



**WYKORZYSTANIE TYPOWEJ SONDY POMIAROWEJ DO OCENY  
ZAGROŻENIA KOROZYJNEGO RUROCIĄGÓW**

**ASSESSMENT OF PIPELINE CORROSION HAZARD USING TYPICAL  
MEASURING PROBE**

**Maciej Markiewicz**

Instytut Górnictwa Naftowego i Gazownictwa, Kraków

Słowa kluczowe: potencjał, prąd, sonda pomiarowa

Keywords: potential, current, measuring probe

**Streszczenie**

Identyfikacja stref anodowych i katodowych na powierzchni podziemnej konstrukcji na podstawie pomiaru potencjału jest trudna i może być obciążona błędem. Dlatego pomiar potencjału uzupełnia się pomiarem prądu wpływającego do, lub wypływającego z konstrukcji. Stosuje się w tym celu typowe sondy pomiarowe o płaskich, kołowych powierzchniach styku z elektrolitem glebowym umieszczone na powierzchni ziemi. Płytki sondy tworzy ogniwo z defektem (defektami) w powłoce ochronnej rurociągu. Mierzy się prąd będący wypadkowym prądem ogniwa i prądu błędzącego polaryzującego powierzchnię płytki sondy. Przedmiotem pomiaru nie jest wartość bezwzględna prądu lecz przebieg jego zmian w czasie. Czas pomiaru winien wynosić minimum 15 minut.

**Summary:**

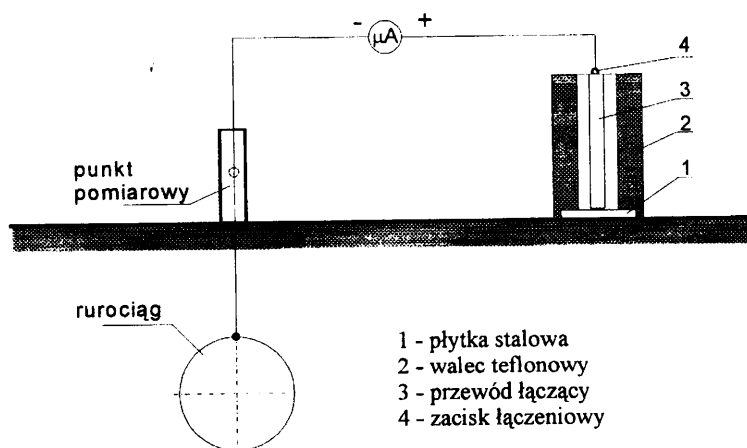
Identifying anodic and cathodic zones on the surface of underground structure using potential survey is difficult and may be erroneous. This is why a potential survey is complemented with the measurement of current coming into or going out of the structure. Typical measuring probes of round, flat contact plates are placed on the ground surface.

The plate which is cable connected with the pipeline forms a cell with the defect(s) in pipeline coating. The current measured is a resulting current of a cell and stray current polarising the probe's plate. The objective of the survey is not the value of the current but its alterations in time. A minimum survey time is 15 minutes.

### Wpływ polaryzacji omowej na wartość potencjału rurociągu

Pomiar potencjału podziemnej konstrukcji względem elektrody odniesienia umieszczonej w otaczającym elektrolicie jest powszechnie stosowanym pomiarem elektrycznym w badaniach zagrożenia korozyjnego i skuteczności ochrony katodowej. Ocena skuteczności ochrony katodowej jest jednoznaczna, ponieważ polega na porównaniu zmierzonej wartości potencjału z przyjętym potencjałowym kryterium ochrony, czyli najczęściej z wartością  $-0.850\text{V}$  lub  $-0.950\text{V}$  względem elektrody miedź/nasycony siarczan miedzi.

Prawidłowa ocena stopnia spolaryzowania katodowego konstrukcji wymaga wyeliminowania lub przynajmniej ograniczenia wpływu polaryzacji omowej na mierzoną wartość potencjału. Można to zrealizować kilkoma znanymi metodami, z których najchętniej stosowaną, choć najmniej doskonałą, jest technika chwilowego wyłączenia źródła prądu ochrony katodowej. Jeżeli konstrukcja podlega oddziaływaniu obcych prądów, np. wyrównawczych lub błądzących, to wyłączenie źródeł prądu ochrony katodowej nie eliminuje wszystkich spadków napięcia w obwodzie pomiarowym. Interpretacja wyników pomiarów jest wówczas mniej jednoznaczna.



Rys. 1. Zasada pomiaru prądu wpływającego do, lub wypływającego z rurociągu.

Rozwiązaniem jest zastosowanie wzorca pomiarowego lub elektrody symulacyjnej (rys. 1). Wzorec pomiarowy imitujący defekt w pokryciu ochronnym konstrukcji jest płytką wykonaną z materiału chronionej konstrukcji umieszczoną w tworzywie izolacyjnym w ten sposób, że tylko jedna, płaska, kołowa powierzchnia płytki jest odizolowana. Powierzchnią tą wzorec styka się z elektrolitem w pobliżu chronionej konstrukcji, z którą jest połączony przewodem elektrycznym, dzięki czemu podlega tym samym oddziaływaniom zewnętrznych prądów (ochrony katodowej i błądzących), którym podlega konstrukcja. W przypadku konstrukcji podziemnych, elektrody symulacyjne o powierzchniach płytek najczęściej  $1$ ,  $10$  i  $100\text{ cm}^2$  stosuje się bądź jako przenośne [1], do umieszczenia na po-

wierzchni ziemi podczas wykonywania pomiaru, bądź jako stałe, zainstalowane pod ziemią w wybranych miejscach w pobliżu chronionej konstrukcji [2, 3, 4, 5]. Pomiar potencjału płytki wykonuje się bądź w warunkach połączenia płytki z chronioną konstrukcją [1, 2] bądź też w warunkach chwilowego odłączenia płytki od konstrukcji [3, 4, 5, 6].

Pomiary potencjałów rurociągów wykonuje się przeważnie w związku z badaniem skuteczności ochrony katodowej. W przypadku konstrukcji niechronionych, narażonych na korozyjne skutki oddziaływania prądów błędzących, może zachodzić potrzeba oceny zagrożenia korozyjnego, czyli określenie poziomu odniesienia dla ewentualnej przyszłej ochrony katodowej. Eliminacja składowej omowej byłaby w tym przypadku celem samym w sobie, pozbawionym praktycznego wymiaru. Poziomem odniesienia dla ewentualnej przyszłej ochrony katodowej jest bowiem istniejący rzeczywisty stan zagrożenia korozyjnego konstrukcji, czyli stan spowodowany oddziaływaniem prądów błędzących. Celem pomiarów jest lokalizacja stref katodowych i anodowych na konstrukcji czyli uzyskanie informacji o prądzie błędzącym wpływającym do lub wypływającym z konstrukcji. Informacja ta jest pośrednio zawarta w mierzonej wartości potencjału.

Jednak znaczne zróżnicowanie wartości potencjałów spoczynkowych oraz możliwość niezauważenia udziału polaryzacji omowej w mierzonej wartości potencjału znacznie utrudniają identyfikację stref anodowych i katodowych na konstrukcji. Przy potencjale stałego rurociągu wahającym się w zakresie np. od  $-0.62$  do  $-0.64$  V względem elektrody  $\text{Cu}/\text{CuSO}_4$ , może w danym miejscu istnieć trwała strefa anodowa. Natomiast potencjał wahający się w granicach np. od  $-0.38$  V do  $-0.58$  V może świadczyć o okresowo występującej strefie katodowej w danym miejscu rurociągu, przy potencjale spoczynkowym  $-0.38$  V. Aby się nie pomylić w identyfikacji stref należy przyjmować szeroki margines bezpieczeństwa. W praktyce oznacza to, że strefę anodową można przyporządkować potencjałom mniej ujemnym od  $-0.35$  V względem elektrody  $\text{Cu}/\text{CuSO}_4$  a strefę katodową – potencjałom bardziej ujemnym od  $-0.75$  V. Wartości potencjałów stałej konstrukcji mieszczące się w zakresie od  $-0.35$  do  $-0.75$  V nie nadają się jednak do jednoznacznej interpretacji i jako takie nie mogą być wystarczającą podstawą oceny zagrożenia korozyjnego konstrukcji prądami błędzącymi. Celowym staje się wówczas pomiar drugiej wielkości elektrycznej, tj. prądu błędzącego wpływającego do lub wypływającego z konstrukcji.

### **Pomiar prądu wpływającego do lub wypływającego z rurociągu**

Pomysł mierzenia prądu wpływającego do lub wypływającego z konstrukcji nie jest nowy. Pojawił się on w ślad za wprowadzeniem elektrod symulacyjnych do pomiarów potencjałów w miejscach oddziaływania prądów błędzących.

Technika ta rozpowszechniła się w Czechosłowacji a następnie w Republice Czeskiej. W Polsce Instytut Górnictwa Naftowego i Gazownictwa od blisko 15 lat stosuje pomiary prądu płytka elektrody pomiarowej – rurociąg w badaniach skuteczności ochrony katodowej oraz zagrożenia korozyjnego. Metodyka pomiarów obejmująca zasadę, wykonanie i ocenę wyników została przedstawiona w Normie Branzowej nr 2302-01 z 1985r. [7] oraz na II Krajowej Konferencji n/t pomiarów korozyjnych w 1986r. [8]

Niniejszy artykuł służy przypomnieniu metody która w licznych przypadkach wykazała swoją przydatność.

Do pomiaru prądu wpływającego do lub wypływającego z rurociagu można wykorzystać przenośne elektrody symulacyjne, te same, które stosuje się w pomiarach potencjałów konstrukcji wykonywanych z ograniczeniem polaryzacji omowej [1, 2]. Ustawiając elektrodę symulacyjną na powierzchni ziemi i łącząc ją z rurociągiem poprzez mikroamperomierz, umieszcza się na powierzchni ziemi fikcyjny defekt w pokryciu ochronnym konstrukcji. Powierzchnia defektu jest równa powierzchni płytki elektrody symulacyjnej.

Na rys. 2 przedstawiono 3 sytuacje pomiarowe jakie występują w układzie płytka elektrody symulacyjnej – ziemia – rurociąg.

W sytuacji 2a prąd mierzony mikroamperomierzem jest tylko prądem obciążenia ogniwa elektrochemicznego, którego elektrodami są: powierzchnia płytki elektrody symulacyjnej oraz defekt lub kilka defektów w pokryciu ochronnym rurociagu położonych w pobliżu miejsca pomiaru. Określenie „poblize” jest względne, bowiem im mniejsza rezystywność gruntu tym bardziej odległe nieszczelności mogą się składać na elektrodę „rurociagową”.

Wartość prądu płytka elektrody – rurociąg określa zależność:

$$i_{p-g} = \frac{U - U_e}{R_u + R_e + R_m + R_l} = \frac{U - U_e}{\sum R} \quad (1)$$

gdzie:

- $U$  – potencjał rurociagu względem elektrody Cu/CuSO<sub>4</sub>
- $U_e$  – potencjał płytki elektrody symulacyjnej względem elektrody Cu/CuSO<sub>4</sub>
- $R_u$  – rezystancja uziemienia rurociagu
- $R_e$  – rezystancja uziemienia płytki elektrody symulacyjnej,
- $R_m$  – rezystancja wewnętrzna miernika prądu
- $R_l$  – rezystancja przewodów łączących

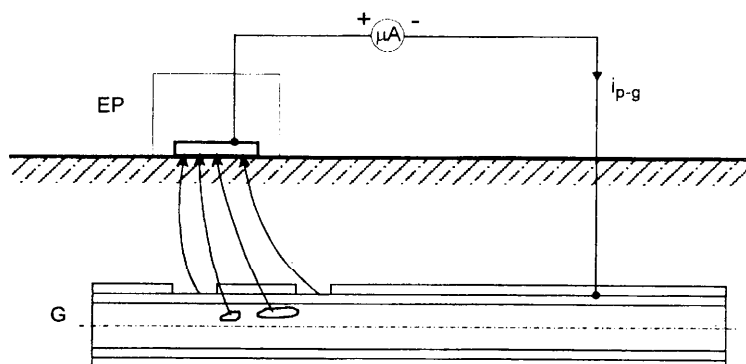
Bezpośrednio po ustawieniu elektrody na powierzchni ziemi potencjał płytki jest zwykle mniej ujemny od potencjału rurociagu, płytka jest więc katodą, rurociąg anodą, a prąd ogniwa płynie w kierunku zaznaczonym na rys. 2. Płytkę, która ma powierzchnię gładką, czystą i wyszlifowaną, szybko polaryzuje się ujemnie i po czasie 15 – 20 minut nieraz przyjmuje potencjał bardziej ujemny od potencjału rurociagu, stając się anodą ogniwa. Prąd zmienia wówczas kierunek i płynie od rurociagu do płytki.

Monotonicznym zmianom wartości potencjału płytki towarzyszą monotoniczne zmiany prądu ogniwa zgodnie z zależnością (1). Potencjał płytki stabilizuje się na ogół w czasie od 15 minut do 1 godziny. Po tym czasie prąd  $i_{p-g} = \text{const.}$

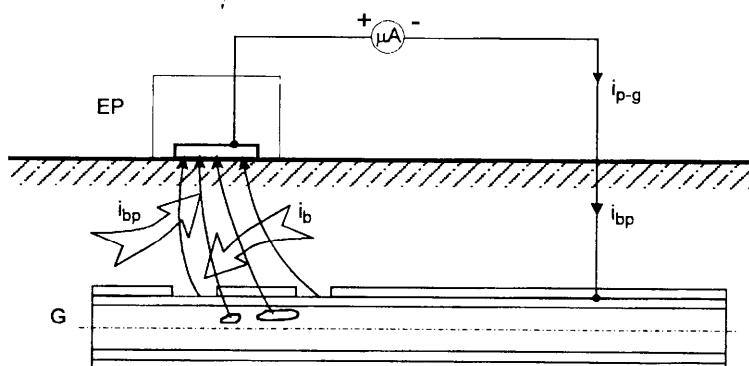
Zakłócenie monotonicznego przebiegu  $i_{p-g} = f(t)$  (rys. 2b i c) jest dowodem oddziaływania prądu błędącego na płytkę elektrody, a tym samym na rurociąg w danym miejscu. Możliwe są dwie sytuacje:

- 1) o kierunku przepływu prądu płytka elektrody symulacyjnej – rurociąg nadal decyduje różnica potencjałów pomiędzy płytką a rurociągiem. Biegunowość prądu nie zmienia się więc, a w jego przebiegu czasowym dają się zaobserwować mniej lub bardziej gwałtowne wahania spowodowane wpływającym do, względnie wypływającym z płytki prądem błędzącym,

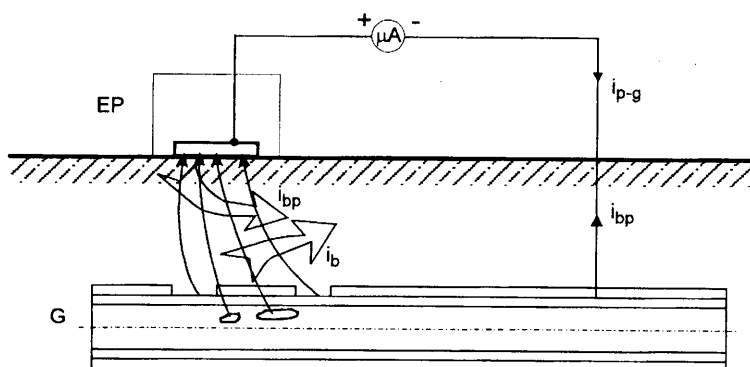
Rys. 2. Schemat przepływu prądów pomiędzy płytką elektrody pomiarowej EP i gazociągiem G.



a) brak oddziaływania prądów błędnych;  $i_{p-g}$  - prąd ogniwa elektrochemicznego



b) strefa katodowa na gazociągu;  $i_b$  - prąd błędny wpływający do gazociągu z ziemi;  $i_{bp}$  - prąd błędny wpływający do gazociągu poprzez płytkę elektrody pomiarowej.



c) strefa anodowa na gazociągu;  $i_b$  - prąd błędny wypływający z gazociągu do ziemi;  $i_{bp}$  - prąd błędny wypływający z gazociągu poprzez płytkę elektrody pomiarowej.

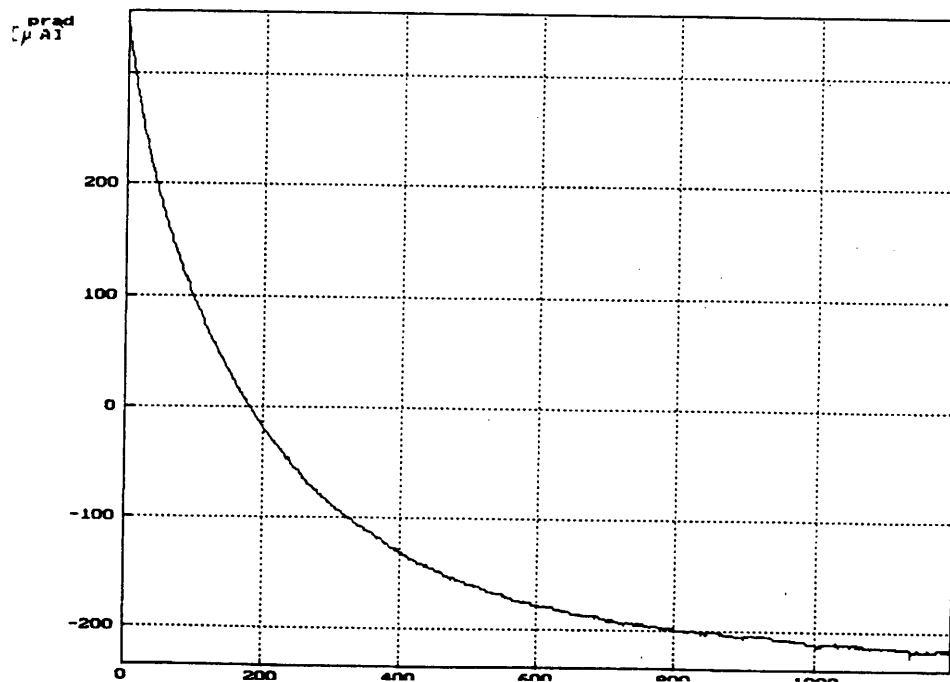
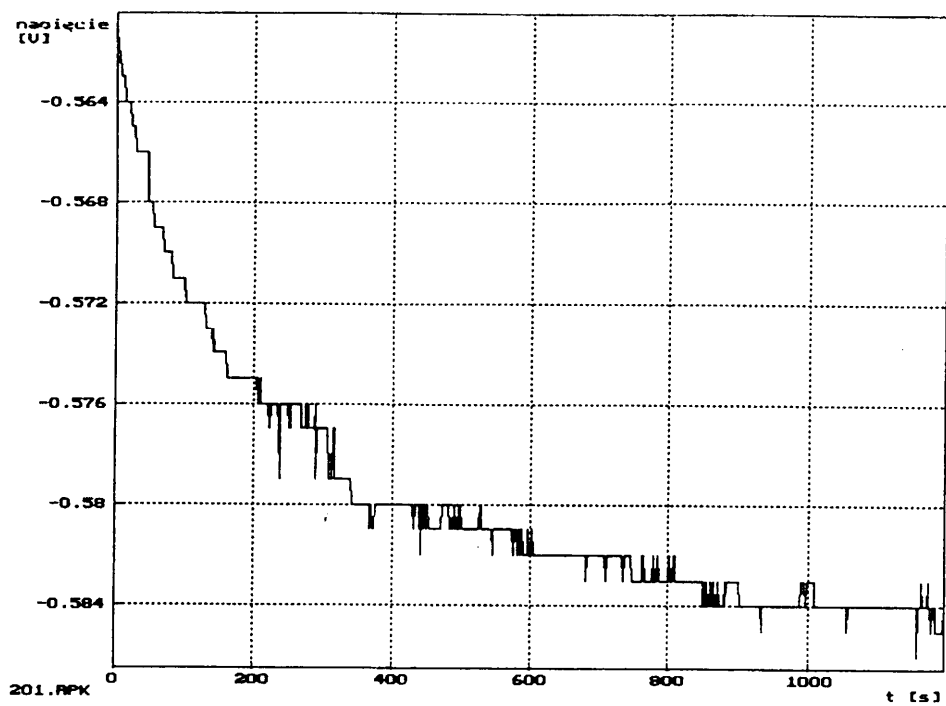
- 2) prąd błędzący jest na tyle duży, że zaczyna decydować o kierunku przepływu prądu pomiędzy płytką a rurociągiem; jest to np. przypadek silnej strefy anodowej na rurociągu, kiedy przy  $U_e > U_g$  :  $|i_{bp}| > |i_{p-g}|$

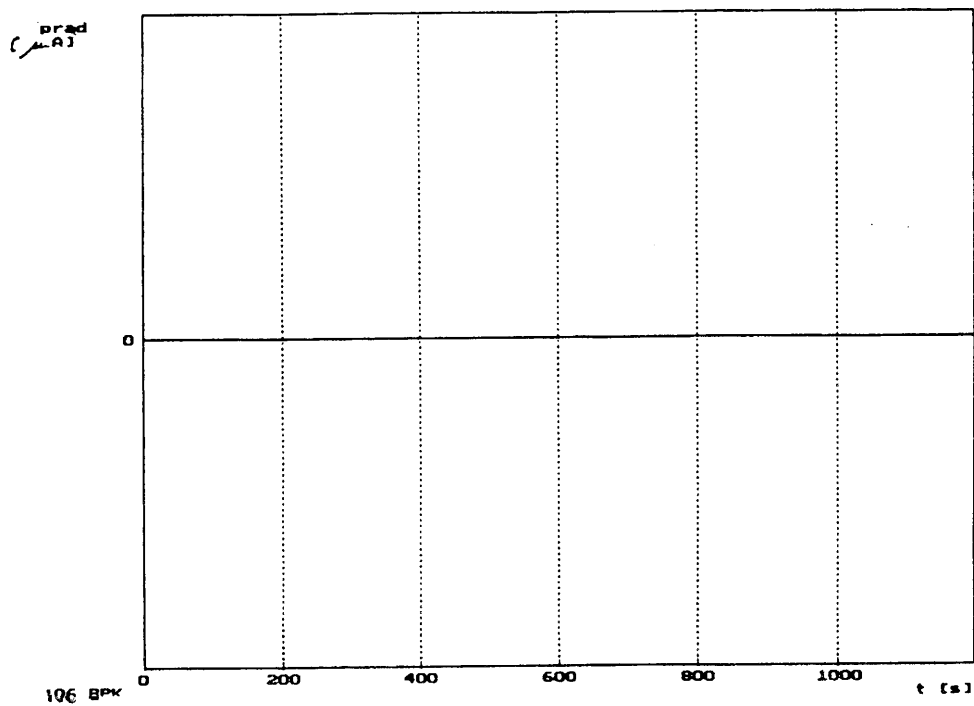
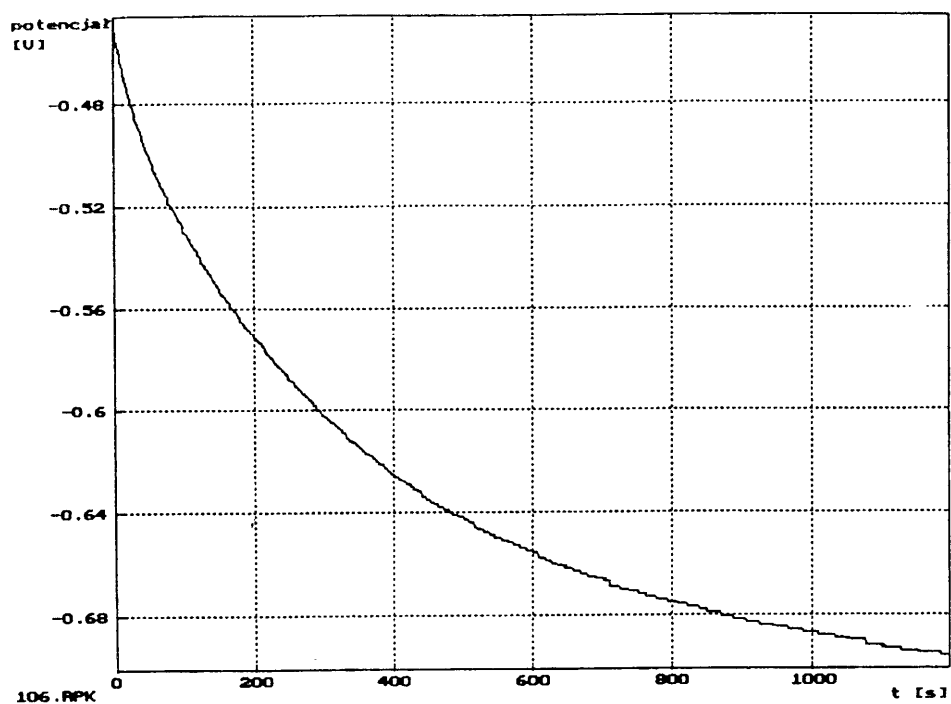
Jeżeli w pobliżu miejsca ustawienia elektrody symulacyjnej nie ma defektów w powłoce ochronnej rurociągu, to nie ma warunków do powstania ogniwa płytka elektrody – defekt (prąd  $i_{p-g} = 0$ ). Przy pomocy elektrody odniesienia mierzy się wówczas przebieg potencjału polaryzacji płytki.

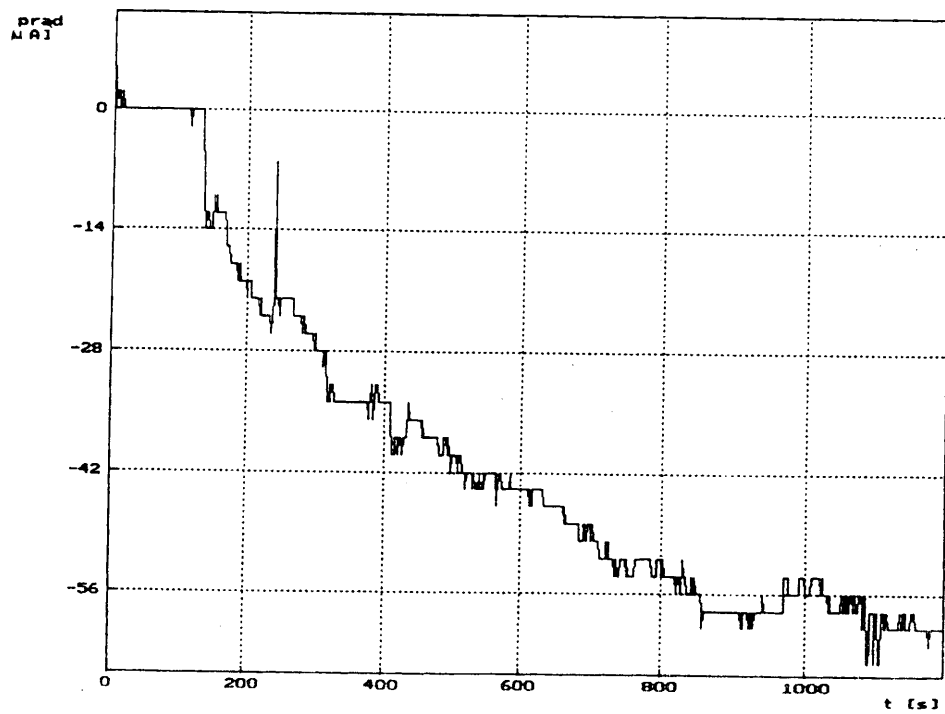
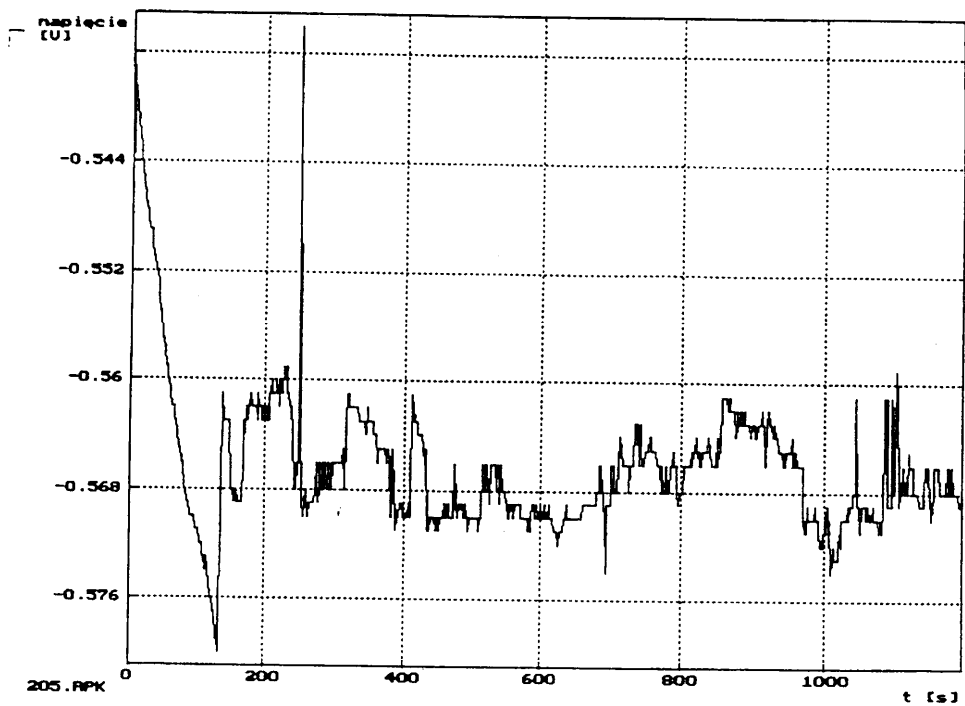
Jeżeli czynna powierzchnia defektu(ów) jest mała w porównaniu z powierzchnią płytki, a przy tym defekty są odległe od miejsca ustawienia elektrody odniesienia, to mimo istnienia ogniwa (prąd  $i_{p-g} \neq 0$ ), mierzony potencjał jest potencjałem płytki, a nie rurociągu.

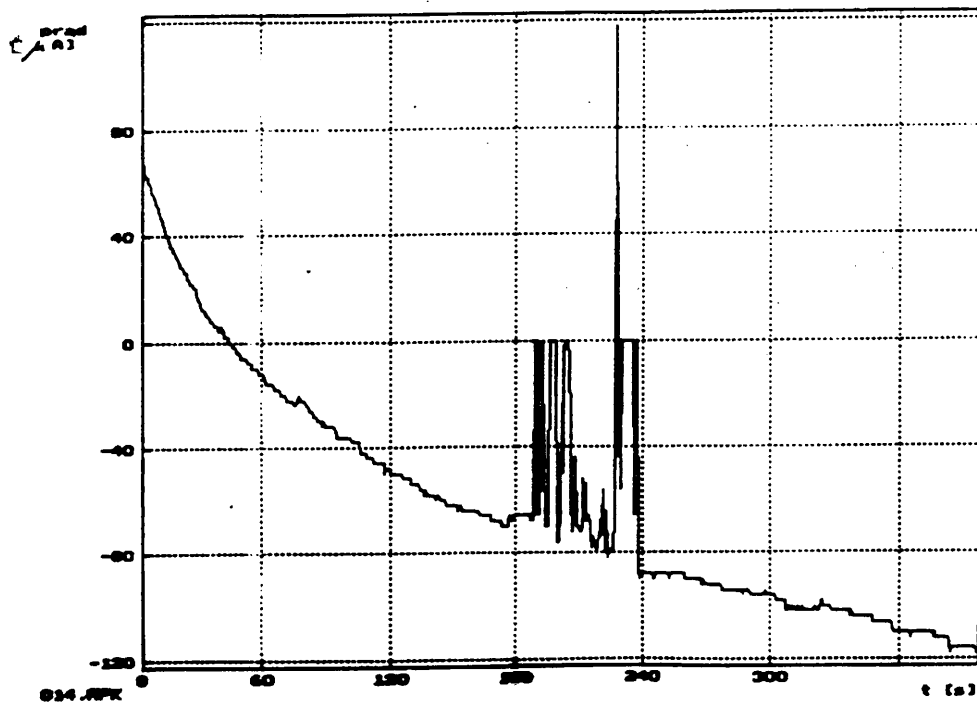
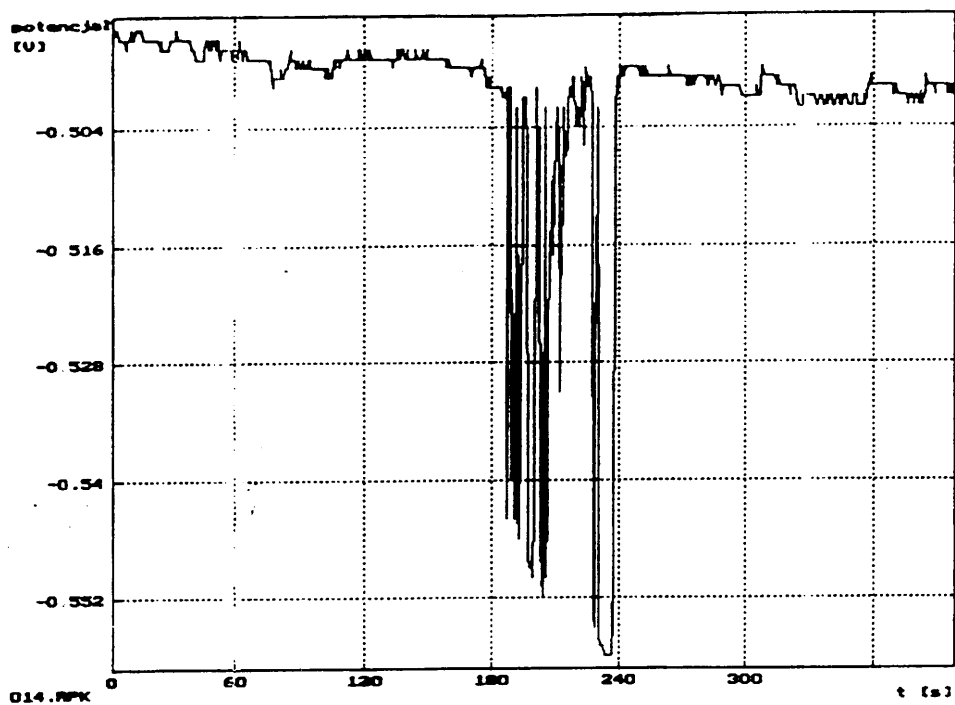
Prowadząc równoczesne pomiary potencjału rurociągu i prądu rurociąg – płytka elektrody symulacyjnej należy umieścić elektrodę Cu/CuSO<sub>4</sub> odpowiednio daleko od elektrody symulacyjnej, aby nie wpływała ona na pomiar potencjału rurociągu. Odległość 50 cm okazuje się zazwyczaj wystarczająca.

Przykładowe wyniki równoczesnych pomiarów potencjałów i prądów płytka elektrody pomiarowej – gazociąg przedstawiono na załączonych wykresach czasowych. Pomiary wykonano przy użyciu mikrokomputerowego rejestratora 3 kanałowego RPK 2000 produkcji firmy „JAK” z Gdańska.









## Literatura

1. Vavřina J., Mičko F.: „Snimaci elektroda pro měření polarizačního potenciálu kovových konstrukcí”. Patent ČSRS nr 182083.
2. Baeckmann W., Prinz W.G.: „New methods of Cathodic Potential Monitoring at Coating Holidays”, 15-th World Gas Conference, Lausanne, 1982.
3. Strizevski J.V., Rejzin V.L., Suris M.A., Filkestein A.B.: Korozja i zaštita w nieftiegazowej promyszlienosti, nr 4, 1973.
4. Polak J., Mrazek J.: „Zapojeni k měření účinnosti Katodické ochrany kovových úložných konstrukcí”, Patent ČSRS nr 169704.
5. Kasahara K., Sato T., Adachi H.: Materials Performance nr 3/1979.
6. Srebrakowski S.: Ochrona przed korozją. Nr 6/1983, s. 141.
7. BN-85/2320-01. Rurociągi stalowe układane w ziemi. Określenie zagrożenia korozyjnego.
8. Markiewicz M.: „Wykorzystanie wyników pomiarów prądów przepływających pomiędzy rurociągiem a ziemią do oceny zagrożenia korozyjnego i skuteczności ochrony katodowej rurociągów”. II Krajowa Konferencja „Pomiary korozyjne w ochronie elektrochemicznej”, Rzeszów, październik 1986.