



**MONITOROWANIE A ZDALNA OCENA
SKUTECZNOŚCI OCHRONY KATODOWEJ**

**MONITORING AND REMOTE EVALUATION
OF CATHODIC PROTECTION EFFECTIVENESS**

Wojciech Sokółski

SPZP CORRPOL, 80-718 Gdańsk, ul. Elbląska 133A

Słowa kluczowe: ochrona katodowa, monitorowanie
Keywords: cathodic protection, monitoring

Streszczenie

W pracy podjęto próbę uporządkowania pojęć związanych z monitorowaniem systemów ochrony katodowej oraz zdalną oceną ich pracy. Omówiono stosowane sposoby pozyskiwania informacji oraz jej gromadzenia i przechowywania. Przeanalizowano różne systemy komunikacji i przekazywania informacji pomiędzy systemem monitorującym a instalacją ochrony katodowej. Przedyskutowano przydatność kilku metod pomiarowych stosowanych w technologii ochrony katodowej do zastosowania w systemach monitorowania oraz zdalnej oceny skuteczności ochrony katodowej zabezpieczanych konstrukcji. Wskazano na znaczącą rolę specjalisty w tworzeniu systemu monitorowania pracy instalacji ochrony katodowej, a także jego miejsce w systemach zdalnej oceny jej skuteczności.

Summary

In the paper a trial has been undertaken of systematisation of concepts connected with monitoring of cathodic protection systems and remote evaluation of their operation. Methods have been described of gaining, gathering and storing information. Different methods have been analysed of communication and information gathering systems between the monitoring system and the cathodic protection installation. Suitability has been discussed of several measuring methods applied in cathodic protection technology in monitoring systems and remote evaluation of cathodic protection. A significant role has been indicated of a specialist in creation of monitoring systems of cathodic protection installations, and also his role in remote effectiveness evaluation systems.

Wprowadzenie

Słowa „monitorowanie” i „monitoring” pochodzą od słowa angielskiego „monitor” i początkowo, zanim nie zostały szerzej upowszechnione w języku polskim, oznaczały – zobrazowanie „czegoś” w czasie rzeczywistym (procesu, zjawiska) na monitorze ekranowym. Obecnie znaczenie tego słowa jest znacznie szersze – najogólniej oznacza „śledzenie” czy „obserwowanie” i zazwyczaj dotyczy ilościowych oraz jakościowych zmian pewnych wielkości. Na przykład monitoring środowiska to badanie, analiza i ocena stanu tego środowiska w celu obserwacji zachodzących w nim zmian, a ważnym uzupełnieniem tego monitoringu są różnego rodzaju pomiary, np. ilości zanieczyszczeń wprowadzanych do środowiska, a więc wielkości emisji pyłów i gazów do atmosfery, ilości i składu ścieków odprowadzanych do wód, nagromadzenia i charakterystyki odpadów itp.

Stosowany od niedawna w języku polskim termin „monitorowanie korozji” pochodzi od angielskiego „corrosion monitoring” i oznacza kontrolę, ostrzeżenie lub sygnalizację w odniesieniu do procesów korozji. W szerszym rozumieniu monitorowanie korozji oznacza pozyskiwanie różnego typu informacji o procesach korozyjnych zachodzących w warunkach rzeczywistych na obiektach technicznych. Zależnie od zastosowanej metody pomiarów, systemy monitorowania mogą dostarczać okresowych lub ciągłych danych o stanie zniszczeń korozyjnych obserwowanych obiektów, ich zagrożeniu korozyjnym lub skuteczności zastosowanych zabezpieczeń. Monitorowanie korozji stanowi młodą, prężnie rozwijającą się dyscyplinę warunkującą prawidłową eksploatację współcześnie tworzonych obiektów technicznych. W systemy monitorowania korozji wyposażane są obecnie w krajach wysoko uprzemysłowionych wszystkie ważniejsze obiekty i instalacje przemysłowe. W zakres monitorowania wchodzi cały szereg metod bezpośredniego lub pośredniego wyznaczania szybkości procesów korozyjnych na różnego rodzaju obiektach.

Na powyższym tle wyraźnie rysuje się rola i znaczenie systemów monitorowania ochrony katodowej. Technika ochrony katodowej charakteryzuje się tym, że zabezpieczane przed korozją powierzchnie metalowe nie są widoczne gołym okiem i dlatego w celu ustalenia skuteczności ochrony przeciwkorozyjnej konieczne jest posługiwanie się dającymi się łatwo wyznaczyć w warunkach technicznych parametrami, tzw. kryteriami ochrony. Ze względu na prostotę pomiaru rolę kryterium spełnia zazwyczaj potencjał chronionej konstrukcji określony względem niepolaryzującej się elektrody odniesienia. Niestety, ta z pozoru prosta czynność, jaką jest wyznaczenie wielkości napięcia prądu stałego, jest w praktyce obarczona tak dużymi możliwymi błędami w ocenie skuteczności ochrony katodowej, że jej bezpośrednie wykorzystanie zazwyczaj nie może być stosowane. Zwrócenie uwagi na tę okoliczność wydaje się tutaj konieczna, aby wskazać na olbrzymią rolę specjalisty z zakresu ochrony katodowej, którego zadaniem jest ostateczna ocena funkcjonowania systemu ochronnego i jego skuteczności, ponieważ zazwyczaj musi on indywidualnie interpretować wyniki pomiarów dla każdej lokalizacji punktu pomiarowego. Pewne nowe możliwości w tym względzie daje bezpośredni pomiar szybkości procesów korozyjnych na chronionych obiektach.

Należy pamiętać, że zasadniczym powodem wprowadzania systemów monitorowania ochrony katodowej jest stworzenie możliwości oceny stanu technicznego i pa-

rametrów pracy urządzeń wykonawczych ochrony katodowej (stacji ochrony katodowej i obwodu ochronnego) oraz określenie skuteczności w hamowaniu korozji zabezpieczanej konstrukcji (spełniania określonego kryterium ochrony). Należy oczekiwać, że uzyskać można znaczące oszczędności, jeśli czynności te będą się odbywać zdalnie, bez potrzeby angażowania do tego celu czasu specjalistów i sprzętu (transport). Dla rurociągów magistralnych, na dużych przestrzeniach eliminuje się w ten sposób także błędy lub nieuczciwość personelu dokonującego przeglądów instalacji w sposób tradycyjny. Wyniki pomiarów są centralnie rejestrowane i stanowią dokumentację pracy rurociągu, tworząc w ten sposób dla niego system monitorowania ochrony katodowej.

Poniżej omówione zostaną zasadnicze elementy zdalnych systemów monitorowania ochrony katodowej na przykładzie rurociągów, począwszy od miejsca pomiaru, poprzez transmisję danych, aż do analizy wyników i oceny pracy systemu w centrali.

Rodzaje systemów zdalnego monitorowania

Systemy monitorowania generalnie można podzielić na następujące grupy i kategorie w zależności od przyjętych kryteriów podziału.

Najważniejszy podział to oczywiście na systemy:

- bezpośrednie, w których dane uzyskuje się w wyniku przeprowadzenia pomiarów, a także innych bardziej złożonych badań, bezpośrednio na funkcjonującym obiekcie w warunkach terenowych, oraz
- zdalne, w których pozyskiwanie informacji o funkcjonowaniu ochrony katodowej odbywa się z miejsca oddalonego od miejsca (miejsc) pomiaru na chronionej konstrukcji.

Następstwem powyższego podziału jest także sposób gromadzenia i przechowywania pozyskanych danych o zabezpieczanej konstrukcji. Obecnie coraz częściej są to komputerowe bazy danych, z których informacje mogą być przekształcane w formę graficznych wykresów, niezbędnych do retrospektywnej oceny funkcjonowania ochrony katodowej. Analogicznie więc jak wyżej, podział może być na mniej lub bardziej nowoczesny sposób analizy wyników i z tego punktu widzenia można wyróżnić systemy:

- papierowy, w którym gromadzone dane są pozostawiane na nośniku papierowym, obróbka wyników jest dość prosta i sprowadza się do akceptacji kryteriów ochrony,
- elektroniczny pośredni, w którym gromadzone w tradycyjny sposób dane wprowadzane są do baz komputerowych służących do porządkowania informacji i bardziej złożonej oceny wyników,
- elektroniczny bezpośredni, w którym dane gromadzone są w sposób pośredni ze zdalnych systemów pomiarowych wprost do baz komputerowych i następnie poddawane odpowiedniej analizie.

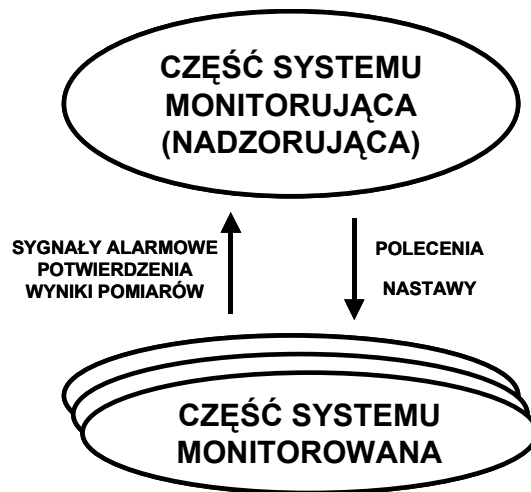
Ponieważ zasadniczym elementem monitorowania ochrony katodowej jest zapewnienie ciągłości pracy systemu, najważniejszą pozyskiwaną informacją w systemie jest więc kwestia pracy urządzeń wykonawczych, tj. stacji ochrony katodowej. Zatem zasadniczym zagadnieniem jest czy ustalenie dany element systemu – pojedyncza instalacja ochrony katodowej – pracuje czy nie. Jeśli pracuje – to czy przy właściwych

parametrach, a jeśli nie – to dlaczego? Na takie właśnie pytania odpowiadać musi personel eksploatujący systemu ochrony katodowej, niezależnie od tego czy do uzyskania tych odpowiedzi musi wykonać pomiary w terenie czy posłużyć się danymi z systemów zdalnej kontroli pracy instalacji. W zależności od rozległości systemów monitorujących i spektrum pozyskiwanych informacji, podzielić można je na:

- prostą informację o działaniu (lub nie działaniu) urządzenia – to informacja, którą przekazuje np. dyżurny elektryk podczas rutynowej kontroli urządzeń elektrycznych (sprawdzenie sygnalizacji pracy urządzenia),
- prostą informację o poprawnym działaniu urządzenia – to informacja, którą uzyskuje technik ochrony katodowej po odczytaniu wskazań przyrządów w urządzeniu (np. wskazań amperomierza i woltomierza w obwodzie ochrony katodowej – i porównaniu ich z danymi uznanymi za prawidłowe w danym miejscu),
- prostą informację o poprawnym działaniu ochrony przeciwkorozyjnej – to informacja, którą uzyskuje technik ochrony katodowej po ocenie spełnienia kryterium ochrony katodowej w danym miejscu pomiaru (np. po wykonaniu pomiaru potencjału w danym miejscu i porównaniu z wartością uznaną za prawidłową),
- prostą informację o zakłóceniu pracy urządzenia (np. ingerencja z zewnątrz przez niepowołane osoby, zanik zewnętrznego napięcia zasilania),
- złożoną informację o parametrach pracy urządzenia – zmierzone wartości parametrów pracy obwodu wyjściowego instalacji ochrony katodowej,
- złożoną informację o działaniu w danym miejscu instalacji na chronioną konstrukcję – wartość np. potencjału względem niepolaryzującej się elektrody odniesienia (może tu być zastosowana prosta lub bardziej złożona metoda pomiaru potencjału uwzględniająca np. eliminowanie omowego spadku napięcia IR),
- złożoną informację o działaniu instalacji w określonym przedziale czasowym – wartości mierzonych parametrów pracy np. uśrednione w okresie jednego dnia lub dłuższym okresie czasu,
- złożoną informację o oddziaływaniu czynników zewnętrznych na chronioną konstrukcję – ciąg wartości lub wartości przetworzone, np. chwilowe wartości zmieniających się parametrów w wyniku oddziaływania prądów błędzących.

Jak z powyższego wynika, im bardziej złożony system, tym analiza pozwalająca na wyciągnięcie wniosków o poprawności pracy systemu ochrony katodowej odsuwa się w czasie (np. wymagana jest analiza większej ilości danych następujących po sobie, tak jak to ma miejsce w przypadku oddziaływań prądów błędzących) lub wymaga specjalistycznej oceny rezultatów pomiarów (analiza wyników i ich ocena). Ma to bardzo ważne znaczenie w przypadku systemów zdalnych, ponieważ ma bezpośredni wpływ na rozwiązanie techniczne. W zdalnym monitorowaniu należy wydzielić następujące elementy przedstawione na rys. 1.

Ze powyższego schematu wynika, że zasadniczym elementem systemu jest część monitorująca (centrum), której zadaniem jest wysyłanie poleceń i parametrów pracy (nastaw) do zazwyczaj wielu elementów monitorowanych (np. stacji ochrony katodowej lub pojedynczych punktów kontrolno-pomiarowych), a także odbieranie z nich sygnałów (np. alarmowych) lub wyników pomiarowych. Cechą charakterystyczną systemu jest oczywiście zwykle znaczna odległość pomiędzy częścią monitorującą i monitorowaną oraz sposób ich wzajemnej komunikacji.



Rys. 1. Zasadnicze elementy systemu monitorowania i wzajemne relacje

I tak w przypadku systemów prostych wystarczy przesyłanie binarnej informacji dwustanowej, podczas gdy w systemach złożonych konieczne jest przesyłanie całego ciągu znaków (liczb) binarnych. Z tego punktu widzenia podzielić można systemy zdalne na takie, w których przesyłane informacje odzwierciedlają:

- stany (proste dwubitowe i złożone wielostanowe),
- wartości (bezpośrednio wykonane pomiary w warunkach terenowych).

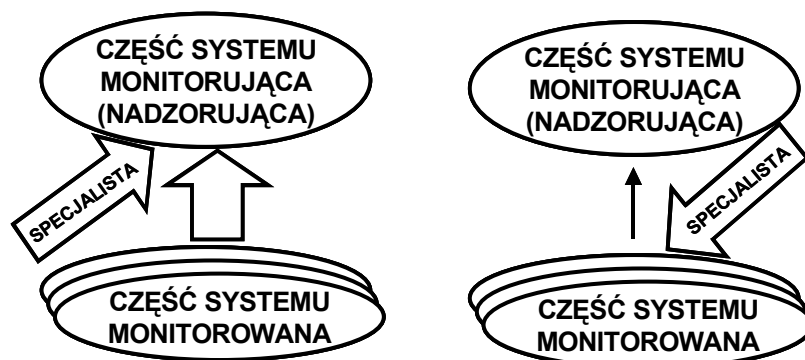
Jest chyba oczywiste, że znacznie prostsze, a co za tym idzie i tańsze, są te pierwsze. Nie oznacza to jednak, że są gorsze, ponieważ cechują się szeregiem zalet, do których należy w pierwszej kolejności wymienić:

- prostotę wykonania, co zawsze zwiększa niezawodność pracy urządzenia,
- mniejszą ilość danych transmitowanych z urządzenia pomiarowego, co obniża koszty eksploatacji,
- indywidualizację oceny ochrony katodowej adekwatnie do miejsca pomiaru (kryterium określone przez specjalistę i ustalone bezpośrednio w urządzeniu pomiarowym).

Przy transmisji z urządzenia pomiarowego pełnych wyników ich ocena musi odbywać się przez specjalistę w centrum gromadzącym dane lub za pomocą odpowiedniego programu komputerowego, w którym kryteria oceny także muszą być określone przez specjalistę ochrony katodowej. Jeśli natomiast krytyczne warunki pracy elementu monitorowanego określone zostaną indywidualnie – ilość wymienianych informacji jest znacznie mniejsza, może sprowadzać się nawet do wysyłania jednobitowych informacji o stanach przekroczeń nastaw dokonanych w czasie regulacji urządzeń przez specjalistę, co schematycznie przedstawiono na rys. 2.

Ze względu na specyfikę systemów ochrony katodowej, różnorodność sytuacji terenowych i możliwość występowania innych dodatkowych czynników, które powinny być brane przy ocenie skuteczności ochrony katodowej konstrukcji w danym miejscu

pomiarowym, kryteria poprawnej pracy systemu ochrony katodowej dla każdego miejsca powinny być określone indywidualnie przez specjalistę w terenie. Mogą istnieć również przesłanki do zastosowania innych, bardziej złożonych systemów, a decyzję o ich wyborze powinno się podejmować po analizie techniczno-ekonomicznej.



Rys. 2. Porównanie ilości wymienianych informacji w systemach monitorujących ochronę katodową w zależności od sposobu realizacji oceny skuteczności działania przez specjalistę – poprzez analizę wyników w centrum oraz analizę nastaw urządzeń w terenie

Z punktu widzenia kierunku łączności systemy monitorujące ochronę katodową można podzielić na:

- nadawcze, przekazujące informacje z instalacji ochrony katodowej do systemu gromadzącego dane (nadzorującego pracę instalacji),
- nadawczo-odbiorcze, umożliwiające przekazanie informacji w obu kierunkach, w tym także sygnały sterujące pracą instalacji.

W najprostszym przypadku informacje pobierane są zdalnie z urządzeń pomiarowych. Ale znaczący postęp w systemach monitorowania nastąpił po zastosowaniu transmisji w drugim kierunku - z poleceniami do urządzenia pomiarowego, co pozwala np. na zdalne wyłączenie pracy urządzeń lub przełączenie ich w inny tryb pracy. Wykonanie pomiarów przy różnych wariantach pracy urządzeń jest jednym z zasadniczych sposobów oceny skuteczności ochrony katodowej. W bardziej rozbudowanych systemach monitorowania, w których do centrum przekazywane są wyniki pomiarów, istnieje możliwość rozbudowania systemu o zdalne sterowanie pracą urządzeń, tj. np. korektę nastaw urządzeń automatycznych.

Sposób łączności zdalnych systemów monitorowania z centrum gromadzącym dane może mieć różnorodny charakter w zależności od sposobu inicjacji przekazywania informacji. Wyróżnić tu można systemy:

- pasywne, które w celu wykonania określonej czynności (np. pomiaru) oczekują na sygnał polecający wykonanie tej czynności z centrum,
- aktywne, które w przypadku nastąpienia określonych zdarzeń dokonują szeregu czynności kontrolnych lub pomiarowych i inicjują w razie potrzeby przekazanie informacji do centrum (np. w przypadku sytuacji alarmowych), albo też posiadają z góry ustalony cykl wykonywania niektórych czynności, np. co godzinę, raz dziennie,

- czuwające, które znajdują się w stanie czuwania i dokonują w ustalonym reżimie szeregu czynności (np. pomiarów, które są gromadzone w pamięci), a następnie na polecenie lub w określonych odstępach czasu przekazują je do centrum.

Systemy pasywne mogą znajdować się w stanie „uśpienia” (większość obwodów odłączonych od zasilania) i aktywować się na polecenie zewnętrzne (inicjacja transmisji przez centrum) albo wewnętrzne (system zegarowy, sygnał lokalny). Zaletą systemów aktywnych może być ograniczenie kontaktu z centrum jedynie do sytuacji alarmowych (np. niepowołany dostęp do urządzenia, przekroczenie ustalonych nastaw, brak spełniania określonego kryterium). Najczęściej stosowane systemy monitorowania są zazwyczaj układami pasywnymi, służącymi w zasadzie do realizacji określonych pomiarów i zdalnej transmisji wyników pomiarowych. Pomimo zatem tego, że transmisja danych jest zazwyczaj dwukierunkowa (bo istnieje konieczność potwierdzenia przekazywanych informacji) taki system jest w zasadzie „jednokierunkowy”. Pomiary mogą być wykonywane niezależnie od systemu transmisji danych lub z nim w nierozdzielalnym sposób związane. Niektóre systemy mogą wykazywać rolę aktywną inicjując różne zdarzenia, np. rozpoczęcie transmisji danych.

Próbując zaszeregować różnego rodzaju systemy pomiarowe stosowane w monitorowaniu ochrony katodowej w zależności od stopnia złożoności tych układów można dokonać następującej klasyfikacji:

- układ pomiarowy włączany zainicjowaną z zewnątrz transmisją danych (normalnie jest w stanie „uśpienia”), transmisja danych „on-line”,
- układ pomiarowy do pracy ciągłej (wyniki nie są gromadzone albo umieszczane są w stale napełniającym się buforze), bieżące wyniki przekazywane „on-line” podczas zainicjowanej z zewnątrz transmisji danych,
- układ pomiarowy do pracy ciągłej, okresowo wykonywana wstępna analiza wyników (gromadzenie, obróbka matematyczna), wyniki zbiorcze przekazywane podczas zainicjowanej z zewnątrz transmisji danych,
- układ pomiarowy do pracy ciągłej, bieżąca analiza wyników, inicjacja transmisji danych przez układ pomiarowy (np. nawiązanie łączności z komputerem centralnym i przekazanie wyników pomiarów po zapełnieniu się pamięci lokalnej).

W niektórych przypadkach podczas inicjacji transmisji z zewnątrz układ pomiarowy może być programowany (do urządzenia monitorowanego może zostać wysłany program jego obsługi), co znacznie rozszerza możliwości takiego układu, a w szczególności może mu nadać rolę aktywną, np. przez włączenie lub wyłączenie urządzeń, przeprowadzenie regulacji, itp.

Transmisja danych

W stosowanych systemach zdalnego monitorowania pracy instalacji ochrony katodowej wyróżnia się ze względu na metodę przesyłania informacji zasadnicze cztery sposoby transmisji danych:

- liniami telefonicznymi (przewodami metalowymi, światłowodami),

- drogą radiową (UKF, GSM, łączność satelitarna),
- rurociągiem, wykorzystując go jako przewodnik elektryczny,
- drogą akustyczną w wodzie (hydrofony).

Każda z tych metod ma swoje wady i zalety, a także zakres zastosowania. Dobór techniki transmisji podyktowany jest przede wszystkim względami ekonomicznymi, wygodą oraz niezawodnością w eksploatacji. Każda z tych metod realizowana jest na szereg sposobów, których wybór zależy także od warunków lokalnych. Zasadniczą nowością są systemy łączności z siecią komputerową Internet. To powiązanie może być realizowane jako element całego systemu, niezależnie od metody przesyłania informacji od samego urządzenia monitorowanego. Ze względów technologicznych na dużych obiektach stosuje się komputerowe sieci wydzielone np. SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), przeznaczony do nadzoru i sterowania w formie rozległej sieci komputerowej (WAN) obsługującej transmisję danych, system telemechaniki i stacje pomiarowe pracujące w sieciach lokalnych (LAN).

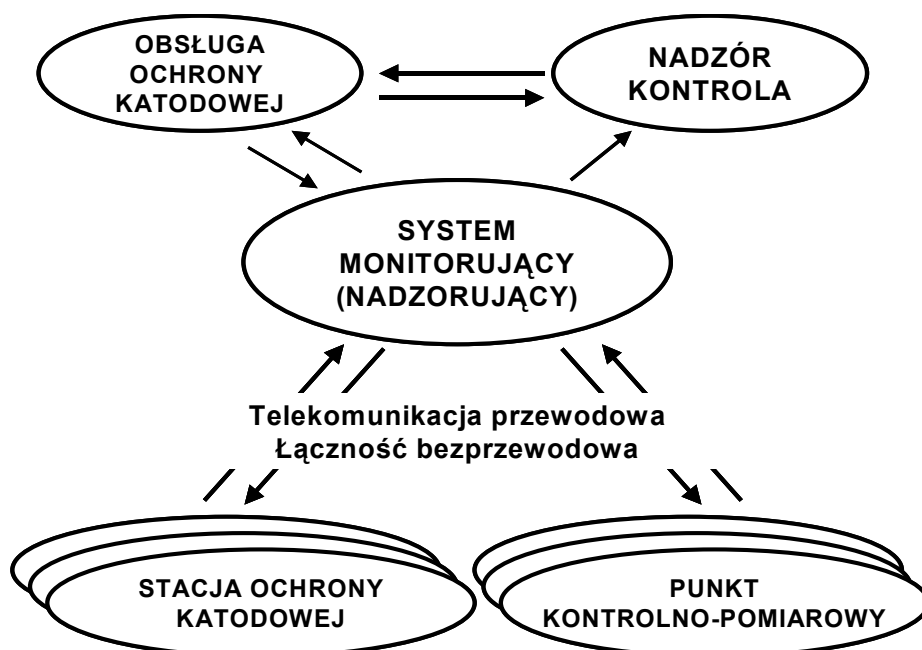
Wykorzystanie linii telefonicznych do przesyłania informacji jest znane od szeregu lat i wykorzystywane szeroko w telegrafii, a obecnie do łączności pomiędzy komputerami. Stosuje się do tego celu specjalnie wydzielone linie lub nawiązuje się łączność poprzez publiczną centralę telefoniczną. Transmisja danych odbywa się w jednym z przyjętych w normach o zasięgu światowym systemów telekomunikacyjnych. Szybkość transmisji uzależniona jest od przyjętego tzw. protokołu transmisji i musi być jednakowo ustalona dla nadajnika i odbiornika. Linie telefoniczne pozwalają na realizację systemów monitorujących w skali globalnej.

Zasada transmisji danych drogą radiową jest praktycznie taka sama jak linią telefoniczną, za wyjątkiem tylko sposobu przesyłania sygnału. Ograniczeniem jest tu odległość pomiędzy nadajnikiem i odbiornikiem. Znane są systemy lokalne (samochód – stacja ochrony katodowej, helikopter – stacja pomiarowa) oraz globalne (łączność satelitarna). Nadajnik i odbiornik muszą być zaopatrzone w tzw. radiomodem. Coraz większą popularność zdobywa w systemach monitorowania system telefonii cyfrowej. Ze względu na połączenia sieciowe może być także elementem systemu globalnego. Pewną nowością są w tym zakresie systemy monitorowania wykorzystujące stosowane w telefonii komórkowej techniki przesyłania informacji cyfrowych – krótkich komunikatów (SMS) oraz informacji pakietowych (GPRS). W szczególności technika SMS zapewniająca stosunkowo proste przekazywanie 160 znaków alfanumerycznych w sieci komórkowej znajduje coraz więcej zastosowań technicznych.

Transmisja danych za pomocą rurociągu wprowadzona została na rurociągach magistralnych wtedy, gdy stosowano powłoki bitumiczne. Ze względu na brak wystarczająco dobrej izolacji pomiędzy stalową rurą a ziemią sygnał ulegał zanikowi i musiał być wzmacniany w kolejnych stacjach zlokalizowanych wzdłuż rurociągu. W transmisji danych brały udział wszystkie stacje. System przekazywania informacji nie został ujednoczony i rozwiązywany był indywidualnie dla nielicznych rurociągów. Obecnie, przy dalece lepszych izolacjach na rurociągach, nowe zastosowania takiego systemu nie są wykluczone.

Do monitorowania skuteczności ochrony katodowej pod wodą, na platformach wiertniczych, wykorzystuje się transmisję danych za pomocą fal akustycznych. Zasięg działania takiego systemu jest oczywiście lokalny.

Podsumowując w sposób ogólny informacje o sposobach monitorowania systemów ochrony katodowej można je zilustrować jak na rys. 3.



Rys. 3. Ogólny schemat dużego systemu monitorującego pracę instalacji ochrony katodowej: szereg obiektów monitorowanych wymienia informację z systemem monitorującym, analizę funkcjonowania wykonuje obsługa ochrony katodowej oceniająca skuteczność zabezpieczenia przeciwkorozyjnego, o pracy systemu monitorującego i działania ochrony informowany jest nadzór w sposób bezpośredni z systemu monitorowania oraz pośredni przez obsługę

Dobór systemu monitorowania na przykładzie istniejących zastosowań

Dobór systemu monitorowania do indywidualnych potrzeb jest procesem dość złożonym. Wymaga kompromisu pomiędzy chęcią wykorzystania współczesnych możliwości mikroelektroniki a zapewnieniem niezawodności systemu (co wiąże się z potrzebą uproszczenia układów elektronicznych), pomiędzy chęcią gromadzenia interesujących informacji a zasadniczą funkcją systemu (co wiąże się z dalszym uproszczeniem układów), pomiędzy kosztem systemu monitorowania a uciążliwością wykorzystywania do tego celu pracy ludzkiej (co po raz trzeci wiąże się z uproszczeniami). Z drugiej strony systemu monitorowania wprowadza się dla obserwacji ważnych zjawisk i kontroli istotnych procesów technologicznych. Uzyskanie wymaganej odpowiednio wysokiej jakości w takiej sytuacji może zapewnić wyłącznie profesjonalny sprzęt, wykonywany wg specjalnych wymagań, a tym samym drogi.

Dobłą ilustracją tych dylematów jest przykład wyrafinowanego alarmu samochodowego – informuje on otoczenie jedynie o fakcie kradzieży, a nie o tym na przykład, w jaki sposób do samochodu dostał się złodziej, chociaż systemowi pomiarowemu

alarmu ta informacja jest oczywiście znana. Podobnie jest z systemem monitorowania ochrony katodowej – wybór pomiędzy zdalną sygnalizacją, telemetrią czy pełnym monitorowaniem jest z powyższych względów trudny.

Systemy monitorowania wprowadzone zostały najszerzej przez Niemców (Ruhr-gas), Francji, Holandii, Belgii, Szwecji i Włochów. Dla pojedynczych rurociągów także w Czechach i w Polsce. Są one różne, ponieważ różne są potrzeby wynikające także z różnego stopnia zagrożeń korozyjnych rurociągów – np. brak prądów błądzących w Niemczech, oddziaływanie linii wysokiego napięcia w Szwecji czy prądów błądzących we Włochach. Różne są także zadania tych systemów (oprócz utrzymania w ruchu instalacji ochrony katodowej), np. dla dobrze izolowanych rurociągów kontrolowanie wystąpienia uszkodzenia powłoki ochronnej o powierzchni nie gwarantującej uzyskania w dniu defektu poziomu potencjału ochronnego.

Jedynie w Niemczech i we Włochach opracowane zostały normy i wytyczne związane ze zdalną kontrolą ochrony katodowej. W ubiegłym roku powołana została doraźna grupa robocza w Komitecie Technicznym TC219 CEN „Monitoring and Control of Cathodic Protection for buried metallic structures and pipelines”. Ustalony w normie EN 12954 sposób kontroli systemów ochrony katodowej w zasadzie zmusza do poszukiwania dróg jego automatyzacji ze względów ekonomicznych.

Na podstawie dotychczasowych doświadczeń w stosowaniu zdalnych systemów monitorowania ochrony katodowej, nie wszystkich niestety pozytywnych, można uznać, że w obecnej chwili poziom techniczny rozwiązań osiągnął minimalną granicę niezawodności, której miarą jest korzystnie mały stosunek uszkodzeń systemu monitorującego do uszkodzeń obiektu monitorowanego (nadzorowanego). Osiągnięto to dzięki powszechnemu już wykorzystaniu w omawianych systemach transmisji sygnałów za pomocą powszechnie dostępnej sieci GSM, a w szczególności szerszego wykorzystania do tego celu krótkich komunikatów słownych SMS. Urządzenia te i obsługujące je oprogramowanie, funkcjonują w wymiarze globalnym na podstawie ściśle przestrzeganych standardów.

Droga rozwoju systemów monitorowania pracy instalacji ochrony katodowej w zasadzie jest wszędzie podobna: od wykorzystania istniejących systemów telemechaniki rurociągów, gdzie skorzystano z wolnych linii do przesyłania prostych danych ze stacji ochrony katodowej, poprzez autonomiczne systemy sygnalizacyjne do bardziej rozbudowanych systemów pomiarowo-kontrolnych i regulacyjnych. Takim potrzebom wychodzą naprzeciw wyroby opracowane praktycznie we wszystkich krajach europejskich, w tym także firmy ATEKO z Ostrawy.

Dobór i zakres wykorzystania systemu monitorującego (kontrolnego/pomiarowego) uzależniona jest przede wszystkim od potrzeb, i tak:

- monitorowanie pracy stacji ochrony katodowej (pracuje/nie pracuje) powinno być w zasadzie powszechne (obowiązkowa na nowych obiektach, sukcesywnie wdrażana na obiektach już istniejących),
- monitorowanie parametrów pracy stacji ochrony katodowej – w instalacjach z regulacją automatyczną, gdzie parametry pracy urządzenia zależą od zmieniających się warunków w otoczeniu (zazwyczaj dane uśrednione),

- monitorowanie skuteczności ochrony katodowej – w punktach kontrolno-pomiarowych zlokalizowanych w miejscach, w których zachodzić może obawa, że system w określonych okolicznościach może nie zapewnić ochrony przeciwkorozyjnej.

Wszystkie inne systemy monitorowania ochrony katodowej poprzez np. kontrolę oddziaływania prądów błądzących, szacowanie jakości powłoki izolacyjnej, badanie jakości separacji poszczególnych obwodów ochrony katodowej – w zasadzie stanowią rozwinięcie tej ostatniej możliwości.

Odrębną grupę powinny stanowić systemy używane do doraźnego monitorowania różnego rodzaju wielkości mierzonych w systemach ochrony katodowej. Używane są wtedy, gdy zachodzi potrzeba wykonania pomiarów jednocześnie w wielu punktach pomiarowych oraz ich jednoczesną obróbkę w celach badawczych, określenia stanów awaryjnych, ustalenia optymalnych reżimów pracy poszczególnych stacji ochrony katodowej, badania oddziaływań prądów błądzących, linii elektroenergetycznych wysokiego napięcia itp. Urządzenie te montowane są w elementach instalacji ochrony katodowej (w stacjach lub w słupkach kontrolno-pomiarowych) jedynie na czas pomiaru.

Jak z powyższego wynika wybór techniki monitorowania ochrony katodowej powinien być dla każdego nowego obiektu lub większego systemu rurociągów przedmiotem indywidualnego studium, w którym wzięte zostałyby wszystkie aspekty techniczne i ekonomiczne takiego przedsięwzięcia. Zawsze należy wybierać rozwiązania, które pozwalają na dalszy rozwój i udoskonalanie systemu, ponieważ postęp techniki w tej dziedzinie jest znacząco większy niż żywotność ochrony katodowej czy zabezpieczanych przed korozją rurociągów.

Kryteria oceny a monitorowanie skuteczności ochrony katodowej

Niezależnie od przyjętego sposobu transmisji danych, monitorowanie funkcjonowania ochrony katodowej może odbywać się z wykorzystaniem różnych technik pomiarowych, realizować różne koncepcje oceny skuteczności zabezpieczenia przeciwkorozyjnego, a także uwzględniać inne lokalne kryteria. Kwestia ta nie jest jednoznacznie w technice rozstrzygnięta, głównie z tego powodu, że wykorzystujące współczesny poziom mikroelektroniki systemy monitorowania ochrony katodowej są jeszcze mało rozpowszechnione. Bez wątplenia monitorowanie parametrów wyjściowych obwodu elektrycznego stacji ochrony katodowej nie stwarza żadnego problemu, jednak nie wnosi to informacji bezpośredniej o skuteczności zabezpieczenia przeciwkorozyjnego w określonym miejscu chronionego obiektu.

Zasadniczym sposobem oceny skuteczności ochrony katodowej jest pomiar potencjału zabezpieczanej konstrukcji. Zmierzoną wartość porównuje się z przyjętym dla określonych warunków kryterium ochrony, i jeśli jest ona bardziej ujemna od tego kryterium, uznaje się, że warunki pełnej ochrony katodowej zostały spełnione. W przypadku oddziaływań zewnętrznych, np. prądów błądzących, pomiar potencjału odbywać się musi w dłuższym okresie czasu celem m. in. uśrednienia wyników.

Hamowanie procesu korozyjnego uzależnione jest od stopnia polaryzacji katodowej, którą ilościowo określa się za pomocą zmiany potencjału konstrukcji. Wykorzystywanie w charakterze kryterium ochrony wartości zmiany potencjału ma w tym świe-

tle znacznie większe uzasadnienie, w szczególności w powiązaniu z elementami kinetyki elektrodowej.

Z powyższych względów potencjał uznany został za podstawowy parametr w technologii ochrony katodowej. Jednak jego określenie w sposób prawidłowy nie jest proste – przede wszystkim ze względu na błąd pomiarowy omowego spadku napięcia IR. Monitorowanie tej wielkości z błędem, czyli wprost napięcia pomiędzy elektrodą o rurociągiem, jest bardzo proste, ale nie jest przydatne do oceny skuteczności ochrony katodowej. Fakt ten w sposób istotny rzutuje na możliwość wykorzystania tej wielkości w systemach monitorowania zabezpieczenia przeciwkorozyjnego rurociągu.

Skuteczność ochrony katodowej obecnie określa się za pomocą bardziej złożonych technik. Procedura takich pomiarów potencjału dla określonego obiektu sprowadza się zwykle do wykonania serii odczytów umożliwiających sporządzenie tzw. profilu potencjałowego celem ustalenia rozkładu potencjału na całej chronionej powierzchni, wykrycia miejsc uszkodzeń w powłoce izolacyjnej oraz ustaleniu warunków polaryzacji w tych defektach. Niestety technika ta, dająca obecnie możliwie najpełniejszy obraz stanu technicznego instalacji ochrony katodowej, nie może być zastosowana w systemach bezpośredniego monitorowania.

Powszechnie stosowana metoda wyłączania prądu polaryzującego na czas pomiaru potencjału (wyznaczanie potencjału wyłączeniowego) nie wchodzi w rachubę w odniesieniu do całego rurociągu przy normalnej jego eksploatacji – zatem tak określona wartość może być źródłem wiarygodnych informacji w systemach monitorowania jedynie w krótkich chwilach, zaś realizacja takiego pomiaru wymaga bardziej zaawansowanych systemów monitorujących (jednoczesne wyłączenie wszystkich źródeł prądu stałego w systemie ochrony katodowej całego obiektu i następnie synchroniczny pomiar potencjału w wielu punktach pomiarowych na trasie rurociągu).

Pewną nadzieję na rozwiązanie omawianego problemu zdalnej oceny skuteczności ochrony katodowej poprzez wiarygodny pomiar potencjału dają sondy korozyjne. Ich stosowanie obarczone jest szeregiem uwarunkowań, ale z punktu widzenia monitorowania, gdzie do dalszej obróbki (pomiar i transmisja) potrzebny jest stabilny sygnał, doskonale nadają – zarówno takie, w których nie następuje odłączanie elektrody symulującej od chronionego obiektu, jak również elektrody odłączane na czas pomiaru. Cykl pomiarowy nie zakłóca pracy instalacji ochrony katodowej i może być powtarzany podczas monitorowania w zasadzie w sposób dowolny.

Biorąc pod uwagę pewien stopień ryzyka i niepewności związane ze stosowaniem potencjałowego kryterium ochrony katodowej, celowe wydaje się w niektórych przypadkach rozszerzenie systemu monitoringu o pomiary szybkości korozji obiektu w warunkach polaryzacji katodowej. Technika ta powinna umożliwić wychwycenie wszystkich nieprawidłowości działania instalacji ochronnych i dokonywanie korekty parametrów ich pracy w celu utrzymania skuteczności ochrony na założonym, odpowiednio wysokim poziomie. Takie możliwości pomiarowe zapewnia obecnie korozymetria rezystancyjna. Zastosowanie zdalnego pomiaru szybkości procesów korozyjnych na czujniku rezystancyjnym wydaje się atrakcyjne, jednak wymaga znacznego czasu pomiędzy kolejnymi odczytami. Inne, szybsze i bardziej nowoczesne techniki elektrochemiczne, jak np. elektrochemiczna spektroskopia impedancyjna lub harmo-

niczna spektroskopia impedancyjna znajdują się jeszcze w fazie badań i nie są dotychczas stosowane rutynowo do kontroli szybkości korozji konstrukcji polaryzowanych.

W powyższego przeglądu jednoznacznie wynika, że obecny stan techniki uniemożliwia jeszcze przeprowadzanie prostej i bezpośredniej zdalnej kontroli skuteczności zabezpieczenia przeciwkorozyjnego rurociągów. Powodem jest oczywiście duża złożoność śledzonych zjawisk oraz skomplikowana konfiguracja terenowa poszczególnych obiektów w ziemi. Z konieczności zatem trzeba się posługiwać metodami pośrednimi, a obecność specjalisty ochrony katodowej jest tutaj niezbędna.

Podsumowanie

Przedstawione różne aspekty monitorowania pracy oraz zdalnej oceny skuteczności ochrony katodowej pokazują stopień złożoności tego problemu nie w wymiarze technicznym samego procesu monitorowania, a wynikający przede wszystkim z trudności leżących w technologii ochrony katodowej. Współczesny rozwój techniki umożliwia realizację zdalnej kontroli i pomiarów wielkości elektrycznych na uzasadnionym ekonomicznie poziomie. Nie stanowi już dzisiaj specjalnego problemu transmisja danych ani ich obróbka. Można więc spodziewać się – a tak już się dzieje w krajach Unii Europejskiej – wzrastającego zainteresowania systemami monitorowania ochrony katodowej.

Technologia ochrony katodowej należy do interdyscyplinarnej dziedziny wiedzy technicznej, w której podstawą są zjawiska zachodzące na granicy faz pomiędzy chromionym metalem a środowiskiem korozyjnym. Rzeczywiste obiekty są tak dalece skomplikowane, zarówno od strony obiektu jak również ziemi, że nie znaleziono jeszcze dostatecznie dobrego modelu opisującego całokształt tych zjawisk. Z tego powodu nie można jeszcze procesu ochrony katodowej w szerszym aspekcie zautomatyzować. W dalszym ciągu potrzebny jest tu specjalista, który na podstawie swojego doświadczenia w określonej sytuacji terenowej i po przeprowadzeniu niezbędnych pomiarów jest w stanie w sposób optymalny lub bezpieczny uregulować tak parametry instalacji ochrony katodowej, żeby zamierzony efekt ochrony przeciwkorozyjnej rurociągu był osiągnięty.

Im bliżej specjalista jest zaznajomiony z lokalną sytuacją terenową, tym mniejszym nakładem można zrealizować system zdalnego monitorowania pracy ochrony katodowej.

Powyższa teza powinna być brana pod uwagę przy tworzeniu nowych systemów monitorowania zarówno dla istniejących rurociągów i stacji ochrony katodowej, jak również dla obiektów nowych. Na przykład, dla dobrze funkcjonującej instalacji ochrony katodowej na starym rurociągu wystarczająco informacją o osiągniętej skuteczności ochrony katodowej jest po prostu zdalnie przekazywana informacja o tym, że instalacja pracuje. W skrajnym drugim przypadku, można sobie wyobrazić budowę nowego rurociągu wraz ze zdalnie monitorowanym i sterowanym systemem ochrony katodowej przez jednego specjalistę-operatora w centrum. Jednak wtedy – zgodnie z przyjętą obecnie pragmatyką – musiałaby być monitorowana ochrona katodowa co kilka metrów na całej trasie rurociągu.

Podsumowując, należy wyartykułować kolejną tezę: przy współczesnym poziomie wiedzy i techniki systemy zdalnego monitorowania i oceny skuteczności pracy systemów ochrony katodowej nie zastąpią specjalistów z tej dziedziny. Zawsze wprowadzanie automatyzacji jest atrakcyjne z punktu widzenia możliwości ograniczenia zatrudnienia, jednak w analizowanym powyżej przypadku redukcja taka – w odniesieniu do specjalistów – może okazać się nieopłacalna. Również może okazać się szkodliwe dla żywotności chronionego obiektu powierzenie eksploatacji ochrony katodowej dyletantowi, który będzie to robił wyłącznie na bazie informacji z systemu monitorującego.

Systemy monitorowania ochrony katodowej zarówno pojedynczych obiektów, jak i całych systemów rurociągów, powinny być opracowywane przez specjalistów i dla specjalistów ochrony katodowej, gdyż tylko w takim przypadku będą stanowiły doskonałe narzędzie mogące usprawnić bezpieczną eksploatację współczesnych rurociągów.