



**OCHRONA KATODOWA WĘZŁA ROZDZIELCZEGO GAZU PRĄDEM Z ZE-
WNĘTRZNEGO ŹRÓDŁA Z UŻYCIEM ANODY KABLOWEJ**

**CATHODIC PROTECTION OF GAS PIPELINES JUNCTION PLANT
BY IMPRESSED CURRENT WITH CABLE ANODE**

Maciej Markiewicz
Instytut Górnictwa Naftowego i Gazownictwa

Słowa kluczowe: lokalna ochrona katodowa, anoda kablowa, potencjał elektrody symula-
cyjnej

Keywords: local cathodic protection, cable anode, probe potential

Streszczenie

Omówiono koncepcję ochrony lokalnej jako preferowanego sposobu ochrony katodowej tłoczni gazu. Zaprezentowano instalację ochrony katodowej istniejącego węzła rozdzielczego gazu wykonaną z użyciem anody kablowej. Przedstawiono sprawę wzajemnego oddziaływania ochron katodowych węzła rozdzielczego gazu i gazociągów przesyłowych. Podkreślono konieczność używania elektrod symulacyjnych do oceny skuteczności ochrony katodowej.

Summary

A local cathodic protection concept as a preferred one for a gas compressor station has been discussed. A CP installation of an existing gas pipelines junction plant has been presented with cable anode applied. A problem of mutual interference of CPs of gas pipelines junction plant and associated gas transmission pipelines has been highlighted. A need for using potential probes for CP assessment has been underlined.

Wprowadzenie

Ochronę przed korozją podziemnych rurociągów zapewnia się przez równoczesne stosowanie powłok ochronnych i ochrony katodowej. Zasadę tę do niedawna praktycznie odnoszono w pełni jedynie do gazociągów przesyłowych i dalekosiężnych rurociągów ropy naftowej i produktów naftowych. Na gazowych sieciach dystrybucyjnych, rurociągach wodnych i przemysłowych, ochronę katodową stosowano w niewielkim stopniu, natomiast obiekty gazownicze takie jak stacje gazowe i tłocznie gazu, zgodnie z przepisami [1] nie wymagały ochrony katodowej. Dopiero ostatnio potrzeba ochrony katodowej tego rodzaju obiektów znalazła wyraz w nowelizowanych przepisach [2]. Niezależnie jednak od stanu przepisów, od kilku lat zaczęto stosować ochronę katodową na nowych obiektach gazowniczych. Przykładami są tłocznie i zespoły podłączeniowe tłoczni gazociągu tranzytowego oraz tzw. część naziemna KPMG Mogilno. Należy sądzić, że ochrona katodowa będzie też coraz częściej stosowana także na stacjach gazowych.

Podziemne rurociągi na terenie obiektów gazowniczych są co tak samo, a raczej bardziej zagrożone korozją niż gazociągi przesyłowe lub dystrybucyjne. Wynika to przede wszystkim stąd, że na terenie tłoczni czy stacji gazowej rurociągi są galwanicznie połączone z siecią uziemiającą i ze zbrojeniami żelbetu. Wskutek różnic potencjałów pomiędzy wymienionymi konstrukcjami, zaczynają funkcjonować ogniwa korozyjne. W stosunku do spawanych prętów zbrojeniowych, powierzchnie rurociągów są korodującymi anodami, natomiast ocynkowana taśma uziemiająca jest anodą w stosunku zarówno do powierzchni rurociągów jak i zbrojeń żelbetu.

Galwaniczne połączenie rurociągów ze zbrojeniami żelbetu i z siecią uziemiającą jest spowodowane wymogami ochrony odgromowej i ochrony przeciwporażeniowej. We wszystkich nowych obiektach można uniknąć połączeń rurociągów ze zbrojeniami żelbetu, a w obiektach niewielkich np. w stacjach gazowych można również nie dopuścić do bezpośrednich połączeń rurociągów z siecią uziemiającą. Stosowane tutaj rozwiązania w postaci transformatorów separacyjnych, wyłączników różnicowo – prądowych, których obwody wyzwalania zamykają się przez rezystancję uziemienia rurociągów, względnie iskierników ochronnych w instalacji odgromowej, nie nadają się dla dużych obiektów, takich jak tłocznie gazu.

Różnica pomiędzy istniejącą o projektowaną tłocznią gazu polega więc na tym, że w obiekcie istniejącym galwanicznie połączona sieć podziemna obejmuje 3 rodzaje konstrukcji, a w nowym obiekcie może się składać z dwóch rodzajów, tj. rurociągów i sieci uziemiającej.

Fakt galwanicznego połączenia trzech rodzajów podziemnych konstrukcji na terenie istniejącego obiektu, praktycznie wyklucza możliwość i potrzebę koordynacji ochrony katodowej z ochroną przeciwporażeniową i odgromową. Ochrona katodowa z konieczności obejmuje nie tylko rurociągi lecz także sieć uziemiającą oraz zbrojenia żelbetu. Ochrona taka – nosi nazwę lokalnej [3], chociaż wydaje się, że bardziej właściwym określeniem byłoby „ochrona globalna”.

W lokalnej ochronie katodowej umieszcza się uziomy anodowe w taki sposób, aby wymusić wpływ prądu katodowej do rurociągu mimo jego galwanicznego połączenia z katodami (prętami zbrojeniowymi) lub anodami (uziemiajami) o niskiej rezystancji względem ziemi [4]. Uziom znajduje się tak blisko rurociągu, że rurociąg wchodzi w obszar stożka napięciowego uziomu. Podwyższony potencjał ziemi w pobliżu rurociągu ułatwia dopływ prądu ochrony katodowej do miejsc defektów w powłoce ochronnej.

Według koncepcji ochrony lokalnej, z użyciem anody kablowej, zrealizowano ochronę katodową Węzła Rozdzielczego Gazu w ZOG „KRIO” w Odolanowie.

Obiekt ochrony katodowej

Obiektem ochrony są podziemne gazociągi i kolektory gazowe należące do Węzła Rozdzielczego Gazu w Zakładzie Odazotowania Gazu „KRIO” w Odolanowie (rys. 1). Gazociągi i kolektory są ułożone na głębokościach od 1 do 2 m, minimalne odległości pomiędzy kolektorami w świetle nie przekraczają 50 cm. Średnice gazociągów i kolektorów wynoszą od DN200 do DN500. Jako ochrona przeciwkorozyjna są zastosowane bitumiczne powłoki ochronne. Węzeł Rozdzielczy jest objęty ochroną odgromową i przeciwporażeniową. Naziemne części technologiczne oraz części przewodzące dostępne są bezpośrednio uziemione. Sieć uziemiająca jest wykonana z ocynkowanej taśmy stalowej. Liczna armatura odcinająca spoczywa na żelbetowych fundamentach. Jest prawdopodobne, że istnieją połączenia urządzeń technologicznych ze zbrojeniami żelbetu.

Węzeł Rozdzielczy Gazu jest galwanicznie połączony z ZOG „KRIO”, natomiast wraz z całym Zakładem jest odcięty od gazociągów przesyłowych za pomocą monobloków izolujących

Koncepcja ochrony katodowej Węzła Rozdzielczego Gazu

Zaprojektowano ochronę katodową prądem z zewnętrznego źródła, którym jest jedna stacja ochrony katodowej z automatyczną regulacją potencjału jednego z kolektorów w wybranym miejscu, współpracująca z uziomem anodowym w postaci anody kablowej. Dobrano stację o maksymalnym prądzie wyjściowym 25A, przewidując rozszerzenie instalacji ochrony poza Węzeł Rozdzielczy Gazu jak również rozbudowę samego Węzła.

Zdecydowano się na automatyczną stabilizację potencjału ze względu na przewidywane, zwłaszcza w pierwszym okresie eksploatacji, zmiany rezystancji obwodu ochrony spowodowane osiadaniami gruntu i zmiennym jego nasyceniem wodą w zależności od opadów atmosferycznych, a także z uwagi na możliwe oddziaływanie prądów błądzących.

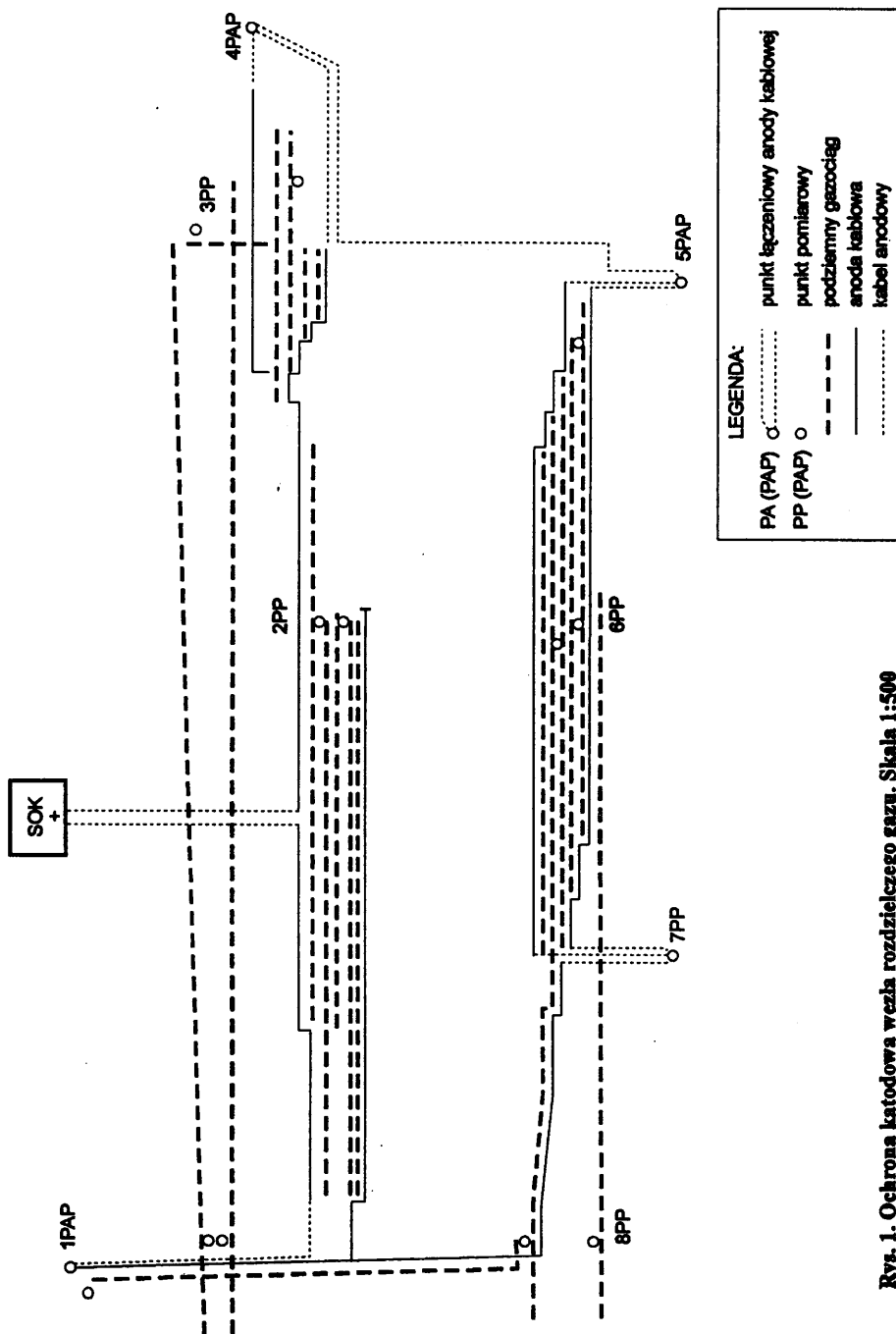
Anodę kablową wybrano aby ułatwić dopływ prądu ochrony do powierzchni defektów w powłoce ochronnej przez umieszczenie gazociągów i kolektorów w obrębie stożków napięciowych anody kablowej. Dzięki takiej konfiguracji układu obiekt – uziom, powinna też być ograniczona konsumpcja prądu ochrony przez taśmę uziemiającą i zbrojenia żelbetu.

Instalacja ochrony katodowej

Pożądanym byłoby umieszczenie anody kablowej centralnie pod ciągiem 5 kolektorów. W istniejącym obiekcie jest to jednak niewykonalne. Dlatego poprowadzono anodę kablową po dwóch stronach ciągu kolektorów, umieszczając ją ze względów techniczno – ekonomicznych na mniejszej głębokości (średnio 80 cm) niż głębokość ułożenia kolektorów. Dzięki temu powinien być ułatwiony dopływ prądu ochrony do wewnętrznych kolektorów. Łączna długość anody kablowej wynosi 400 m.

Zastosowano prefabrykowaną polimerową anodę kablową firmy Raychem umieszczoną fabrycznie w zasypce koksowej, utrzymywanej wokół anody dzięki opłotowi z tkaniny.

Stacja ochrony ma dwa wyjścia anodowe (rys. 1). Anoda kablowa tworzy pętlę, co gwarantuje dopływ prądu ochrony do każdego miejsca anody w przypadku powstania przerwy w obwodzie. W 4 miejscach umieszczono słupki łączeniowe (rys. 1), w których odcinki anody są wyprowadzone na listę zaciskową za pośrednictwem kabli połączonych z odcinkami anody pod ziemią w mufach liniowych. Słupki łączeniowe ułatwią w przyszłości, jeżeli zajdzie potrzeba, wymianę odcinków anody, natomiast podczas eksploatacji umożliwiają kontrolę rozprawy prądu ochrony i identyfikację ewentualnych przerw w obwodzie anodowym.



Rys. 1. Ochrona katodowa węzła rozdzielczego gazu. Skala 1:500

Na terenie obiektu rozmieszczono 12 zintegrowanych elektrod symulacyjnych firmy Borin typu Stelth 7 o powierzchni symulowanego defektu 10 cm^2 . Kable elektrod wyprowadzono na listwy zaciskowe w 7 słupkach pomiarowych (rys. 1).

Jako punkty pomiarowe i łączeniowe anody kablowej zastosowano słupki telekomunikacyjne typu SRP 1100 produkcji firmy Agmar Telecom.

Połączenia kabli prądowych i pomiarowych z gazociągami i kolektorami wykonano metodą spawania termitowego.

Kryterium ochrony katodowej i sposób jego kontroli

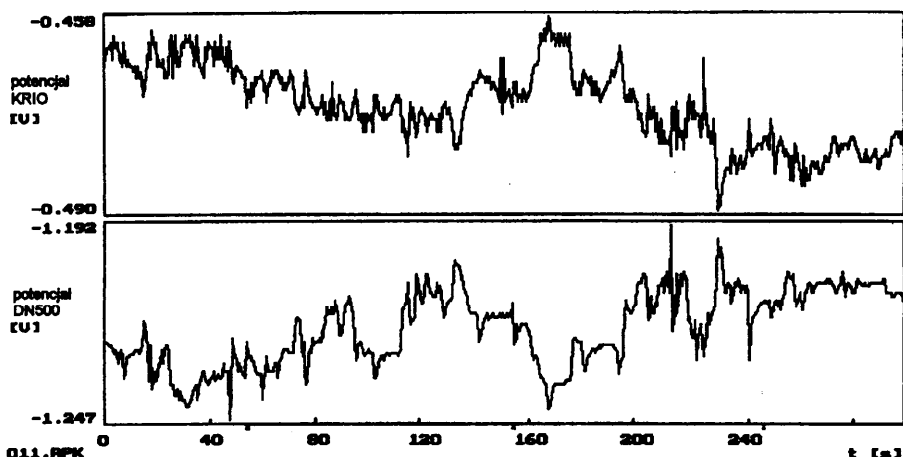
Pomiary rezystancji gruntu wykonane na terenie Węzła w 12 miejscach indukcyjnym miernikiem ziemi metodą 4 elektrodową Wennera przy odstępach między sąsiednimi elektrodami 1.6 m, wykazały, że pozorna rezystywność gruntu mieści się najczęściej w zakresie od 40 do 90 Ωm . Wartości pH gruntu mieszczą się w zakresie od 6.5 do 7, nie występują też podwyższone temperatury gazociągów. W tych warunkach przyjęto potencjałowe kryterium ochrony katodowej -850mV względem elektrody miedź nasycony siarczan miedzi. Z wartością tą porównuje się wartość potencjału zmierzoną w sposób pozwalający wyeliminować omowy spadek napięcia. Jest on z pewnością spowodowany prądem ochrony katodowej Węzła, oraz prądami wyrównawczymi płynącymi pomiędzy gazociągami, kolektorami, taśmą uziemiającą i zbrojeniami żelbetu.

Ponadto na terenie Węzła, mimo odcięcia ZOG „KRIO” monoblokami od systemu przesyłowego, spodziewano się prądów błądzących pochodzących z trakcji elektrycznej PKP, a także prądów ochrony katodowej gazociągów przesyłowych. Prądy te mogłyby „obchodzić” monobloki izolujące, bowiem powłoki ochronne gazociągów po obydwóch stronach monobloków są co najwyżej średniej jakości. Powyższe przypuszczenie potwierdzono wynikami pomiarów potencjałów w punktach pomiarowych na terenie Węzła oraz w punktach pomiarowych przy monoblokach. Przykładowy przebieg potencjałów po obydwóch stronach jednego z monobloków, zarejestrowany przed uruchomieniem ochrony katodowej Węzła, przedstawia rys. 2. Jak widać przy monobloku występują na zmianę strefy wpływu i wypływu prądu błądzącego.

Również przed uruchomieniem ochrony katodowej Węzła, sprawdzono oddziaływanie ochrony katodowej gazociągów przesyłowych na kolektor gazowy odległy średnio o 70 m od monobloków na 5 gazociągach przesyłowych. Włączanie ochrony katodowej gazociągów przesyłowych symulowano przez bocznikowanie monobloków w punktach pomiarowych. W każdym przypadku zwierano i rozwierano monoblok dwukrotnie, a za trzecim razem pozostawiano monoblok zwarty. Po zwarcu wszystkich monobloków, kolejno je rozwarło. Przebieg całej operacji przedstawiono na rys. 3.

Jak widać, łączny efekt oddziaływania 5 stacji ochrony katodowej jest niewielki i wynosi 76 mV. Najprawdopodobniej „koszty uzyskania” tego efektu są znaczne, bowiem prąd ochrony katodowej gazociągów przesyłowych polaryzuje nie tylko podziemne gazociągi, lecz także taśmę uziemiającą i zbrojenia żelbetu na terenie Węzła Rozdzielczego, oraz w mniejszym stopniu na terenie całego ZOG „KRIO”. Monobloki izolujące są więc niewątpliwie potrzebne dla prawidłowego funkcjonowania ochrony katodowej gazociągów przesyłowych.

Z uwagi na występowanie wyżej wymienionych spadków napięcia zakłócających pomiar potencjału gazociągu, przyjęto, że kontrola skuteczności ochrony katodowej gazociągów i kolektorów będzie polegać na porównywaniu potencjałów płytek elektrod symulacyjnych po ich odłączeniu od gazociągu lub kolektora, z potencjałowym kryterium ochrony -850mV względem elektrody miedź nasycony siarczan miedzi.

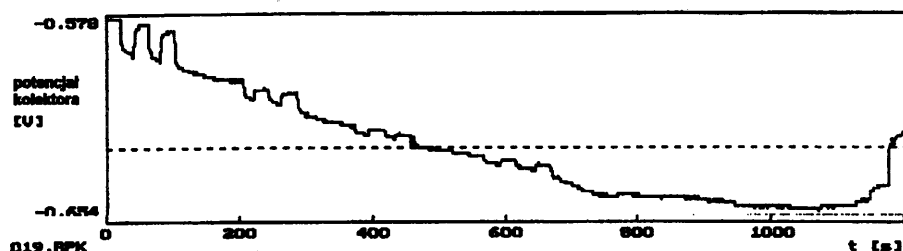


011.RPK
RAPORT PONIAROM NR 8/99

data pomiaru:	04.08.1999
czas pomiaru:	15.09:47
miejsce pomiaru:	Odolandy KR10
lokalizacja pomiaru:	DN500, Miocławek II, Uogalsang, monoblok
rodzaj pomiaru:	potencjał
warunki pomiaru:	ochrona katodowa DN500 załączona
rejestrator RPK 2000 nr:	2000/1
mierzone wartości	
w kanale A:	EU1 - KR10
w kanale B:	EU1 - DN500
badania prowadził:	IGNIO Kraków

liczba pomiarów	N	:	600
okres próbkowania	Op [s]	:	0.5

Rys. 2. Przebieg potencjałów po dwóch stronach monobloku na gazociągu przesyłowym Włocławek II

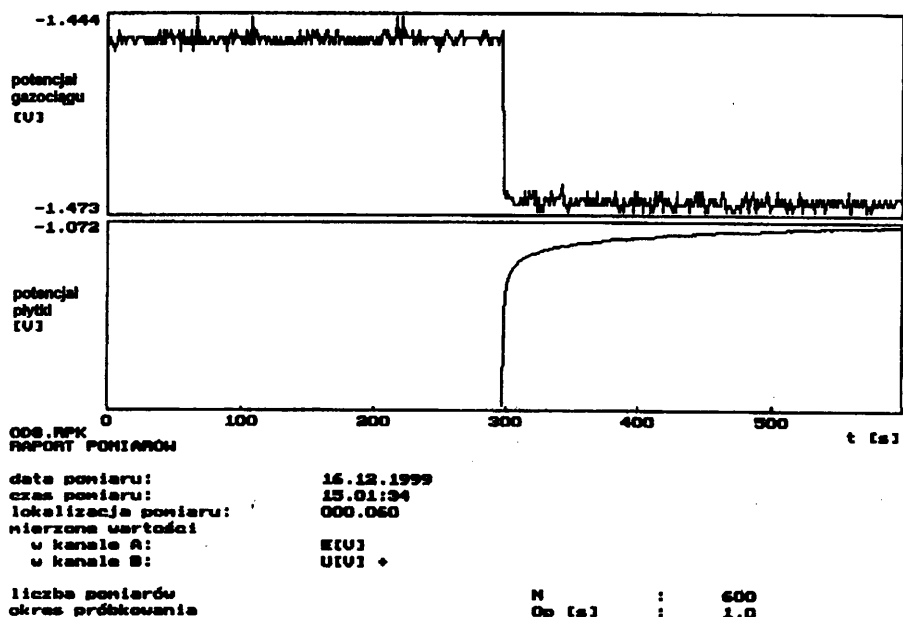


019.RPK
RAPORT PONIAROM NR 16/99

data pomiaru:	05.08.1999
czas pomiaru:	09.38:17
miejsce pomiaru:	Odolandy KR10
lokalizacja pomiaru:	PP12-KR10
rodzaj pomiaru:	potencjał
warunki pomiaru:	sukcesywne włączanie 5 30K
rejestrator RPK 2000 nr:	2000/1
mierzone wartości	
w kanale A:	EU1
badania prowadził:	IGNIO Kraków

liczba pomiarów	N	:	2400
okres próbkowania	Op [s]	:	0.5

Rys. 3. Oddziaływanie ochrony katodowej gazociągów przesyłowych na kolektor w Węzle Rozdzielczym Gazu



Rys. 4. Przebieg potencjałów gazociągu i płytki elektrody symulacyjnej

W warunkach ochrony lokalnej można też oceniać skuteczność ochrony katodowej na podstawie wartości potencjału gazociągu U_z mierzonego w punkcie pomiarowym przy włączonej ochronie katodowej [4]. Potencjał U_z winien być bardziej ujemny niż -1150mV , zgodnie z zależnością:

$$U_z \leq -850 - 300 = -1150 \text{ mV}$$

Ocena ochrony katodowej gazociągów i kolektorów na terenie Węzła Rozdzielczego Gazu

Ochronę katodową Węzła uruchomiono po raz pierwszy w dniu 8.10.1999 po ułożeniu anody kablowej do punktu 7 PA. Obwód anodowy zamknięto dnia 21.10.1999, a wszystkie połączenia w słupkach pomiarowych wykonano dnia 12.11.1999.

W Tabelcy 1 zestawiono wyniki pomiarów potencjałów płytek elektrod symulacyjnych połączonych z gazociągiem lub kolektorem i odłączonych od gazociągu lub kolektora, wykonanych w dniach 15.12.1999, 11.01.2000 i 27.04.2000. Przez cały czas stacja ochrony katodowej pracowała w trybie potencjostatu utrzymując potencjał -1500 mV kolektora K13.

Tablica 1. Wyniki pomiarów potencjałów płytek elektrod symulacyjnych

Punkt pomiarowy	14.12.1999		11.01.2000		27.04.2000	
	I = 7.8 A		I = 7.3 A		I = 11.3 A	
	połączona	odłączona	połączona	odłączona	połączona	odłączona
	mV					
1PAP gA200	-1426	-769	-1475	-839	-1919	-1105
1PAP gA300	-1853	-852	-1913	-952	-2273	-1047

Punkt pomiarowy	14.12.1999		11.01.2000		27.04.2000	
	I = 7.8 A		I = 7.3 A		I = 11.3 A	
	połączona	odłączona	połączona	odłączona	połączona	odłączona
	mV					
1PAP Wie	-1018	-993	-1015	-969	-1263	-1150
2PP K12	-1718	-1000	-1715	-960	-1845	-949
2PP K13	-1589	-1206	-1482	-1120	-1588	-1160
3PP	-1009	-951	-910	-854	-903	-876
4PAP	-1365	-1099	-1378	-1040	-1465	-1066
5PAP	-1161	-997	-1309	-1050	-1457	-1253
6PP G17	-1404	-1207	-1413	-1130	-1471	-1191
6PP G16	-1446	-1244	-1460	-1170	-1556	-1203
8PP Police	-1202	-999	-1267	-1020	-1486	-1095
8PP Załęczce	-1301	-1140	-1408	-1140	-1590	-1166

Jak widać utrzymanie tej wartości potencjału wymagało, na przestrzeni 5 miesięcy, różnych wartości prądu ochrony. Spadek prądu ochrony w okresie od grudnia 1999 do stycznia 2000 był prawdopodobnie spowodowany wysuszeniem i zamarznięciem gruntu, przez co wzrost w m-cu kwietniu 2000 – intensywnymi opadami i osiadaniem gruntu, przez co „ujawniło się” więcej defektów powłoki ochronnej. Potencjały załączeniowe gazociągów i kolektorów są równoznaczne z potencjałami płytek 10 cm² elektrod symulacyjnych. Odłączenie płytki powoduje obniżenie potencjału załączeniowego gazociągu lub kolektora, co oznacza, że płytka jest największym „defektem” w pobliżu danego punktu pomiarowego. Przykładową rejestrację potencjałów gazociągu i płytki przedstawiono na rys. 4. W ciągu 5 miesięcy obserwowano różne tendencje zmian potencjałów gazociągów i płytek – w jednych punktach pomiarowych potencjały wzrastały, w innych malały, często zupełnie niezależnie od zmian wartości prądu ochrony. Charakterystyczny jest punkt 3PP, w pobliżu którego jest ułożona anoda kablowa. Wraz z osiadaniem gruntu i ujawnianiem się defektów, w różnych miejscach na terenie Węzła, dopływ prądu ochrony w rejon punktu 3PP ulegał ograniczeniu, co powodowało podwyższenie potencjału gazociągu i płytki.

Jak widać, obecnie potencjał płytki elektrody symulacyjnej w punkcie 3PP jest niewiele niższy od przyjętego kryterium ochrony. Mimo to, zmniejszono prąd ochrony do 9,4 A, licząc się z niepełną ochroną w punkcie 3PP. Uznano za nieuzasadnione ustawienie parametrów ochrony katodowej obiektu pod kątem spełnienia kryterium ochrony w miejscu położonym poza stożkiem napięciowym anody kablowej. Po rozbudowie systemu ochrony, anoda kablowa zostanie przedłużona w rejon punktu 3PP. Przy prądzie 9,4 A kryterium ochrony w pozostałych punktach pomiarowych na terenie Węzła jest spełnione z „zapasem” około 100 mV przy zadanym potencjale kolektora K13 – 1290 mV. Istnieje więc możliwość podwyższenia zadanej wartości potencjału.

Przy pracującej ochronie katodowej Węzła sprawdzono ponownie oddziaływanie ochrony katodowej gazociągów przesyłowych na kolektory i gazociągi na terenie Węzła. Pomiarów wykonano w punktach pomiarowych 6PP, 5PAP i 4PAP położonych najbliżej monobloków izolujących na gazociągach przesyłowych. Po zbocznikowaniu wszystkich 5 monobloków potencjały kolektorów obniżyły się o 8 + 20 mV. Przypuszczalnie odbyło się to niewielkim kosztem prądów ochrony gazociągów przesyłowych. Dla gazociągów tych jest więc korzystne nie tylko odcięcie ZOG „KRIO” monoblokami, ale także zainstalowanie tam ochrony katodowej.

Wnioski

1. Możliwa jest ochrona katodowa istniejącego obiektu przemysłowego według koncepcji ochrony lokalnej
2. Zastosowanie uziomu anodowego w postaci anody kablowej zapewnia właściwą dystrybucję prądu ochrony.
3. Skuteczność ochrony katodowej należy oceniać na podstawie wyników pomiarów potencjałów płytek elektrod symulacyjnych.

Literatura

1. Rozporządzenie Ministra Przemysłu i Handlu z dnia 14.11.1995r w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać sieci gazowe
2. Rozporządzenie Ministra Gospodarki w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać sieci gazowe, projekt z 12.1999r.
3. AfK Empfehlung nr 9. Lokaler kathodischer Korrosionsschutz von unterirdischen Anlagen in Verbindung mit Stahlbeton Fundamenten, 1979.
4. Baackmann W., Schwenk W.: Handbook of Cathodic Corrosion Protection. Gulf Publishing Company, Houston, Texas, 1997.