

Leszek FURMAN, Bronisław NIEWIADOMSKI

Instytut Fizyki i Techniki Jądrowej  
Akademii Górniczo-Hutniczej

#### RADIOMETRYCZNY SYSTEM POMIAROWY DO ANALIZY I ZBIERANIA DANYCH

STRESZCZENIE. W artykule opisano system mikroprocesorowy używany do badania procesów przemysłowych za pomocą znaczników promieniotwórczych. System ten opiera się na dwóch mikrokomputerach oraz aparaturze elektronicznej umożliwiającej wykrywanie i rejestrację zmian natężenia promieniowania jonizującego równocześnie z rejestracją parametrów fizycznych istotnych dla badanego procesu. Przedmiotem artykułu jest ponadto opis projektów i działania systemu oraz przykłady jego wykorzystania do badania typowych procesów przemysłowych.

#### WPROWADZENIE

Techniki znacznikowe oparte na zastosowaniu izotopów promieniotwórczych do znakowania badanych mieszanin heterofazowych okazały się bardzo korzystne zarówno w pomiarach laboratoryjnych, jak i przemysłowych. Eksperymenty ze znacznikami stworzyły potrzebę zautomatyzowania systemu pomiarowego z możliwością analizy, rejestracji i prezentacji danych. W przypadku pomiarów przemysłowych przetwarzających dane "on line" istotnym jest poradzenie sobie z dużą ilością informacji dostarczanej przez detektory i przetworniki parametrów fizycznych. W dodatku taki system powinien być łatwo modyfikowalny aby sprostał wymaganiom stawianym przez różnorodne eksperymenty. Istnieją wprawdzie szybkie systemy przetwarzania dużych zbiorów danych ale nie nadawały się do naszych potrzeb, głównie ze względu na wysokie ceny oraz brak możliwości programowania w językach wyższych rzędów. W celu przezwyciężenia tych trudności oraz dostarczenia systemu niezawodnego i łatwego w użyciu zbudowano zestaw mikroprocesorowy oparty na dwóch mikrokomputerach osobistych. Jest to konsekwencja szeroko stosowanej w warunkach laboratoryjnych, tendencji wyposażania zestawów pomiarowych w komputery osobiste. W szczególności dostępność licznych specjalistycznych programów, stacji dysków, monitorów graficznych, drukarek, dużej pamięci czyni komputer osobisty bardzo wygodnym

narzędziem w tego typu pomiarach. Pozostała część systemu składa się ze standardowych sond scyntylicyjnych z analizatorami amplitudy impulsów, licznikami, multiplexerem analogowym i przetwornikiem analogowo-cyfrowym, które poprzez magistralę typu MULTIBUS są sprzęgnięte z mikrokomputerem.

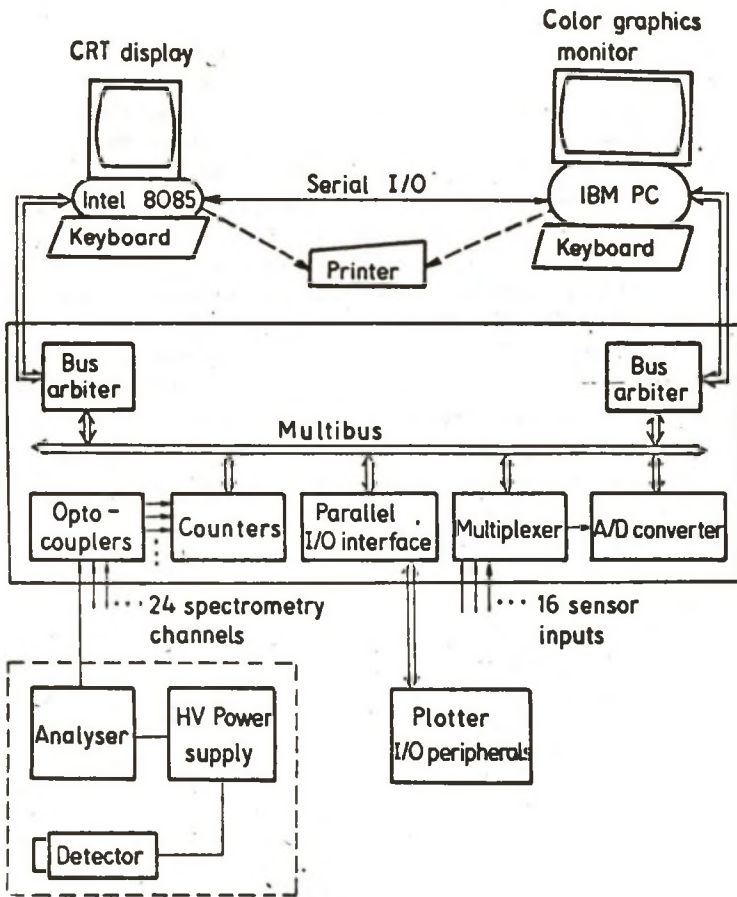
Głównymi parametrami systemu są:

- mikrokomputer 8-bitowy oparty na mikroprocesorze Intel 8085 oraz 16-bitowy IBM PC XT,
- 24 sondy scyntylicyjne lub inne detektory promieniowania jonizującego,
- 24 kanały z izolowanymi optycznie wejściami liczników impulsów,
- programowaną szybkość zbierania danych 1800 zliczeń na sekundę,
- 16 multipleksowanych torów analogowych,
- zdolność rozdzielcza przetwornika A/C wynosi 3 1/2 cyfry,
- zapis na dwustronnych dyskietkach 5 1/4" lub twardym dysku o pojemności 20 MB.

Z minimalną ilością dodatkowego oprzyrządowania możemy wykrywać oraz rejestrować zmiany natężenia promieniowania jonizującego i innych parametrów fizycznych.

#### OPIS SYSTEMU

Aparatura radiometryczna składa się z typowych torów spektrometrycznych. Promieniowanie gamma padające na kryształ detektora NaJ(TL) wywołuje emisję światła, które przetwarzane jest przez fotopowielacz na sygnał elektryczny. W zestawach użyto fotopowielaczy typu EM1 6097. Sygnały dostarczane przez fotopowielacz muszą być poddane analizie amplitudowej. Sygnały anodowe z każdego fotopowielacza są transmitowane przez kabel koncentryczny o długości 50-200 m do analizatorów jednokanałowych. Połączenie pomiędzy analizatorem i odpowiednim licznikiem wykonano poprzez układ fotooptyczny. Ważne jest to szczególnie w zastosowaniach przemysłowych, gdyż zapobiega przedostawaniu się dużych przepieć na wejściu układu. Uzyskuje się dzięki temu nie tylko eliminację zakłóceń, ale przede wszystkim zapobiega uszkodzeniu aparatury.



Rys. 1 Uproszczony schemat blokowy całego systemu

System rejestracji danych zorganizowano w następujący sposób. Standardowa krata CAMAC została wyposażona w dwa bloki wykonane w typowych kasetach CAMAC a mianowicie:

- dwa arbitry magistrali w pojedynczej kasecie CAMAC,
- izolatory optoelektroniczne, liczniki, multiplexer analogowy, port obsługi wejścia/wyjścia w podwójnej kasecie CAMAC.

Zamieniliśmy każdy tradycyjnie stosowany przelicznik, mniej skomplikowanym licznikiem programowalnym zbudowanym w oparciu o układ Intel 8253. Liczniki te są kasowane tylko na początku eksperymentu i dzięki temu mogą być odczytywane w trakcie pomiaru. Tak więc równoległe zliczanie i przesyłanie danych nie powoduje wzrostu czasu martwego układu. Sygnał wyboru dla poszczególnych liczników otrzymuje się z układu dekodującego, przy czym każdy tor posiada pojemność  $2^{16}$  zliczeń, a czas zliczania jest w pełni programowalny i ustalony przez sygnał przerwania. Jeden z liczników zliczający sygnał z generatora wzorcowego 1kHz posiada możliwość wystawiania przerwania, dzięki czemu zrealizowano synchronizację całego systemu, a dwa liczniki zliczają na bieżąco czas eksperymentu.

Układ Intel 8255 obsługuje łącze równoległe do wymiany danych z urządzeniami peryferyjnymi. W połączeniu, np. z rejestratorem X-Y dostarcza kopii grafiki komputerowej. 16 kanałowy multiplekser analogowy jest wykorzystywany do podawania poszczególnych sygnałów z przetworników na woltomierz cyfrowy, wykorzystywany jako przetwornik analogowo-cyfrowy. W ten sposób mogą być wykonywane pomiary różnych parametrów fizycznych jak: temperatura, prędkość, gęstość, ciśnienie, itp. Zbieranie danych odbywa się w pamięci dynamicznej dostępnego w handlu 8-bitowego komputera opartego na mikroprocesorze Intel 8085.

Podstawowe cechy komputera:

- pamięć dynamiczna 64KB,
- podwójna stacja dysków 5 1/4",
- równoległy interfejs do drukarki typu Centronix lub Logabax,
- szeregowy interfejs typu RS-232C,
- sterowany mikroprocesorem monitor TV,
- trzy kanały DMA (dostępu bezpośredniego),

Moduły stosujące MULTIBUS pracują w systemie "master-slave". Na przykład liczniki mogą być dostępne z mikrokomputerów, jako moduły podrzędne. Jednostki nadrzędne magistrali MULTIBUS stanowią natomiast obydwie mikrokomputery. Sterują one magistralą poprzez układy ARBITER zbudowane w MIFITJ. ARBITER-y zrealizowane są jako układy peryferyjne i sterowane przy pomocy instrukcji obsługi wejścia/wyjścia. Magistrala umożliwia komunikację między mikrokomputerami, licznikami, łączami wejścia/wyjścia i urządzeniami peryferyjnymi. Układ ARBITER ingeruje, gdy obydwie mikrokompute-

ry zadają równocześnie kontroli nad magistralą. Zegar magistrali 5 MHz jest niezależny od zegarów procesora i umożliwia synchronizację systemu. Zastosowano dodatkowe połączenie między IBM PC i zestawem opartym na układzie 8085 poprzez szeregowo łącze typu RS-232C. Przesyłanie danych do IBM PC wykonano poprzez RS-232C lub bezpośrednio z liczników, aby czas zajęcia procesora był jak najkrótszy. Jest to szczególnie ważne w przypadku dużych częstości zliczeń. W pozostałych przypadkach działanie interfejsu szeregowego z szybkością 9600 bodów jest wystarczające dla właściwej pracy systemu.

#### DZIAŁANIE SYSTEMU

Mikrokomputer zbudowany na układzie Intel 8085, za pomocą specjalnego programu, zbiera dane i steruje całym systemem. Z klawiatury mogą być przy tym wprowadzone następujące parametry: czas pomiaru w torze, liczba kanałów rejestrujących, czas i miejsce eksperymentu itd. Po przerwaniu procesor 8085 jest gotów do odczytania danych z liczników i rozpoczyna ich analizę. Oblicza przy tym najważniejsze parametry w czasie nabierania danych.

Opracowanie danych składa się z identyfikacji tła promieniowania w poszczególnych punktach pomiarowych oraz wyboru interesujących części rozkładów na podstawie procedur wykrywania pików i przyjęcia eksponentyjnego spadku natężenia promieniowania. Tak więc, obliczone parametry mogą być sprawdzone, umożliwiając kontrolę danych przed zapisaniem ich na dyskach elastycznych. Dzięki temu, liczba rejestrowanych danych może być znacznie zredukowana. Procesor Intel 8085 stosowany jest nie tylko jako system nadrzędny lecz również do obsługi monitora oraz systemu sprawdzającego. Parametry do wyświetlania danych mogą być wprowadzane z klawiatury bez zakłócania przepływu danych. Dane z 12 kanałów mogą być wybierane i wyświetlane w tym samym czasie na ekranie. Razem z danymi pomiarowymi wyświetlane są następujące parametry: pozycja maksimum, całkowita liczba zliczeń, liczba danych i czas trwania eksperymentu. Wszystkie podprogramy są zapisane w języku ASSEMBLER Intela 8085, w celu zmniejszenia czasu ich wykonywania, a dane przychodzące z liczników są zbierane w buforach i przygotowywane do kolejnych przesyłań do mikrokomputera IBM. Po przesłaniu bloku danych pierwszy z mikrokomputerów wykonuje na bieżąco obliczenia, pozwala to na prezentowanie, zarówno grafiki (wykresy

odpowiadające wynikom eksperymentu), jak i informacji alfanumerycznej. Nasze doświadczenie pokazuje, że zdolność rozdzielcza ekranu mikrokomputera IBM PC (640/200 punktów) jest wystarczająca do wizualizacji danych eksperymentalnych. Kompletne grafiki mogą być wyprowadzane na drukarkę lub rejestrator X-Y.

Oprogramowanie systemu rejestracji danych zostało zrealizowane w formie kombinacji assemblerowych podprogramów Intelu 8085. Podprogramy te są czterech typów: obsługa pomiarów, moduły obliczania podstawowych parametrów fizycznych, wizualizacji danych i komunikacji z mikrokomputerem IBM PC. Istniejące oprogramowanie systemu napisane w języku ASSEMBLER umożliwia w przyszłości jego rozszerzenie o procedury napisane w językach wyższych rzędów.

### PROCEDURY TESTOWANIA

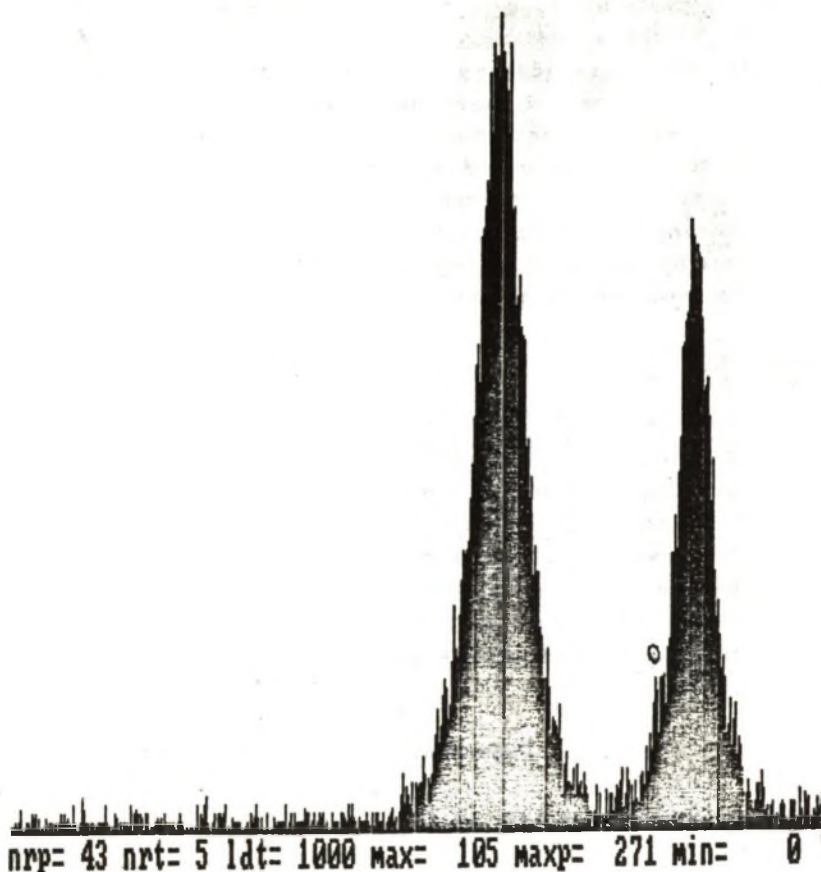
System rejestracji danych musi być regularnie sprawdzany, w tym celu oprogramowanie diagnostyczne i testujące zostało przygotowane w języku ASSEMBLER, np. jeden z programów sprawdzających liczniki otwiera wejścia liczników na czas uprzednio określony w którym to czasie licznik zlicza określoną liczbę impulsów zegarowych. Liczba zliczeń nie może różnić się więcej niż o jeden od wartości nominalnej. W przeciwnym wypadku wysyłany jest sygnał błędu. Dodatkowo, system wykrywania błędów może zwrócić uwagę operatora na tor, który jest poza zakresem przewidywanym bez zatrzymywania rejestracji danych i całego eksperymentu.

### PRZYKŁADY ZASTOSOWAŃ

System wyposażony w stosunkowo wysoką moc obliczeniową nadaje się do licznych zastosowań. Dwa z nich są tutaj omówione.

Pierwsze z zastosowań prezentowanego systemu to badania znacznikowe długotrwałego procesu przeróbki rud miedzi w dużej kopalni. W efekcie został określony średni czas przebywania różnych składników rudy, jak również wydajność poszczególnych operacji jednostkowych przeróbki. Otrzymane wyniki w postaci wykrycia przyczyn nieprawidłowości oraz sformułowania programu optymalizacji procesu przeróbki rudy, powinny przynieść duże korzyści ekonomiczne. Szczególną zaletą systemu w tym przypadku jest to, że mikrokomputery pozwalają na rejestrację dużych ilości danych.

Drugim przykładem jest zastosowanie systemu, jako urządzenia mierzącego z dużą dokładnością prędkość transportową. Możliwe było dzięki temu określenie prędkości poslizgu poszczególnych składników hydromieszanki w przepływie rurowym. W tym celu zastosowano milisekundowe próbkowanie rejestrowanego rozkładu natężenia promieniowania emitowanego przez znacznik. Rys.2 ilustruje typowy histogram zebranych danych.



Rys.2 Histogram zebranych danych

### WNIOSKI

Stosunkowo niedrogi system pomiarowy został zbudowany według omówionych powyżej założeń oraz sprawdzony zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i przemysłowych. Okazało się przy tym, że komputery osobiste z dodatkowym prostym oprzyrządowaniem mogą spełniać wymagania spotykane w licznych zastosowaniach przemysłowych. Wykazano przy tym, że możliwości systemu zostały podniesione dzięki wykorzystaniu różnych typów mikroprocesorów. Każdy z nich mógł być bowiem przydzielony do zadań, które najlepiej mógł realizować. System ten zabudowany w specjalnie do tego celu przystosowanym autobusie jest używany do badań terenowych od 1984 roku. Badania te wykazały duże możliwości pomiarowe systemu. Okazało się ponadto, że w celu zbierania większej liczby danych lub rejestracji większych częstotliwości zliczeń układ ten może być w prosty sposób rozbudowany o dalsze układy elektroniczne. Prezentowany system został przeznaczony przede wszystkim do kompleksowych badań złożonych procesów przemysłowych.

### LITERATURA

1. Intel MULTIBUS Interfacing, Intel Application Note, 1977.
2. K. Zmudziński, L. Petryka et al., Identification of Copper Ore Classification Products by Means of Radioactive Tracers, *Erzmetall* 37 (1984) Nr 9
3. K. Przewłocki, P. Jodłowski, Z. Stegowski et al., Measurements of Slip Velocity of Solid Separate in Relation to Liquid by Means of Fast Radiotracer Method, to be printed in *Archiwum Górnictwa*.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Jan PALARSKI

Wpłynęło do Redakcji 1987.02.25



РАДИОМЕТРИЧЕСКАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА  
И СОБИРАНИЯ ДАННЫХ

## Резюме

В статье разрешена микропроцессорная система, используемая для исследования промышленных процессов с помощью радиоактивных индикаторов. Система эта основана на двух микрокомпьютерах и электронной аппаратуре, позволяющей обнаружить и регистрировать напряжения, изменения ёнизирующего излучения, одновременно с регистрацией физических параметров существенных для исследуемого процесса. Темой статьи является также описание проектов и работы системы, а также примеры её использования для исследования типичных промышленных процессов.

## RADIOMETRIC MEASURING SYSTEM FOR ANALYSIS AND COLLECTING DATA

## Summary

A multiprocessor data acquisition system, used in investigations of industrial processes by means of radioactive tracers, is described in this paper. The system, based on two personal computers and a simple additional hardware, can detect and record changes in intensity of radiation and other physical parameters. Design and performance of the system as well as examples of its applications are also presented.