



**SŁOWACKIE DOŚWIADCZENIA W STOSOWANIU ANOD
ROZPROSZONYCH**

THE RESULTS OF APPLYING CLOSE-COUPLED ANODES IN SLOVAKIA

František Stejskal

NAFTOPROJEKT sp.s.r.o. Poprad, Słowacka Republika

słowa kluczowe: ochrona przed korozją, elektrochemiczna ochrona katodowa, anody rozproszone, metalowe konstrukcje podziemne, program komputerowy.

keywords: active corrosion protection of buried installations, cathodic protection, close-coupled anod, metallic underground structures, software.

Streszczenie

Polepszenie ochrony katodowej urządzeń możliwe jest tylko z użyciem anod blisko położonych względem konstrukcji (rozproszonych). Naftoprojekt przygotował kilka projektowych rozwiązań, które już były zastosowane. Praca ta prezentuje wyniki tych propozycji. W niektórych szczególnych przypadkach możliwe jest użycie nieużywanego rurociągu równoległego jak anody. W przypadku ochrony katodowej urządzeń kształtu złożonego i elektrycznie uziemionych i też jednostek technologicznych (zbiorniki, stacje kompresorowe i pompowe), optymalne będzie użycie anody blisko położonej typu giętkiego. Nowe też jest użycie ochrony katodowej pod rzekami, gdzie wykopy te wykonane są technologią bez wykopową i przez zatopienie sztuczne.

Summary

Improvement of cathodic protection of non-standard facilities necessitates usage of close-coupled anodes. Naftoprojekt prepared several engineering options, some were implemented. This article presents results of their proposals. In some specific cases it is possible to use as an anode original non-used piping placed parallelly. For cathodic protection of very complexed structured facilities, electrical grounded facilities and technological units (tanks, pumping and compressor stations) is optimum to use close-coupled anodes of flexible type. Using of cathodic protection is quite new in rivers subways made by non-excavate technology with imposed flooding.

Uczestnicy konferencji korozyjnych w Słowacji i Republice Czeskiej mieli możliwość poznać szczególny typ ochrony katodowej - ochronę przez anodę ciasno połączoną (2,3). Nie jest to nowa idea, nowy jest tylko sposób i zakres aplikacji (1) w ochronie katodowej z zewnętrznym źródłem prądu, która umożliwia giętkie ułożenie anody z dopasowaniem do kształtu urządzenia zabezpieczanego.

Termin anoda „ciasno połączona” (albo sprzężona, rozproszona) oznacza system ochrony elektrochemicznej, gdzie anoda w bardzo małej odległości odwzorowuje powierzchnię, która będzie chroniona (np. blacha ocynkowana, Transalassky ropociąg z równoległą anodą galwaniczną). Anody galwaniczne nie mają możliwości regulację dodatkowej prądu ochrony. Regulacyjne (automatyczne) źródła prądu z użyciem odpowiednich materiałów anodowych umożliwiają po obliczeniu parametrów (4,5) i konfiguracji systemu zaprojektować optymalny system, który pozwala na utrzymywanie potencjału każdej powierzchni chronionej w zakresach tzw. „okna potencjałowego” (Uoff: -0,85 V - -1,15 V dla stali).

Na zbiornikach, kształtu skomplikowanego i na uziemionych powierzchniach urządzeń technologicznych z uszkodzoną powłoką lub bez niej, osiągnięcie niezawodnej ochrony katodowej metodami tradycyjnymi nie jest możliwe. [2 - materiał M. Markiewicza, OGI Kraków].

W konsekwencji długich dyskusji między pracownikami elektrotechnicznymi i pracownikami korozyjnymi o separacji ochronnego przewodu PE od urządzeń chronionych z uzbrojeniem elektrycznym - zwycięstwo należy w Europie elektrotechnikom. W ostatnim czasie używa się też systemów ochrony katodowej konstrukcji żelazobetonowych. Przy ich stosowaniu istnieje możliwość użycia systemu anod połączonych. Używa się tutaj parafrazy zdania „jeżeli konstrukcja nie przybliża się do potencjału, musi potencjał przybliżyć się do konstrukcji”. Rozwiązanie wymaga wyższych kosztów i dlatego propozycje muszą być optymalizowane. Duże są koszty wykopów dla anody.

Po przybliżeniu anody rozproszonej do wyliczonej odległości optymalnej od powierzchni chronionej, zmienia się też wartość oporów elektrolitycznych między anodą i katodą (konstrukcja oraz między anodą i katodą niepożądaną (np. sieci do uziemienia). Zmniejsza się też opór między katodą i anodą, obniża się zużycie energii i uwidacznia się efekt krawędziowy. Dla tego jest bardzo wygodne sztuczne wytworzenie warstwy z „płaskim” oporem elektrycznym, która polepsza rozkład równoległy prądu z anody i ogranicza efekt krawędziowy oraz interferencje.

Na wytwarzanie warstwy tej używa się zasypkę koksową lub starą izolację asfaltową (jeżeli stara rura używa się jak anoda połączona).

W tym miejscu zaznacza się rolę konstrukcji anody rozproszonej. Anoda może być złożona z kilka mniejszych elementów (anody żelazokrzemowe, itd.) lub anoda ta będzie ciągła (siatka na bazie Ti, kabel giętki w konfiguracji ciasnego przybliżenia lub okrążenia powierzchni chronionej). Projektant musi wybrać najdogodniejsze rozwiązanie, żeby wykonać prace przygotowawcze na miejscu budowy ze względu na potrzebę umieszczenia innych urządzeń (przewody elektryczne, inne sieci rurociągowo, żelazo-betonowe fundamenty) w celu zmniejszenia interferencji, mimo faktu, że rozwiązanie przez anodę rozproszoną wyraźnie ogranicza interferencje. To jest spowodowane faktem, że w przypadku bliskiego ułożenia faktycznie każda część elektrody daje prąd ochronny konkretnej powierzchni chronionej. Projektanci w spółce Naftoprojekt wypróbowali rozwiązania praktycznie.

W latach 1995-96 przeprowadzona była ochrona katodowa wodociągu lokalnego w Skalicy, gdzie stary użyty wodociąg zastępował anodę rozproszoną. Rurociąg anody miał oryginalną izolację asfaltową (10 lat), odległość anoda - katoda wynosiła 10 m na całkowitej długości 2 km. Przedtem pojawiała się tutaj duża korozja.

Wykres potencjału nie wykazuje żadnego spadku potencjału w jakimkolwiek miejscu. U_{on} jest zawarty w zakresie -1,4 do -1,52 V. Opór elektryczny obwodu anoda - katoda będzie w granicach 1 Ohm, więc przy napięciu zaciskowym prostownika typu SU 1,34 V pobór prądu będzie wynosił 0,14 A. Średnia obu rur wynosi 150 mm. Anoda wychodzi na końcu chronionej części do kontaktowej skrzyni ze względu na potrzebę kontroli ciągłości. Reszta urządzeń jest typowa dla normalnej ochrony katodowej.

Inne rozwiązania dotyczą stacji paliw w Popradzie i w Smižanoch. Anody rozproszone złożone są z anod żelazokrzemowych. Wyniki są różne - zależnie od izolacji zbiornika. Stacja paliw w Popradzie ma zbiorniki zakryte „kitem pokryciowym” w jednej warstwie, pobór wynosi 20 A. Obie stacje paliw są bardzo blisko kolei elektryfikowanej Żilina-Koszyce, gdzie jedno-kierunkowe prądy są bardzo duże i zbiorniki bez ochrony katodowej wykazały by bardzo głęboką i szybką korozję.

Pozostałe stacje paliw, podejścia, stacje kompresorów i urządzenia wydobywcze ropy są i będą chronione wyjątkowo za pomocy anody kablowej Anodeflex 1500. Wyższe koszty kabla kompensowane są jego niezawodnością i bardzo szybkim montażem. Istnieje możliwość, że budowa ochrony katodowej będzie ukończona jako pierwsza!

Interesujące, z poglądu użytkownika, jest rozwiązanie przejścia gazociągu pod rzeką Morawą w kierunku Láb-Baumgarten (łączy dwa duże zbiorniki) do Austrii. Projektant, który już znał niedobre doświadczenia z wypływania rur, ułożonych na tym miejscu wcześniej, wybrał kosztowniejsze, ale technologicznie bardzo wygodne i niezawodne rozwiązanie przeciskania rur żelazo-betonowych średnicy 2 m w 150 m długim łuku, do których naciąga się gazociąg na podporach stalowych i szynach (6). O ile trwała izolacja tego systemu przed zalaniem wodą podziemną nie była możliwa, na izolację między rurami użyto wody uzdatnionej (275 m³, pH=8,5) z rzeki. Strona Austrijska żądała oddzielenie rurociągu w podejździe łącznikami izolacyjnymi. Żeby część ta nie była usunięta z ochrony katodowej i żeby ochrona ta była niezawodna dla rurociągu i min. dla reszty konstrukcji wsporczych, zatwierdzono rozwiązanie z zawieszoną anodą rozproszoną z obsypką dolomitową. Prąd podaje się z bliskiego źródła już istniejącej ochrony katodowej na gazociągach tranzytowych.

Po uruchomieniu próby ochrony katodowej, następujące parametry były nastawione:

- prąd na wstępie do anody	: $I_a = 0,9 \text{ A}$
- U_{on} rury	: $U_{onr} = -1,95 \text{ V}$
- U_{on} konstrukcji dodatkowej	: $U_{onkd} = -0,67 \text{ V}$
- U_{off} platform 110 cm ²	: $U_{off110} = -1,13 \text{ V}$

W przypadku obciążenia anody 6 mA/m przewiduje się, że wytrzyma 160 lat. W czasie spuszczenia pH wody było wyższe (9,41) niż projektowane pH, co jest spowodowane alkaliznością powierzchniowej warstwy płaszcza żelazo-betonowego. Przed ukończeniem próby pH musi być zmienione na wartość projektowaną, która kompensuje zakwaszenie okolicy anody i jest kompromisem parametrów: przewodnictwo wody, środowisko korozyjne-niekorozyjne, przeniesienie jonów węglanowych itd. Też inny typ może być użyty jak anoda rozproszona (Nb, Ti/Pt).

Opisane rozwiązania są proste i niezawodne. Chociaż w przypadku nierozwiązanego problemu ochrony katodowej dużych jednostek technologicznych w systemie gazociągów tranzytowych w Słowacji (stacje kompresorowe, wentyl w linii rurociągu, stacje do mierzenia, itp.) z bardzo bogatym wyposażeniem elektrycznym, gdzie zdecydowaliśmy o ochronie systemem anod rozproszonych wynik nie był pewny. Dzisiaj możemy powiedzieć, że mieliśmy rację i rozwiązanie to jest więcej efektywne niż użycie np. anod głębokich Po 4. latach doświadczeń możemy powiedzieć, że najbardziej wygodne jest użycie anody rozproszonej w postaci giętkiego kabla (zawierający Cu rdzeń/ przewód płaszcz polimerowy przepuszczający prąd/ warstwa koksowa/ sieciowy płaszcz z tworzywa sztucznego), gdzie system ten ułożony jest w wykopie razem z rurą (konstrukcją). Przez nas użyty kabel zawierał duże dodatki montażowe. Chciałbym zwrócić uwagę na wymagane użycie przewodu zwrotnego z izolacją HMWPE, dlatego że tylko ta izolacja może zatrzymać przenikanie produktów reakcji elektrochemicznej (Cl_2) do rdzenia z miedzi. PVC nie przedstawia wymaganej bariery i w tym przypadku zasilanie anody może być przerwane przez korozję rdzenia.

W przypadku propozycji stacji kompresorowych KS 01 Veľké Kapušany i KS 02 Jablonov n.T., gdzie budowano nowe budynki i połączenia, użyte było też rozwiązanie z anodą rozproszoną. Rozwiązanie to okazało się bardzo dobre. Po początkowym prądzie (2 razy większym niż normalny) wszystkie konstrukcje były spolaryzowane i już w ciągu tygodnia parametry były stałe. Ważne jest żeby prostownik był chroniony przed chwilowym dużym napięciem, dlatego że blisko są szafy elektryczne z bardzo wysokim napięciem i kompresor z silnikiem elektrycznym 25 MW.

Parametry zmierzone:

Jablonov - KS 02

Dnia 22.7.1997, w czasie uruchamiania użytkowania ochrony katodowej, następujące wartości były ustawione:

$U_{out\ put} = 2,69\ V$, $I_{out\ put} = 4,92\ A$ (10,9 mA/m anody).

„Punkt połączenia”: $U_{on} = -1,19\ V$, $U_{off} = -0,98\ V$, potencjał w następnych punktach pomiaru: od -1,08 V do -1,25 V.

Na ochronie, którą wymagał dostawca, zmierzona była różnica potencjałów -0,67 V. Potencjał wyższy był zmierzony ($U_{on} = -1,25\ V$) na wyjściowym połączeniu izolacyjnym, gdzie pokazuje się wpływ normalnie chronionej części reszty trasy.

Veľké Kapušany - KS 01

Dnia 7.11.1997, w czasie uruchomienia użytkowania ochrony katodowej, następujące wartości były ustawione:

$U_{out\ put} = 3,4\ V$, $I_{out\ put} = 4,05\ A$ (9,76 mA/m anody).

„Punkt połączenia”: $U_{on} = -1,08\ V$, $U_{off} = -0,85\ V$, potencjał U_{on} w następnych punktach pomiarowych: od -1,1 V do -1,3 V.

Wartości te nie są konieczne, dlatego że się pojawi polaryzacja, która może obniżyć prąd lub może pojawić się jego zwiększenie włączeniem odkrytej części rury na wejściu do budynku kompresorowni

Urządzenia te użytkownik będzie odbierał 05/98, do tego czasu ustawiona musi być też kontrola na odległość parametrów. Od tej chwili musi użytkownik obserwować, żeby potencjał „Uoff” na rurach „gorących” między kompresorami i chłodzeniem był w zakresie do -0,965 V. Pomiary na wszystkich urządzeniach wykazują bardzo dobrą zgodność między wartościami projektowanymi i wartościami faktycznymi, możliwe błędy eliminuje się niewielką regulacją źródła. Pomiar prądów do rurociągu izolowanego i do reszty powierzchni uziemionych na stacjach kompresorowych - 1:340. Wygląda to na duży niedomiar, jednak trzeba zwrócić uwagę, że prąd całkowity wynosi do 10 A.

W ostatnim czasie przygotujemy ochronę katodową wsporczych części żelazo-betonowych zbiornika NaCl z wykorzystaniem anod rozproszonych.

Obecnie buduje się przez Polskę następną część gazociągu transportowego z Federacji Rosyjskiej, która połączy inne gazociągi. W tej pracy chciałem pokazać możliwości rozwiązań niezawodnej ochrony katodowej w miejscach krytycznych. Naftoprojekt Poprad będzie współpracował z ludźmi, interesującymi się tym problemem.

Referat będzie ilustrowany dokumentacją fotograficzną zastosowanej techniki ochrony.

Literatura

1. Pipeline and Gas Journal 3/93 or Slovgas 6/95: Deteriorating Coatings Protected by New Cable
2. 6th Workshop „Corrosion protection of underground deposit sites” Praha 1997
3. 10th international conference „Corrosion of underground structures” Košice 1997
4. Software Raychem: Anodexflex 1500-Pipeline Design Aid, Ver.2.1
5. Software Pyramis: Beasy Corrosion and CP
6. Slovgas 2/97