

**IX Krajowa Konferencja**  
**POMIARY KOROZYJNE W OCHRONIE ELEKTROCHEMICZNEJ**  
**9-th National Conference**  
**CORROSION MEASUREMENTS IN ELECTROCHEMICAL PROTECTION**  
**7-9. 06. 2006 Zakopane, Poland**

---



**OCENA EKSPLOATACYJNA SKUTECZNOŚCI OCHRONY  
PRZECIWKOROZYJNEJ POLSKIEGO ODCINKA GAZOCIĄGU  
TRANZYTOWEGO JAMAŁ-EUROPA ZACHODNIA**

**OPERATING EVALUATION OF ANTICORROSION PROTECTION SYSTEM  
EFFECTIVENESS POLISH PART OF JAMAŁ-EUROPE TRANSIT PIPELINE**

Mikołaj Kościuk

System Gazociągów Tranzytowych EuRoPol GAZ s.a., Warszawa

Słowa kluczowe: ochrona przeciwkorozyjna, gazociąg, skuteczność ochrony, defekty w powłoce

Keywords: anticorrosion protection, gas pipeline, effectiveness, coating defects

**Streszczenie**

Stosowanie bardzo dobrej jakości powłok izolacyjnych pociąga za sobą oprócz korzyści także szereg niedogodności związanych z eksploatacją. O skuteczności ochrony przeciwkorozyjnej całego rurociągu mogą decydować warunki, jakie tworzą się w pojedynczym defekcie izolacji. Stąd, szczególnie przy oddziaływaniu różnorodnych zakłóceń natury elektrycznej, istnieje potrzeba stosowania wyrafinowanych technik badawczych.

Dążenie do wypracowania możliwie najskuteczniejszych metod oceny skuteczności ochrony przeciwkorozyjnej jest podyktowane przede wszystkim względami ekonomicznymi. Dla zapewnienia wiarygodności oceny skuteczności ochrony przeciwkorozyjnej gazociągu należy stosować równoległe kilka metod badawczych.

**Summary**

Application of very good quality insulating coatings provides/involves, apart from benefits, many disadvantages related with exploitation anticorrosion protection system. Conditions generated by single defects may determine anticorrosion protection effectiveness of whole pipeline. Especially, during various electric disturbances influence, the necessity of applying advanced researches exists.

Aspiration to create most effective methods of anticorrosion protection assessment system effectiveness is caused by economic calculation. It is necessary to use few researching

methods for quality assurance evaluation of pipeline anticorrosion protection system effectiveness.

### System zabezpieczeń przed korozją

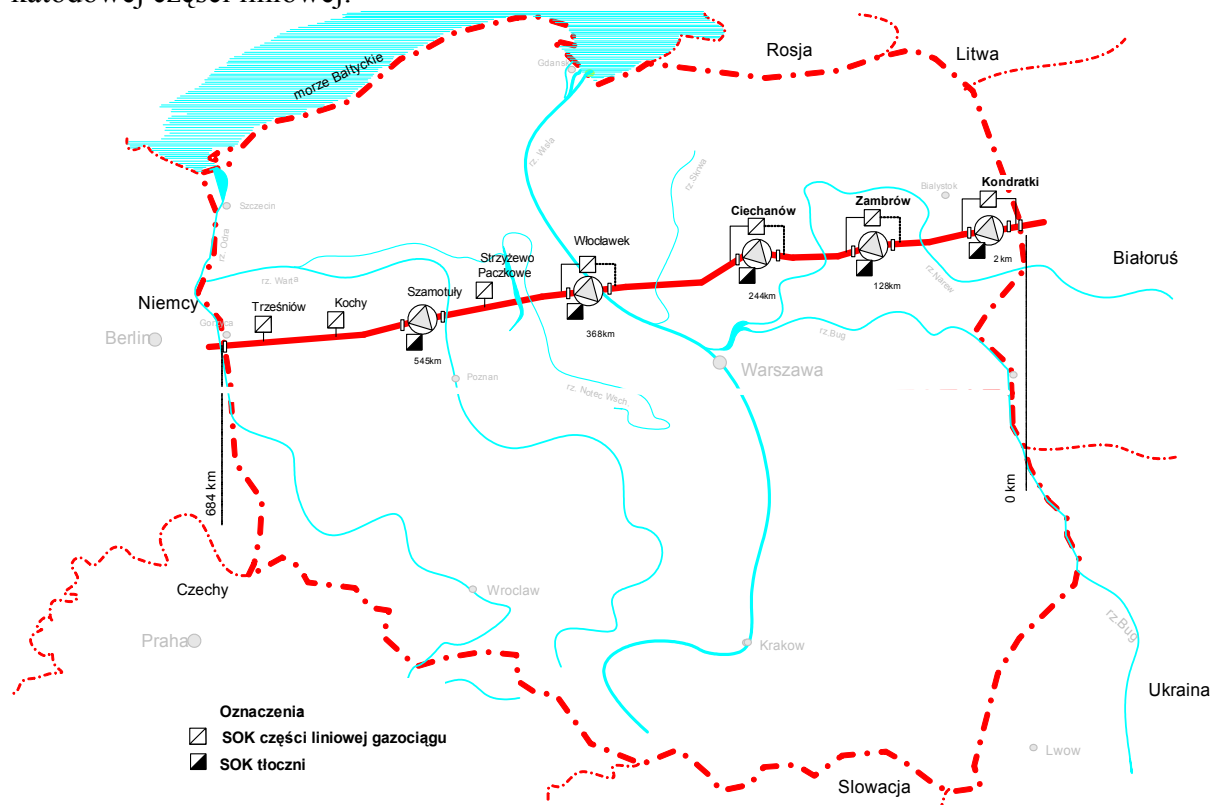
Podstawowe zabezpieczenie przeciwkorozyjne gazociągu tranzytowego stanowi jego zewnętrzna izolacja. Zgodnie ze współczesnymi wymaganiami rury posiadają fabrycznie wytłaczaną trójwarstwową powłokę polietylenową, a armatura izolację poliuretanową, też nanoszoną fabrycznie. Jednostkowa rezystancja powierzchniowa izolacji, mierzona zarówno po wybudowaniu gazociągu jak i w kolejnych latach eksploatacji jest na poziomie nie mniejszym niż:

- $10^6 \Omega \cdot \text{m}^2$  na odcinkach gazociągu nie zawierających zespołów zaporowo upustowych,
- $5 \cdot 10^5 \Omega \cdot \text{m}^2$  na odcinkach zawierających ZZU

Ochrona katodowa jest stosowana jako środek wspomagający ochronę podstawową i monitorujący stan jego zabezpieczenia przeciwkorozyjnego. Zgodnie z dokumentacją projektową jako kryterium oceny skuteczności ochrony przeciwkorozyjnej, w zależności od rezystywności gruntu, przyjęto potencjały - 0,75 ÷ - 0,95 V wolne od składowej IR (mierzone względem elektrody Cu/CuSO<sub>4</sub>).

### Ochrona katodowa gazociągu

Liniowa część gazociągu jest galwanicznie podzielona monoblokami izolacyjnymi na 5-ciu zespołach podłączeniowych tłoczni oraz na obu granicach państwa. Tak utworzone sekcje gazociągu są polaryzowane przez niezależne stacje tworząc autonomiczny system ochrony katodowej części liniowej.



Rys. 1. Ochrona katodowa liniowych i kubaturowych obiektów gazociągu na terenie RP

Obiekty kubaturowe, tzn. każda tłocznia łącznie z jej zespołem podłączeniowym, są galwanicznie odizolowane od części liniowej gazociągu poprzez monobloki i chronione

przez niezależny system ochrony katodowej ze stacją ochrony katodowej zlokalizowaną na terenie tłoczni. Kontrola parametrów pracy ochrony katodowej obiektów liniowych (ZZU, ZPT) i kubaturowych jest prowadzona metodami cyfrowymi w trybie „on-line”.

### Zdalne monitorowanie parametrów ochrony przeciwkorozyjnej obiektów liniowych

Monitorowanie parametrów pracy systemu ochrony katodowej odbywa się drogą SCADA w trybie „on-line”. Tą drogą możliwe jest śledzenie na bieżąco parametrów z poszczególnych zespołów technologicznych: potencjałów załączeniowych, prądów oraz trybów i stanu pracy stacji SOK. Z systemu SCADA, automatycznie raz na dobę, inicjowane są pomiary potencjałów „on/off” oraz stosownie do potrzeb ekip pomiarowych synchroniczne taktowanie wszystkich lub wybranych stacji. System ten umożliwia realizację wielu opcji, tym niemniej przyjęto zasadę, że nastawy parametrów i trybów pracy stacji realizowane są tylko lokalnie. Dla ogólnej oceny systemu pomocne są tygodniowe raporty średniodobowych potencjałów załączeniowych z zespołów technologicznych, realizowane przez program na podstawie wyników zarejestrowanych przez system SCADA. Raporty te poza informacją o stanie polaryzacji gazociągu w punktach zainstalowanych na zespołach technologicznych pozwalają wnioskować o ewentualnych uszkodzeniach np. w obwodach pomiarowych (patrz okno wizualizacyjne programu jak na rysunku nr 2.)

		06.04.17	06.04.18	06.04.19	06.04.20	06.04.21	06.04.22	06.04.23	2006.04.24	
									max	min
<b>SOK Włocławek</b>	A	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07		
ZPT Włocławek (zachód)	V	-1,54	-1,51	-1,52	-1,51	-1,51	-1,55	-1,51	-1,230	-1,480
ZZU Krzyżówki	V	-1,57	-1,54	-1,55	-1,54	-1,54	-1,57	-1,54	-1,160	-1,410
ZZU Radojewice	V	0,00	-0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,300	-1,550
ZZU Rządkwін	V	-1,55	-1,52	-1,55	-1,56	-1,56	-1,60	-1,54	-1,470	-1,720
ZZU Krzyżanna	V	-1,49	-1,45	-1,48	-1,50	-1,50	-1,54	-1,48	-1,330	-1,580
ZZU Wydartowo	V	-1,52	-1,49	-1,52	-1,54	-1,54	-1,58	-1,51	-1,240	-1,540
ZZU Strzyżewo Paczk.	V	-1,51	-1,48	-1,51	-1,51	-1,51	-1,53	-1,48	-1,230	-1,480
<b>SOK Strzyżewo Pacz.</b>	A	0,00	0,00	0,03	0,04	0,07	0,08	0,05		
ZZU Kiszkowo	V	-1,50	-1,48	-1,50	-1,51	-1,52	-1,55	-1,49	-1,260	-1,510
ZZU Łukowo	V	-1,53	-1,51	-1,52	-1,52	-1,54	-1,57	-1,51	-1,240	-1,490
ZZU Gołaszyn	V	-1,47	-1,46	-1,46	-1,47	-1,49	-1,51	-1,46	-1,260	-1,510
ZZU Przyborowo	V	-1,50	-1,49	-1,49	-1,50	-1,51	-1,54	-1,48	-1,290	-1,540
ZPT Szamotuły (wschód)	V	-1,56	-1,55	-1,55	-1,55	-1,57	-1,60	-1,54	-1,290	-1,540
ZPT Szamotuły (zachód)	V	-1,56	-1,54	-1,54	-1,54	-1,56	-1,58	-1,53	-1,290	-1,540
ZZU Emilianowo	V	-1,47	-1,45	-1,44	-1,45	-1,46	-1,49	-1,44	-1,310	-1,560
ZZU Żebowo	V	-1,54	-1,54	-1,55	-1,54	-1,54	-1,55	-1,50	-1,390	-1,640
ZZU Kochy	V	-1,46	-1,46	-1,46	-1,46	-1,45	-1,48	-1,43	-1,450	-1,700
<b>SOK Kochy</b>	A	0,15	0,14	0,12	0,11	0,11	0,11	0,06		
ZZU Glisno	V	-1,53	-1,52	-1,51	-1,52	-1,51	-1,56	-1,49	-1,390	-1,640
ZZU Trześniów	V	-1,45	-1,45	-1,44	-1,44	-1,43	-1,50	-1,43	-1,400	-1,650
<b>SOK Trześniów</b>	A	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04		
ZZU Owczary	V	-1,42	-1,43	-1,41	-1,42	-1,41	-1,48	-1,41	-1,420	-1,670

Rys. 2. Przykładowy raport tygodniowy monitoringu parametrów ochrony katodowej zachodnie części SGT

W programie tym na podstawie pomiarów terenowych określono granice min. i max. odpowiadające kryteriom ochrony. Jeżeli wyniki uśrednień mieszczą się w tych granicach, to są one obrazowane na zielonym tle. Odchyłki do 150mV i powyżej są obrazowane odpowiednio na żółtym i czerwonym tle. Przedmiotowe oprogramowanie oraz bieżące i archiwalne informacje z systemu SCADA służą do kontroli pracy systemu, natomiast

skuteczność ochrony katodowej jest oceniana na podstawie pomiarów terenowych, realizowanych przez służby eksploatacyjne.

### **Eksploatacyjne pomiary parametrów ochrony przeciwkorozyjnej na liniowej części SGT**

Pomiary w terenie są prowadzone przez służby eksploatacyjne, cyklicznie co roku zgodnie z wcześniej ustalonymi instrukcjami i harmonogramem. Są to następujące pomiary i badania:

- pomiary potencjału ochrony katodowej gazociągu w punktach pomiarowych,
- pomiar rozptywu prądu w gazociągu (sprawdzenie poziomu izolacji),
- pomiary kontrolne stałych elektrod odniesienia,
- pomiary oddziaływania trójfazowej elektrycznej prądu stałego na gazociąg,
- pomiary oddziaływania sieci prądu przemiennego na gazociąg,
- sprawdzenie stanu zabezpieczenia przed korozją gazociągu przechodzącego pod rzekami,
- badanie oddziaływania ochrony katodowej gazociągu na obce konstrukcje podziemne,
- badanie izolującego działania monobloków,
- pomiary rezystancji uziomu anodowego,
- pomiary odseparowania rur przewodowych od ochronnych,
- badanie skuteczności ochrony przeciwprzepięciowej na obiektach ochrony katodowej.

Służby eksploatacyjne odnotowują różnego rodzaju trudności występujące podczas prowadzenia powyższych pomiarów. Występują problemy z jednoznaczną oceną skuteczności ochrony katodowej. W sytuacjach wątpliwych, w ramach powyższych pomiarów cyklicznych, wykorzystywane są techniki pomiaru potencjału na elektrodach symulujących. Zasadniczą zaletą tej metody jest możliwość pomiaru natężenia i kierunku prądu płynącego pomiędzy elektrodą symulacyjną o znanej powierzchni i gazociągiem oraz możliwość wykonania pomiarów po odłączeniu elektrody od gazociągu bez ingerencji w pracę systemu ochrony katodowej. Metoda ta może być wykorzystywana w strefach oddziaływania prądów błądzących od trójfazowej elektrycznej i linii energetycznych NN [3]. Na techniki te powołują się też nowe normy: PN-EN-12954, PN-EN-12696 oraz dotycząca pomiarów w ochronie katodowej EN-13509.

W miejscach defektów nie kwalifikujących się do naprawy, w których skuteczność ochrony nie została potwierdzona w sposób jednoznaczny, zastosowano sondy korozymetryczne, które są stosownym narzędziem do monitorowania szybkości procesów korozyjnych np. na armaturze zaporowej zespołów technologicznych. Są one także odpowiednie do kryteriów ochrony określonych w normie PN-EN-12954. Z dotychczasowych doniesień [1] i doświadczeń eksploatacyjnych wynika, że zachowana jest powtarzalność parametrów sond korozymetrycznych i mimo wielu niedogodności mogą one być stosowane do kontroli procesu korozji na gazociągu.

### **Pomiary weryfikacyjne skuteczności ochrony przeciwkorozyjnej na liniowej części SGT**

Pomiary weryfikacyjne na liniowej części gazociągu prowadzone są przez firmy specjalistyczne i rozpoczęto je po okresie 3 ÷ 4 lat od zakończenia budowy gazociągu, po ujawnieniu się defektów powłoki izolacyjnej gazociągu. Celem tych pomiarów jest sprawdzenie weryfikacyjne poziomu izolacji gazociągu, zlokalizowanie defektów powłoki izolacyjnej metodą DCVG oraz potwierdzenie skuteczności ochrony w zlokalizowanych defektach przez pomiar parametrów ochrony i określenie, które defekty wymagają naprawy. Został nakreślony wieloletni program badawczy i jest on systematycznie realizowany poprzez następujące działania:

- przebadanie całego gazociągu z powierzchni ziemi dla znalezienia wszystkich defektów izolacji.

- dokonanie analizy znalezionych defektów: stwierdzenie skuteczności ochrony, naprawienie izolacji albo podłączenie sondy symulacyjnej i dokonywanie okresowego sprawdzania skuteczności ochrony katodowej we wskazanym defekcie.

W 2002 roku wykonaliśmy badania na 5-ciu wybranych odcinkach łącznie ok. 150 km. (w pierwszej kolejności wyznaczyliśmy odcinki, które w dokumentacji przekazanej przez firmy eksploatacyjne były wskazane jako odcinki, na których występują różnorodne problemy: oddziaływanie prądów błędzących, obniżona rezystancja przejścia, duża agresywność gruntu).

W latach 2003 - 2005 wykonaliśmy badania na następnych 480 km. Do wykonania pełnych badań izolacji gazociągu w 2006 roku pozostało ok. 60 km.

Po dokonaniu pomiarów z powierzchni gruntu na całym gazociągu następne badania tego rodzaju będą wyznaczane jedynie w przypadku pogorszenia się parametrów wykazanych w standardowych pomiarach eksploatacyjnych.

Wprawdzie opracowano wiele sposobów określania potencjału bez składowej IR, lecz nie można wskazać jednej uniwersalnej i prostej metody, która pozwoli na określenie skuteczności ochrony w defektach. Szczególnie jest to istotne dla stref anodowych i katodowych na odcinkach gazociągu ze stwierdzonym oddziaływaniem prądów błędzących. W badaniach tych posługiwano się metodą pomiarowo - obliczeniową (ekstrapolacyjną) i sond symulacyjnych imitujących wadę w izolacji. W ramach pomiarów weryfikacyjnych skuteczności ochrony, wykorzystując techniki korelacyjne, wykonane były badania oddziaływań prądów błędzących.

Efektom końcowym pomiarów weryfikacyjnych jest odsłonięcie i naprawa defektów zakwalifikowanych do naprawy.

Na rysunku nr 3 przedstawiono przykładowy defekt spowodowany przez wystający stalowy pręt zbrojenia obciążnika gazociągu. Pręt ten powodował doziemienie gazociągu całą powierzchnią obciążnika i przy pomiarach uwidaczniał się jako duży defekt. Zazwyczaj przyczynami defektów były uszkodzenia izolacji powodowane w trakcie opuszczania gazociągu do wykopu (uszkodzenia od zawiesi) lub jego zasyпки (uszkodzenia od koparek). Pomiarów weryfikacyjnych skuteczności ochrony były systematycznie prowadzone od 2002 roku i zakłada się, że zostaną one zakończone w 2006 roku, a defekty powłoki zakwalifikowane do naprawy będą usunięte do końca 2007 roku. W wyniku dotychczas prowadzonych pomiarów do naprawy zakwalifikowano 29 defektów na odcinku ok. 630 km. Jak dotychczas wszystkie kwalifikacje napraw były zasadne. Końcowym etapem przedmiotowych pomiarów jest sprawdzenie parametrów ochrony na odcinkach gazociągu z naprawianymi defektami.

Występujące oddziaływania prądów błędzących na liniowej części gazociągu i związane z tym wątpliwości przy ocenie skuteczności ochrony gazociągu obliguje nas do stosowania technik badawczych, które mimo pewnych dylematów, pozwalają na zdiagnozowanie nie tylko stanu izolacji, ale i stanu ścianek rurociągu. W tym celu, po roku eksploatacji dokonano sprawdzenia gazociągu od wewnątrz tłokiem inteligentnym, dokumentując tzw. stan „zerowy”. Zakłada się, że badania te będą powtarzane co 10 lat.



Rys. 3. Zlokalizowany i odsłonięty defekt izolacji gazociągu. Był on spowodowany przez wystający stalowy pręt zbrojenia obciążnika.

### Wnioski

1. Kryterium jednostkowej rezystancja przejścia jest wskaźnikiem miarodajnym przy ocenie powłok gazociągów w budowie. Potwierdza się stosowana praktyka, że pomiary „wyjściowe” do określenia tego wskaźnika powinny być wykonywane w trakcie budowy gazociągu, gdy poszczególne jego odcinki są już zakopane, lecz elektrycznie rozdzielone.
2. Oddziaływania prądów błądzących na gazociąg mogą zniekształcać wyniki przedmiotowych pomiarów, tym niemniej jeżeli są wykonywane corocznie pozwalają określić tendencję zmian stanu powłoki izolacyjnej.
3. Pomiary podstawowe sprawdzające instalację ochrony katodowej uzupełnione badaniami umożliwiającymi znalezienie wszystkich defektów izolacji, a następnie szczegółowe

zajęcie się tymi defektami poprzez określenie skuteczności ochrony, naprawę izolacji lub monitorowanie procesu zapewniają długotrwałą poprawną eksploatację gazociągu.

## **Literatura**

1. J. Jankowski: Materiały VIII Krajowej Konferencji „Pomiary Korozyjne w Ochronie Katodowej”, Jurata, 16-18.06.2004, s 29-39.
2. M. Fiedorowicz: Materiały VI Krajowej Konferencji „Pomiary Korozyjne w Ochronie Katodowej”, Jurata, 14-16.06.2000, s 119-123.
3. M. Kościuk: Materiały programu naukowo- technicznego współpracy w obszarze diagnostyki i monitoringu korozji, Kassel, 25-30.06.2002.
4. M. Olejniczak, W. Sokólski: Materiały VIII Krajowej Konferencji „Pomiary Korozyjne w Ochronie Katodowej”, Jurata, 16-18.06.2004, s 81-89.
5. Materiały z badań stanu zabezpieczenia przeciwkorozyjnego polskiego odcinka gazociągu tranzytowego, realizowanych w latach 2002 - 2005 przez firmy Corropol, Geoinvirex, INiG.