IV Krajowa Konferencja
POMIARY KOROZYJNE W OCHRONIE ELEKTROCHEMICZNEJ
IV National Conference
CORROSION MEASUREMENTS IN ELECTROCHEMICAL PROTECTION
12-14. 06. 1996 Jurata, Poland

WPŁYW GĘSTOŚCI POMIARÓW POTENCJAŁU NA OCENĘ SKUTECZNOŚCI OCHRONY KATODOWEJ ZESPOŁU RUROCIĄGÓW

THE EFFECT OF THE DENSITY OF MEASUREMENTS OF POTENTIAL ON THE EVALUATION OF EFFECTIVENESS OF CATHODIC PROTECTION IN A SYSTEM OF PIPELINES

Jacek Rozwadowski

Politechnika Gdańska
Katedra Technologii Zabezpieczeń Przeciwkorozyjnych

Słowa kluczowe: ochrona katodowa, pomiar potencjału, technika pomiarów intensywnych
Keywords: cathodic protection, potential measurement, close interval potential surveys

Streszczenie

W pracy porównano wyniki pomiarów potencjału wyłączeniowego zespołu rurociągów chronionych katodowo, uzyskanych ze stałych punktów pomiarowych oraz przy wykorzystaniu techniki pomiarów intensywnych. Zwrócono uwagę na możliwość błędnej oceny skuteczności ochrony rurociągów z izolacją bitumiczno-szklaną, z powodu zbyt dużej odległości pomiędzy poszczególnymi punktami pomiarowymi. Dokonano porównania rozkładów potencjału otrzymanych przy różnych gęstościach pomiarów.

Summary

In this paper results of measurements have been compared of the switch-off potential of a system of pipelines with cathodic protection, obtained from fixed measurement points and by using the close interval potential survey method. It has been shown that there is a possibility of incorrect evaluation of the effectiveness of protection of pipelines with bituminous-glass insulation due to the too large distances between each measurement point. Comparison has been carried out of potential distributions at various measurement densities.

Wprowadzenie

Najczęściej stosowanym kryterium oceny skuteczności ochrony katodowej jest kryterium potencjałowe. Na wartość potencjału polaryzowanej konstrukcji wpływ mają, obok natężenia prądu, także rezystywność gleby oraz rozmiar i kształt defektu powłoki [1]. W konsekwencji więc, by sprawdzić, czy spełnione jest potencjałowe kryterium ochrony rurociągu, należałoby wykonać pomiary w każdym miejscu uszkodzenia jego powłoki. Ten sposób postępowania w przypadku zakopanej konstrukcji jest oczywiście mało realny, stosowane są więc inne metody [2], które według współczesnej wiedzy określają z najlepszym przybliżeniem potencjał wolny od składowej omowej.

Prąd ochrony wpływając w miejscach defektów powłoki do rurociągu wywołuje w otaczającej go glebie spadek napięcia. W przypadku kolistego defektu powłoki, wytworzone pole potencjałowe w jednorodnej glebie przybiera formę symetrycznego stożka [3]. Zmierzony na powierzchni ziemi potencjał rurociągu jest równy:

$$Ezal = Ep + I(RA + RF)$$

gdzie: Ep - potencjał spolaryzowanego rurociągu w miejscu ubytku powłoki,
I(RA +RF) - polaryzacja omowa IR, czyli omowy spadek napięcia na rezystancji w ubytku powłoki (RF) i na rezystancji warstwy gleby (RA).

W metodzie wyłączeniowej pomiaru potencjału wykorzystywany jest fakt, że czas zaniku polaryzacji elektrochemicznej po wyłączeniu prądu polaryzującego jest znacznie dłuższy od czasu zaniku omowego spadku napięcia [3,4]. Gdy konstrukcja podziemna polaryzowana jest przez dłuższy okres, przyjmuje się, że wartość potencjału zmierzona w ciągu 1 sekundy od momentu przerwania obwodu prądu ochrony, z dostateczną dokładnością odpowiada potencjałowi na granicy faz metal-elektrolit [2,5].

Mierzony potencjał wyłączeniowy (Ewył) może być obarczony błędem wynikającym z obecności prądów błądzących lub wyrównawczych. Błąd jest tym większy im dalej od konstrukcji umieszczona jest elektroda odniesienia. W instalowanych stałych punktach pomiarowych elektroda znajduje się w sąsiedztwie konstrukcji, co sprawia, że potencjał wyłączeniowy z najlepszym przybliżeniem określa rzeczywisty potencjał polaryzowanej konstrukcji, lecz na bardzo ograniczonej powierzchni.

Punkty pomiarowe, zgodnie z polską normą [6], powinny być instalowane co 1-2 km lub częściej (w miejscach skrzyżowań z innymi konstrukcjami, w miejscach spodziewanych oddziaływań prądów błądzących itp.). Uzyskany z punktów pomiarowych rozkład potencjału wyłączeniowego jest podstawą do oceny skuteczności ochrony katodowej. Ze względu na małą gęstość punktów pomiarowych, prawidłowa interpretacja otrzymanych wyników może być utrudniona, szczególnie przy obecności uszkodzeń powłoki lub innych elementów obniżających lokalnie skuteczność ochrony.

Metodyka pomiarowa

Badania przeprowadzono na chronionym katodowo zespole czterech rurociągów o średnicy 1000 mm z izolacją bitumiczno-szklaną. Średnia gęstość prądu ochrony wynosi około 1 mA/m^2. Odległość pomiędzy punktami pomiarowymi wynosi od 300 do 700 m. Punkt pomiarowy wyposażony jest w dwie elektrody cynkowe i podłączenie potencjałowe. Przy

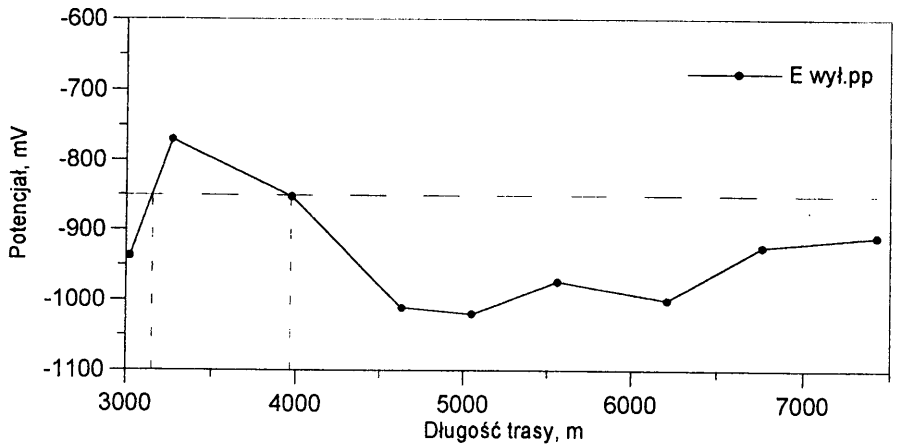
użyciu techniki wyłączeniowej wyznaczono potencjał chronionej konstrukcji w stałych punktach pomiarowych i przeliczono względem elektrody $Cu/CuSO_4$. W drugim etapie wyznaczono profilogram potencjału techniką pomiarów intensywnych. Przy użyciu trzech elektrod $Cu/CuSO_4$, umieszczanych nad środkiem zespołu rurociągów oraz prostopadle do ich osi po obu stronach w odległości 10 m, dokonano pomiarów potencjału załączeniowego i wyłączeniowego oraz poziomych gradientów potencjału. Pomiary przeprowadzono próbnie co 10, a następnie co 20 m (w miejscach szczególnych co 5 m). Określając podstawowy „krok" w pomiarach wzięto pod uwagę następujące elementy:

- głębokość zakopania rurociągów wynoszącą ok. 3 m,
- sugestię Logana [7], że elektroda odniesienia rejestruje zmiany potencjału na odcinku równym czterem odległościom od rurociągu,
- szerokość zespołu rurociągów ok. 8 m.

Ponieważ znaczna część rejestrowanych gradientów poziomych była mniejsza niż 20 mV, jako podstawowy przyjęto profilogram potencjału wyłączeniowego.

Omówienie wyników

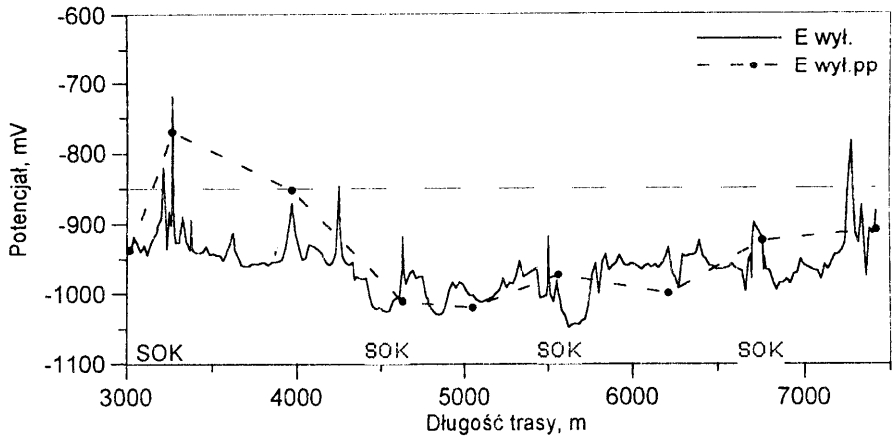
Na rys. 1. przedstawiono fragment rozkładu potencjału wyłączeniowego rurociągów otrzymany w stałych punktach pomiarowych (wszystkie wartości potencjałów w niniejszej pracy podawane są względem elektrody $Cu/CuSO_4$).



Rys. 1. Fragment rozkładu potencjału wyłączeniowego (E wył) chronionych rurociągów, otrzymany w stałych punktach pomiarowych (pp).

Wynika z niego, że na trasie od 3200 do 4000 m, tj. odcinku o długości ok. 800 m występuje strefa obniżonej skuteczności ochrony katodowej, co sugerowałoby konieczność uzupełnienia instalacji, np. o dodatkową stację ochrony katodowej. Nieco odmienny profilogram potencjałowy tego samego odcinka trasy rurociągów uzyskano metodą pomiarów intensywnych (rys. 2). W celach porównawczych powtórzono linią przerywaną rozkład z rys. 1. Suma odcinków o obniżonej skuteczności ochrony (powyżej -850 mV) nie przekracza

w tym przypadku 50 m. Rejestrowane miejsca o wyraźnie wyższej wartości potencjału wyłączeniowego są przede wszystkim efektem obecności w tym miejscu gorzej izolowanych stalowych komór na rurociągach. W takiej sytuacji jest oczywiste, że dodatkowa stacja ochrony katodowej nie jest konieczna. Działania ograniczyć się mogą do poprawienia izolacji komór z ewentualnym zamontowaniem grup protektorów. Badania kuponowe w miejscach obniżonej skuteczności ochrony wykazały zmniejszenie szybkości korozji od 10 do 100 razy w stosunku do stali nie chronionej.



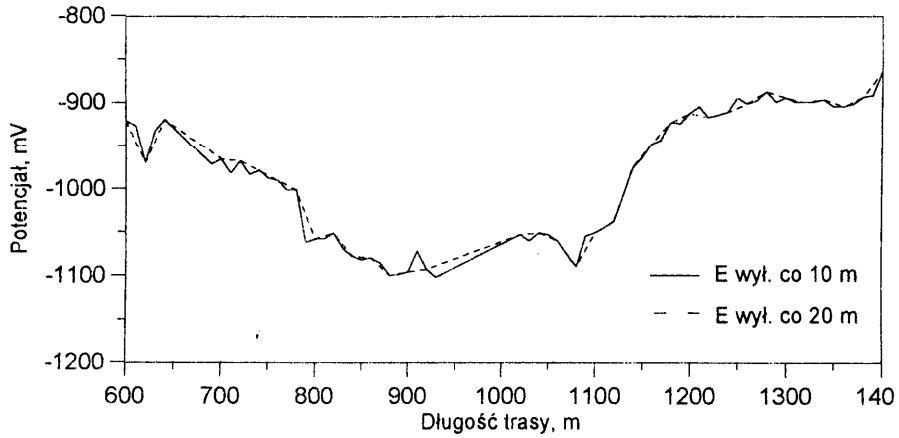
Rys. 2. Rozkład potencjału wyłączeniowego otrzymanego techniką pomiarów intensywnych odcinka trasy chronionych rurociągów.

Jednocześnie rozkład potencjału rurociągów na podstawie punktów pomiarowych nie uwzględnia niektórych miejsc o wyraźnie obniżonej skuteczności ochrony (ok. 4300 i 7300 m trasy). Profilogram ujawnia niejednorodność rozkładu potencjału na chronionym obiekcie. Szereg miejsc o podwyższonej wartości potencjału jest rozpoznana. Wyraźny wzrost potencjału (o ok. 200 mV) obserwuje się w miejscu występowania grupy czterech stalowych komór o gorszej izolacji. Pojedyncze komory powodują wzrost potencjału o ok. 50 mV. Jednak przyczyny występowania wielu miejsc z zaburzeniem jednorodności rozkładu potencjału nie mogą być w chwili obecnej jednoznacznie określone. Zarówno miejsca uszkodzenia powłoki jak też jej gorsza jakość, np. w okolicach spawów, mogą dać podobne efekty.

Zwiększanie gęstości pomiarów związane jest z istotnym wzrostem liczby pomiarów, co przy wielokilometrowych trasach rurociągów jest czaso- i pracochłonne. Konieczne jest określenie podstawowej odległości pomiędzy poszczególnymi przystankami pomiarowymi.

Na rys. 3. przedstawiono fragmenty profilogramów potencjału wyłączeniowego rurociągów otrzymane techniką pomiarów intensywnych co 10 i 20 m. Oba wykresy są do siebie podobne (profilogramy dla odcinków 5 i 10 m są jednakowe). Potwierdza to słuszność przyjęcia w tym przypadku podstawowej odległości pomiędzy sąsiednimi pomiarami 10-20 m, gdyż brak jest praktycznie pików o znacznej wysokości np. 100 mV i długości mniejszej niż 10-20 m.

Wynika stąd, że dla ułożonych równolegle na głębokości ok. 3 m rurociągów, posiadających izolację bitumiczno-szklaną, znalezienie niewielkich ubytków w powłoce jest mało prawdopodobne.



Rys. 3. Rozkład potencjału wyłączeniowego zespołu rurociągów, uzyskanego techniką pomiarów intensywnych co 10 i 20 m.

Podsumowanie

Na chronionych katodowo rurociągach, w szczególności gdzie rzeczywisty rozkład potencjału znacznie odbiega od przewidywań teoretycznych, mała gęstość pomiarów w stałych punktach pomiarowych może prowadzić do niewłaściwej oceny skuteczności ochrony. Polega to na wyolbrzymianiu znaczenia niektórych negatywnych zjawisk związanych z pracą instalacji ochrony katodowej, przy równoczesnym pomijaniu innych.

Profilogram potencjału wyłączeniowego wiązki rurociągów uzyskanego z pomiarów intensywnych wskazuje na duże zróżnicowanie stanu izolacji. Wyraźne skoki potencjału obserwuje się na fragmentach posiadających gorszy stan izolacji (np. stalowe komory) przy stosunkowo dużej ich powierzchni (od 20 do 80 m^2). Wynika z tego, że możliwe jest zlokalizowanie miejsc o gorszym stanie izolacji praktycznie tylko przy ich większych rozmiarach, oraz że wystarczające jest w tym przypadku prowadzenie pomiarów intensywnych co 20 m.

Dla rurociągów z izolacją bitumiczno-szklaną, przy stosunkowo dużej gęstości prądu ochrony (ok. 1 mA/m^2), niewielkie fragmenty gorzej izolowanej stalowej powierzchni są chronione elektrochemicznie w stopniu wystarczającym.

Praca wykonana została w ramach działalności statutowej Politechniki Gdańskiej.

Literatura

1. Polak J.: Pomiary elektryczne na rurociągach podziemnych z użyciem wielofunkcyjnej sondy pomiarowej, Ochrona przed korozją, **23**, (1), 1, 1980.
2. DIN 50925. Korrosion der Metalle. Nachweis der Wirksamkeit des kathodischen Korrosionsschutzes erdverlegten Anlagen. 10. 1992.
3. v Baeckmann W. und 7 Mitautoren: Messtechnik beim kathodischen Korrosionsschutz, Ehningen bei Böblingen 1992, Expert Verlag, s 23-48.
4. Polak J.: Określanie potencjału polaryzacyjnego rurociągów podziemnych chronionych katodowo, Ochrona przed korozją, **22**, (12), 309, 1979.
5. v Baeckmann W.: Die Beduetung des Ausschaltspotentials für die Überwachung von kathodisch geschützten Rohrleitungen, 3R, 5/6 1973, 217.
6. PN-90/E-05030/01 Elektrochemiczna ochrona katodowa.
7. Logan K.H.: Corrosion, **10**,(7),1954,206.