

**URZĄDZENIE DO ZBIERANIA I PRZETWARZANIA  
WYNIKÓW POMIARÓW RADIOMETRYCZNYCH  
REALIZOWANYCH W WARUNKACH  
PRZEMYSŁOWYCH I TERENOWYCH**

**Jan Mirowicz, Andrzej Owczarczyk, Jan Pieńkos, Edward Świstowski,  
Piotr Urbański**

*Instytut Chemii i Techniki Jądrowej, Warszawa*



PL0201723

*Abstract*

**AN INSTRUMENT FOR COLLECTING AND PROCESSING DATA  
FROM RADIOMETRIC EXPERIMENTS CARRIED OUT  
IN FIELD AND INDUSTRIAL CONDITIONS**

The FIR-1 radiometer is designed to collect and process radiometric measurements carried out in industrial and field environment. A specialized software of the radiometer enables use of the collected measuring results for further processing, e.g. modelling of dynamics of the objects.

The main unit of the radiometer is the control block. The task of the block is control of the measuring cycles and its analysis as well as displaying and storage of the measuring results. The investigated processes can be watched at LCD screen, the measuring results can be stored in the memory and can be sent for further processing to external PC. The radiometer is equipped with 4 pulse channels to which scintillation or GM detection probes can be connected depending on the measurements to be carried out. Additionally, the radiometer is equipped with a spectrometric channel with 256 channel analyzer. The radiometer is powered from 6 V accumulator.

The radiometer is based on up-to-date technology with large scale integrated circuits. Thanks to microprocessor system used in the radiometer the measurements can be highly automated. The software of the radiometer is based on MATLAB.

## **1. WSTĘP**

Prowadzenie badań radioizotopowych [1, 2] wymaga dziś nie tylko czułych i precyzyjnych urządzeń do zbierania wyników pomiarów, ale także specjalistycznego oprogramowania umożliwiającego przetwarzanie zebranych wyników i wyciągnięcie odpowiednich wniosków. Realizacji tych dwóch celów ma służyć przedstawiona w pracy aparatura.

Opracowany w Instytucie Chemii i Techniki Jądrowej (ICHTJ) radiometr przemysłowo-terenowy FIR-1 jest nowoczesnym urządzeniem wykonanym całkowicie według nowoczesnej technologii z użyciem elementów o dużej skali integracji (LSI). Dzięki zastosowaniu systemów mikroprocesorowych zapewniony jest wysoki stopień zautomatyzowania. Urządzenie zasila 6-woltowy akumulator. Zastosowane rozwiązania umożliwiają wykorzystanie większości zespołów (sondy, blok sterujący, programy itd.) w innych urządzeniach i systemach pomiarowo-kontrolnych.

Podstawowym zespołem radiometru jest blok sterujący, którego zadaniem jest sterowanie, wyświetlanie, zapamiętywanie oraz analiza wyników pomiarów. Badane procesy można obserwować na ekranie LCD, zaś wyniki pomiarów zapisywać w pamięci i przesyłać do dalszej obróbki w komputerach PC.

Radiometr posiada 4 torry impulsowe, do których mogą być podłączone sondy z licznikiem G-M lub sondy scyntylicyjne, oraz tor spektrometryczny, do którego podłączona jest sonda z 256-kanałowym analizatorem amplitudy. Integralną częścią urządzenia jest oprogramowanie opracowane w oparciu o pakiety MATLAB i labVIEW umożliwiające przetwarzanie i interpretację wyników pomiarowych.

## 2. BLOK STERUJĄCY

Blok sterujący (rys. 1) wykorzystuje 8-bitowy mikroprocesor Z84C00 i zapewnia sterowanie pracą urządzenia, gromadzenie wyników pomiarów oraz ich przechowywanie w pamięci RAM. Po wyłączeniu zasilania, pamięć oraz zegar czasu rzeczywistego podtrzymywane są 3,6-woltową baterią (back-up baterii). Dzięki zastosowaniu techniki CMOS pobór prądu po wyłączeniu zasilania jest minimalny i wynosi około 1,5  $\mu$ A.

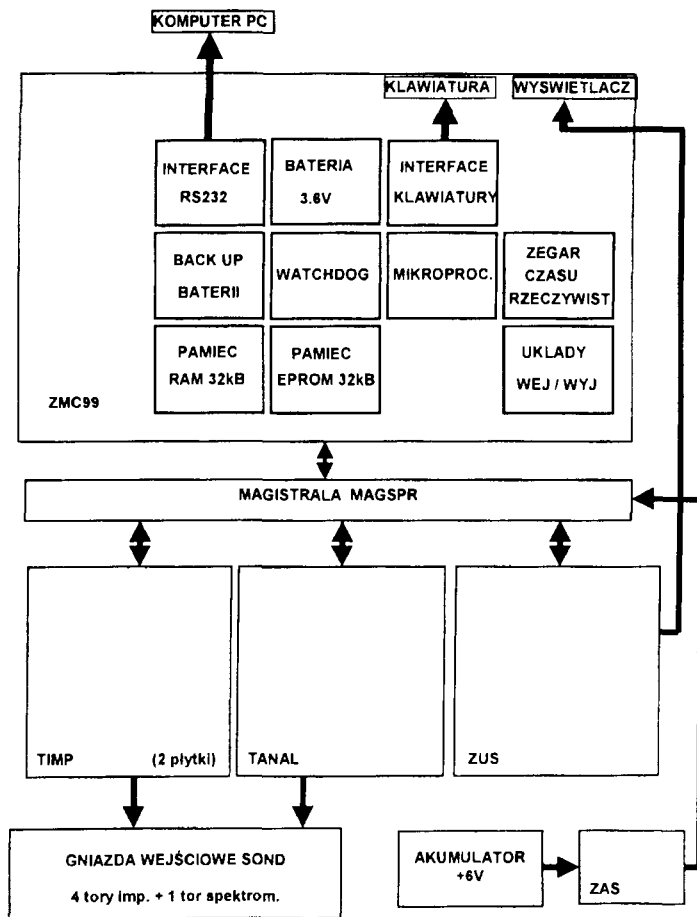
Obsługę urządzenia: programowanie pomiarów, komunikację, odczyt lub wprowadzanie wyników zapewnia estetyczna, foliowa klawiatura (opracowanie własne), gwarantująca dużą trwałość i niezawodność.

Do kontroli, programowania urządzenia oraz przeglądania wyników pomiarów służy ciekłokrystaliczny wyświetlacz graficzny o rozdzielczości 240×128 pikseli. W przypadku słabego oświetlenia możliwe jest jego podświetlenie, co jednak wiąże się ze zwiększeniem poboru prądu. Podświetlenie wyłączane jest automatycznie po upływie około 2 min. Do przesyłania wyników na zewnątrz służy port szeregowy RS232 do komputera typu PC. Szybkość transmisji szeregowej wynosi 38 400 bodów.

Izolacja galwaniczna pozwala na zredukowanie zakłóceń pochodzących od instalacji przemysłowych zarówno w torze sygnałowym, jak i zasilającym sondy pomiarowe. Impulsy zliczane przez sondy są standaryzowane i przesyłane do bloku sterującego poprzez złącze RS485.

Blok sterujący zapewnia:

- komunikację z urządzeniem za pomocą foliowej klawiatury o 16 klawiszach;
- automatyczną kontrolę, do których torów przyłączone są sondy, jaki jest typ sondy oraz prawidłowości działania przyłączonych sond;
- zapamiętywanie kolejnego numeru pomiaru oraz daty i czasu jego rozpoczęcia w danym torze;



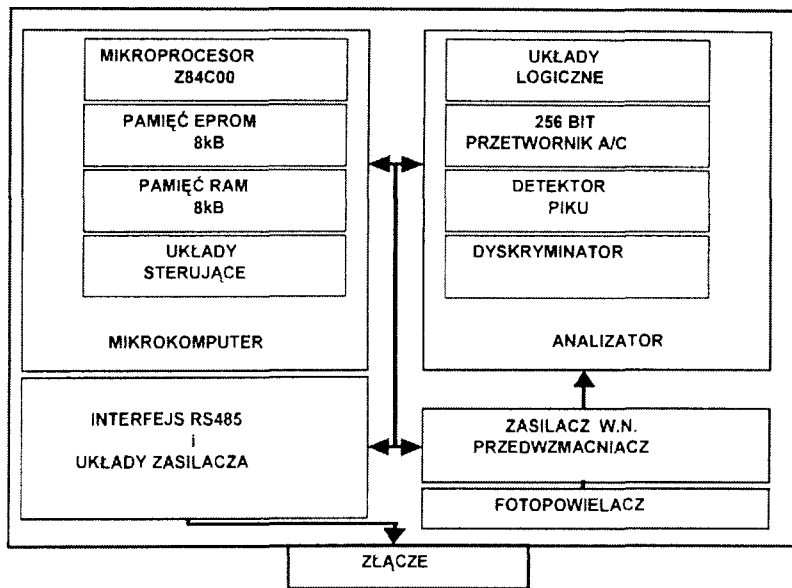
Rys. 1. Schemat blokowy układu sterującego.

- zapamiętywanie wyników pomiarów ze wszystkich kanałów każdego z pięciu torów w pamięci z podtrzymaniem lokalnym;
- możliwość przesłania łączem RS232 do komputera wyników pomiarów zgromadzonych w pamięci i ich ewentualne wydrukowanie (z dowolnego toru);
- możliwość wprowadzenia markerów do wyników pomiarów w dowolnym miejscu;
- możliwość przeglądania na wyświetlaczu graficznym wyników (wymiarzy pola odczytowego 114×64 mm) w formie pionowego słupka (oś Y) reprezentującego liczbę zliczeń w kanale z automatycznie dobraną skalą. Ponieważ rozdzielczość pozioma wyświetlacza wynosi 240 pikseli, wykres może być przewijany (typu scroll) poziomo od kanału pierwszego do ostatniego (lub odwrotnie). Dodatkowo przy użyciu kursora możliwy jest odczyt liczby zliczeń we wskazanym kanale;
- możliwość przeglądania widm w torze spektrometrycznym;

- możliwość podglądu wybranego toru w czasie trwania eksperymentu;
- zapamiętywanie ustawionych parametrów pomiaru każdego toru oraz wyników pomiaru, mimo wyłączenia zasilania;
- szczelne i pewne połączenie sond z blokiem sterującym kablem o długości do 200 m;
- zasilanie urządzenia z wbudowanego akumulatora +6 V. Przewidywany pobór mocy wynosi ok. 1,5 W.

### 3. SONDY

Radiometr jest wyposażony w specjalistyczne złącza, które umożliwiają podłączenie różnego typu sond (pięć sond jednocześnie) w zależności od rodzaju wykonywanych pomiarów. Do czterech torów impulsowych mogą być podłączone sondy z licznikiem G-M lub sondy scyntylicyjne, natomiast do piątego toru – sonda z analizatorem.



Rys. 2. Schemat blokowy sondy spektrometrycznej.

Sonda scyntylicyjna jest wykonana jako bryzgo i pyłoszczelna. Jest wyposażona w kryształ scyntylicyjny NaI(Tl) o wymiarach 50×50 mm, fotopowielacz, dyskryminator, układy wzmacniające i formujące oraz przetwornicę wysokiego napięcia 900÷1100 V. Sonda z licznikiem G-M jest wykonana jako wodoszczelna i wyposażona w podobne zespoły jak sonda scyntylicyjna. Parametry pomiarowe torów impulsowych (z sondami G-M i scyntylicyjnymi) są następujące:

- maksymalna częstość zliczeń – 30 000 imp./s;
- czas pomiaru jednego kanału nastawiany indywidualnie w każdym torze od 0,125 do 120 s (0,125; 1; 10; 30; 60 i 120);
- maksymalna liczba kanałów w torze 1024;
- pojemność akumulatora 12 Ah pozwalająca na 40-godzinny eksperyment.

Sonda spektrometryczna posiada 256-kanałowy analizator amplitudy i jest sterowana mikroprocesorem Z84C00. Jej schemat blokowy przedstawiono na rys. 2. Parametry pomiarowe toru spektrometrycznego są następujące:

- maksymalna liczba zliczeń w jednym kanale – 65 535 impulsów,
- rozdzielczość analizatora – 17  $\mu$ s,
- komunikacja z sondą realizowana szeregowym łączem RS485,
- możliwość zgromadzenia w pamięci 10 widm,
- programowany czas pomiaru od 10 s do 5 min.

#### 4. OPROGRAMOWANIE

Wyniki pomiarów zebrane i zapamiętane przez blok sterujący mogą być w dowolnej chwili przesłane do komputera PC.

Dla potrzeb przetwarzania wyników opracowane zostały programy numeryczne oparte na systemie MATLAB do obróbki sygnałów. Program składa się z trzech podstawowych części:

- I. Wstępna obróbka sygnałów wykorzystująca różne techniki stosowane w praktyce badawczej:
  - odejmowanie tła stałego;
  - filtracja i gładzenie sygnałów (filtry rekursywne, metoda Czebyszewa itp.), interpolacja danych;
  - ekstrapolacje danych w obszarach czasowych, gdzie nie rejestrowano lub nastąpił zanik sygnału pomiarowego;
  - uwzględnianie zjawiska rozpadu znacznika promieniotwórczego.
- II. Obliczenia numeryczne związane z obróbką krzywych rozkładu czasów przebywania znacznika:
  - obliczanie pól powierzchni krzywych (metodą prostokątów, trapezów, metodą Simpsona itp.);
  - obliczanie momentów statystycznych krzywych (momenty pierwszego, drugiego i trzeciego rzędu odpowiadające średniemu czasowi przebywania, wariacji rozkładu i skośności rozkładu);
  - normalizacja krzywych w czasie bezwymiarowym.
- III. Modelowanie sygnałów wyjściowych badanego układu dynamicznego:

- optymalizacja parametrów wybranego modelu w stosunku do krzywej doświadczalnej (metodami Simpleksa, Hooka-Jeesva oraz Marquarda);
- obliczanie całek splotu i procedury dekonwolucji;
- modelowanie w przestrzeni przekształceń Fouriera i Laplaca (obliczanie transformat sygnałów metodą FFT);
- rozwiązywanie układów równań różniczkowych opisujących badany układ.

Oprogramowanie zapewni wizualizację 2D i 3D wyników w trakcie zbierania i obróbki danych.

## 5. ZASTOSOWANIE

Przedstawiona aparatura przeznaczona jest do pomiarów radiometrycznych (np. zbieranie widm) oraz rejestracji promieniowania jonizującego pochodzącego od znaczników promieniotwórczych, wprowadzonych (celowo) do danego obiektu. Dzięki nowoczesnym rozwiązaniom, może ona być uniwersalnym narzędziem pomiarowym wyspecjalizowanych firm zajmujących się pomiarami zarówno w warunkach przemysłowych, jak i terenowych.

Znaczna część prac radioznacznikowych w przemyśle dotyczy określania przepływu mediów przez takie urządzenia, jak reaktory chemiczne, piece, osadniki, uśredniacze czy mieszalniki. Na podstawie uzyskanych wyników można optymalizować zarówno urządzenia, jak i procesy technologiczne. Metoda radioznacznikowa jest dość skutecznym narzędziem przy kompleksowej ocenie działania wielu rodzajów obiektów przemysłowych.

W przypadku pomiarów terenowych środowiska określone są przemieszczenia w ściekach, co pozwala na ocenę procesów samooczyszczania oraz lokalizację punktu zrzutu oczyszczonych ścieków przemysłowych i komunalnych. Z kolei pomiary ruchu rumowiska pozwalają na podjęcie odpowiednich działań związanych z utrzymaniem obiektów hydrotechnicznych (regulacje rzek, zapobieganie zamuleniu zbiorników, erozja brzegu morskiego itp.). Zatem metoda radioznacznikowa oddaje również duże usługi tam, gdzie istnieje możliwość wpływania na konfigurację środowiska.

## LITERATURA

- [1]. Iller E., Thyn J.: Metody radioznacznikowe w praktyce przemysłowej. WNT, Warszawa 1994.
- [2]. Iller E.: Badania znacznikowe w inżynierii procesowej. WNT, Warszawa 1992.

## **XII. AKCELERATORY**