



**KOMPUTEROWY PROGRAM DO ANALIZY POMIARÓW  
INTENSYWNYCH NA RUROCIĄGACH PODZIEMNYCH**

**SOFTWARE FOR UNDERGROUND PIPELINES  
CLOSE INTERVAL POTENTIAL SURVEY**

Paweł Sawuk, Wojciech Sokólski

Politechnika Gdańska  
Katedra Technologii Zabezpieczeń Przeciwkorozyjnych

Słowa kluczowe: ochrona katodowa, pomiary intensywne, program komputerowy  
Keywords: cathodic protection, close interval survey, software

**Streszczenie**

W pracy zaprezentowano uniwersalny program komputerowy do gromadzenia danych, analizy i prezentacji graficznej wyników pomiarów intensywnych na rurociągach podziemnych. Umożliwia analizę wyników otrzymanych metodą wyłączeniową, przełączeniową i przełączeniowo-wyłączeniową. Wyniki działania programu mogą być analizowane na ekranie monitora lub wydrukowane w formie czytelnych wykresów. Program napisany został w języku Pascal i przystosowany jest do stosowania na komputerach klasy PC pracujących z systemem operacyjnym DOS. Dodatkowo program rozbudowany został o szereg użytecznych funkcji dla praktyka eksploatującego instalacje ochrony katodowej.

**Summary**

In this paper universal software has been presented for gathering of data, analysis and graphical presentation of underground pipeline close interval survey measurement results. It allows analysis of results obtained by switch-off, switch-over and switch-off/switch-over methods. Results can be analysed on the display or printed in the form of legible graphs. The software has been written in Pascal and runs on PC computers under DOS. Additional functions have been built in, useful for people using cathodic protection installations.

## Wprowadzenie

Pomiarami intensywnymi nazywa się grupę metod polegających na pomiarze potencjału konstrukcji podziemnej i/lub spadku napięcia w ziemi nad/lub w pobliżu osi rury w niewielkich odległościach od siebie wzdłuż badanego rurociągu. Służą one do wykrywania uszkodzeń w izolacji oraz oceny skuteczności działania ochrony katodowej. W ciągu ostatniego dziesięciolecia wyraźnie zarysowuje się tendencja bardziej wnikliwego badania rurociągów magistralnych. Stosuje się badania grubości ścianek, np. za pomocą metod ultradźwiękowych i magnetycznych od wewnątrz rury (tzw. pigging), gdzie odczytów dokonuje się w odstępach zaledwie kilku do kilkunastu milimetrów. Na zewnątrz rury odległości pomiędzy pomiarami są znacznie większe, ale w miarę rozwoju techniki pomiarowej stale zmniejszają się. Początkowo zaproponowano pomiary intensywne w odstępach 5 m (Niemcy), w newralgicznych miejscach zagęszcza się je do około 20 cm (USA). Coraz bardziej popularna technika DCVG (Direct Current Voltage Gradient), stosowana przede wszystkim w celu wykrycia uszkodzeń izolacji, umożliwia przy bardzo czułym woltomierzu ustalenie lokalizacji defektów z dokładnością  $\pm 10$  cm (defekty są wykrywane przez analizowanie spadków napięć i kierunku prądu płynącego w ziemi nad osią badanego rurociągu). Zastosowano ją z powodzeniem do wykrywania miejsc potencjalnie zagrożonych pękaniem korozyjnym, które występują w obecności węglanów i kwaśnych węglanów w miejscach odwarstwienia izolacji.

W pomiarach intensywnych zakłóca się celowo pracę stacji ochrony katodowej, aby uzyskać możliwość pomiaru potencjału rurociągu bez omowego spadku napięcia IR. Często zachodzi potrzeba jednoczesnego wyłączenia lub zmiany parametrów szeregu sąsiednich stacji ochrony katodowej. Stosuje się do tego celu specjalne urządzenia synchronizujące wykorzystujące zegary kwarcowe, radiowy sygnał czasu, czy tak jak w najnowszych opracowaniach satelitarne sygnały systemu GPS.

Niezależnie od sposobu przeprowadzenia pomiarów intensywnych zawsze zachodzi potrzeba gromadzenia bardzo dużej ilości danych pomiarowych, analizowania ich pod różnym kątem i porównywania zarówno w czasie, jak i też wzdłuż całego rurociągu. Pomiary tego typu na poszczególnych obiektach nie wykonuje się zbyt często - raz na dwa, trzy lata. Z tego względu umieszczenie danych w bazie komputerowej i umożliwienie dowolnej ich analizy jest konieczne. Prezentowany program napisany został specjalnie do tego celu.

## Koncepcja programu

W założeniach do tworzenia programu przyjęto, że będzie się on posługiwał typowymi danymi uzyskiwanymi z pomiarów intensywnych, tj. potencjałami i gradientami napięć przy włączonej i wyłączonej stacji ochrony katodowej otrzymanymi wzdłuż badanego rurociągu w niewielkich odległościach od siebie. Na podstawie takich danych będzie istniała możliwość:

- obliczenia rzeczywistej wartości potencjału rurociągu bez omowego spadku napięcia IR,
- porównanie obliczonego potencjału z wartościami przyjętymi za kryterium ochrony i tym samym określenie zakresu prawidłowego funkcjonowania instalacji ochrony katodowej,

- określenie miejsc lokalnie zagrożonych korozją lub miejsc z uszkodzoną izolacją przeciwwkorozyjną i tym samym wskazanie położenia defektów i uszkodzeń wymagających naprawy,
- ustalenie kierunków przepływu prądów pomiędzy poszczególnymi fragmentami rurociągu,
- porównywanie danych uzyskiwanych na tym samym obiekcie w różnym czasie.

### Realizacja programu

Głównym zarządzającym trzonem programu jest menadżer systemu zapewniający obsługę wszystkich zbiorów oraz danych. Poprzez wprowadzenie ściśle określonych opcji możliwe jest wykonywanie z jego poziomu operacji obsługi bloku analiz, bloku obliczeń, bloku prezentacji graficznej oraz dodatkowych grup tematycznych, takich jak np. blok pomocy lub obsługi tematycznej. Schemat blokowy struktury menadżera programu został przedstawiony na rys. 1. Każdy z przedstawionych modułów ma swoje własne środowisko, w którym pracuje i może być uruchamiany zarówno samodzielnie, jak i z poziomu menadżera.

W opracowanym programie wszystkie informacje oraz wyniki przeprowadzonych pomiarów, określone w zależności od metody pomiarowej, mogą być wprowadzane w manualny sposób za pomocą klawiatury komputera lub poprzez wykorzystanie zbiorów archiwalnych pobieranych w odpowiednim formacie z różnego rodzaju napędów dyskowych. W obu przypadkach istnieje możliwość ich późniejszej korekty poprzez specjalnie opracowane dla tego celu okienka edycyjne. Mogą być także wykorzystywane dane bezpośrednio z urządzeń pomiarowych albo wprowadzone do pamięci z rejestratora lub komputera przenośnego. Po niewielkiej adaptacji program może być zainstalowany w komputerze przenośnym, co umożliwi analizę wyników bezpośrednio w terenie.

Blok analiz dla każdej metody, wyłączeniowej, przełączeniowej, przełączniowo-wyłączeniowej jest niezależny, ponieważ opiera się na indywidualnych zależnościach i wymaganych danych do przeprowadzenia obliczeń.

Opracowany program zawiera również oddzielny blok umożliwiający przeliczanie otrzymanych wyników potencjałowych względem różnych elektrod odniesienia. Automatycznie wszystkie wartości podawane są względem elektrody siarczano-miedzianej jako najczęściej używanej w pomiarach terenowych.

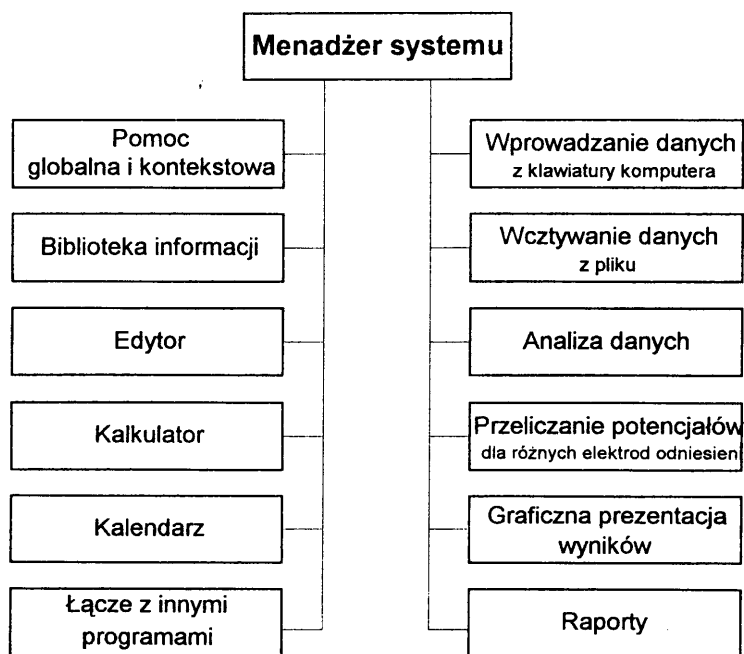
Sposób prezentacji wprowadzonych danych oraz wyników analizy może być wybrany w dowolny sposób przez użytkownika spośród opcji wcześniej ściśle zdefiniowanych. Program umożliwia zarówno tabelaryczną, jak i graficzną formę podsumowania rezultatów obliczeń oraz przedstawiania wszystkich informacji o danym obiekcie. Istnieje możliwość uzyskania za pomocą przejrzystych wykresów następujących zależności:

- profilu potencjałowego wzdłuż rurociągu z zaznaczeniem położenia punktów pomiarowych,
- gradientów potencjałów wyłączeniowych, załączeniowych i przełączeniowych,
- symetrię rozkładu gradientów przełączniowych i wyłączeniowych na całej długości badanego rurociągu.

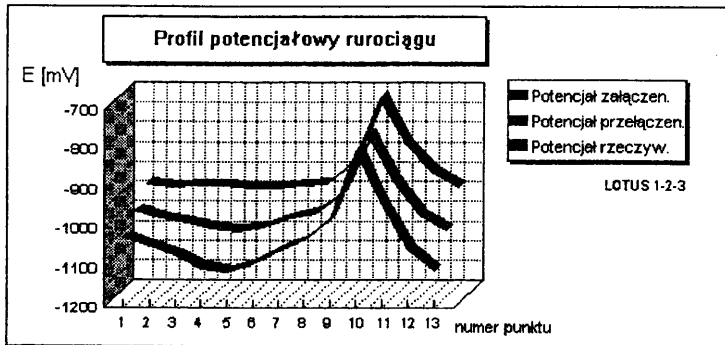
Przykłady graficznej prezentacji wyników pomiarów przedstawione są na rys. 2.

W opracowanym programie obok zasadniczej grupy związanej z pomiarami intensywnymi zostało wprowadzonych wiele dodatkowych opcji. Założono między innymi możliwość korzystania w trakcie opracowywania wyników z kalkulatora lub edytora tekstowego. Program zawiera również bogaty blok pomocy globalnej i kontekstowej oraz dodatkowych informacji, które umożliwiają jego sprawne i pełne wykorzystanie.

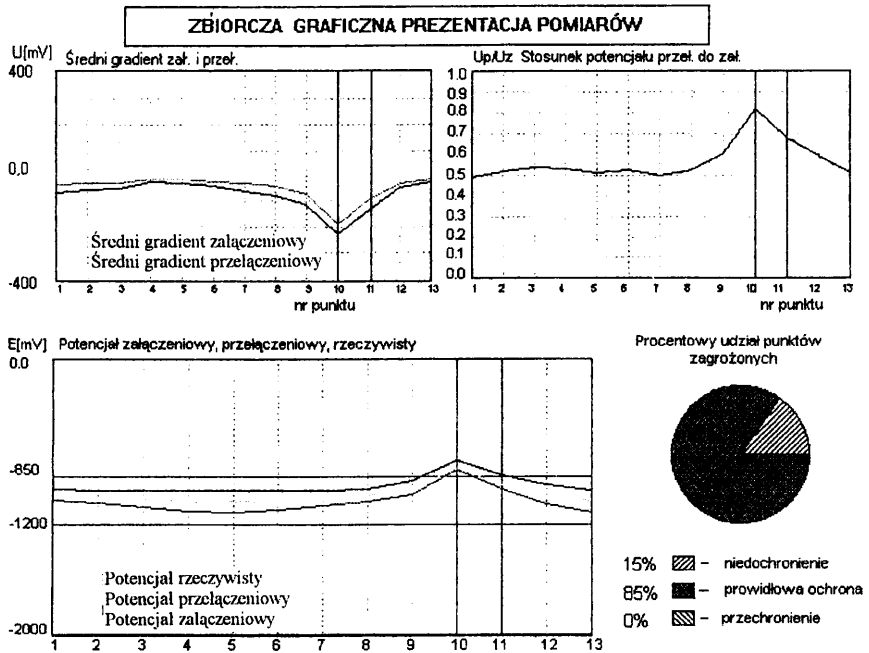
Program został rozszerzony przez dodatkowy moduł, który może być uruchamiany z poziomu każdej aplikacji, umożliwiający przetwarzanie zbiorów danych pomiarowych, z zachowaniem ich wersji źródłowych, na format czytelny dla arkuszy kalkulacyjnych. Pozwala to na dalszą dowolną obróbkę wybranych bloków informacji, zarówno w formie tekstowej jak graficznej. Dla przykładu na rys.3 przedstawiono wydruk w formacie programu 1-2-3.



Rys.1. Schemat blokowy struktury menadżera programu.



Rys. 2. Wykres profilu potencjałowego wykonany za pomocą arkusza LOTUS 1-2-3



Rys. 3. Symetria gradientów potencjałów przełączeniowych i załączeniowych względem osi rurociągu

## **Wnioski**

Opracowany program jest uniwersalny i może być stosowany do gromadzenia danych i wyników pomiarów intensywnych oraz do ich analizy, dla różnego rodzaju konstrukcji podziemnych. Umożliwia nie tylko archiwizację wyników i przeprowadzanie ich analizy, ale także wykonywanie raportów z różnorodnym sposobem prezentacji otrzymywanych wyników. Opracowany program jest elastyczny, może być dalej rozbudowywany, poprzez wprowadzenie dodatkowych opcji, umożliwiających przeprowadzenie analizy innego typu pomiarów.

## **Literatura**

1. W. v Baeckmann und 7 Mitautoren: Messtechnik beim katchodischen Korrosionsschutz, Ehningen bei Boblingen 1002, Expert Verlag, 23-48.
2. W. Prinz: A Method of IR-Drop Free Potential Prediction in Close Interval Cathodic Protection Surveys of 10.000 km of Gas Transmission Pipelines Results and Conclusions
3. W. v Baeckmann, h. Hildenbrandt, H. Prinz, W. Schwenk: Werkstoffe und Korrosion **34**, p. 230, (1983)
4. P.Sawuk: Praca dyplomowa, Politechnika Gdańska, Wydział Chemiczny, Gdańsk, 1996.