



**SYSTEM ZDALNEJ TRANSMISJI DANYCH OCHRONY KATODOWEJ
NA PODZIEMNYCH MAGAZYNACH GAZU**

**A SYSTEM OF CATHODIC PROTECTION REMOTE DATA TRANSMISSION
OF UNDERGROUND STORAGE OF GAS**

Karel Wolf, Pavel Litavsky
TRANSGAS s.p., Praha
Republika Czeska

Słowa kluczowe: ochrona katodowa, transmisja danych, podziemne magazyny gazu
Keywords: cathodic protection, data transmission, underground storage of gas

Streszczenie

Celem pracy jest zapoznanie środowiska techników i inżynierów z rozwiązaniem transmisji danych i sterowania ochrony katodowej wraz z charakterystyką ogólną podziemnych magazynów gazu w Republice Czeskiej w powiązaniu z systemami ich sterowania. Opracowanie analizuje i ocenia realizację automatyzowanego systemu transmisji danych z poszczególnych stacji ochrony katodowej, łącznie z automatyczną kontrolą potencjału ochronnego, do punktu dyspozycyjnego i stanowisko pracy technika korozji, wraz z możliwością sterowania zwrotnego. Informacje o stanie nastawienia ochrony katodowej są na bieżąco oceniane w regularnych cyklach pomiarowych, a w zależności od nastawionego trybu pracy, z jednego stanowiska pracy technika korozji wprowadzane są odpowiednie zmiany. Nowoczesne metody techniki ochrony antykorozyjnej wraz z systemami sterowania i transmisji danych umożliwiają wprowadzenie nowych metod pomiarowych, opracowania i szacowania danych.

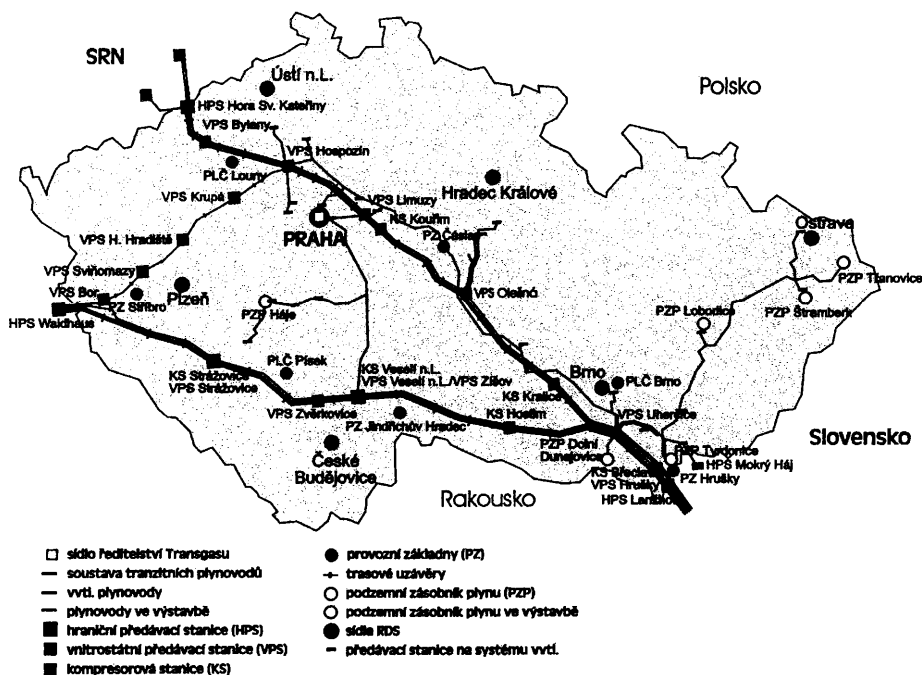
Summary

The aim of the paper is familiarisation of technicians and engineers with a solution of data transmission and controlling of cathodic protection of underground storage of gas in the Czech Republic, together with their general characterisation and their steering systems. The elaboration analyses and evaluates the realisation of an automatic data transmission system from each cathodic protection station, together with automatic control of the protection potential, to the central point with the corrosion technician's work-stand with a possibility of steering. Information on the status of cathodic protection is evaluated in regular measurement cycles and, depending on the work mode, appropriate changes can be made from one central work-stand. Modern anticorrosion protection techniques with steering and data transmission systems allow introduction of new methods of measurement, evaluation and estimation of data.

Wprowadzenie

W Republice Czeskiej eksploatuje się pięć podziemnych magazynów gazu (PMG) do sezonowego magazynowania gazu ziemnego. Są to licząc od najstarszego Lobodice, Tvrdonice, Štramperk i Dolní Dunajovice, które leżą na terenie północnych i południowych Moraw. W drugiej połowie roku 1998 w pobliżu miasta Příbram oddano do użytku nowo wybudowany magazyn kawernowy Háje, zakwalifikowany jako magazyn szczytowy. W fazie robót wykończeniowych i oddawania do użytku jest PMG Trzanovice koło Czeskiego Cieszyna.

Podziemny magazyn gazu Lobodice, jako najstarszy, był pierwszym magazynem gazu w ówczesnej Czechosłowacji, zbudowany został w roku 1965 i pierwotnie był eksploatowany jako magazyn nadwyżek gazu świetlnego. Na końcu lat 80-tych rozpoczęto jego przebudowę na magazyn gazu ziemnego. Podziemny magazyn Tvrdonice został oddany do użytku w roku 1973 a po dziesięciu latach w roku 1983 oddano do użytku podziemny magazyn Štramperk. Magazyn Dolní Dunajovice został uruchomiony w roku 1989 (patrz rys. 1).



Rys. 1. Schemat gazociągów tranzytowych i PMG w Republice Czeskiej.

W interesie użytkownika podziemnych magazynów gazu jest to, aby wszelkie eksploatowane metalowe instalacje rurociągowo umieszczone w ziemi były w całym okresie ich żywotności użytkowane bez awarii, oraz aby koszty napraw były jak najniższe. Dlatego też instalacje rurociągowo i inne znajdujące się w ziemi w pobliżu podziemnych magazynów gazu

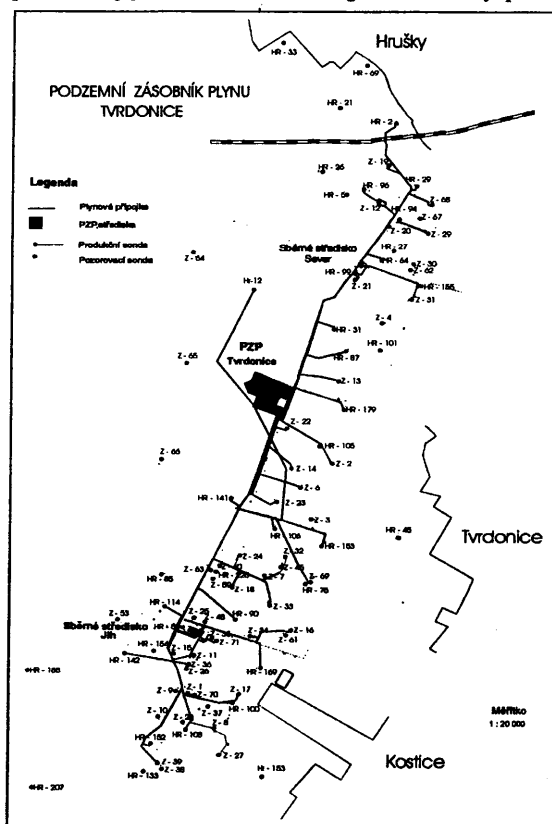
konstrukcje metalowe są aktywnie chronione a ich systemy ochrony są wraz z rozwojem rozwiązań technicznych stale udoskonalane.

We okresie powstania Republiki Czeskiej w drugiej połowie lat 90-tych w PMG Lobodice zbudowany został system sterowania i monitorowania funkcjonowania poszczególnych sond. Projekt systemu zakładał rozmieszczenie w pobliżu każdej sondy nadajników radiowych. Z punktu widzenia eksploatacji ochrony antykorozyjnej powstała w ten sposób możliwość nowego, nowoczesnego rozwiązania przesyłu i odczytu potencjału rurociąg – gleba. Dlatego też zaprojektowany i wykonany został automatyzowany system transmisji (przesyłu) danych z poszczególnych stacji ochrony katodowej wraz z systemem automatycznej kontroli potencjału ochronnego z poszczególnych sond do dyspozytorni oraz na stanowisko technika ochrony antykorozyjnej z możliwością sterowania zwrotnego.

Zakres instalacji rurociągowych na PMG

Z punktu widzenia ochrony antykorozyjnej magazyny gazu interesują nas przede wszystkim pod względem wielkości instalacji rurociągowych, umieszczenia poszczególnych sond głębinowych, których metalowe rurociągi, umieszczone pionowo w ziemi osiągają długości przekraczające setki metrów. Długości i zakresy połączeń rurociągowych poszczególnych

sond, osiągające dziesiątki km, decydują w rezultacie o rozmieszczeniu źródeł aktywnej ochrony katodowej. Obszary PMG wahają się od 10 do 30 km² (patrz rys. 2).



Rys. 2. Schemat rozmieszczenia podłączeń w PMG Tvrdonice.

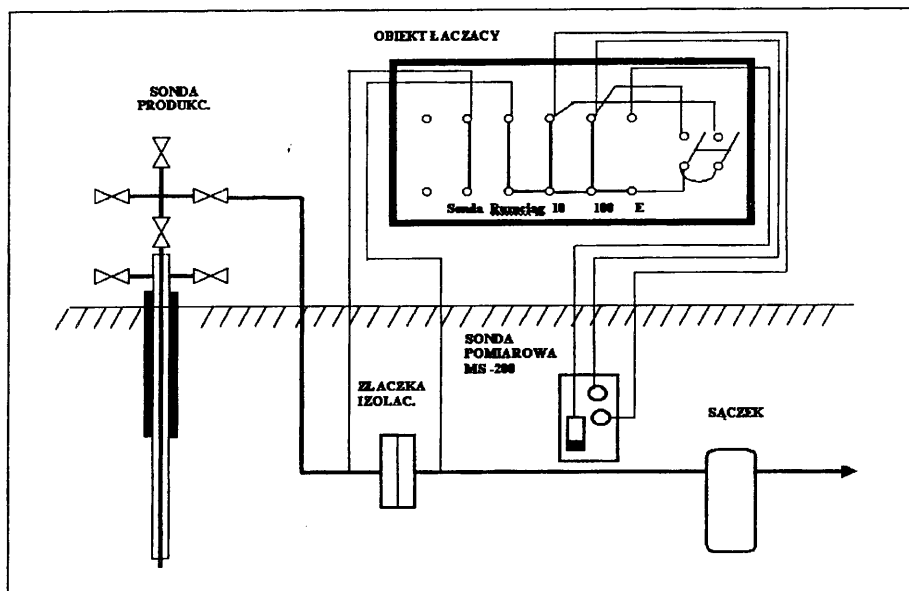
Sondy na ich obrzeżach znajdują się często w pobliżu obszarów zabudowanych, ale zawsze w granicach dozwolonych pasm bezpieczeństwa.

Poszczególne odgałęzienia sond łączą się w kilku punktach zbiorczych tworząc wspólny kolektor, prowadzący w gazociągu zbiorczym do arealu centralnego, gdzie instalacje rurociągowie kończą się w urządzeniach technologicznych a następnie gaz jest przekazywany do zewnętrznej sieci gazowniczej. W kierunku od sond do arealu centralnego przelot rurociągu stale wzrasta. Przelot podłączeń waha się średnio od DN 80 do 150 a gazociągów

zbiorczych od DN 200 do 300. We wszystkich starszych PMG zostały zastosowane asfaltowe materiały izolacyjne. Wyłącznie w PMG Hąje i Trzanowice, które zostały zbudowane w latach 90-tych, podłączenia rurociągowe posiadają fabryczną izolację PE a ich średnice są w zasadzie dwa razy większe.

Zespół ochrony katodowej poszczególnych magazynów

Zgodnie z podstawowymi zasadami sztuki inżynierskiej poszczególne sondy oraz ich elementy nadziemne są odizolowane złączami izolacyjnymi (ZI) od umieszczonych poziomo w ziemi połączeń. Główną przyczyną umieszczania ZI jest dążenie do oddzielenia izolowanych instalacji rurociągowych (patrz. rys. 3) od nie izolowanych, umieszczonych pionowo w ziemi, rur osłonowych sond, jak pokazano na schemacie na rys. 3

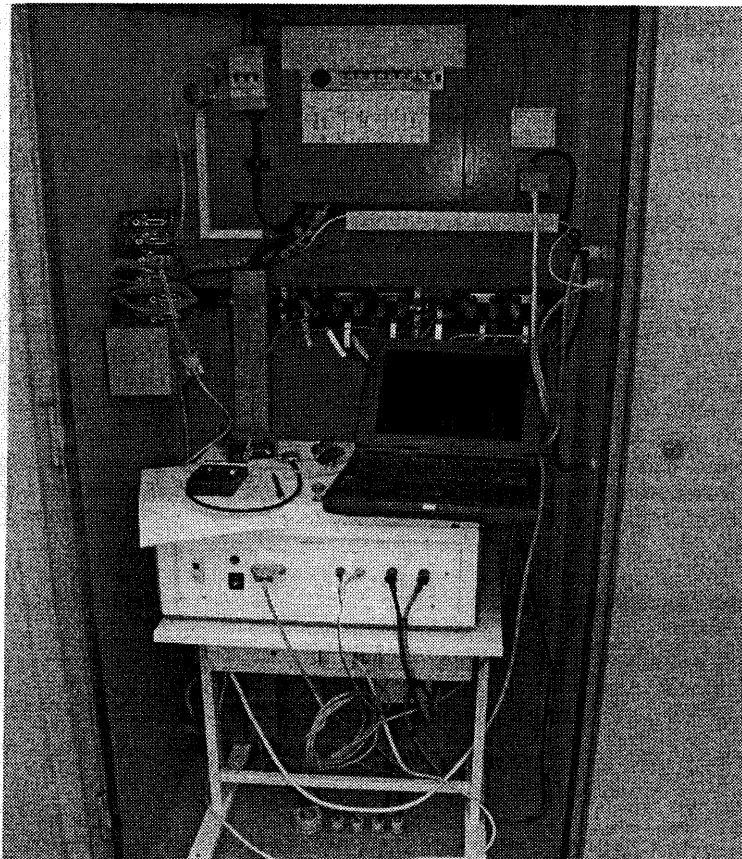


Rys. 3 Schemat oddzielenia technologicznej części sondy za pomocą złącza izolacyjnego łącznie z czujnikiem kontrolnym

Izolowane instalacje poziome znajdują się pod wpływem ochrony katodowej, podczas kiedy sondy pozostają elektrycznie separowane. Na wybranych obszarach na odpowiednich sondach znajdują się, zazwyczaj w ogrodzeniu we własnych kioskach, stacje ochrony katodowej (SOK). W przypadkach, kiedy zespół poszczególnych sond i cały kompleks technologiczny są w areale PMG eksploatowane za pomocą systemu sterowania, prostowniki ochrony katodowej umieszczone są oddzielnie (patrz rys. 4) we wspólnych szafkach systemu sterowania.

Przesyłki danych zdalnego sterowania do dyspozytorni są w pełni wykorzystywane do celów sterowania procesów technologicznych PMG. Z punktu widzenia ochrony antykorozyjnej prowadzone jest zdalne monitorowanie potencjału ochronnego, ewentualnie pracy

prostowników (kontrola prądu i napięcia). Na polecenie dyspozytora możliwe jest zwrotne przestawianie wartości SOK. Przesunięcie przebiegu prostownika wykonywane jest dla jego wartości maksymalnych i minimalnych. W razie awarii urządzenie SOK sygnalizuje ją automatycznie w punkcie dyspozycyjnym.



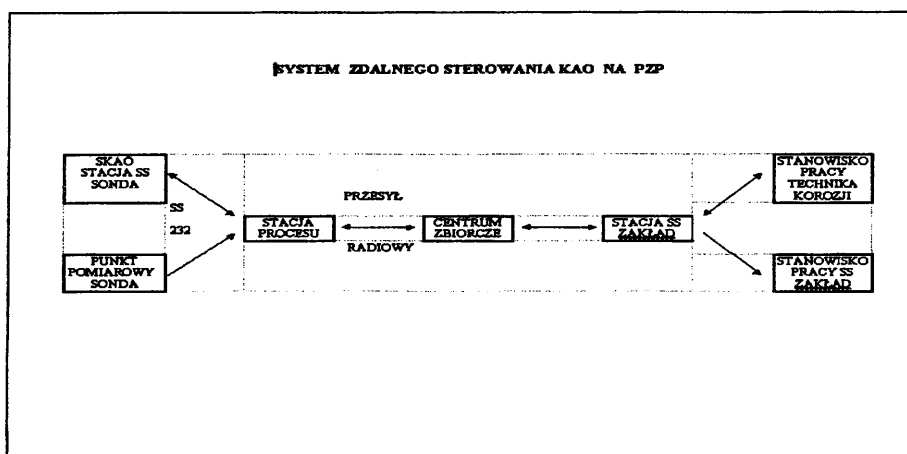
Rys. 4 Umieszczenie prostownika we wspólnej szafce systemu sterowania i przesyłów.

Warunkiem wybudowania zdalnie sterowanego systemu sterowania było zabezpieczenie działania sieci przesyłowej poprzez stacje radiowe, podobnie jak w PMG Lobodice. W przypadku PMG Tvrdonice będą również wykorzystane instalacje kablowe prowadzące z poszczególnych sond. W celu zabezpieczenia automatyzowanej transmisji danych wartości potencjału ochronnego informacje o stanie potencjału ochronnego ze wszystkich obiektów łączących przy sondach (mierzone w umieszczonych na stałe w ziemi czujnikach MS 110 (patrz rys. 3) wspólnie z elektrodą referencyjną Cu/CuSO_4 i płytką stalową 10 i 100 cm^2 przyłączoną do chronionego katodowo rurociągu) są przesyłane przez sieć radiową.

Transmisja danych oraz system sterowania ochrony katodowej

Wartości potencjałów mierzone w czujnikach umieszczonych na stałe w ziemi są przetwarzane cyfrowo i poprzez stacje procesowe przesyłane za pomocą sygnałów radiowych do punktu zbiorczego a następnie do centrum dyspozycyjnego. Kompletny przegląd wszystkich wartości potencjałów jest w ten sposób wyświetlany na stanowisku pracy operatora, który ma możliwość kontroli wszystkich danych a tym samym uzyskuje przegląd o ewentualnych awariach stacji SOK. Jednocześnie technik ochrony antykorozyjnej może ze swojego stanowiska za pomocą zdalnego sterowania stacji wprowadzać odpowiednie zmiany nastawienia trybu eksploatacyjnego.

Koncepcja transmisji danych została zaprojektowana w ten sposób, że ze sterowanego za pomocą mikroprocesora prostownika z obwodem telekomunikacyjnym dla zdalnej transmisji danych oraz z pamięcią wewnętrzną służącą do ciągłego monitorowania właściwych stanów eksploatacyjnych, do sieci radiowej wprowadzane są zmierzone parametry dotyczące poziomu potencjału ochronnego a jednocześnie w miejscu podłączenia źródła podawane są informacje o aktualnym stanie prądu i napięcia wyjściowego. Zabezpieczone zostało także szacowanie stwierdzonych parametrów wraz z automatycznym wskazywaniem awarii systemu stacji SOK. Za pomocą zwrotnego zdalnego sterowania możliwe jest wprowadzanie zmiany napięcia i prądu prostownika, ewentualnie nastawianie potencjału ochronnego całego zespołu. Wszelkie kontrole, szacunki graficzne oraz zmiany nastawienia parametrów można prowadzić ze stanowiska pracy technika ochrony antykorozyjnej. Tryb transmisji został zaprezentowany na rys. 5, gdzie stacja systemu sterowania komunikuje poprzez centrum zbiorcze z jednej strony poprzez sieć radiową ze wszystkimi podporządkowanymi stacjami procesowymi w sondach eksploatacyjnych PMG a z drugiej strony po łączach kablowych ze stanowiskiem pracy technika ochrony antykorozyjnej i z dyspozytornią - stanowiskiem pracy operatora PMG. Na poziomie sterowania PMG (stanowisko pracy operatora PMG) są w trybie ciągłym przesyłane aktualne wartości potencjałów wraz z ewentualną informacją o awariach systemu.



Rys. 5 System zdalnego sterowania ochrony katodowej w podziemnym magazynie gazu.

Parametry eksploatacyjne są zachowywane w pamięci wraz z danymi o czasie rzeczywistym oraz w pamięci wewnętrznej wyposażonej w układ archiwizacji z możliwością odczytu w dowolnie wybranych odstępach czasowych.

Rozwiązane zostały również pomiary potencjału wyłączeniowego zgodnie z literaturą w trakcie nastawiania napięcia i prądu wyjściowego na prostownikach na wartość zerową lub w trakcie odłączania od instalacji rurociąkowej za pomocą pomocniczej elektrody metalowej umieszczonej na stałe w ziemi [1]. Następnie prowadzi się cykliczne próbkowanie potencjału ochronnego w ustalonych do przodu punktach kontrolnych i odczyt wartości potencjału wyłączeniowego.

Wymagania co do oprogramowania

Stanowisko pracy technika ochrony antykorozyjnej wyposażone zostało w komputer z systemem operacyjnym Windows. Specjalny program umożliwia również komunikację ze stacjami SOK. Stanowisko pracy zostało odseparowane od systemu sterowania w ten sposób, aby po uzyskaniu dalszych doświadczeń eksploatacyjnych umożliwić wprowadzanie zmian do oprogramowania.

Na podstawie systemowego opracowania wszystkich transmisji pojawił się postulat opracowania oprogramowania na potrzeby:

- Stacji procesowych systemu sterowania sond. Chodzi tu o program do komunikacji z prostownikiem ze stanowiska pracy technika ochrony antykorozyjnej, skąd poprzez sieć radiową realizuje transmisje danych z prostownika. Dane z prostownika, przesłane za pomocą sieci radiowej są przekazywane na stanowisko pracy technika ochrony antykorozyjnej w tej samej formie, w jakiej są przesyłane bezpośrednio z prostownika,
- Stacji systemu sterowania PMG, gdzie należało wytworzyć program dla komunikacji stanowiska pracy technika ochrony antykorozyjnej, który emuluje funkcje wszystkich prostowników. Polecenia ze stanowiska pracy technika ochrony antykorozyjnej są przesyłane na odpowiednią sondę,
- komunikacji z prostownikami, z przetworzeniem adresów poszczególnych SOK, pod kątem wykorzystania wielopunktowej sieci radiowej,
- program dla wyświetlania i definitywnego szacunku wyników pomiarów.

Wszelkie dane i informacje, związane z podstawową paszportyzacją (metrykowaniem) urządzeń eksploatacyjnych są zachowywane w programie użytkowym GASACOR, w którym możliwe jest porównywanie i szacowanie wszelkich zmian w horyzoncie czasowym. Powyższy program użytkowy został dokładnie opisany w literaturze [2].

Metody pomiarów i szacunku ich wyników

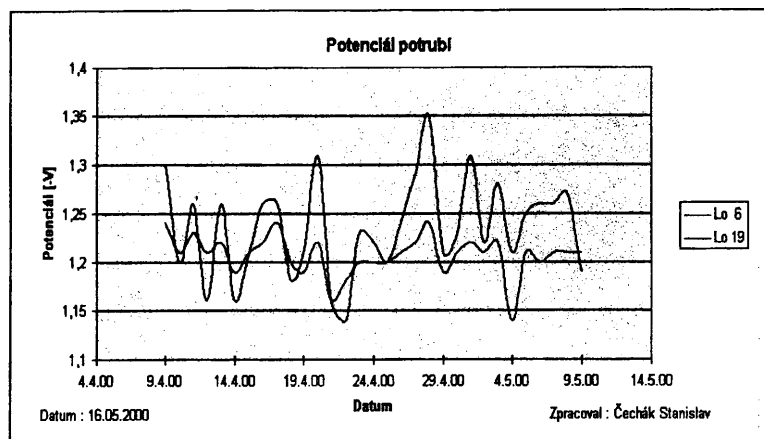
Dla odpowiedniej pory roku zostały wytypowane sondy, reprezentujących punkty końcowe na całym obszarze PMG, które mają najwyższy ujemny potencjał ochronny. Punkty te są traktowane jako tzw. punkty krytyczne, zgodnie z którymi nastawiany jest tryb ochronny stacji SOK. Za pomocą zwrotnego zdalnego sterowania stacji SOK możliwe jest prowadzenie zmian napięcia i prądu prostownika, ewentualnie nastawianie potencjału ochronnego całego układu.

Wszelkie kontrole, szacunki graficzne oraz zmiany nastawienia parametrów można prowadzić ze stanowiska pracy technika ochrony antykorozyjnej. Na poziomie stanowiska pracy operatora PMG są w trybie ciągłym przesyłane aktualne wartości potencjałów wraz z ewentualną informacją o awariach systemu.

Parametry eksploatacyjne są zachowywane w pamięci wraz z danymi o czasie rzeczywistym oraz w pamięci wewnętrznej wyposażonej w układ archiwizacji z możliwością odczytu w dowolnie wybranych odstępach czasowych.

Właściwą podstawą jest normalizowana ilość kontroli zgodnie z obowiązującymi do tej pory normami państwowymi, akceptowanymi w zakresie podstawowym i przedstawione kompleksowo w literaturze [3]. Z punktu widzenia potrzeb eksploatacyjnych kontrolowane są następujące wskaźniki:

- a) w celu szacunku potencjału ochronnego sond z istniejących wartości potencjału rurociąg – ziemia wygenerowana zostaje jedna wartość na 24 godziny (alternatywnie może to być średnia wartość dnia) a szacunek uzależnienia potencjału (U_z) w funkcji czasu wykonany zostanie dla każdej sondy (patrz rys. 6).



Rys. 6 Wykres przebiegu potencjału ochronnego na sondach w kontrolowanym okresie.

- b) Rozmieszczenie potencjału ochronnego rurociąg – ziemia w zależności od odległości od źródła stacji SOK zostaje opracowane raz w roku w wykresie „Rozwój przebiegu potencjału ochronnego rurociąg – ziemia“ (U_z). W powyższym szacunku podane są wartości potencjału pochodzące ze wszystkich sond oraz ze wszystkich obiektów łączących.
- c) w celu obserwowania wahań wartości ewentualnie przerwy w pracy stacji SOK 4 razy w ciągu roku przewiduje się zdjęcie czasowego przebiegu prądu ewentualnie napięcia prostownika.
- d) w celu rzeczywistego nastawienia równowagi potencjału ochronnego w pobliżu sond ewentualnie punktów końcowych (punktów krytycznych) zostanie zmierzony potencjał wyłączający, który ma charakter referencyjny wobec potencjału włączającego.
- e) wartości wejściowe potencjałów ochronnych zmierzonych przez dostawcę zostaną porównane z aktualnie zmierzonymi a wszelkie uzyskane wartości zostaną zarchiwizowane co najmniej na czas żywotności urządzenia archiwizacyjnego.
- f) w każdej sondzie, w której są na stałe umieszczone czujniki MS 110 mierzy się oporność płaszczyzn stalowych (elektrod metalowych) 100 cm² i 10 cm². Pomiary prowadzi się raz na rok, w tej samej porze roku.

Wszelkie zmierzone wartości są zachowywane oddzielnie dla każdego roku z możliwością porównania zmian zapisów na napędach dyskowych a szacunek ogólny jest również

zachowywany w formie pisemnej. Dzięki elastyczności oprogramowania w systemie gromadzenia danych można w nim wprowadzać zmiany, w ten sposób, aby spełniało wymagania na stanowisku technika antykorozyjnego. W ramach stopniowego uzyskiwania doświadczeń eksploatacyjnych będą wprowadzane nowe kryteria szacunku, które umożliwiają zastosowaną technikę i metodykę prowadzenia pomiarów.

Biorąc pod uwagę możliwość kontroli dokładności nastawienia SOK przystąpiono do realizacji pomiarów potencjału wyłączającego, mianowicie w wybranych punktach – w punktach sond końcowych. Stopniowo, po wprowadzeniu do transmisji kolejnych sond, będzie możliwe określenie poziomu optymalnej ochrony za pośrednictwem powyższej metody z wykorzystaniem całego zestawu połączeń. Aplikacja opiera się na zasadzie synchronicznego odłączania stacji SOK i stopniowego odliczania wartości potencjałów ochronnych w wybranych sondach. Odczyt wartości potencjału wyłączeniowego prowadzi się na odpowiednich sondach za pomocą zapisu cyfrowego w ten sposób, aby w pierwszej fazie pomiarów zostały odczytane wartości z przebiegu dziesiątek milisekund a po 50 % depolaryzacji zapis nie przekracza więcej niż 60 – 100 sekund. Uzyskane zdjęcia procesu depolaryzacji są świadectwem rzeczywistego poziomu, na który można optymalnie nastawić prowadzoną ochronę katodową. Po stwierdzeniu wartości potencjału wyłączeniowego można realnie nastawić optymalny poziom systemu ochronnego sterowanego z jednego centrum.

Zakończenie

Opisane rozwiązanie akceptuje współczesne trendy poglądów na sposób pomiarów potencjałów metalowych urządzeń magazynowych. Dla przeważającej większości pomiarów eksploatacyjnych wystarcza przeprowadzenie pomiarów potencjału włączającego łącznie z kontrolą pracy. W celu właściwego nastawienia SOK należy koniecznie prowadzić kontrolne pomiary sprawdzające za pośrednictwem dokładniejszych metod – mierzeniem potencjału wyłączającego lub polaryzacyjnego. W PMG znajduje się cały szereg punktów, które należy kontrolować podobnie jak miejsca punktów krytycznych, skrzyżowania z innymi urządzeniami magazynowymi, miejsca połączeń izolacyjnych w punktach pęknięć geologicznych oraz na konstrukcjach żelbetowych.

W warunkach eksploatacyjnych nowe wprowadzenie powyższych metod przyniesie poprawę jakości i przyspieszenie działań eksploatacyjnych oraz przyczyni się do obniżenia możliwych szkód i strat majątkowych. Zatrzymanie procesów korozyjnych, szczególnie w miejscach uszkodzeń izolacji może pozwolić na poprawę dystrybucji prądu ochronnego a tym samym na minimalizację szybkości degradacji materiałów izolacyjnych.

W kompleksowo planowanym i aktualnie wprowadzanym systemie zdalnej transmisji, dzięki możliwości optymalnej eksploatacji SOK wyklucza nadmierny gradient prądowy korzystnie wpływając na jakość instalacji rurociągowych. Korzystny będzie również wpływ na obciążane środowisko naturalne.

Literatura

1. W.vonBaeckmann; Taschenbuch für den Kathodischen Korrosions-Schutz, wydanie 5.
2. Ing.K.Wolf, Ing.S.Sedláček , Uživatelský program Gasacor pro provoz protikoroziní ochrany, Plyn, 1996, str.215.
3. Wolf, Míčko, Člupek, Veleta; Protikoroziní ochrana potrubí, 1990, ČPP Praha.