

# Monitorowanie skuteczności ochrony katodowej techniką rezystometryczną

*Scharakteryzowano bliżej technikę korozymetrii rezystancyjnej w aspekcie jej wykorzystania do monitorowania skuteczności ochrony katodowej. Podano zasady jej stosowania oraz sposób ilościowego określania skuteczności ochrony na podstawie pomiarów liniowych ubytków korozyjnych metalu chronionego i niechronionego katodowo. Opisano wieloletnie doświadczenia eksploatacyjne SPZP Corropol w zakresie monitorowania ochrony katodowej techniką rezystometryczną w przemyśle krajowym na przykładzie dwóch elektrowni. Przedstawiono nowe rozwiązanie czujników rezystancyjnych, które pozwala na jednoczesne monitorowanie potencjału i szybkości korozji podziemnych konstrukcji stalowych.*

## *Monitoring of cathodic protection effectiveness by electrical resistance technique*

*In the paper the electrical resistance technique has been closer characterised with respect to the cathodic protection effectiveness monitoring. The principles of its using have been given as well as the method of quantitative determination of the protection level on the basis of the linear loss of a metal protected and not protected cathodically. The long-term exploitation experience of the SPZP Corropol in the field of cathodic protection monitoring by the electrical resistance technique has been described taking the two Polish power plants as an example. A new solution of electrical resistance probes has been presented that allows to monitor simultaneously both the potential and the corrosion rate of underground steel structures.*

## Wprowadzenie

Większość stosowanych obecnie systemów monitorowania ochrony katodowej bazuje na pomiarach potencjału zabezpieczanych konstrukcji metalowych realizowanych względem stacjonarnych lub przenośnych elektrod odniesienia. Ocena skuteczności ochrony dokonywana jest na podstawie arbitralnie ustalonych kryteriów potencjałowych najczęściej w dwóch kategoriach: osiągnięta lub nieosiągnięta założona wartość potencjału ochronnego.

Takie uproszczone podejście może wydawać się wygodne dla personelu nadzorującego pracę instalacji ochronnych, ale przy obecnym stanie wiedzy z zakresu kinetyki procesów korozji elektrochemicznej jest ono wysoce nieracjonalne [1]. Wiadomo, że szybkość korozji jest ciągłą a nie skokową funkcją potencjału i wobec tego każda, nawet niewielka polaryzacja katodowa powoduje jej wymierne zmniejszenie, które należałoby de facto kontrolować. Fakt, że nie próbuje się określać ilościowo stopnia hamowania korozji z pomiarów potencjału, wynika ze znacznego zróżnicowania charakterystyk polaryzacyjnych zabezpieczanych konstrukcji, które a priori nie są znane, zaś ich wyznaczenie wymagałoby każdorazowo dokonywania specjalistycznych pomiarów elektrochemicznych.

Rozwój technologii ochrony katodowej zmierza jednak wyraźnie w kierunku wprowadzenia nowych, bardziej racjonalnych kryteriów oceny jej skuteczności, ustalających dopuszczalną szybkość korozji zabezpieczanych konstrukcji. Pozwoliłoby to uniknąć trudności związanych z niejednoznaczną interpretacją wyników pomiarów potencjału, szczególnie przy oddziaływaniach zewnętrznych, np. prądów błędzących i wysokim udziale składowej omowej. Takie stanowisko znalazło już swój wyraz w sformułowaniu kryteriów ochrony katodowej w nowej Normie Europejskiej PN-EN 12954:2002 [2], gdzie wyraźnie wskazano, że zadowalającym stopniem ochrony katodowej konstrukcji podziemnych i podwodnych jest ograniczenie ich szybkości korozji do wartości mniejszej niż 0,01 mm/rok. Nie jest wykluczone, że już w niedalekiej przyszłości każdy użytkownik instalacji ochrony katodowej konstrukcji o ważnym znaczeniu strategicznym, mającej wpływ na bezpieczeństwo publiczne lub ochronę środowiska, będzie zobligowany do wykazania, oprócz wykonania typowych pomiarów potencjału, że osiągnięty stopień polaryzacji konstrukcji jest rzeczywiście wystarczający do obniżenia szybkości korozji poniżej dopuszczalnego poziomu.

To nowe podejście wymaga od służb serwisowych dysponowania dokładnymi i pre-

cyzyjnymi metodami pomiaru bardzo niskich szybkości korozji w warunkach polaryzacji katodowej. Niewiele dostępnych dzisiaj technik pomiarowych może sprostać tym wymaganiom. Znane są i stosowane do tego celu dwie klasyczne już dzisiaj techniki monitorowania szybkości korozji: korozymetria kuponowa i rezystancyjna. Inne, bardziej nowoczesne techniki elektrochemiczne, jak np. spektroskopia impedancyjna, analiza/synteza harmoniczna lub techniki szumowe - znajdują się jeszcze w fazie badań i nie są stosowane rutynowo do kontroli szybkości korozji konstrukcji polaryzowanych. Aktualny stan wiedzy w zakresie wykorzystania stało- i zmiennoprądowych metod elektrochemicznych do określania szybkości korozji w warunkach polaryzacji katodowej można znaleźć w dwóch przeglądowych artykułach [3,4].

W niniejszej pracy zaprezentowano niedoceniane zdaniem autorów możliwości w zakresie kontroli skuteczności ochrony katodowej, jakie posiada w obecnym stanie techniki korozymetria rezystancyjna.

## Ogólna charakterystyka korozymetrii rezystancyjnej

Korozymetria rezystancyjna nazywana inaczej techniką rezystometryczną lub rezystancji elektrycznej (z ang. Electrical Resistance lub skrótowo ER Technique) stanowi obecnie jedną z najszerzej stosowanych technik monitorowania korozji w przemyśle. Jej podstawy teoretyczne oraz stosowane rozwiązania techniczne zostały szeroko opisane w literaturze i nie będą tutaj przytaczane. Ogólnie biorąc stanowi ona rozwinięcie techniki grawimetrycznej, z tym że zamiast ważenia próbek w celu określenia ubytków korozyjnych, oblicza się je na podstawie mierzonych przyrostów rezystancji elektrycznej. Wzrost rezystancji próbek w czasie ekspozycji powodowany jest ubytkiem dobrze przewodzącego metalu i jego przemianą w znacznie słabiej przewodzące produkty korozji. Technika rezystometryczna posiada szereg zalet. W przeciwieństwie do badań kuponów korozyjnych pomiary rezystancyjne nie wymagają wyjmowania próbek ze środowiska korozyjnego celem dokonania pomiaru ubytku masy. Ponadto pomiary rezystancji można prowadzić dowolnie często, co praktycznie zapewnia możliwość monitorowania korozji w sposób ciągły.

Początki wprowadzania korozymetrii rezystancyjnej sięgają lat 50-tych ubiegłego wieku [5,6]. Technika ta została z powodzeniem wdrożona w wielu dziedzinach przemysłu umożliwiając bieżącą kontrolę

zagrożenia korozyjnego lub skuteczności ochrony różnych konstrukcji metalowych w szerokiej gamie środowisk korozyjnych, m.in. do monitorowania korozji w instalacjach rafineryjnych [7], przemyśle chemicznym [8], jak również w warunkach atmosferycznych [9]. Obecnie jest ona dobrze udokumentowana i cieszy się wysoką wiarygodnością. W krajach wysokorozwiniętych podlega normalizacji. W Polsce pierwsze sondy rezystometryczne oraz korozymetry z serii PMK zostały opracowane w latach siedemdziesiątych [10,11]. Metodę tę z powodzeniem stosowano m.in. do monitorowania zagrożenia korozyjnego warszawskiej sieci ciepłowniczej [12] oraz instalacji ciepłej wody użytkowej [13].

Jak dotychczas, stosunkowo nieliczne prace opisują zastosowanie korozymetrii rezystancyjnej w technologii ochrony katodowej. W bogatej literaturze amerykańskiej znajduje się zaledwie kilka prac opublikowanych w tej tematyce [14-17], chociaż wiodący producenci aparatury do monitorowania korozji oferują od wielu lat specjalne czujniki do monitorowania skuteczności ochrony katodowej. Na tym tle polskie doświadczenia wydają się stosunkowo bogate. Pierwsze krajowe systemy monitorowania skuteczności ochrony katodowej z wykorzystaniem techniki rezystometrycznej zostały zaprojektowane przez pracowników Politechniki Gdańskiej i zrealizowane przez przedsiębiorstwo „Corropol” w latach dziewięćdziesiątych [18-20].

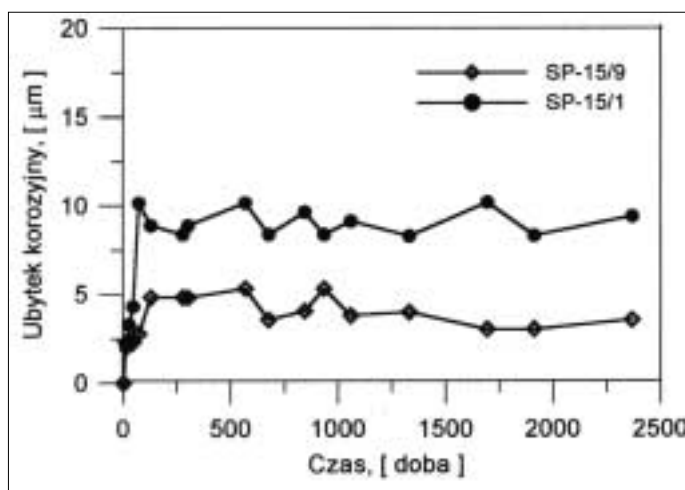
### Ocena skuteczności ochrony katodowej metodą rezystometryczną – doświadczenia krajowe

Zasady ogólne stosowania korozymetrii rezystancyjnej w technologii ochrony katodowej są stosunkowo proste – należy umieścić w wytypowanych miejscach w pobliżu chronionej katodowo konstrukcji odpowiednie czujniki rezystancyjne, wykonane najlepiej z tego samego materiału co konstrukcja i połączyć je z nią elektrycznie w celu wyrównania potencjału. Zakłada się, że metalowe elementy pomiarowe czujników (najczęściej stalowe) o powierzchni kilku cm<sup>2</sup> symulują uszkodzenia w powłoce ochronnej monitorowanej konstrukcji i są polaryzowane w ten sam sposób jak miejsca defektów. Okresowo dokonywane pomiary rezystancyjne polaryzowanych katodowo czujników pozwalają na określanie ich ubytków korozyjnych w czasie, a tym samym ocenę szybkości korozji w warunkach ochrony katodowej. Równolegle można eksponować takie same czujniki nie chronione przed korozją, co pozwala na ilościowe określanie skuteczności ochrony katodowej wg wzoru

$$S_{OK} = \frac{\Delta G_0 - \Delta G_1}{\Delta G_0} \cdot 100\% \quad (1)$$

gdzie

$\Delta G_0$  - liniowy ubytek korozyjny metalu niechronionego,  
 $\Delta G_1$  - liniowy ubytek korozyjny metalu chronionego katodowo.



Rys. 1. Wyniki pomiarów rezystometrycznych postępu korozji dla chronionej katodowo powierzchni zewnętrznej stalowych rurociągów podziemnych.

Wyznaczenie liniowego ubytku korozyjnego na podstawie przyrostu rezystancji wymaga dokładnej znajomości kształtu i wymiarów wszystkich trzech elementów metalowych czujnika (pomiarowego, referencyjnego i kontrolnego) i dokonywane jest na podstawie tabel przeliczeniowych lub wzorów dostarczonych przez producenta aparatury. W nowszej aparaturze wyposażonej w układy mikroprocesorowe, takie przeliczenia dokonywane są automatycznie dla danych typów czujników.

Pomimo stosunkowo prostych zasad, realizacja praktyczna systemów monitorowania ochrony katodowej metodą ER napotyka na szereg trudności technicznych, które sprawiają, że tylko nieliczne firmy podejmują takie wyzwania. O ile do monitorowania korozji przy braku polaryzacji stosowane są elementy pomiarowe o różnej geometrii (pręty, rurki, spirale), to do pomiarów w warunkach polaryzacji powinny to być zasadniczo elementy płaskie, zapewniające możliwie równomierny rozkład prądu. Elementy takie charakteryzują się znacznie niższą, trudniej mierzalną rezystancją, co wymaga z kolei użycia korozymetrów o bardzo wysokiej czułości. W efekcie czujniki rezystancyjne do monitorowania ochrony katodowej są na ogół droższe od czujników zwykłych, przeznaczonych do ekspozycji w warunkach bezprądowych. Poniżej przedstawiono wybrane przykłady stosowania korozymetrii rezystancyjnej do monitorowania skuteczności ochrony elektrochemicznej w przemyśle krajowym.

### Monitorowanie ochrony katodowej infrastruktury podziemnej w Elektrowni Opole

Z racji swej wielkości i złożoności metalowa infrastruktura podziemna Elektrowni Opole stanowi unikalny w skali kraju obiekt objęty w latach 1993-1998 kompleksowym systemem elektrochemicznej ochrony przeciwkorozyjnej. Ochrona tego typu infrastruktury jest zadaniem trudnym technicznie, bowiem obejmuje złożoną konfigurację wielu rurociągów różnego przeznaczenia, licznych fundamentów żelbetowych, sieci uziemień i innych obiektów. Skuteczność ochrony katodowej powinna podlegać w takich warunkach ocenie nie tylko w oparciu o kryteria potencjałowe.

Na życzenie inwestora zastosowano dodatkowo technikę korozymetrii kuponowej i rezystancyjnej. W miejscach wymagających szczególnej kontroli zainstalowano czujniki rezystancyjne typu PR-1100 firmy Cortest (USA) przystosowane do monitorowania ochrony katodowej konstrukcji podziemnych. Ogółem instalacje systemu podstawowego obejmują 35 stacji ochrony katodowej oraz 117 stacji kontrolno-pomiarowych, z czego w 13 zainstalowano czujniki rezystancyjne. Czujniki te posiadają płaski element pomiarowy ze stali węglowej o powierzchni 9 cm<sup>2</sup>. Okresowe pomiary rezystancji realizowane są za pomocą korozymetru IN 8500 E/R Data Logger produkcji tej samej firmy. Zastosowana technika pomiarowa pozwala na uzyskanie danych odnośnie szybkości korozji monitorowanych konstrukcji z dokładnością rzędu 1 µm/rok i stanowi cenne źródło informacji uzupełniających do prowadzonych rutynowo pomiarów potencjałowych.

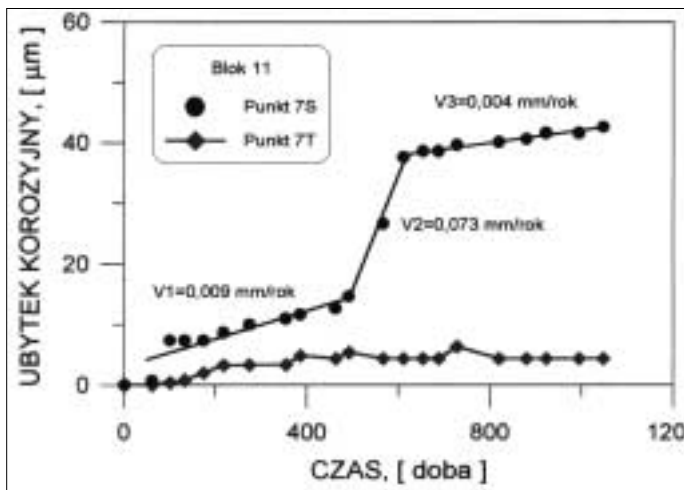
Na rys. 1 przedstawiono przykładowe wyniki długookresowych pomiarów rezystometrycznych dla chronionych katodowo odcinków rurociągów wody zdekarbonizowanej (SP-15/1) oraz wody zrzutowej (SP-15/9).

Można zauważyć, że w przypadku obu rurociągów największe ubytki korozyjne nastąpiły w okresie początkowym, tj. podczas rozruchu instalacji ochrony katodowej. Po osiągnięciu potencjału ochronnego procesy korozyjne zostały praktycznie całkowicie zahamowane, na co wskazują utrzymujące się od ok. 6-ciu lat na stałym poziomie (w granicach błędów pomiarowych) ubytki korozyjne. Szybkość korozji stali niechronionej wynosiła w tych warunkach od 50 do 200 µm/rok, co świadczy, że skuteczność ochrony katodowej kształtowała się na poziomie bliskim 100 %.

Sugerowany poziom skutecznej ochrony katodowej wg kryterium wskazanego przez PN-EN 12954 wynosi <10 µm/rok, a więc zabezpieczone obiekty spełniały i tak sformułowane kryterium ochrony katodowej.

### Monitorowanie ochrony katodowej powierzchni wewnętrznej rurociągów wody chłodzącej w Elektrowni Łaziska

W Elektrowni Łaziska zastosowano po raz pierwszy w kraju na dużą skalę technologię ochrony katodowej do zabezpieczenia przed



Rys. 2. Wyniki pomiarów rezystometrycznych postępu korozji otrzymane dla powierzchni wewnętrznej rurociągów wody chłodzącej.

korozją powierzchni wewnętrznej rurociągów wody chłodzącej. W latach 1994-1999 objęto ochroną odcinki rurociągów wielkośrednicowych czterech bloków energetycznych o łącznej długości ok. 3050 m. Ze względu na przewidywany nierównomierny rozkład prądu (zastosowano segmentowe układy anodowe) postanowiono dokładniej kontrolować skuteczność uzyskanej ochrony w różnych strefach rurociągów, nie porzyskując na rutynowych pomiarach potencjału, lecz wzbogacając je o bezpośrednie pomiary szybkości korozji z wykorzystaniem techniki grawimetrycznej i rezystometrycznej.

W wytypowanych miejscach chronionych katodowo rurociągów zamontowano na ich powierzchni wewnętrznej ok. 70 czujników rezystancyjnych, z czego połowa wskazywała szybkość korozji stali polaryzowanej katodowo, zaś pozostałe - stali nie zabezpieczonej przed korozją. Zastosowano czujniki krajowej prod. ZTCS MIKRON w Warszawie posiadające element pomiarowy w kształcie pętli z cienkościennej rurki  $\varnothing 1,4 \times 0,4$  mm ze stali węglowej R35. Przyjęcie tego typu czujników było możliwe ze względu na wysokie przewodnictwo medium korozyjnego (ok. 3 mS/cm), jakie stanowią silnie zasolone wody kopalniane. Czujniki tego typu były ponadto wielokrotnie tańsze od oferowanych przez firmy zagraniczne czujników płaskich. Pomiary przyrostów rezystancji dokonywano przenośnym korozymetrem cyfrowym typu PMK-D1 produkcji krajowej, który automatycznie przeliczał je na liniowe ubytki korozyjne metalu wyrażone w mikrometrach.

Przykładowe wyniki pomiarów rezystometrycznych zilustrowano na rys. 2.

Przedstawia on narastające w czasie trzech lat ubytki korozyjne monitorowane na rurociągach tłocznym i ssącym jednego z bloków energetycznych elektrowni. Z zależności czasowych ubytków korozyjnych można uzyskać cenne informacje odnośnie szybkości korozji chronionych katodowo rurociągów w różnych okresach eksploatacji. Jak widać, ochrona katodowa funkcjonowała bardzo skutecznie (powyżej 95 %), bowiem mierzone ubytki korozyjne nie przekraczały na ogół 0,01 mm/rok. Widoczny okresowy wzrost szybkości korozji rurociągu ssącego do ok. 0,07 mm/rok spowodowany był czasowym wyłączeniem instalacji ochronnej w okresie remontowym.

### Nowe opracowania czujników rezystancyjnych

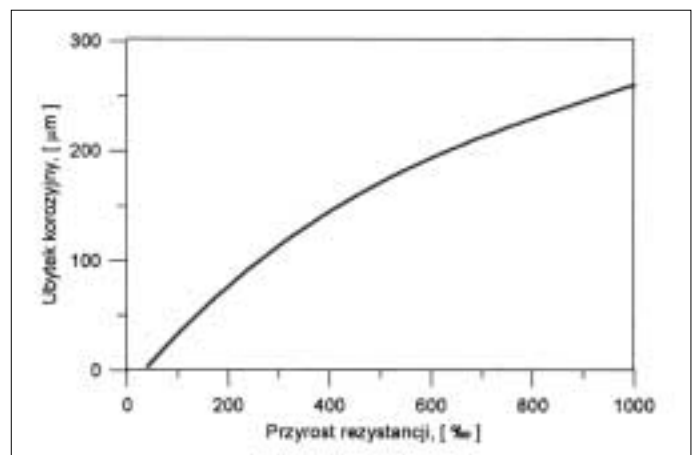
Na bazie ponad 10-cio letnich doświadczeń z wykorzystaniem czujników rezystancyjnych produkcji krajowej i zagranicznej wdrożono w SPZP CORRPOL do produkcji w 2002 r. własne opracowania czujników rezystancyjnych. Aktualnie firma oferuje dwa różne rozwiązania techniczne czujników do monitorowania skuteczności ochrony katodowej konstrukcji podziemnych:

- Czujnik rezystancyjny - Typ E/R-5/0,5
- Czujnik rezystancyjny z elektrodą odniesienia - Typ E/R-5/0,5 + EO

#### Czujnik rezystancyjny Typ E/R-5/0,5

Czujnik wykonany jest w postaci trapezoidalnego bloku z wyprowadzonym kablem elektrycznym do podłączenia w słupek pomiarowy. Przeznaczony jest do umieszczenia w gruncie w pobliżu konstrukcji metalowej, której szybkość korozji ma być monitorowana. Podstawowym elementem czujnika jest wykalibrowany układ pomiarowy wykonany z cienkiej blachy stalowej (stal węglowa St3 lub jej odpowiedniki). Część elementu pomiarowego jest ekspozowana na wpływy środowiska korozyjnego (gruntu), zaś pozostała część, stanowiąca tzw. element odniesienia, jest ukryta w obudowie czujnika i dokładnie odizolowana od wpływów otoczenia. Do elementu pomiarowego przyłączona jest

Rys. 3. Charakterystyka pomiarowa czujnika rezystancyjnego E/R-5/0,5



wiązka przewodów elektrycznych zakończona standardowym wtykiem do podłączenia korozymetru. Osobno wyprowadzony jest zakończony oczkiem przewód do połączenia z konstrukcją chronioną katodowo.

Podstawowe parametry techniczne czujnika:

- Powierzchnia ekspozowana elementu pomiarowego - 5 cm<sup>2</sup>
- Użyteczny zakres pomiarowy - 0÷0,3 mm
- Złącze - MIL-C-5015 6p do podłączenia aparatury pomiarowej
- Standardowa długość kabla - 5 mb
- Wymiary 155 x 50 x 26 mm

Na rys. 3 przedstawiono charakterystykę pomiarową czujnika w formie zależności liniowego ubytku korozyjnego od przyrostu rezystancji mierzonego w promilach.

#### Czujnik rezystancyjny z elektrodą odniesienia Typ E/R-5/0,5 + EO

W odróżnieniu od dotychczas znanych i stosowanych w kraju i zagranicą czujników rezystancyjnych ten nowy układ pomiarowy jest przeznaczony do jednoczesnego monitorowania szybkości korozji i potencjału konstrukcji stalowych (chronionych i niechronionych katodowo) w środowisku gruntu. Wdrażany aktualnie układ stanowi oryginalne rozwiązanie, które spełnia wymogi najnowszych norm i wnosi istotny postęp w zakresie kontroli skuteczności działania ochrony elektrochemicznej.

Budowa tego dwufunkcyjnego czujnika jest zbliżona do opisanego wyżej czujnika pojedynczego (E/R-5/0,5) z tą różnicą, że wyposażono go dodatkowo w miniaturową elektrodę odniesienia. W charakterze elektrody odniesienia zastosowano nasyconą elektrodę kalomelową. Rozwiązanie takie pozwala uniknąć niekorzystnego zjawiska wydzielania metalicznej miedzi na stali, które obserwuje się w przypadku bliskiej lokalizacji elektrod odniesienia siarczano-miedziowych.

Zespolenie w jednej obudowie czujnika rezystancyjnego i elektrody odniesienia posiada bardzo istotną zaletę, bowiem zmniejsza do minimum błąd pomiaru związany ze spadkiem napięcia IR. W opracowanym czujniku odległość klucza elektrolitycznego od stalowego elementu pomiarowego nie przekracza 5 mm wnosząc znikomy udział w składową IR.

Opracowany podzespół kontrolno-pomiarowy stanowi znaczący krok naprzód w stosunku do obecnie stosowanych elektrod symulujących. Pozwala on dokładnie mierzyć potencjał w warunkach ochrony katodowej oraz wiązać ilościowo uzyskaną zmianę potencjału ze zmniejszeniem szybkości procesów korozyjnych, czego nie zapewniali dotychczasowe techniki pomiarowe.

Podstawowe parametry techniczne:

- Powierzchnia stalowego elementu pomiarowego - 5 cm<sup>2</sup>
- Użyteczny zakres pomiarowy - 0±0,3 mm
- Wewnętrzna elektroda odniesienia - NEK
- Złącze - MIL-C-5015 6p do podłączenia aparatury pomiarowej
- Standardowa długość kabla - 5 mb
- Wymiary 155 x 50 x 26 mm

Mając na względzie wysoką jakość i trwałość czujników do ich wykonania użyto podzespoły importowane - kabel transmisyjny z trzema parami skręcanymi i ekranowanymi przewodów oraz znane z niezawodności hermetyczne złącze militarne stanowiące obecnie standard światowy w tej technice pomiarowej.

## Wnioski

Zebrane doświadczenia eksploatacyjne w pełni potwierdziły przydatność techniki rezystometrycznej do monitorowania skuteczności ochrony katodowej konstrukcji stalowych w środowisku zasolonej wody i w ziemi. Technika ta pozwala na uzyskanie znacznie dokładniejszych informacji na temat stopnia zabezpieczenia przeciwkorozyjnego konstrukcji chronionych katodowo aniżeli tradycyjne pomiary potencjału, które mogą charakteryzować się wysoką niepewnością i niejednoznacznością.

W przeciwieństwie do tradycyjnych technik, pomiary rezystometryczne dostarczają bezpośrednich danych ilościowych na temat szybkości korozji, której dopuszczalne wartości stanowią znacznie bardziej racjonalne kryterium ochrony katodowej. Nie jest ono wprost eksponowane w aktualnie opracowywanych i udostępnianych normach Unii Europejskiej [21-25], ale należy oczekiwać

pewnej zmiany w tym zakresie i wzrostu zainteresowania technikami umożliwiającymi bezpośredni pomiar szybkości korozji w warunkach technicznych. Stosowane w związku z kryteriami potencjałowymi ochrony katodowej różnego rodzaju techniki określania rzeczywistego potencjału polaryzowanych konstrukcji wymagają zarówno wysokich kwalifikacji personelu podczas pomiarów terenowych, jak również przy późniejszej interpretacji wyników. Tych oczywistych wad nie posiada monitorowanie skuteczności ochrony katodowej metodą korozymetryczną, której jednoznaczne wyniki nadają się do bezpośredniej interpretacji. Można zatem z dużym prawdopodobieństwem prognozować narastający wzrost zainteresowania tą techniką monitorowania.

## Literatura

- [1] R. Juchniewicz, J. Jankowski, W. Sokólski, J. Walaszowski: Ochrona przed Korozją, XXXVI, 121 (1993).
- [2] PN-EN 12954 Ochrona katodowa zakopanych lub zatopionych konstrukcji stalowych - Ogólne zasady i zastosowania dotyczące rurociągów.
- [3] J. Jankowski: Corros. Reviews, 20, 159 (2002).
- [4] J. Jankowski: Corros. Reviews, 20, 179 (2002).
- [5] A. J. Freedman, E. S. Troscinski, A. Dravniers: Corrosion, 14, 175t (1958).
- [6] D. Roller, W. R. Scott: Corrosion Technology, 8, (No.3), 71 (1961).
- [7] B. Danilov: Anti-Corrosion, 1, 5 (1975).
- [8] D. R. Bergstrom: Materials Performance, 20, (No. 9) 17 (1981).
- [9] M. McKenzie, P. R. Vassie: Br. Corros. J., 20 (No. 3), 117 (1985).
- [10] S. Włodarczyk, M. Berka: Ochrona przed Korozją, XVII, 7 (1974).
- [11] S. Włodarczyk: Ochrona przed Korozją, XVII, 365 (1974).
- [12] T. Zakroczyński, N. Łukomski, J. Flis: Ochrona przed Korozją, XXXVI, 25 (1993).
- [13] J. Jankowski, E. Stankiewicz, J. Szukalski: Ochrona przed Korozją (Wydanie specjalne) XLII, 121 (1999).
- [14] H. J. Fromm: Materials Performance, 20 (No. 9), 21 (1977).
- [15] H. England, R. Heidersbach: Proc. CORRO-

SION'82, Paper No. 173, NACE, Houston 1982.

- [16] G. Cooper, A. R. Soleimany: Pipeline Gas J., 21, 38 (1983).
- [17] B. A. Martin: Corrosion, 49, 343 (1993).
- [18] J. Jankowski, J. Szukalski: Mat. IV Krajowej Konferencji „Pomiary Korozyjne w Ochronie Elektrochemicznej”, Jurata, czerwiec 1996, s. 51-58.
- [19] J. Jankowski, J. Szukalski: Mat. V Krajowej Konferencji Korozyjnej KOROZJA'96, Gdańsk 1996.
- [20] J. Jankowski: Mat. Sympozjum N-T „Ochrona katodowa wewnętrznych powierzchni wielkośrednicowych rurociągów wodnych”, Łaziska Górne, czerwiec 2001, s. 25-32.
- [21] W. Sokólski, Normalizacja, nr 6, 1999.
- [22] W. Sokólski, Normalizacja, nr 6, 2001.
- [23] W. Sokólski „Proces normalizacji przeciwkorozyjnej ochrony katodowej w Polsce i w UE”, Konferencja Branżowo-Środowiskowa i Warsztaty „Normalizacja w gospodarce morskiej, Nowa rola - nowe wyzwania”, Jastrzębia Góra, 2001.
- [24] W. Sokólski: Nowe normy europejskie z zakresu ochrony katodowej, VII Krajowa Konferencja „Pomiary korozyjne w ochronie elektrochemicznej”, Jurata 2002.
- [25] W. Sokólski, Norma PN-EN 12954 - nowe kryterium ochrony katodowej?, Seminarium „Normalizacja w ochronie przed korozją na tle wymagań Unii Europejskiej”, Hajnówka, 2003 r.

## Informacje o Autorach

**Dr inż. Jezmar Jankowski jest adiunktem w Katedrze Technologii Zabezpieczeń Przeciwkorozyjnych na Wydziale Chemicznym Politechniki Gdańskiej. Specjalizuje się w zagadnieniach ochrony elektrochemicznej oraz monitorowania procesów korozyjnych.**

**Adres do korespondencji:  
Katedra Technologii Zabezpieczeń Przeciwkorozyjnych, Politechnika Gdańska,  
ul. G.Narutowicza 11/12, 80-952 Gdańsk  
e-mail: jezmar@chem.pg.gda.pl**

**Dr inż. Wojciech Sokólski - informacja na str. 213**