



**POMIARY INTENSYWNE W OCHRONIE KATODOWEJ
RUROCIĄGÓW PODZIEMNYCH**

**CLOSE INTERVAL POTENTIAL SURVEY
IN CATHODIC PROTECTION OF BURIED PIPELINES**

Wojciech Machczyński

Politechnika Poznańska
Instytut Elektrotechniki Przemysłowej

Słowa kluczowe : pomiary intensywne, ochrona katodowa, rurociąg, pomiar potencjału, aparatura, oprogramowanie

Keywords : close interval potential survey, cathodic protection, pipeline, potential measurement, apparatus, software

Streszczenie

W pracy przedstawiono jedną z podstawowych technik badania skuteczności ochrony katodowej i monitorowania zagrożenia korozyjnego podziemnych rurociągów. Omówiono zasady wybranych metod pomiarów intensywnych, wskazano ich wady i zalety. Zaprezentowano przyrządy dla rejestracji danych pomiarowych oraz oprogramowanie dla analizy i wizualizacji wyników pomiarów.

Summary

In this paper the close interval potential survey has been described for determination of the real potential of cathodically protected underground pipelines as well as for monitoring of corrosion hazard to unprotected underground pipelines. The principle of the chosen methods, advantages and disadvantages of the method have been pointed out. Apparatus for potential measurements and software for analysis and presentation of measurement results have been presented.

1. Wprowadzenie

Ze względu na znaczenie gospodarcze, a także z uwagi na wysokie koszty związane z awariami korozyjnymi, rurociągi podziemne są obiektami, które powinny być objęte skuteczną ochroną przeciwkorozyjną [1]. Efektywne i ekonomiczne zabezpieczenie przeciwkorozyjne metalowych konstrukcji podziemnych uzyskuje się obecnie poprzez równoczesne stosowanie odpowiednio dobranych powłok izolacyjnych i ochrony katodowej. Skuteczność ochrony przeciwkorozyjnej rurociągów kontroluje się i monitoruje przy pomocy szeregu metod pomiarowych, którymi powinny być objęte wszystkie ważniejsze obiekty: rurociągi tranzytowe, magistralne i rozdzielcze. Niestety nawet nowoczesne techniki monitorowania nie mają uniwersalnego zastosowania, w wielu przypadkach zawodzą i nie dają jednoznacznych odpowiedzi np. o wielkości zagrożenia korozyjnego rurociągu.

W ostatnim okresie pomiary intensywne, umożliwiające ocenę zarówno jakości izolacji jak również skuteczności ochrony katodowej, mimo uciążliwości ich stosowania, cieszą się coraz większym zainteresowaniem.

W niniejszej pracy przedstawiono jedną z podstawowych technik badania rurociągów pod kątem ich zagrożenia korozyjnego oraz oceny skuteczności zastosowanej ochrony elektrochemicznej (katodowej). Omówiono zasadę pomiarów. Wskazano na ich zalety i wady oraz podano ograniczenia w ich stosowaniu. Zaprezentowano przyrządy dla rejestracji danych pomiarowych oraz oprogramowanie dla analizy i wizualizacji wyników pomiarowych.

Większość istniejących metod badań rurociągów jest oparta na niewiele różniących się odmianach metody badań potencjałów (właściwie spadków napięć) [2 – 14]. W metodach tych mierzy się napięcia spowodowane przepływem prądu przez ziemię otaczającą rurociąg, tzn. między rurociągiem i elektrodą umieszczoną na powierzchni ziemi oraz między dwoma elektrodami znajdującymi się na powierzchni ziemi. Podczas pomiarów wykorzystuje się prąd stacji ochrony katodowej lub inne źródło prądu stałego. Warunkiem przeprowadzenia pomiarów jest wystąpienie pola elektrycznego na powierzchni ziemi. Metody oparte o pomiar potencjału (napięcia) wykonywany na powierzchni ziemi dostarczają wiarygodnych wyników, co jest powodem, że stosuje się je powszechnie.

W pewnych przypadkach potencjał pojawiający się na powierzchni ziemi jest jednak bardzo mały (np. gdy rurociąg ułożony jest pod warstwą ośrodka o bardzo dużej rezystywności) i nie może zostać poprawnie zmierzony. W takiej sytuacji, oceniany na podstawie metod pomiaru napięcia na powierzchni ziemi, rurociąg mógłby być traktowany jako dobry lub jego stan określany jako nieznan. Dla poprawnej oceny stanu powłoki izolacyjnej rurociągu oraz skuteczności ochrony katodowej należy więc stosować metody oparte na innych zasadach [2, 3].

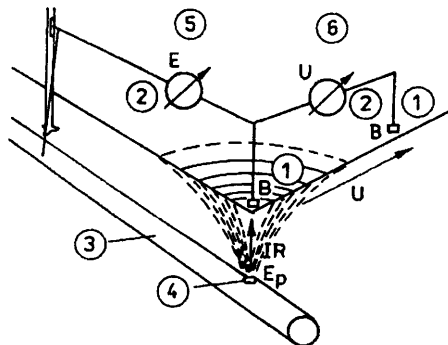
2. Monitorowanie skuteczności ochrony katodowej

Najczęściej stosowanym kryterium oceny skuteczności ochrony katodowej jest kryterium potencjałowe. Na wartość potencjału polaryzowanego katodowo rurociągu wpływ mają, oprócz natężenia prądu, także rezystywność gleby oraz rozmiar i kształt uszkodzenia powłoki izolacyjnej [4]. W celu sprawdzenia czy spełnione jest potencjałowe kryterium ochrony rurociągu, należałoby wykonać pomiary w każdym miejscu uszkodzenia jego powłoki. Jest to wymóg nie realizowalny w praktyce. Stosowane są więc inne metody, które według współczesnej wiedzy określają z najlepszym przybliżeniem potencjał wolny od składowej omowej, jednakże brak jest metody uniwersalnej.

Ocenę skuteczności ochrony katodowej rurociągów podziemnych przeprowadza się na podstawie pomiaru potencjału E_p wolnego od składowej omowej IR. Pomiar potencjału E_p

rurociągu wykonuje się powszechnie stosując metodę wyłączeniową, w której przyjmuje się, że potencjał E_{wyl} zmierzony w czasie krótszym od 1 s od momentu równoczesnego wyłączenia wszystkich źródeł polaryzujących badany odcinek rurociągu odpowiada potencjałowi polaryzacji E_p . Jeżeli w miejscu wykonywania pomiaru występują w ziemi spadki napięcia wywołane przez obce źródła prądu lub powstają spadki napięcia na skutek pojawienia się prądów wyrównawczych, to wówczas potencjał wyłączeniowy nie jest równy potencjałowi polaryzacyjnemu rurociągu. Prądy wyrównawcze powstają w chwili wyłączenia ochrony katodowej, na skutek wyrównywania potencjałów pomiędzy różnie spolaryzowanymi miejscami na rurociągu. Mierzone na powierzchni ziemi wartości potencjałów wyłączeniowych mogą być więc, w zależności od kierunku przepływu prądu, mniejsze lub większe od rzeczywistych. W obszarach gorzej spolaryzowanych, do których prąd wyrównawczy wpływa, są one bardziej elektroujemne niż w rzeczywistości, a w obszarach lepiej spolaryzowanych, z których prąd wypływa - bardziej elektrododatnie. Błąd pomiaru jest tym większy im dalej od rurociągu umieszczona jest elektroda odniesienia.

Potencjał polaryzacyjny E_p , wolny od omowego spadku napięcia IR wywołanego prądem ochrony oraz prądami wyrównawczymi, można jednakże obliczyć mierząc metodą wyłączeniową potencjały rurociągu E_{zal} i E_{wyl} , oraz napięcie U_{zal} i U_{wyl} między dwoma elektrodami, umieszczanymi na powierzchni ziemi, na kierunku poprzecznym do trasy rurociągu, rys. 1.



Rys. 1. Układ pomiarowy dla wyznaczenia potencjału rurociągu i spadków napięć. 1 - elektroda, 2 - miernik, 3 - rurociąg, 4 - uszkodzenie powłoki, 5 - potencjał zał./wyl., 6 - spadek napięcia zał./wyl.

Napięcie U jest proporcjonalne do omowego spadku napięcia IR . Wielkości tej nie można zmierzyć, odpowiada ona jednak zawsze ilorazowi różnicy potencjału załączeniowego i polaryzacyjnego oraz różnicy potencjału wyłączeniowego i polaryzacyjnego [7]:

$$\frac{U_{zal}}{U_{wyl}} = \frac{IR_{zal}}{IR_{wyl}} = \frac{E_{zal} - E_p}{E_{wyl} - E_p} \quad (1)$$

Najbardziej rozpowszechnione techniki monitorowania zagrożenia korozyjnego oraz skuteczności ochrony katodowej rurociągów podziemnych należą do tzw. grupy pomiarów intensywnych. Pomiary intensywne to nazwa metod polegających na pomiarze wzdłuż rurociągu potencjału rurociągu i spadku napięcia na powierzchni ziemi w pobliżu osi rurociągu, w niewielkich odległościach od siebie (Intensivmessung, CIPS - close interval

potential survey, techniki łączone - DSVG/CIPS). Służą one do wykrywania miejsc uszkodzeń powłoki izolacyjnej rurociągów oraz oceny skuteczności działania ochrony katodowej. W pomiarach intensywnych stacje ochrony katodowej są synchronicznie załączane i wyłączane. Wykorzystuje się do tego specjalne urządzenia synchronizujące, wykorzystujące zegary kwarcowe, radiowy sygnał czasu (DCF77) lub satelitarne sygnały systemu GPS. Opracowano systemowo kilka technik pomiarowych. Poniżej omówiono techniki pomiarowe powszechnie stosowane w Niemczech.

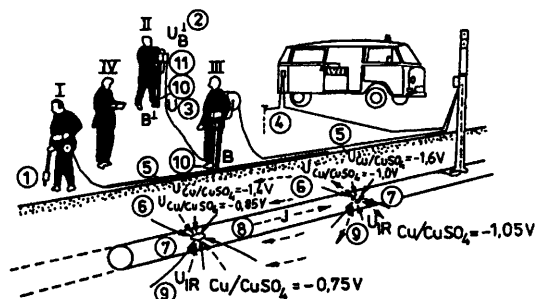
2.1. Techniki pomiarów intensywnych

Według DIN 50925 [5,6,7] możliwe są trzy techniki pomiarów potencjału wolnego od składowej IR:

- metoda wyłączeniowa,
- metoda pomiarów intensywnych (Intensivmessung),
- pomiary potencjału z użyciem sondy symulującej uszkodzenie powłoki izolacyjnej.

Konkretna metoda pomiaru wybrana zostaje po analizie czynników wpływających na poziom potencjału polaryzacyjnego. Metoda wyłączeniowa stosowana jest w przypadku katodowo chronionych rurociągów, gdy prowadzi do jednoznacznych wyników. Pomiary intensywne prowadzi się w przypadku, gdy metoda wyłączeniowa nie daje dostatecznych informacji o potencjale na odcinku rurociągu między punktami pomiarowymi. Pomiar potencjału z użyciem sondy symulującej stosowany jest lokalnie w rejonach występowania prądów błądzących.

Pomiary intensywne prowadzi się w Niemczech od początku lat siedemdziesiątych. Zasadę przeprowadzenia pomiarów (metoda 2 - elektrodowa) przedstawia rys. 2 [7].



Rys. 2. Układ pomiarowy dla wyznaczenia potencjału rurociągu i spadków napięć w rejonie miejsca uszkodzenia powłoki izolacyjnej. 1 - lokalizator rurociągu, 2 - pomiar spadku napięcia (zał. / wyl.), 3 - pomiar potencjału (zał. / wyl.), 4 - uziemienie lokalizatora, 5 - potencjał załączeniowy, 6 - potencjał wyłączeniowy, 7 - uszkodzenie powłoki, 8 - prąd w rurociągu, 9 - potencjał rurociągu wolny od składowej IR, 10 - elektroda odniesienia, 11 - wzmacniacz, ————— prąd ochrony, - - - - - prąd wyrównawczy

W metodzie 2 - elektrodowej mierzone są w każdym punkcie pomiarowym potencjały (załączeniowy i wyłączeniowy) rurociągu oraz spadki napięcia (załączeniowy i wyłączeniowy) na powierzchni ziemi w kierunku poprzecznym do trasy rurociągu, na stałej odległości. Urządzenia ochrony katodowej pracują w systemie: 12 s załączone / 3 s wyłączone.

Początkowo przeprowadzenie pomiaru wymagało udziału czterech osób. Osoba I lokalizowała przy pomocy lokalizatora trasę rurociągu i niosła taśmę mierniczą o długości 5 metrów. Osoba II mierzyła w celu zlokalizowania miejsc uszkodzenia powłoki rurociągu spadek napięcia na powierzchni ziemi między dwoma elektrodami odniesienia B i B'. Osoba III mierzyła potencjał rurociągu przy użyciu elektrody odniesienia B. Ponieważ dla pomiaru potencjału rurociągu konieczne jest przyłączenie do rurociągu, III niosła bęben z kablem pomiarowym dołączonym do rurociągu. Osoba IV kierowała zespołem pomiarowym, oceniała wyniki pomiarów i prowadziła protokół pomiarowy. Obecnie do pomiarów używa się specjalizowanych rejestratorów, co pozwala na zmniejszenie liczności zespołu pomiarowego.

Potencjał rurociągu, wolny od składowej omowej, wyznacza się z równania (1) w postaci :

$$E_p = E_{wyl} - U_{wyl} \frac{E_{zał} - E_{wyl}}{U_{zał} - U_{wyl}} \quad (2)$$

gdzie :

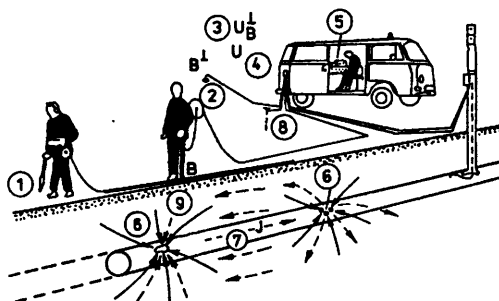
E_p - potencjał wolny od składowej omowej

$E_{zał}$, E_{wyl} - potencjały zmierzone elektrodą umieszczoną nad rurociągiem przy załączonym i wyłączonym prądzie ochrony

$U_{zał}$, U_{wyl} - napięcia przy załączonym i wyłączonym prądzie ochrony.

Zaletą metody 2 - elektrodowej jest proste przeprowadzanie pomiarów poprzez bezpośrednie rejestrowanie wartości mierzonych.

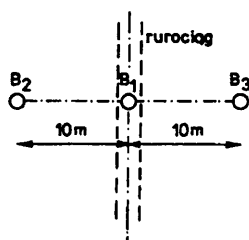
Wadą metody 2- elektrodowej jest konieczność bezpośredniego przyłączenia się do rurociągu w słupku pomiarowo - kontrolnym, co wymaga stosowania długich kabli (min. połowa odległości między dwoma słupkami pomiarowo - kontrolnymi). Kłopotliwe jest przekraczanie przeszkód terenowych (drogi, tory, itp.) oraz prowadzenie pomiarów na obszarze zabudowanym.



Rys. 3. Uproszczony układ do pomiarów intensywnych. 1 - lokalizator, 2 - elektroda odniesienia (ziemia odniesienia), 3 - pomiar spadku napięcia (zał. / wyl.), 4 - pomiar potencjału (zał. / wyl.), 5 - wzmacniacz, 6 - uszkodzenie powłoki, 7 - prąd w rurociągu, 8 - uziemienie lokalizatora, 9 - elektroda odniesienia, ——— prąd ochrony, - - - - - prąd wyrównawczy

Uproszczenie opisanej metody (odpada osoba II) osiąga się poprzez umieszczenie drugiej elektrody odniesienia w rejonie ziemi dalekiej (50 - 100 metrów od rurociągu), rys. 3. Takie odległe umieszczenie elektrody odniesienia sprawia, że napięcie mierzone między elektrodami B i B' zawierać może składowe związane z występowaniem pola elektrycznego zakłócającego, powodując błędną ocenę potencjału polaryzacyjnego E_p .

Metoda 3 - elektrodowa jest modyfikacją metody dwuelektrodowej. W metodzie tej wykonuje się równocześnie pomiary potencjału elektrodą odniesienia B_1 umieszczaną nad rurociągiem oraz pomiar napięć między elektrodami B_1 i B_2 oraz B_1 i B_3 . Elektrody B_2 i B_3 umieszcza się symetrycznie po obu stronach rurociągu w odległości około 10 metrów od jego osi, rys. 4 [8].



Rys. 4. Sposób umieszczenia elektrod na powierzchni ziemi przy wykonywaniu pomiaru potencjału metodą 3 - elektrodową.

Wpływ obcych spadków napięcia w ziemi można wyeliminować biorąc do obliczeń średnią z wartości napięć. Potencjał rurociągu, wolny od składowej omowej, wyznacza się obliczeniowo z zależności (2).

Metoda 3 - elektrodowa nie może być stosowana w przypadkach:

- gdy źródło prądów błądzących znajduje się blisko miejsca wykonywania pomiaru,
- oddziaływanie prądów błądzących ma charakter silnie dynamiczny,
- w pobliżu galwanicznego połączenia rurociągu z obcą konstrukcją metalową.

Zaletą metody 3 - elektrodowej jest możliwość przeprowadzania pomiarów intensywnych w przypadku rurociągów ułożonych równolegle, gdzie obecność sąsiedniego rurociągu silnie zakłóca stożek napięciowy po jednej stronie badanego rurociągu.

Wadą metody 3 - elektrodowej jest konieczność udziału w pomiarach stosunkowo licznej grupy pomiarowej. Również wykonanie pomiarów napięcia po obu stronach rurociągu może być kłopotliwe w trudnym terenie, co powoduje niską dzienną wydajność pomiarów.

Kolejną metodą stosowaną w pomiarach intensywnych jest metoda dodawania napięć (Additionsverfahren). Pozwala na obliczeniowe wyznaczenie potencjału i stożka napięciowego na podstawie pomiarów napięcia przeprowadzanych wzdłuż trasy rurociągu, rys. 5.

tylko składową poziomą omowego spadku napięcia między tymi punktami. Jest ona równa napięciu U_B ", które mierzy się między elektrodami odniesienia B_1 i B_2 .

Potencjał w punkcie B_2 daje się zatem wyznaczyć ze zmierzonego w punkcie B_1 potencjału oraz zmierzonego między punktami B_1 i B_2 napięcia U_B ":

$$E_{2\text{zał}} = E_{1\text{zał}} + U_B \quad (5)$$

Zatem potencjał załączeniowy rurociągu w dowolnym punkcie daje wyznaczyć się na podstawie znajomości potencjału w punkcie bazowym po dodaniu odpowiedniego spadku napięcia.

W analogiczny sposób wyznacza się metodą dodawania napięć potencjał wyłączeniowy rurociągu.

Potencjał E_p rurociągu wyznacza się następnie obliczeniowo ze wzoru (2).

2.2. Aparatura i oprogramowanie

Zastosowanie komputerowych przyrządów pomiarowych w pomiarach intensywnych jest niezbędne ze względu na konieczność rejestrowania znacznej liczby danych pomiarowych. Cały proces pomiarowy, poczynając od przeprowadzenia pomiarów, poprzez opracowanie i analizę wyników pomiarów do sporządzenia dokumentacji pomiarowej powinien odbywać się automatycznie. Podczas pomiarów powinna istnieć możliwość pracy z komputerem pomiarowym w systemie dialogowym.

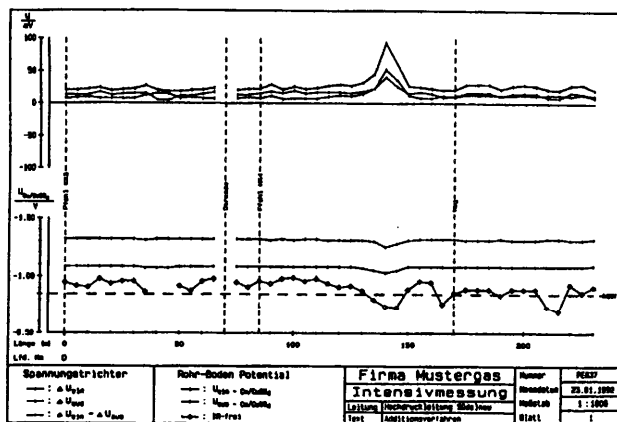
W praktyce pomiarów intensywnych w Niemczech powszechne jest stosowanie przenośnego rejestratora danych (właściwie systemu rejestracji danych) MoData (Mobile Datenerfassung) [15].

MoData jest specjalizowanym, kompatybilnym z MS_DOS, przenośnym komputerem zasilanym bateryjnie. Jest on zintegrowany z wielofunkcyjnym przekładnikiem, pozwalającym zarejestrować wszystkie istotne wielkości pomiarowe bez potrzeby stosowania dodatkowych urządzeń pomiarowych. MoData umożliwia pomiary potencjałów, prądów, napięć mikrowoltowych, oraz rezystancji. Klasa dokładności przekładnika wielofunkcyjnego odpowiada klasie dotychczas stosowanych urządzeń pomiarowych. Pamięć operacyjna komputera (1 MB) wystarcza na zapamiętanie pomiarów w 5000 punktów (z opisem punktu i wszystkimi danymi pomiarowymi) lub na przeprowadzenie pomiarów intensywnych na drodze około 90 km.

Dane pomiarowe mogą zostać zapamiętywane w pamięci danych lub przesyłanie przez złącze szeregowe do komputera PC w celu dalszego przetworzenia danych. Program Nachmess 2.0 służy do opracowania wyników pomiarów kontrolnych na rurociągu. Dla każdego punktu pomiarowego może zostać sporządzony protokół zawierający numer, typ, umiejscowienie, kilometr, potencjał rurociągu, rezystancję powłoki izolacyjnej i prąd odcinka rurociągu oraz komentarz. Możliwe jest graficzne przedstawienie wyników pomiarów, a ocenę czasowych zmian parametrów pomiarowych umożliwia zestawienie porównawcze aktualnych wyników z danymi archiwalnymi.

Oprogramowanie IntMobil urządzenia MoData pozwala na rejestrowanie wyników pomiarów intensywnych wykonywanych metodami: IFO, 2-elektrodową, 3-elektrodową oraz dodawania napięć. Program Intmess2.0 umożliwia przetwarzanie i analizę wyników pomiarowych. Możliwa jest graficzna wizualizacja rozkładu napięć, potencjałów, obliczonych potencjałów wolnych od składowej IR wzdłuż badanego rurociągu.

Rys.7 przedstawia przykładowy wydruk rozkładu napięć i potencjałów (załączeniowych i wyłączeniowych) zarejestrowanych wzdłuż rurociągu metodą dodawania napięć oraz obliczony potencjał wolny od składowej IR.



Rys. 7. Graficzna prezentacja wyników pomiarów intensywnych

Obecnie nie ma problemu z zakupem aparatury kontrolno-pomiarowej, rejestrującej i przetwarzającej do prowadzenia pomiarów intensywnych. Brak jest jednakże aparatury krajowej, a praktycznie dostępna jest tylko aparatura zachodnia. Jedyną barierą utrudniającą pozyskanie aparatury jest jej wysoki koszt. Przykładowo przenośny przyrząd rejestrowania danych pomiarowych MoData z pamięcią 1 MB wraz z zasilaczem do ładowania baterii NiCd to koszt ok. 4000 DM, a program IntMess 2.0 do oceny i przetwarzania danych przy prowadzeniu pomiarów intensywnych kosztuje ok. 7000 DM.

W kraju prowadzi się również prace związane z techniką pomiarów intensywnych. Między innymi opracowano oprogramowanie przydatne w procesie monitoringu podziemnych rurociągów. W [16] zaprezentowano uniwersalny program komputerowy do gromadzenia danych, analizy i prezentacji graficznej wyników pomiarów intensywnych na rurociągach podziemnych. Umożliwia on analizę wyników uzyskanych metodą wyłączeniową, przełączeniową i przełączeniowo-wyłączeniową. Wyniki mogą być analizowane na ekranie monitora, a następnie drukowane w postaci wykresów. Program przystosowany jest do stosowania na komputerach klasy PC pracujących z systemem operacyjnym DOS. Program może posługiwać się danymi uzyskanymi z pomiarów intensywnych tj. potencjałami oraz napięciami przy wyłączonej i załączonej stacji ochrony katodowej, zarejestrowanymi wzdłuż badanego rurociągu. Na podstawie danych program:

- oblicza rzeczywistą wartość potencjału rurociągu bez omowego spadku napięcia IR,
- porównuje obliczony potencjał z wartościami przyjętymi za kryterium ochrony i tym samym określa zakres prawidłowego funkcjonowania instalacji ochrony katodowej,
- określa miejsca lokalnie zagrożone korozją lub miejsca z uszkodzoną izolacją przeciwkorozyjną i tym samym wskazuje położenie uszkodzeń wymagających naprawy,
- ustala kierunek przepływu prądu między poszczególnymi odcinkami rurociągu,
- porównuje dane uzyskiwane na tym samym obiekcie w różnym czasie.

Program umożliwia wykonywanie raportów z różnorodnym sposobem prezentacji otrzymanych wyników. Istnieje możliwość graficznej prezentacji między innymi :

- profilu potencjałowego wzdłuż rurociągu,
- spadków napięć (wyłączeniowych, załączeniowych i przełączeniowych).

W pracy [17] opisano przydatny w procesie monitoringu podziemnych rurociągów program gromadzenia i przechowywania danych eksploatacyjnych podziemnych rurociągów chronionych katodowo. Poprzez wykorzystanie bazy danych Microsoft Access opracowany program umożliwia łatwy i szybki dostęp do wprowadzanych informacji i wyników pomiarów oraz przygotowywanie dokumentacji w atrakcyjnej i przejrzystej formie. Program może być uruchamiany na komputerach klasy PC z systemem operacyjnym MS_DOS wersja 3.1 lub wyższa, z zainstalowanym Microsoft Windows w.3.0 lub wyższa oraz aplikacją Microsoft Access.

Instytut Elektrotechniki Przemysłowej Politechniki Poznańskiej prowadzi również od szeregu lat prace nad wprowadzeniem i wdrożeniem techniki mikroprocesorowej w praktyce prądów błędzących i ochrony katodowej. Opracował między innymi rejestrator MC 310 zbudowany na bazie mikroprocesora pomiarowego, wyposażony w elektroniczną pamięć danych z podtrzymaniem baterijnym. Rejestrator umożliwia pomiar napięć stałych i wolnozmiennych w dwóch kanałach, z częstotliwością próbkowania wybieraną przez użytkownika z zakresu od 10 Hz do 0,1 Hz. Zakresy napięciowe kanałów: $\pm 2,5$ V oraz $\pm 25,0$ V, przy impedancji wejściowej 1 M Ω . Rejestrator posiada oprogramowanie. Przy jego pomocy można zaprogramować parametry pracy, odczytać binarnie zarejestrowane dane oraz zapisać je do zbioru na dysk. Programowanie parametrów pracy rejestratora, podobnie jak odczyt z pamięci buforowej, odbywa się przez interfejs szeregowy RS 232. Rejestrator użyty być może do pomiarów potencjałów konstrukcji przy zastosowaniu metody wyłączeniowej. Specjalizowany program komputerowy ANKOP-1 analizuje, interpretuje i wizualizuje wyniki pomiarów potencjałów [18]. Podczas przeprowadzania pomiarów potencjałów metodą wyłączeniową, zastosowany być może układ zdalnego sterowania pracą stacją ochrony katodowej. Układ ten wykorzystuje do załączania i odłączania stacji odbiornik pracujący w ogólnopolskim systemie przywoławczym Polpager. Sterowanie pracą stacji odbywa się drogą radiową i daje możliwość synchronizacji z punktu widzenia metody wyłączeniowej [19]. Kontynuowane są prace nad konstruowaniem nowych mikroprocesorowych rejestratorów oraz ich oprogramowaniem [20,21].

3. Uwagi końcowe

1. Nowoczesne systemy monitorowania ochrony przeciwkorozyjnej rurociągów stosowane są w krajach zaawansowanych technologicznie. Wprowadzenie ich w kraju do powszechnej praktyki ochrony katodowej jest nieuniknione.
2. Do oceny zabezpieczenia przeciwkorozyjnego rurociągów, tj., zarówno jakości izolacji jak również skuteczności ochrony katodowej, należy zalecić stosowanie pomiarów intensywnych metodą 2- lub 3-elektrodową.
3. Konieczne jest prowadzenie w kraju dalszych prac nad upowszechnianiem i wdrażaniem nowoczesnych metod monitorowania efektywności ochrony elektrochemicznej podziemnych rurociągów oraz opracowaniem aparatury do przeprowadzania pomiarów intensywnych i oprogramowania wyników pomiarów.

Literatura

1. Juchniewicz R.: Aspekty gospodarcze i ekologiczne korozji. Ochrona przed Korozją, 11, 1994, s. 243-245
2. Harvey D.W.: Maintaining integrity on buried pipelines. Materials Performance 33, (8), 1994, pp. 22-27

3. Juchniewicz R., Sokółski W. Krytyczna analiza współczesnych technik monitorowania zagrożenia korozyjnego rurociągów. *Pomiary Korozyjne w Ochronie Elektrochemicznej*, 12-14.06.1996, Jurata, s. 19-31
4. Sokółski W. Aktualne problemy ochrony katodowej rurociągów. *Pomiary Korozyjne w Ochronie Elektrochemicznej*, 2-4.06.1998, Jurata, s. 19-26
5. Prinz W. Fehlstellenortung und Potentialmessung bei erdverlegten Rohrleitungen. *3R international*, 20, 9, 1981, s. 498-503
6. DIN 50925 Nachweis der Wirksamkeit des kathodischen Korrosionsschutzes erdverlegter Anlagen, 1992
7. Leitfaden der Meßtechnik für den kathodischen Korrosionsschutz. Studienkomitee für Korrosion und Korrosionsschutz von Rohrleitungen. ÖVGW, Wien, 1994
8. Rozwadowski J., Sokółski W. : Wykorzystanie metody pomiarów intensywnych do wyznaczania potencjału zespołu rurociągów. *Pomiary Korozyjne w Ochronie Elektrochemicznej*, 12-14.06.1996, Jurata, s. 77 - 84
9. Gajer F. Nowa filozofia i praktyczne rozwiązanie ochrony przeciwkorozyjnej. *Pomiary Korozyjne w Ochronie Elektrochemicznej*, 2-4.06.1998, Jurata, s. 219-224
10. Szalai I. Intensive measurement with GPS position finding. 7th International Workshop Corrosion Protection of Underground Structures, Praha, 1-2. 12. 1998, s. 1-4
11. Wiński J. Praktyczne zastosowanie metody DSVG w badaniach stanu powłok izolacyjnych gazociągów. *Pomiary Korozyjne w Ochronie Elektrochemicznej*, 2-4.06.1998, Jurata, s. 197-205
12. Micko F. Efektywna ocena skuteczności ochrony katodowej gazociągów stalowych. *Pomiary Korozyjne w Ochronie Elektrochemicznej*, 2-4.06.1998, Jurata, s. 45-52
13. Micko F. Posouzení ucinnosti protikorozi ochrany plynovodu systemem Mirianvad. 7th International Workshop Corrosion Protection of Underground Structures, Praha, 1-2.12.1998, s. 1-10
14. Polak J., Veleta P., Mrazek J., Cech K. Nekolik poznamek k intenzivnim metodam stanoveni kvality izolace potrubí. 7th International Workshop Corrosion Protection of Underground Structures, Praha, 1-2.12.1998, s. 1-6
15. MoData. Mobile Messdatenerfassung. Intensivmessung und Überwachungsmessung. Weilekes Elektronik GmbH, Gelsenkirchen
16. Sawuk P., Sokółski W. Komputerowy program do analizy pomiarów intensywnych na rurociągach podziemnych. *Pomiary Korozyjne w Ochronie Elektrochemicznej*, 12-14.06.1996, Jurata, s. 85-90
17. Bieniecka A., Sokółski W. Komputerowa baza eksploatacyjnych danych ochrony katodowej rurociągów. *Pomiary Korozyjne w Ochronie Elektrochemicznej*, 12-14.06.1996, Jurata, s. 121-126
18. Kozłowski J., Machczyński W. Mikroprocesorowa technika pomiarowa w ochronie elektrochemicznej. *Pomiary Korozyjne w Ochronie Elektrochemicznej*, 12-14.06. 1996, Jurata, s. 167-172
19. Kozłowski J., Machczyński W. Układ zdalnego sterowania stacją ochrony katodowej dla potrzeb metody wyłączeniowej pomiaru potencjału. *Pomiary Korozyjne w Ochronie Elektrochemicznej*, 2-4.06. 1998, Jurata, s. 39-44
20. Kozłowski J., Machczyński W., Pazoła R. Dwukanałowy rejestrator cyfrowy z pamięcią wewnętrzną. *Pomiary Automatyka Kontrola*, nr 9, 1997 s. 266 - 269
21. Kozłowski J., Machczyński W., Pazoła R. Mikroprocesorowy rejestrator napięć wolnozmennych. *Pomiary Automatyka Kontrola*, nr 1, 1999 s. 5 - 8