |           |
|--------|-----------|
| 9 - 22 | co 1 rok  |
| 5 - 8  | co 2 lata |
| 0 - 4  | co 3 lata |

Rezultaty inspekcji muszą być zapisywane i oceniane. Zapisy te muszą być przechowywane przez dostatecznie długi okres czasu, aby zapewnić szczegółowe informacje dotyczące efektywności ochrony katodowej, i aby umożliwić przeprowadzanie analiz porównawczych. Ponadto zaleca się, aby zapisy oraz historię ochrony katodowej przechowywać dla celów porównawczych przez cały okres eksploatacji konstrukcji.

Rutynowa konserwacja musi być przeprowadzana tak, by zapewnić ciągłość działania systemu ochrony katodowej w sposób przewidziany w projekcie. Stacje ochrony katodowej muszą być konserwowane zgodnie z zaleceniami producenta. Prace konserwacyjne powinny być także przeprowadzane, natychmiast albo tak szybko jak to możliwe, jeśli taka potrzeba wyniknie podczas kontroli działania lub pomiarów na konstrukcji. Oprzyrządowanie (np. stałe elektrody odniesienia, urządzenia pomiarowe lub nastawcze, telemetria) musi być utrzymywane w dobrym stanie i poddawane okresowej kalibracji i kontroli bezpieczeństwa.

### **Podsumowanie**

Przedstawione powyżej zasady ochrony katodowej podziemnych zbiorników paliwowych odzwierciedlają wymagania omawianej normy europejskiej. Dotyczą ogólnego przypadku zbiorników podziemnych – zarówno z pojedynczym jak i podwójnym płaszczem zbiornika. Z punktu widzenia ochrony katodowej kwestia ta nie ma żadnego znaczenia, ponieważ proces korozyjny ścianki zbiorników zachodzi w zasadzie wyłącznie od strony ziemi. Zewnętrzny płaszcz zbiornika z podwójną ścianką narażony jest na korozję tak samo jak płaszcz zbiornika z pojedynczą ścianką.

Ochrona katodowa umożliwia dalszą bezpieczną eksploatację istniejących zbiorników, jednak potrzebne do tego jest uznanie tego faktu w odpowiednich przepisach. Obecnie stosowana jest z dużym powodzeniem ochrona katodowa obiektów nowych. Wprowadzone ograniczenia w przepisach (grudzień 2002 r.), a także obecnie tocząca się dyskusja związana z kolejną nowelizacją tych przepisów, zapewne i ten sukces zniweczą.