



**ASYMETRYCZNY ODGRANICZNIK PRĄDU STAŁEGO
JAKO ŹRÓDŁO PRĄDU OCHRONY KATODOWEJ**

**ASYMMETRICAL D.C. DECOUPLING DEVICE
AS A SOURCE OF IMPRESSED CURRENT**

Robert Ciupek, Wojciech Sokółski

PBG S.A. dawniej Technologie Gazowe Piecobiogaz Sp. z o.o.,
SPZP CORRPOL Gdańsk

Słowa kluczowe: korozja, oddziaływanie linii wysokiego napięcia na podziemne rurociągi,
zabezpieczenia, ochrona

Keywords: corrosion, influence of the high wires on underground pipelines, preservation,
protection

Streszczenie

W referacie przedstawiono zastosowanie asymetrycznych urządzeń typu MOPS (monolityczny odgranicznik prądu stałego), w celu ograniczenia zagrożeń spowodowanych poprzez indukowanie się napięcia przemiennego, w równoległe ułożonym rurociągu, w stosunku do linii napowietrznej wysokiego napięcia.

Summary

This paper presents possible usage for the asymmetrical devices MOPS type (monolithic d.c. decoupling device), in order to limit threats caused by induced alternating voltage, in the parallel underground pipeline, in relation to the overhead high wires.

Wprowadzenie

W trakcie budowy odcinka rurociągu od strefy przyodwiertowej do ośrodka centralnego kopalni ropy, pojawiły się niepokojące problemy związane z indukowaniem się w nowo budowanym rurociągu napięć przemiennych, na poziomie kilkudziesięciu woltów. Prądy przemiennie stwarzały istotne zagrożenie podczas budowy rurociągów dla osób obsługi, sygnalizowały o możliwości wystąpienia korozji rurociągu, spowodowanej przez szkodliwe oddziaływanie wyindukowanych prądów przemiennych. Wyindukowane prądy przemiennie mogły spowodować przeskok ładunku elektrycznego dużej mocy, podczas prowadzonych czynności remontowych na obiektach z dala od linii napowietrznej wysokiego napięcia. Jest to bardzo istotny aspekt, gdyż medium tłoczone pod ciśnieniem roboczym około 35 MPa, tym rurociągiem, to ropa naftowa, złożowa zawierająca różne związki chemiczne trujące oraz wybuchowe. Z tego powodu, już w trakcie realizacji tej inwestycji, firma PBG S.A. zwróciła się do Specjalistycznego Przedsiębiorstwa Zabezpieczeń Przeciwnokorozyjnych CORRPOL Sp. z o.o. o konsultację i pomoc w rozwiązaniu tego problemu.

Przygotowanie obiektu do ochrony katodowej

Inwestycja obejmowała:

- wyizolowanie rurociągów stalowych od dwóch odwiertów oraz od ośrodka centralnego przy pomocy monobloków,
- wybudowanie układu protektorowego w połowie przebiegu rurociągów, w rejonie o niskiej rezystywności gruntu,
- instalacja różnego rodzaju punktów pomiarowych,
- instalacja pionowych uziorów ochronnych w miejscach równoległego przebiegu rurociągu, w stosunku do linii napowietrznej wysokiego napięcia,
- instalacja urządzeń do kontroli przebiegu korozji chronionej konstrukcji oraz do pomiarów eksploatacyjnych parametrów ochrony katodowej,
- instalacja urządzeń zabezpieczających przed oddziaływaniem prądów przemiennych na chroniony obiekt oraz na osoby obsługi.

Rurociągi techniczne łączące strefy przyodwiertowe z ośrodkiem centralnym, zostały zbudowane z rur posiadających fabryczne powłoki ochronne typu 3LPE. Połączenia spawane rur izolowano taśmami w klasie izolacji C. Rurociągi technologiczne nie mają galwanicznych połączeń z doziemionymi konstrukcjami metalowymi, jak również nie stykają się galwanicznie oraz elektrolitycznie z rurami osłonowymi w miejscach skrzyżowania rurociągów z drogami, czy też innymi konstrukcjami podziemnymi. Po wybudowaniu rurociągów zostały przeprowadzone badania szczelności powłoki izolacyjnej metodą DCVG. Wszystkie nieszczelności powłoki izolacyjnej zostały usunięte. Lokalizacja całej podziemnej infrastruktury w pasie leśnym z dala od infrastruktury miejskiej oraz zelektryfikowanych torowisk, wyklucza oddziaływanie prądów błądzących, pochodzenia trąkcyjnego prądu stałego. Złącza izolacyjne (monobloki) wyposażono w urządzenia typu, asymetryczny MOPS (monolityczny ogranicznik prądu stałego), przy ośrodku centralnym oraz na obu strefach. W celu zabezpieczenia przed korozją wywołaną tworzeniem się ogniw galwanicznych, złącz izolacyjnych od strony wewnętrznej, zamontowano je w położeniu skośnym ok. 60°. Po stronie wewnętrznej, nie chronionej ochroną katodową, złącza izolacyjne od we-

wewnątrz, są wyłożone materiałem izolacyjnym. Wewnętrzna powłoka odporna jest na szkodliwe oddziaływanie przesyłanych wraz z tłoczonym medium, zanieczyszczeń oraz elektrolitu zawierającego sole, siarkę czy też inne związki chemiczne. Długość powierzchni wyłożonej od wewnątrz wynosi, odległość dwóch średnic rurociągu, czyli ok. 160 mm w obie strony. W miejscu równoległego przebiegu rurociągu w stosunku do linii WN, w punktach pomiarowych, wybudowano uziomy robocze typu pionowego, połączone z rurociągiem poprzez odpowiedni odgromnik oraz asymetryczny MOPS (monolityczny odgranicznik prądu stałego). W punktach tych zainstalowano sondy pomiarowe potencjału z próbkami metalowymi o powierzchni 1 cm^2 , w celu możliwości pomiarów wszelkich parametrów ochrony katodowej.

Opis układu protektorowego

Układy protektorowe zainstalowano w gruncie o rezystywności poniżej $50\ \Omega\text{m}$ na głębokości ok. 1,7 m. Poszczególne protektory ochraniające rurociągi, zakopano dostatecznie głęboko, aby pozostawały w stałym kontakcie z wilgotną warstwą ziemi. Każdy protektor magnezowy, jest umieszczony wewnątrz worka z tzw. wypełniaczem. Do zbudowania układu protektorowego użyto protektory magnezowe typu COMPACT (50x500) o masie 2,3 kg bez aktywatora. Zastosowano gotowe do zainstalowania pojedyncze protektory, przygotowane przez firmę Corropol wraz z wypełnieniem i kablami podłączeniowymi.

Wypełnienie worka poszczególnego protektora składa się z mieszaniny bentonitu + NaSO_4^+ dodatków modyfikujących, w celu otoczenia anod galwanicznych, strefą o dobrym przewodnictwie elektrycznym.

Charakterystyka elementów obwodów kontrolno-pomiarowych

Sonda symulująca

W punktach pomiarowych zainstalowano sondy symulujące składające się ze stałej elektrody odniesienia Cu/CuSO_4 i dwóch płytek stalowych, symulujących defekt w powłoce izolacyjnej chronionego katodowo obiektu. Zastosowano zintegrowane sondy symulacyjne typu EO-S110/Cu-2S1, z dwoma płytkami stalowymi o powierzchni defektu po 1 cm^2 .

Monolityczny odgranicznik prądu stałego

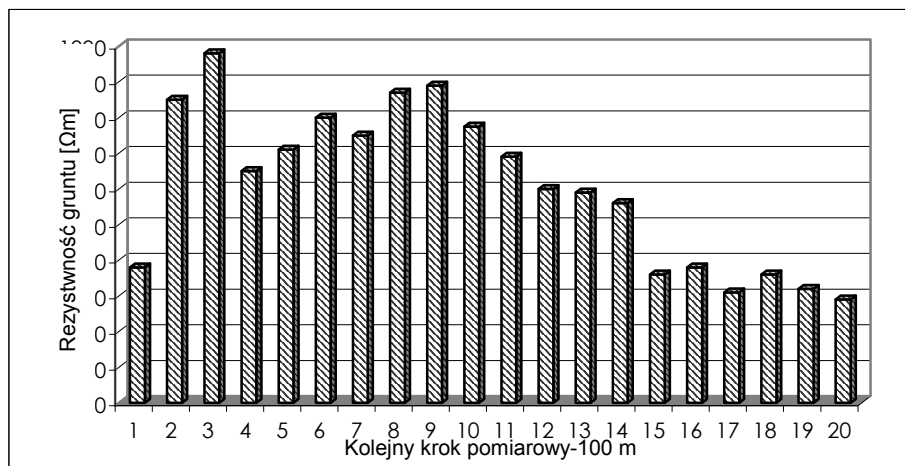
W punktach pomiarowych typu P/O przy równoległym przebiegu rurociągu w stosunku do linii elektroenergetycznej przesyłowej 400 kV, prądu przemiennego oraz na każdym monobloku zainstalowano asymetryczne monolityczne odgraniczniki prądu stałego (MOPS). Urządzenia te zapewniają jednocześnie skuteczne zabezpieczenie przed prądami zwarciovymi i prądami wyładowań atmosferycznych do 100 kA. Blokują także przepływ prądu stałego jeszcze skuteczniej niż ogniwa polaryzacyjne.

Zabezpieczenie obiektu przed oddziaływaniem linii napowietrznej wysokiego napięcia

Nowo wybudowany rurociąg znajduje się w pasie tzw. „kanału energetycznego”, w wycinie lasu, w którym występuje zbliżenie z linią elektroenergetyczną, napowietrzną

wysokiego napięcia 400 kV. Zbliżenie rurociągu z linią elektroenergetyczną napowietrzną w odległości ok. 20 m od skrajnego przewodu, występuje na odcinku ok. 2 km.

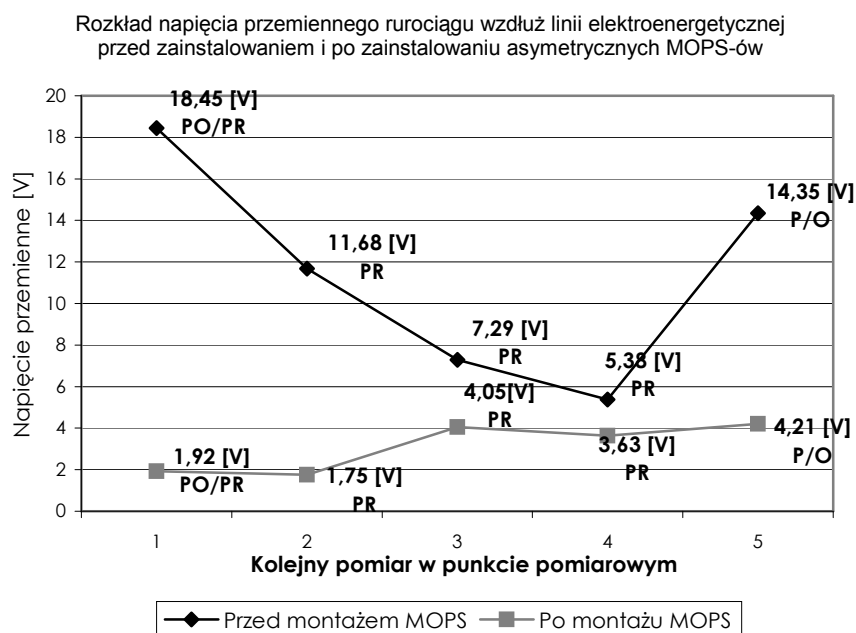
Wzdłuż całego przebiegu rurociągu dokonano pomiarów rezystywności gruntu. Z przeprowadzonych pomiarów rezystywności gruntu wynika, iż cały odcinek równoległego przebiegu rurociągu do linii napowietrznej 400 kV, znajduje się w gruncie o dość wysokiej rezystywności rzędu 300-700 Ωm . Wyniki rezystywności gruntu przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Rezystywność gruntu wzdłuż trasy ułożonego rurociągu, mierzona co 100 m

Dla zabezpieczenia rurociągu, jak i obsługi, wybudowano w miejscu równoległego przebiegu gazociągu w stosunku do linii energetycznej napowietrznej, dwa punkty P/O zwierające rurociąg poprzez odgromnik z uziomem roboczym. Pierwszy punkt typu PO/PR wybudowano przy odejściu rurociągu w kierunku ośrodka centralnego, drugi punkt typu P/O wybudowano przy zbliżeniu linii napowietrznej 400 kV do rurociągu. Wybudowanie tych punktów podyktowane jest generowaniem się najwyższych napięć przemiennych przy zbliżeniu i odejściu rurociągu, od równoległego przebiegu z linią energetyczną napowietrzną. W obu tych punktach zainstalowano urządzenia typu, asymetryczny MOPS (monolityczny ogranicznik prądu stałego). Łącznie zastosowano sześć odpowiednio dobranych urządzeń MOPS. Cztery zainstalowano na wszystkich monoblokach, zaś dwa pozostałe zamontowano w punktach typu P/O, przy równoległym przebiegu rurociągu w stosunku do linii napowietrznej wysokiego napięcia. W sumie na łącznej długości 6,5 km rurociągów, zainstalowano 21 punkty pomiarowe. Uziomy robocze, pionowe w punktach P/O, po wykonaniu posiadają rezystancję do ziemi, na poziomie 5 Ω oraz 3 Ω . Ponadto układ protektorowy, jako element niskomowy, stanowi zabezpieczenie przed mogącym pojawić się niebezpiecznym napięciem przemiennym pochodzenia energetycznego. Zainstalowano zintegrowane sondy symulacyjne z dwoma płytkami stalowymi o powierzchni defektu 1 cm^2 , które umiejscowiono w osi poprzecznej rurociągu w odległości 10-15 cm od krawędzi rurociągu. Na poniższym rys. 2, przedstawiono wartości wyindukowanego napięcia przemiennego w rurociągu, przed i po zainstalowaniu urządzeń MOPS. Montaż tych urządzeń spowodował obniżenie wyindukowanego napięcia przemiennego do bezpiecznego poziomu.

Można jednakże zauważyć wyższy poziom napięcia przemiennego w rejonach ułożenia rurociągu w gruncie o niskiej rezystywności.



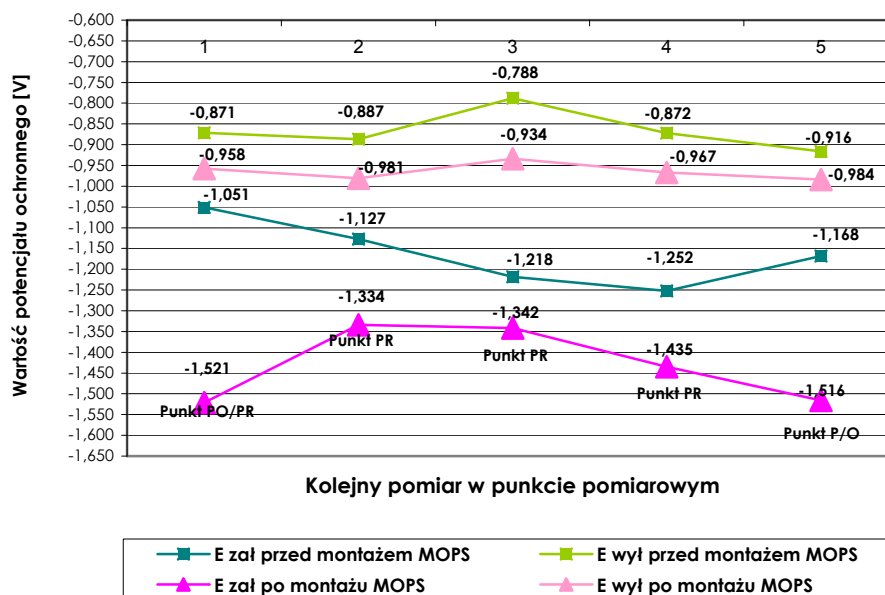
Rys. 2. Zestawienie napięć przemiennych w rurociągu przed i po montażu urządzeń MOPS

Zastosowanie asymetrycznego MOPS-a miało na celu zabezpieczenie podziemnej instalacji przed szkodliwym oddziaływaniem napięcia przemiennego na rurociąg, a także osób obsługi. Urządzenie to wyposażone w układy półprzewodnikowe zapewniające jednokierunkowy przepływ prądów stałych, a przepuszczające prąd przemienny i prądy wyładowań w obu kierunkach. W rozwiązaniu odgranicznika wykorzystano własności diod krzemowych, mianowicie stosunkowo dużą rezystancję w kierunku przepustowym i napięcie wsteczne 0,7 V. Diody włączone są w sposób przeciw równoległy oraz zabezpieczone odpowiednim dławikiem.

Połączenie rurociągu poprzez tak skonstruowany układ, zapewnia utrzymanie rezystancji, przy której zachowane zostają warunki stosowania efektywnej ochrony katodowej. Układ ten wykorzystując wyindukowane napięcie przemiennie w rurociągu i poprzez układ prostowniczy, wspomaga pracę ochrony katodowej za pomocą anod galwanicznych, wydłużając jego żywotność.

Na rys. 3 przedstawiono rozkład potencjałów ochronnych rurociągu pomierzonych w punktach pomiarowych wzdłuż równoległego przebiegu rurociągu, w stosunku do linii napowietrznej, elektroenergetycznej 400 kV. Z wykresu widać wyraźnie, iż zastosowanie asymetrycznych MOPS-ów spowodowało podwyższenie parametrów potencjałowych chronionego rurociągu oraz wygładzenie charakterystyki potencjałów bez składowej omowej.

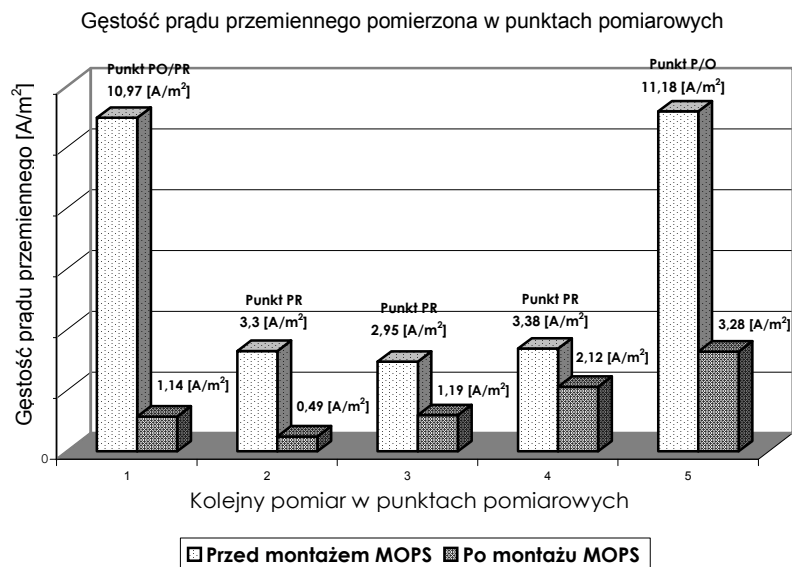
Rozkład potencjałów ochronnych rurociągu wzdłuż linii elektroenergetycznej przed i po zainstalowaniu asymetrycznych MOPS-ów



Rys. 3. Rozkład potencjałów ochronnych rurociągu

W takich jak powyżej prezentowanym przypadku oddziaływania indukcyjnego przesyłowych linii napowietrznych, na zakopane równoległe rurociągi, podstawowym badaniem oceniającym zagrożenie korozyjne powinno być badanie gęstości prądu przemiennego. W celu prowadzenia tych badań zainstalowano w punktach pomiarowych elektrody symulujące o powierzchni 1 cm^2 . Z wykonanych po zainstalowaniu asymetrycznych MOPS-ów (monolitycznych ograniczników prądu stałego), wynika, iż gęstość prądu przemiennego w punktach pomiarowych utrzymuje się na niskim poziomie. Podobnie jak w przypadku napięć przemiennych, występuje analogia w porównywaniu wyników pomiarów. W gruntach o niskiej rezystywności występuje wyższy poziom gęstości prądu przemiennego, mogącego szkodliwie oddziaływać na podziemny rurociąg. Często spotykane zmiany warunków glebowych wzdłuż eksploatowanych instalacji podziemnych, występujące na krótkich odcinkach trasy ułożenia rurociągów, powinny wymuszać na prowadzących pomiary eksploatacyjne, aby uwzględniać w swoich badaniach oraz analizach tak istotny parametr, jakim jest rezystywność przyległego gruntu.

Wartości gęstości prądu przemiennego pomierzone w punktach pomiarowych w trasie równoległego przebiegu linii napowietrznej wysokiego napięcia i rurociągu, przed i po zainstalowaniu urządzeń typu asymetryczny MOPS, przedstawia rys. 4.



Rys. 4. Wartość gęstości prądu przemiennego w punktach pomiarowych wzdłuż równoległego przebiegu rurociągu do linii napowietrznej 400 kV

Podsumowanie

Wybudowane punkty pomiarowe w pełni zabezpieczają warunki do wykonywania pomiarów intensywnych jak i eksploatacyjnych wybudowanego rurociągu.

Zastosowanie asymetrycznych odgraniczników prądu stałego pozwoliło zwiększyć bezpieczeństwo elektrycznej obsługi oraz zredukować zagrożenie korozyjne rurociągu oddziaływaniami linii napowietrznej wysokiego napięcia. Ze względu na specyficzny przebieg rurociągów w tzw. „kanałach energetycznym”, w sąsiedztwie linii napowietrznej 400 kV, konieczne okazało się ograniczenie indukowania się prądów przemiennych w rurociągu. Po przeprowadzeniu badań, konsultacji wśród specjalistów oraz dzięki współpracy naszych obu firm udało się zminimalizować oddziaływanie i zagrożenia linii napowietrznej na rurociąg. Zastosowano z powodzeniem po raz pierwszy w takiej skali w Polsce nowatorskie rozwiązanie - asymetryczny monolityczny odgranicznik prądu stałego (MOPS-4 prod. SPZP CORRPOL).

Można przypuszczać, iż ze względu na problemy z wykupem gruntów, coraz częściej będzie miało miejsce umiejscawianie wszelkich rurociągów w tzw. „kanałach energetycznych”, gdzie obok różnego rodzaju rurociągów, będą występować linie energetyczne napowietrzne, czy też kablowe. We wspólnych „korytarzach energetycznych” można również napotkać rurociągi chronione osobnymi instalacjami ochrony katodowej, które niekiedy „nakładają” się wzajemnie, wywołując szkodliwe oddziaływanie na siebie. Oczywiście poprawne działanie urządzeń nie zwalnia osób obsługi od zachowania szczególnej ostrożności podczas wykonywania nawet najprostszych, rutynowych czynności, szczególnie gdy prowadzi się normalną eksploatację czynnych instalacji różnego rodzaju (rurociągów i linii elektroenergetycznych).

Literatura

- [1] Machczyński W.: *Oddziaływanie elektromagnetyczne na obwody ziemnopowrotne – rurociągi podziemne*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1998.
- [2] Machczyński W.: Biuletyn Polskiego Komitetu Elektrochemicznej Ochrony przed Korozją – *Oddziaływanie pola elektrycznego i magnetycznego na podziemne rurociągi*.
- [3] Handke A.: *Szkodliwe zjawiska towarzyszące przesyłaniu i rozdzielaniu energii elektrycznej*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 1987.
- [4] Dziuba W., J. Dąbrowski: Biuletyn Polskiego Komitetu Elektrochemicznej Ochrony przed Korozją – *Korozja rurociągów spowodowana oddziaływaniem elektroenergetycznych linii przesyłowych prądu przemiennego*.
- [5] Praca zbiorowa – *Ochrona elektrochemiczna przed korozją. Teoria i praktyka*. Wydawnictwo naukowo-Techniczne Warszawa 1991.
- [6] Dokumentacja techniczno-ruchowa – *Odlącznik magnetyczny do sond pomiarowych i elektrod symulacyjnych*. Wydawca Specjalistyczne Przedsiębiorstwo Zabezpieczeń Przeciwkorozyjnych Corropol Sp. z o.o.
- [7] Praca zbiorowa – *Technika przeciwkorozyjna*. Państwowe wydawnictwa Szkolnictwa Zawodowego Warszawa 1973.
- [8] Komitet ds. studiów nad korozją i ochrony przeciwkorozyjnej rurociągów – *Podręcznik techniki pomiarowej w ochronie katodowej*. Wydawca Przedsiębiorstwo Agcor 1996.