



**OCHRONA PRZECIWKOROZYJNA GAZOCIĄGU
DN 1000 TŁOCZNIA WŁOCLAWEK - WĘZEL GUSTORZYN**
**PROTECTION AGAINST CORROSION OF 1000-mm DIAM GAS PIPELINE
„TŁOCZNIA WŁOCLAWEK - WĘZEL GUSTORZYN”**

Marek Fiedorowicz

PGNiG SA w Warszawie
Regionalny Oddział Przesyłu w Gdańsku

Słowa kluczowe: polaryzacja katodowa, korozja naprężeniowa, jednostkowa rezystancja przejścia

Keywords: cathodic polarization, stress corrosion cracking, contact resistance

Streszczenie

Ochronę katodową podziemnych rurociągów pokrytych powłokami o wysokim stopniu szczelności, w których występują jedynie niewielkie defekty, można uzyskać stosując łagodne potencjały załączeniowe. Zapobiega się w ten sposób ewentualnym ubocznym negatywnym skutkom wynikającym z głębokiej polaryzacji katodowej. Konieczność zapobiegania głębokiej polaryzacji katodowej występuje m.in. w przypadku konstrukcji stalowych poddanych naprężeniom rozciągającym, eksploatowanych w temperaturach powyżej 50°C, narażonych na korozję naprężeniową. W referacie przedstawiono przykład gazociągu, dla którego celowo osiągnięto wysoki poziom szczelności powłoki w celu uzyskania skutecznej ochrony katodowej przy łagodnych potencjałach załączeniowych.

Summary

When efficiency of cathodic protection of underground pipeline is tested under potential criterion, the error of pipeline potential measurement at the point of coating leakiness should be always evaluated; especially when extrapolation method according to DIN 50925 is used. Owing to formation of diffusion potential at the bounding between the electrolyte of reference electrode and the one of soil, error of potential gradient measurement may be above 20 mV. We studied influence of error of gradient potential measurement on the incorrect determination of potential when it is calculated by extrapolation method acc. DIN 50925. Results of field measurements of reference electrodes are presented as well.

Wstęp

Niedawno wybudowano ważny gazociąg DN 1000 PN 8,4 MPa pomiędzy tłocznią gazu we Włocławku a węzłem rozdzielczo - pomiarowym w Gustorzynie. Ten ponad dwunastokilometrowy gazociąg pełni strategiczną rolę w krajowym systemie przesyłowym gazu, łącząc ten system z systemem gazociągu tranzytowego. Gazociąg ten jest również interesujący z uwagi na przyjęte założenia ochrony antykorozyjnej oraz wyniki ich realizacji.

Zagrożenie korozyjne gazociągu

Gazociąg ułożony jest w gruntach rolniczych o istotnej agresywności korozyjnej - 85% trasy gazociągu przebiega w gruntach o rezystywnościach $30 \div 70 \Omega\text{m}$. Na 2,14 km trasy gazociąg krzyżuje się z zelektryfikowaną dwutorową linią kolejową, przebiega zatem w terenie, w którym występują prądy błędzące. W otoczeniu gazociągu ułożone są inne rurociągi zabezpieczone ochroną katodową: gazociąg tranzytowy, rurociąg produktów naftowych, inne gazociągi krajowego systemu przesyłowego. Na 6,2 km trasy gazociąg krzyżuje się z linią WN 220 kV. Wszystkie ww. czynniki powodują, że potencjalne zagrożenie korozyjne omawianego gazociągu jest duże. Bardzo istotny czynnik decydujący o zagrożeniu korozyjnym gazociągu wynika z faktu usytuowania w układzie technologicznym systemu - gazociąg ten ułożony jest za tłocznią gazu i w związku z tym występować może podwyższona temperatura medium. Wg doniesień literaturowych [1,2] w przypadku podziemnych konstrukcji stalowych poddanych naprężeniom rozciągającym i eksploatowanych w temperaturach powyżej ok. 50°C występuje ryzyko korozji naprężeniowej. Paradoksalnie głęboka polaryzacja katodowa może zwiększać to ryzyko.

Założenia ochrony przeciwkorozyjnej gazociągu

W celu uniknięcia potencjalnego ryzyka korozji naprężeniowej Inwestor już na etapie uzgadniania założeń projektowych określił wymóg, aby powłoka izolacyjna gazociągu, po jego zasypaniu, była bezdefektowa na odcinku kilku początkowych kilometrów. Bezdefektowość powłoki służyć miała eliminacji czynnika koniecznego do wystąpienia korozji naprężeniowej - kontaktu gazociągu ze środowiskiem korozyjnym. Gdyby nie udało się uzyskać pełnej bezdefektowości powłoki, np. z powodu ograniczeń dostępnych metod lokalizacyjnych, i w powłoce występowałaby pewna ilość niewielkich, trudnych do wykrycia nieszczelności, wówczas konieczną ochronę katodową gazociągu można by uzyskać stosując łagodne, mało ujemne potencjały załączeniowe, przy których potencjały polaryzacji katodowej w tych nieszczelnościach nie przekraczałyby bezpiecznych wartości. Jako kryterium bezdefektowości powłoki przyjęto umownie wymóg, aby jednostkowa rezystancja przejścia odcinka gazociągu nie była mniejsza niż $10^8 \Omega\text{m}^2$, przy czym pomiar miał być wykonany przed połączeniem tego odcinka z pozostałą częścią gazociągu. Innym nietypowym wymogiem określonym przez Inwestora był wymóg umieszczenia w rurach ochronnych gazociągu liniowych protektorów cynkowych. Protektory te mogą w razie potrzeby służyć do ochrony katodowej odcinków gazociągu ułożonych w rurach ochronnych, do których przedostanie się elektrolit, mogą też być wykorzystywane jako elektrody odniesienia w pomiarach skuteczności ochrony katodowej takich odcinków gazociągu.

Pozostałe założenia ochrony były niejako standardowe:

- izolacja rur przewodowych układanych w ziemi - trójwarstwowa mapec, klasy S-v i N-v (wg DIN 30670) na początkowych i N-n na końcowych odcinkach gazociągu,
- izolacja rur przewodowych układanych w rurach ochronnych - trójwarstwowa mapec klasy S-v i N-v,
- izolacja połączeń rur przewodowych - opaski termokurczliwe trójwarstwowe (na podkładzie epoksydowym) klasy C-50,
- odizolowanie gazociągu od obiektów przy pomocy złączy izolujących,
- wyposażenie gazociągu m.in. w punkty pomiarowe prądowe skalowane, umożliwiające wykonywanie pomiarów rozptywu prądu w gazociągu,
- wymagana jednostkowa rezystancja przejścia pozostałych odcinków gazociągu - nie mniejsza niż $10^6 \Omega\text{m}^2$.

Stację ochrony katodowej gazociągu, zgodnie z wymogiem Inwestora, zaprojektowano na jego początku, przy obiekcie śluzy nadawczej i tłoczni. Taka lokalizacja stacji katodowej była swoistą asekuracją na wypadek, gdyby nie udało się uzyskać bezdefektowej powłoki początkowego odcinka gazociągu. Miała ona umożliwiać automatyczną reakcję SOK na oddziaływania prądów błędzących o charakterze katodowym, mogące spowodować głęboką polaryzację katodową w nieszczelnościach izolacji tego odcinka gazociągu.

Uzyskane wyniki

W rurach ochronnych, zgodnie z założeniami, umieszczono liniowe protektory cynkowe. W badaniach odbiorowych gazociągu obecność protektorów w rurach ochronnych wykorzystywano do wykrywania wewnętrznych połączeń elektrolitycznych pomiędzy gazociągami a rurami ochronnymi. Aktualnie w przypadku dwóch rur ochronnych, do których przedostał się elektrolit, protektory są wykorzystywane do ochrony katodowej odcinków gazociągu ułożonych w tych rurach. Dzięki obecności protektorów w rurach ochronnych można badać wpływ ochrony katodowej odcinków gazociągu ułożonych w ziemi na odcinki gazociągu ułożone w rurach ochronnych.

Powłoka przeciwkorozyjna gazociągu charakteryzuje się bardzo wysokim stopniem szczelności. Średnia jednostkowa rezystancja przejścia całego gazociągu jest większa niż $10^7 \Omega\text{m}^2$. Aktualnie ochrona katodowa całego gazociągu realizowana jest przy pomocy jednego protektora cynkowego zakopanego w ziemi. Parametry ochrony katodowej:

- natężenie prądu polaryzacji $I_p = 0,1 \text{ mA}$
 - potencjał załączeniowy w punkcie drenażu $E_{ZAL} = -1,05 \text{ V}$ wzgl. el. Cu/CuSO₄
 - potencjał wyłączeniowy w punkcie drenażu $E_{WYL} = -1,0 \text{ V}$ wzgl. el. Cu/CuSO₄
- (ww. parametry mierzone były przy odłączonych od gazociągu protektorach umieszczonych w rurach ochronnych)

Szczegółowe badania izolacji gazociągu wykazały, że nieszczelności powłoki nie występują w postaci jednego defektu, lecz w postaci kilku małych defektów w gruntach o rezystywnościach 50 - 70 Ωm . Natężenie prądów polaryzacji katodowej wpływających do tych defektów przy potencjale załączeniowym $E_{ZAL} = -1,05 \text{ V}$ są mniejsze niż 65 μA . Nie wdając się w teoretyczne uzasadnienia oznacza to, że w defektach tych spełnione jest potencjałowe kryterium ochrony -0,95 V już przy potencjale załączeniowym -1,05 V. Napięcia przemienne pomiędzy gazociągami a ziemią nie przekraczają 0,4 V, zatem nie są korozyjnie niebezpieczne.

Tabela nr 1 Jednostkowa rezystancja przejścia gazociągu wyznaczona dla poszczególnych pododcinków

Lp.	Odcinek	Długość	Ri
	km - km	[km]	[Ωm^2]
1	0 - 3,24	3,24	$6,0 \times 10^7$
2	3,24 - 5,22	1,98	$1,4 \times 10^8$
3	5,22 - 7,88	2,66	$4,3 \times 10^6$
4	7,88 - 12,15	4,27	$1,1 \times 10^7$
5	12,15 - 12,48	0,33	$9,0 \times 10^6$

Interesujące są wyniki prób osiągnięcia, zgodnie z przyjętymi założeniami, bezdefektowej powłoki na początkowym, sześciokilometrowym odcinku gazociągu. Pierwsze badanie wykonano przed połączeniem tego odcinka z pozostałą częścią gazociągu.

Wyznaczona wartość jednostkowej rezystancji przejścia równa

$R_i = 2 \times 10^7 \Omega\text{m}^2$, pomimo że bardzo wysoka, nie spełniała przyjętego kryterium odbiorowego. Późniejsze badania wykonywano już, niestety, po połączeniu obydwu części gazociągu. Wykonawca zlokalizował defekty izolacji metodą DCVG i je usunął. Pomiar jednostkowej rezystancji przejścia, wykonywany po naprawie defektów dał wynik $R_i = 3 \times 10^7 \Omega\text{m}^2$. Kolejne badania lokalizacyjne defektów wykonywała na zlecenie Wykonawcy ekipa ROP Gdańsk metodą IFO.

Zlokalizowanych zostało kilka następných defektów, po naprawie których wyznaczone jednostkowe rezystancje przejścia początkowego odcinka gazociągu są następujące:

odcinek km 0 - km 3,24 $R_i = 6,0 \times 10^7 \Omega\text{m}^2$,

odcinek km 3,24 - km 5,22 $R_i = 1,4 \times 10^8 \Omega\text{m}^2$.

Na tym, przynajmniej na razie, poprzestano.

Test wykonany metodą IFO na odcinku km 0 - km 3,24 nie wykazuje występowania defektów, mimo że wyznaczona jednostkowa rezystancja wynosi $6 \times 10^7 \Omega\text{m}^2$, co świadczy o braku pełnej szczelności powłoki. Uznano, że być może występują niewielkie nieszczelności w powłoce, których wykrycie przy pomocy zastosowanej metody jest trudne lub wręcz niemożliwe.

W pomiarach jednostkowej rezystancji przejścia wykonywano pomiary rozptyłu prądu polaryzacji katodowej w punktach prądowych. Przy takim poziomie izolacji spadki napięcia w rurociągu spowodowane przepływem prądu polaryzacji były bardzo małe, trudne do zmierzenia. Ponadto nagminnie uwidaczniał się wpływ kondensatora cylindrycznego, jakim jest rurociąg izolowany ułożony w ziemi. Rzeczywiste jednostkowe rezystancje przejścia mogą być większe od wyznaczonych.

Uwagi końcowe

1. W praktyce, pojęcie bezdefektowości powłoki rurociągu zakopanego jest pojęciem umownym. Możliwości stwierdzenia pełnej szczelności powłoki takiego rurociągu uwarunkowane są możliwościami (ograniczeniami) stosowanych metod pomiarowych. Jeśli nieszczelności powłoki odcinka rurociągu występują w postaci niewielkiej ilości wyraźnych defektów, wówczas zlokalizowanie takich nieszczelności jest możliwe, a tym

samym możliwe jest osiągnięcie bezdefektowości powłoki. Jeśli natomiast występują niewielkie nieszczelności, to zlokalizowanie ich przy pomocy pomiarów wykonywanych z powierzchni ziemi jest trudne.

Jednostkowa rezystancja przejścia odcinka rurociągu zakopanego, jako kryterium bezdefektowości powłoki, powinna być wyznaczana przed połączeniem tego odcinka z odcinkami sąsiednimi (badaniom powinien być poddany odcinek elektrycznie wydzielony).

2. Gazociąg DN 1000 tłocznia Włocławek - węzeł Gustorzyn to przykład rurociągu o nowoczesnym i pewnym zabezpieczeniu przeciwkorozyjnym. Cechą wyróżniającą ten gazociąg jest wysoki poziom szczelności powłoki przeciwkorozyjnej. Występujące nieszczelności powłoki są na tyle małe, że z pewnością w nieszczelnościach tych spełnione będą potencjałowe kryteria skuteczności ochrony katodowej już przy potencjale załączeniowym $-1,1$ V wzgl. el. Cu/CuSO₄. Zatem wyeliminowane są ewentualne negatywne, uboczne skutki ochrony katodowej związane z głęboką polaryzacją katodową. Pomiaru skuteczności ochrony katodowej takiego rurociągu ograniczają się do pomiarów potencjału załączeniowego w punkcie drenażu, natężenia prądu polaryzacji, ewentualnie potencjału wyłączeniowego. Bardziej skomplikowane pomiary wykonywane będą wówczas, jeśli nastąpi znaczące obniżenie poziomu izolacji gazociągu. Eksploatacja ochrony katodowej tego gazociągu będzie tania.

Literatura:

1. v Baeckmann W., Schwenk W., Prinz W.: Handbuch des kathodischen Korrosionsschutzes, Verlag Chemie, Weinheim 1989
2. Schwenk W.: Arten der Korrosion und Korrosionsschutzmaßnahmen bei erdverlegten Rohrleitungen aus Stahl - Erörterungen zur Überarbeitung DVGW-Arbeitsblatt GW 5 DIN 00 30 675, Teil 1, gwf gas/erdgas 123 (1982)