# VII Krajowa Konferencja Pomiary Korozyjne w Ochronie Elektrochemicznej VII NATIONAL CONFERENCE Corrosion Measurements in Electrochemical Protection 18-20. 09. 2002 Jurata, Poland



# KOMPUTEROWA REJESTRACJA I ANALIZA SYGNAŁÓW W TECHNICE KORELACYJNEJ BADANIA PRĄDÓW BŁĄDZĄCYCH

# COMPUTER REGISTRATION AND ANALYSIS OF SIGNALS IN THE CORRELATION TECHNIQUE FOR MEASURING STRAY CURRENTS

Budnik K., Czarnywojtek P., Kozłowski J., Machczyński W.

# Politechnika Poznańska

Słowa kluczowe: prądy błądzące, metalowe konstrukcje podziemne, technika korelacyjna, mikroprocesorowy rejestrator, pomiary Keywords stray currents, metallic underground structure, correlation technique, microprocessor data logger, measurements

#### Streszczenie

W artykule zaprezentowano mikroprocesorowy rejestrator napięć wolnozmiennych GAMMA 1024 przeznaczony do stosowania w korelacyjnej technice pomiarowej prądów błądzących oraz program KORELACJA przeznaczony do analizy i opracowania danych pomiarowych z rejestratorów GAMMA 1024 i RP97. Przedstawiono podstawowe dane rejestratora i programu napisanego w Delphi pracującego w środowisku Windows 95, 98, ME, 2000 lub NT. Omówiono moduły programu i przedstawiono ich ekrany graficzne. Określono wymagania sprzętowe, zakres stosowalności i ograniczenia programu. Wskazano możliwości szerszego wykorzystania programu oraz rozbudowy o dodatkowe funkcje. Zaprezentowano przykładowe wyniki pomiarów i analizy.

# Summary

In the paper the microprocessor data logger GAMMA 1024 intended for use in correlation technique for measuring stray currents and the computer program KORELACJA for analysis and presentation of registrated measurements data have been presented. Basic data of the recorder and the software package have been characterised. The module construction of the program enables easy modification and completion of the program. The program has been written in Delphi and runs on PC computers under Windows 95, 98, ME, 2000 and NT. Examplary results of measurements and analysis has been presented.

#### 1. Wprowadzenie

Metoda korelacyjna jest powszechnie stosowaną w badaniu wpływu prądów błądzących pochodzenia trakcyjnego na metalowe konstrukcje podziemne [2, 5]. Celem pomiarów jest określenie zagrożenia korozyjnego badanej konstrukcji na podstawie analizy widma wzajemnej korelacji dwóch sygnałów: potencjału konstrukcji mierzonego względem niepolaryzującej się elektrody odniesienia Cu/CuSO4 oraz napięcia między badaną konstrukcją i szynami trakcji elektrycznej. Szybki rozwój techniki mikroprocesorowej w dziedzinie rejestracji wolnozmiennych sygnałów napięciowych wpływa na powstawanie nowych rejestratorów o coraz większych możliwościach i większej pamięci wewnętrznej. Wykorzystanie oferowanych przez takie urządzenia możliwości wymaga w wielu przypadkach opracowania specjalistycznych programów [1, 3, 4, 6].

W pracy omówiono, opracowany w Zakładzie Podstaw Elektrotechniki Politechniki Poznańskiej, dwukanałowy rejestrator GAMMA 1024 oraz program KORELACJA służący do transmisji zarejestrowanych pomiarów oraz ich analizy.

Rejestrator GAMMA 1024 (rys. 1) jest specjalizowanym urządzeniem przystosowanym do rejestracji napięć stałych i wolnozmiennych w dwóch niezależnych kanałach o zakresach 163.80 V oraz 4,095 V. Pomiary są pamiętane w postaci "paczek" pomiarowych, a całkowita ilość pomiarów wynosi 512000. Do każdej paczki dołączona jest informacja o warunkach pomiaru, oraz dokładny czas wykonania pomiarów. Wszystkie istotne informacje dotyczące warunków pomiarów są wyświetlane na podświetlanym ekranie alfanumerycznym. Dane można w każdej chwili wczytać do komputera klasy PC za pomocą łącza szeregowego RS 232 [4].



Rys. 1. Rrejestrator mikroprocesorowy GAMMA 1024

Program KORELACJA (rys. 2) służy do komputerowej analizy sygnałów w technice korelacyjnej badania prądów błądzących. Program obsługuje pliki pomiarowe pochodzące z rejestratora GAMMA 1024 oraz RP97 zapisane na dysku z rozszerzeniem \*.GAM lub \*.RP9. Integralną częścią oprogramowania jest możliwość przeprowadzenia transmisji danych pomiarowych z pamięci rejestratora GAMMA 1024 lub RP97 do pamięci komputera i zapis ich na dysku. Głównym zadaniem oprogramowania jest prezentacja graficzna zarejestrowanych przebiegów oraz ich korelacji. KORELACJA określa stan zagrożenia korozyjnego wywołanego prądami błądzącymi (na podstawie obliczonego współczynnika asymetrii prądów błądzących) oraz potencjał konstrukcji bez składowej IR. Aplikacja o nazwie KORELACJA zbudowana jest w formie okienek, między którymi można poruszać się używając przycisków. Modułowa budowa pozwala na łatwe dostosowanie oprogramowania do obsługi danych z innych rejestratorów oraz rozbudowę funkcji matematycznych i graficznych. Cały program zbudowany jest w formie wielopoziomowego menu ułatwiającego korzystanie ze wszystkich funkcji. Aplikacja utworzona została przy użyciu programu Delphi 3.0 i działa poprawnie w systemie Windows '95, '98, 2000, ME oraz NT przy rozdzielczości ekranu VGA, SVGA lub wyższej [3].



Rys. 2. Wygląd okna menu głównego programu KORELACJA

## 2. Rejestrator GAMMA 1024

#### 2.1. Dane techniczne rejestratora

163,80 V	Zakres pomiarowy dla kanału II	4,095 V
40 mV	Rozdzielczość kanału II	1 mV
12-bitowy	Rezystancja wejściowa (kan. I i II)	1 MΩ
	Pojemność pamięci	
z, 2 Hz, 4Hz	(ilość pomiarów)	512000
	Max. czas rejestracji	
18 godzin	(jeden kan./0,5Hz)	291 godzin
20 mA	Zasilanie	7,2 V
60 x 40 mm	Masa	400 g
ącze RS 232		
	163,80 V 40 mV 12-bitowy z, 2 Hz, 4Hz 18 godzin 20 mA 60 x 40 mm acze RS 232	163,80 VZakres pomiarowy dla kanału II40 mVRozdzielczość kanału II12-bitowyRezystancja wejściowa (kan. I i II)Pojemność pamięci(ilość pomiarów)x, 2 Hz, 4Hz(ilość pomiarów)Max. czas rejestracji18 godzin20 mAZasilanie60 x 40 mmMasaącze RS 23220

#### 2.2. Obsługa rejestratora

Włączenie i wyłączenie rejestratora następuje po jednoczesnym naciśnięciu przycisków WŁ/WYŁ (1 i 2, rys. 3). Konstrukcja urządzenia nie dopuszcza włączania i wyłączania w czasie krótszym niż 4 sek. Bezpośrednio po włączeniu możliwe jest kasowanie danych. Po przejściu do ekranu głównego można rozpocząć pracę, lub przystąpić do zmiany parametrów pracy. Przyciśnięcie klawisza START (4, rys. 3) podczas pracy uruchamia akustyczną sygnalizację z częstotliwością dokonywania pomiarów, informującą o prawidłowej pracy urządzenia. Aby zakończyć pracę należy przycisnąć STOP (5, rys. 3). Aby zmienić dowolny parametr pracy rejestratora (kanały, okres pomiaru, autostart lub ustawić zegar), należy przycisnąć PRG (6, rys. 3), co spowoduje wejście w opcję ustawiania kanałów pomiarowych. Dane na temat parametrów rejestracji są w czasie pomiarów wyświetlane na ekranie alfanumerycznym.

Rejestrator jest zasilany z 6 akumulatorów Ni/CD (R6), dostępnych po zdjęciu dolnej części obudowy. Akumulatory można ładować bez ich wyjmowania po umieszczeniu przyrządu w podstawce. Wyłączenie rejestratora, wymiana lub ładowanie baterii, regulacje i dowolnego typu transmisja nie kasują danych. Transmisję danych do komputera przeprowadza się przez łącze RS 232 z poziomu programu KORELACJA, po włączeniu i umieszczeniu rejestratora w podstawie.



Rys. 3. Wygląd zewnętrzny rejestratora GAMMA1024

Do sterowania zdalnego można użyć dowolnego urządzenia z wyjściem zwieranym na czas pomiarów, podłączonego do gniazda zdalnego sterowania rejestratora (10, rys. 3). Rejestrator, musi być przy tym ustawiony w opcji AUTO-START a następnie wyłączony. Zdalnie można tylko załączyć i wyłączyć rejestrację danych, tak więc wszystkie parametry rejestratora należy ustawić wcześniej. Podczas pracy automatycznej na ekranie głównym widnieje napis AUTO. Aby powrócić do pracy ręcznej, należy zatrzymać rejestrację danych klawiszem STOP.

#### 2.3. Stany awaryjne

Za stan awaryjny uważa się wyczerpanie baterii, które jest sygnalizowane przez mikroprocesor w chwili gdy napięcie ogniw zasilających spadnie do 6,00V. Następuje wtedy automatyczne zakończenie pomiarów oraz wyświetlenie komunikatu. Drugim stanem awaryjnym jest zapełnienie pamięci. Wówczas również następuje zakończenie pomiarów, oraz podanie aktualnego adresu na którym zakończono pracę. Po wystąpieniu stanu awaryjnego następuje blokada rejestratora i dalsza praca jest niemożliwa. Należy wówczas wyłączyć urządzenie oraz usunąć przyczynę blokady.

## 3. Program KORELACJA

#### 3.1. Obsługa aplikacji

Aplikacja o nazwie KORELACJA zbudowana jest w formie okienek, między którymi można poruszać się używając przycisków. Wyboru przycisku dokonuje się kursorem myszy lub przez użycie kombinacji klawiszy <Prawy Alt> + <Podkreślona litera> (każdy przycisk jest opisany za pomocą ikony oraz nazwy z podkreśloną jedną literą). Dla przycisków oraz pól edycji dostępne są krótkie podpowiedzi uaktywniane w chwili najechania kursorem myszy na dany element. Pola, które można edytować standardowo podświetlone są na niebiesko. Każda zmiana lub wpisanie danych w polu edycji powoduje zmianę koloru tego pola na żółty. Jeżeli dla nowych ustawień przeprowadzone zostaną aktualne obliczenia, podświetlenie pól powraca do koloru niebieskiego, aż do następnej edycji. Wpis w polu edycji powinien zostać potwierdzony naciśnieciem klawisza <ENTER>. Taki sam efekt daje klikniecie myszką w innym polu. Aplikacja została zabezpieczona przed wpisywaniem błędnych danych w polach edycji. W programie dostępne sa następujące okna – moduły: menu główne, wybór rejestratora, transmisja danych z rejestratora do komputera, wybór z dysku pliku z danymi pomiarowymi, obliczenia, wykresy, edytor opisu dla wykresu, opcje wydruku, raporty, informacja o programie. Program umożliwia wydruk analizowanych przebiegów oraz raportów z wynikami obliczeń.

# 3.2. Transmisja danych z rejestratora



Rys. 4. Moduł wyboru rejestratora

Rys. 5. Moduł transmisji danych

Przeprowadzenie transmisji danych z rejestratora do komputera wymaga dokonania wyboru rodzaju rejestratora: GAMMA 1024 lub RP97 oraz portu do którego podłączony jest rejestrator – dostępne są porty szeregowe od COM1 do COM4 (rys. 4). Wyświetlana jest informacja o zakresach pomiarowych i rozdzielczość kanałów. Naciśnięcie przycisku <Transmisja> rozpoczyna transmisję danych z rejestratora do komputera i wywołuje informacyjne okno transmisji danych z rejestratora do komputera (rys. 5). W module tym podawana jest informacja o odczytanych z rejestratora danych pomiarowych. Pasek postępu transmisji danych przedstawia na bieżąco ile pomiarów zostało wczytanych z całkowitej ilości danych zapisanych w pamięci rejestratora. Naciśnięcie przycisku <OK> powoduje wywołanie standardowego okna zapisu plików na dysku w danym systemie. Wystarczy wpisać nazwę w postaci np. Pomiar, a program sam doda numery oznaczające kolejną paczkę oraz odpowiednie rozszerzenie – przykładowo: Pomiar001.gam, Pomiar002.gam, itd. Rozszerzenie nadawane jest w zależności od wybranego typu rejestratora: dla rejestratora GAMMA 1024 – \*.gam, a dla RP97 – \*.rp9. Wybór niepoprawnego portu, nie włączenie rejestratora lub przerwanie transmisji spowoduje wyświetlenie informacji o zaistniałych błędach w transmisji i powrót do okna wyboru rodzaju rejestratora.

## 3.3. Obliczenia i wykresy

Przykładowe wyniki pomiarów uzyskane podczas całodobowej rejestracji sygnałów oraz wyniki analiz zaprezentowano na rys. 6-9.



Rys. 6. Wygląd okna obliczeń

Rys. 7. Wygląd okna wykresów dla kanału 1

W module (rys. 6) obliczane są współczynniki asymetrii prądów błądzących oraz potencjał konstrukcji bez składowej IR. Wyznaczane są równocześnie wartości minimum i maksimum napięć w każdym z kanałów pomiarowych. Program automatycznie odczytuje z pliku pomiarowego dostępne informacje. Wyświetlane są właściwości pliku pomiarowego i informacja o parametrach kanału. Podany jest zakres pomiarowy oraz rozdzielczość obu kanałów, a także informacja o dacie i godzinie wykonania pomiarów i o zakresie obliczeń. Współczynniki asymetrii prądów błądzących oraz ocena zagrożenia korozyjnego obliczane są jeżeli w odpowiednie pole zostanie wpisana wartości potencjału spoczynkowego. Jeżeli pomiar odbywał się w dwóch kanałach to wyliczany jest potencjał konstrukcji bez składowej IR. Poszczególne pola zawierają wyniki obliczeń wykonanych wg wzorów:

współczynnik asymetrii prądów błądzących Γ1

$$\Gamma l = \frac{\delta V_{\text{srp}}}{\delta V_{\text{srp}} + \delta V_{\text{srm}}} \quad ; \tag{1}$$

średnia wartość odchyleń dodatnich od potencjału spoczynkowego

$$\delta V_{srp} = \frac{\sum_{i=1}^{n_p} \left| V_{pi} - V_{sp} \right|}{n_p + n_m} \quad ; \tag{2}$$

- średnia wartość odchyleń ujemnych od potencjału spoczynkowego

$$\delta V_{srm} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{m}} |V_{mi} - V_{sp}|}{n_{p} + n_{m}} ; \qquad (3)$$

współczynnik asymetrii prądów błądzących Γ2

$$\Gamma 2 = \frac{n_{\rm p}}{n_{\rm p} + n_{\rm m}} \qquad ; \qquad (4)$$

- gdzie:  $n_p$  ,  $n_m$  ilość zarejestrowanych odchyleń dodatnich i ujemnych od potencjału spoczynkowego,
- ocena zagrożenia wg Γ1, dla
  - $\Gamma 1 < 0.3$  brak,  $0.3 < \Gamma 1 < 0.6$  - umiarkowane,  $\Gamma 1 > 0.6$  - wysokie
- potencjał konstrukcji bez składowej IR V(-IR) wyznaczony z zależności

$$V(-IR) = \frac{\sum U_i^2 \cdot \sum V_i - \sum U_i \cdot \sum (V_i \cdot U_i)}{n \cdot \sum U_i^2 - (\sum U_i)^2}$$
(5)

lub określony jako wartość średnia potencjałów wyznaczanych dla chwil, w których następuje przejście napięcia konstrukcja-szyna przez zero (zmiana znaku napięcia w dwóch kolejnych chwilach pomiarowych).



Rys. 8. Okno wykresu korelacji sygnałów kanału 1 i 2



Rys. 9. Wygląd okna wykresów dla potencjału bez składowej IR: V(-IR)

Moduł wykresy (rys. 7, 8, 9, 10) przeznaczony jest do prezentacji graficznej przebiegów w poszczególnych kanałach oraz ich korelacji. Przechodzenie między wykresami odbywa się poprzez kliknięcie myszką w odpowiednią zakładkę. Początkowo wykresy wyskalowane są w zakresie min – max danego kanału. Pola edycyjne oraz przyciski pozwalają na skalowanie wykresu w obu osiach, a także na przewijanie wykresu w osi czasu z zadanym krokiem. Na wykresy nanoszona jest data i godzina wykonania pomiarów, a także wartości obliczonych współczynników asymetrii prądów błądzących. Przyciski sterujące pozwalają powrócić do okna obliczeń, edytować i wstawiać do wykresu opis, wywoływać okno dialogowe wydruku, oglądać raporty pomiarowe.

#### 4. Uwagi końcowe i wnioski

Rejestrator GAMMA 1024 wraz z programem KORELACJA stanowi wygodne narzędzie pozwalające oceniać stopień zagrożenia korozyjnego konstrukcji metalowych, wywołanego prądami błądzącymi. Niewielkie rozmiary i waga rejestratora, długi czas pomiarów, sposób zabezpieczenia danych, a także możliwość zdalnego sterowania stanowią ważną zaletę przedstawionego urządzenia.

Modułowa budowa programu KORELACJA pozwala w łatwy sposób przystosować go do nowych rozszerzonych wymagań np. do obsługi transmisji i analizy danych z innych rejestratorów. Pozwala to przewidywać, że w przyszłości powstanie pakiet programowy obsługujący większość występujących na rynku rejestratorów przebiegów napięć, który będzie umożliwiał w miarę rozwoju wiedzy rozszerzanie go o kolejne moduły obliczeniowe, graficzne, czy analizy obrazu.

Przeznaczenie aplikacji KORELACJA do pracy w systemie Windows zapewnia obróbkę dużych ilości próbek pomiarowych w krótkim czasie (rejestrator GAMMA 1024 umożliwia rejestrację 512000 próbek pomiarowych). Profesjonalny interfejs programu zgodny z obowiązującymi standardami zapewnia przyjazne środowisko pracy dla jego użytkownika.

# Praca wykonana w ramach projektu badawczego Nr 8T10C03519 finansowanego przez KBN.

## 5. Literatura

- Kozłowski J., Machczyński W., Pazoła R.: Mikroprocesorowy rejestrator napięć wolnozmiennych. Pomiary, Automatyka, Kontrola, 1999, nr 1, s. 5-8.
- 2. Kozłowski J., Machczyński W.: *Technika pomiarowa w praktyce prądów blądzących*. Ochrona Przed Korozją, 1995, nr 10, s. 228-231.
- Budnik K., Czarnywojtek P., Kozłowski J., Machczyński W.: KORELACJA Program komputerowej analizy sygnałów z rejestratora GAMMA 1024. VII Konferencja Zastosowania Komputerów w Elektrotechnice, Poznań-Kiekrz 2002, s. 119-122.
- Budnik K., Czarnywojtek P., Kozłowski J., Machczyński W, Pazoła R.: Mikroprocesorowy rejestrator GAMMA 1024 dla potrzeb techniki korelacyjnej. XXIV Konwersatorium Korozji Morskiej, Jurata 2001, s. 83-88.
- Sokólski W.: Metoda korelacyjna badania prądów błądzących piętnaście lat doświadczeń. IV Krajowa Konferencja Pomiary Korozyjne w Ochronie Elektrochemicznej, Jurata 1996, s. 59-70.
- Sawuk P., Sokólski W.: Komputerowy program do analizy pomiarów intensywnych na rurociągach podziemnych. IV Krajowa Konferencja Pomiary Korozyjne w Ochronie Elektrochemicznej, Jurata 1996, s. 85-90.