

mgr inż. Mirosław Koszur

Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Metrologii Elektrycznej „METROL”

mgr inż. Wojciech Pierzgałski

Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Metrologii Elektrycznej „METROL”

mgr inż. Daniel Zabłocki

Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Metrologii Elektrycznej „METROL”

## ZASTOSOWANIE MIERNIKÓW SERII DM W LABORATORYJNYCH SYSTEMACH POMIAROWYCH

*W referacie przedstawiono podstawowe funkcje i parametry techniczne multimetrów cyfrowych produkowanych w OBR ME "METROL" do pomiaru wielkości elektrycznych i nieelektrycznych typu DM21 i DM22 oraz wielokanałowego miernika-rejestrowatora temperatury typu DM23, które są przeznaczone do stosowania w laboratoryjnych systemach pomiarowych. Opisano ich wyposażenie w interfejsy zewnętrzne, a także podstawowe funkcje dedykowanego oprogramowania przyrządowego wspomagającego proces pomiarowy i umożliwiającego wizualizację wyników pomiaru oraz akwizycję danych - METROL 21, METROL22 i METROL 23. Ponadto, podano także wybrane przykłady zastosowań opisanych mierników uniwersalnych serii DM wraz z oprogramowaniem przyrządowym w laboratoryjnych systemach pomiarowych.*

### 1. WPROWADZENIE

Obserwowany w ostatnim okresie rozwój technik informatycznych oraz nowych metod przetwarzania sygnałów umożliwił wprowadzanie do produkcji w wielu firmach nowoczesnych produktów należących do grupy przyrządów laboratoryjnych, takich jak np. uniwersalne mierniki wielkości elektrycznych i nieelektrycznych. Zostały one wyposażone w funkcje realizujące automatyzację pomiarów. Rosną obecnie wymagania dotyczące właśnie tych funkcji w przyrządach pomiarowych, które odnoszą się do automatyzacji wykonywania dokładnych pomiarów dla różnych wielkości: elektrycznych i nieelektrycznych, co pozwala na prawie jednoczesną ocenę wielu mierzonych wielkości. Przyrządy takie, najczęściej będące laboratoryjnymi multimetrami cyfrowymi charakteryzują się: możliwością pomiaru wielu wielkości fizycznych, dużą uniwersalnością w zakresie wykonywanych funkcji i dostępnych zakresów pomiarowych, wykonywaniem szeregu użytecznych operacji matematycznych na wartościach mierzonych i przesyłania wyników pomiarów do jednostki nadrzędnej, którą jest mikrokomputer wyposażony w odpowiednie oprogramowanie. Ta ostatnia funkcja nabiera szczególnego znaczenia w okresie powszechnego korzystania w laboratoriach pomiarowych z zestawów aparatury przystosowanej do budowania systemów pomiarowych, realizujących wizualizację wyników w różnej formie, a zapewniających archiwizację i przetwarzanie danych, czy realizujących także w ograniczonym zakresie sterowanie.

Poprzez połączenie przyrządów pomiarowych z komputerem nadaje się im całkiem nową jakość i rozszerza możliwości funkcjonalne. Wzrasta komfort wykonywania pomiarów, a przede wszystkim jest możliwość wprowadzania pełnej automatyzacji pomiarów w ramach prac wykonywanych w laboratorium pomiarowym. Automatyzację pomiarów można także uzyskać poprzez tworzenie zaawansowanych sieci pomiarowych w ramach laboratorium pomiarowego, a pozwalających na jednoczesne prowadzenie pomiarów dla wielu wielkości, także w odniesieniu do różnych wyznaczanych liczbowo parametrów np. wyznaczania

niepewności pomiaru. Oprogramowanie w laboratoryjnych systemach pomiarowych umożliwia pełną akwizycję danych i pozwala na realizowanie analizy wyników pomiarów np. w ramach samego programu przyrządowego lub systemowego, czy też poprzez korzystanie z plików dla arkusza kalkulacyjnego.

W OBR ME "METROL" przy współpracy z Przemysłowym Instytutem Elektroniki opracowano i uruchomiono produkcję laboratoryjnych multimetrów cyfrowych typu DM21 i DM22 oraz wielokanałowego miernika-rejestrowatora temperatury typu DM23 o podwyższonej dokładności i rozdzielczości, do pomiaru wielkości elektrycznych i nieelektrycznych. Prace były realizowane w ramach celowych projektów badawczych: Nr 8 T10C 028 98 C/4140 (DM21), Nr 8 T10C 047 99 C/4722 (DM22) i Nr 10 T10 041 2000 C/5357 (DM23), a częściowo finansowanych przez Komitet Badań Naukowych w latach 1998 - 2003. Mierniki te mogą być stosowane w laboratoriach pomiarowych do precyzyjnych pomiarów wielkości elektrycznych i nieelektrycznych w ramach systemów pomiarowych, bądź też jako przyrządy autonomiczne lub połączone z mikrokomputerem - będąc wzorcami pomiarowymi na stanowiskach produkcyjnych, w serwisach aparatury pomiarowej oraz przy pomiarach, sprawdzaniu i kalibracji mierników wielkości elektrycznych i nieelektrycznych np. temperatury z czujnikami rezystancyjnymi Pt100 lub Pt1000 lub termoelektrycznymi o różnych charakterystykach.

Wszystkie mierniki serii DM produkowane w OBR ME "METROL" zostały wyposażone w dwa interfejsy: RS-232C oraz GPIB (IEC-625, IEEE 488), które zapewniają komunikację z jednostką centralną systemu - mikrokomputerem. Pozwala to na łączenie tych przyrządów w zestawach pomiarowych złożonych z wielu różnych przyrządów przeznaczonych dla przemysłowych i laboratoryjnych systemów pomiarowych.

W OBR ME "METROL" zostały opracowane dedykowane miernikom laboratoryjnym serii DM oddzielne programy wizualizacyjne przyrządowe METROL 21, METROL22 i METROL23 do wizualizacji pomiarów, sterowania i kalibracji. Została zastosowana do budowy tych programów platforma programowa LabView, która operując graficznym edytorem kodu pozwala na tworzenie struktur programu opierających się na łączeniu elementów graficznych z przypisanymi odpowiednimi funkcjami wykonawczymi, procedurami i zmiennymi. Podczas budowania elementów składowych programu, dokonywane jest automatyczne przetwarzanie istniejącego kodu i przypisywanie odpowiednim jego składowym różnych procesów wykonawczych (obszaru pamięci zmiennych, adresowych, arytmetyki, czy logiki), co w połączeniu z uproszczonym dostępem do zasobów systemowych zapewnia maksymalną szybkość wykonywania programu i przejrzystość odczytu kodu źródłowego.

## **2. PODSTAWOWE FUNKCJE I PARAMETRY TECHNICZNE MIERNIKÓW SERII DM**

Przedmiotem współpracy Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Metrologii Elektrycznej „METROL” z Przemysłowym Instytutem Elektroniki w Warszawie była seria opracowanych laboratoryjnych przyrządów cyfrowych o podwyższonej dokładności i rozdzielczości, przeznaczonych do pomiaru wielkości elektrycznych i nieelektrycznych. W skład tej serii wchodzi takie wyroby, jak: multimetry cyfrowe DM21 i DM22 oraz wielokanałowy miernik-rejestrowator temperatury DM23. Mierniki te charakteryzują parametry techniczne podane w tabeli 1. Mogą być one stosowane do precyzyjnych pomiarów w laboratoriach, jako wzorce pomiarowe na stanowiskach produkcyjnych, w serwisach aparatury pomiarowej, do sprawdzania i kalibracji mierników wielkości elektrycznych i nieelektrycznych, takich jak: temperatura, wilgotność względna czy ciśnienie.

Tabela 1. Parametry techniczne mierników DM21, DM22 i DM23

Rodzaj mierzonej wielkości	Zakresy pomiarowe	Błąd podstawowy <sup>(3)</sup> [%Wm <sup>(1)</sup> + %Wz <sup>(2)</sup> ]	Rozdzielczość [%Wz <sup>(2)</sup> ]	DM21	DM22	DM23
Napięcie stałe	20mV	0,01 + 0,002	± 0,0005		✓	✓
	200mV – 20V	0,01 + 0,002	± 0,0005	✓	✓	✓
	200V – 1000V	0,01 + 0,002	± 0,0005	✓	✓	
Napięcie zmienne (True RMS)	200mV – 750V f=20Hz – 50kHz	0,1 + 0,02	± 0,0005	✓	✓	
Rezystancja	0.2kΩ	0,02 + 0,002	± 0,0005		✓	✓
	2kΩ	0,02 + 0,002	± 0,0005	✓	✓	✓
	20kΩ - 20MΩ	0,02 + 0,002	± 0,0005	✓	✓	
Prąd stały	20mA	0,05 + 0,004	± 0,0005			✓
	0.2A	0,05 + 0,002	± 0,0005		✓	
	2A	0,05 + 0,002	± 0,0005	✓	✓	
Prąd zmienny	0.2A	0,2 + 0,02	± 0,0005		✓	
	2A	0,2 + 0,02	± 0,0005	✓	✓	
<b>Pomiary temperatury:</b>						
Sonda Pt100 lub Pt1000	-200...+850 °C	± 0,2 °C	± 0,01 °C	✓	✓	✓
Termopara B	250...+1799 °C	± 0,8 °C	± 0,01 °C		✓	✓
Termopara E	-200...+1000 °C	± 0,4 °C	± 0,01 °C		✓	✓
Termopara J	-210...+1200 °C	± 0,2 °C	± 0,01 °C		✓	✓
Termopara K	-200...+1372 °C	± 0,7 °C	± 0,01 °C		✓	✓
Termopara N	-200...+1300 °C	± 0,3 °C	± 0,01 °C		✓	✓
Termopara R	-50...+1768 °C	± 0,5 °C	± 0,01 °C		✓	✓
Termopara S	-50...+1768 °C	± 0,5 °C	± 0,01 °C		✓	✓
Termopara T	-200...+400 °C	± 0,7 °C	± 0,01 °C		✓	✓
Wilgotność względna	0...100 % RH				✓	
Ciśnienie	2kPa...0.2MPa				✓	

Uwagi: 1) Wm - wartość mierzona

2) Wz - wartość zakresu

3) Błąd podstawowy pomiaru temperatury podany wg PN-EN 60751+A2:1997

Pierwszym wdrożonym do produkcji przyrządem był multimetr DM21, który realizuje następujące funkcje:

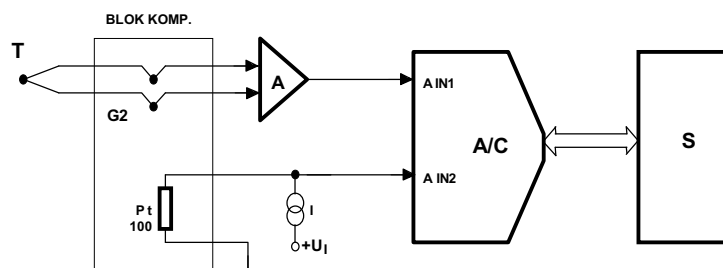
- pomiar i wyświetlanie mierzonych wielkości na polu odczytowym LED,
- komunikację z mikrokomputerem za pomocą interfejsów RS-232C lub GPIB (IEC-625, IEEE 488),
- wybór funkcji pomiarowych z klawiatury,
- zmianę zakresu pomiarowego (ręczną),
- zmianę zakresów pomiaru (automatyczną),
- wykonywanie pojedynczego cyklu pomiaru,
- wykonywanie cykliczne pomiarów w sposób automatyczny,
- zmianę rozdzielczości pomiaru 4 1/2 lub 5 1/2 cyfry,
- filtrację zakłóceń sygnału wejściowego,
- korekcję sygnału wejściowego o wartość szczytkową,
- kalibrację multimetru z wykorzystaniem programu wizualizacyjnego METROL 21,

- sygnalizację mian wartości wskazywanych na polu odczytowym,
- sygnalizację funkcji pomiarowych,
- sygnalizację przekroczenia zakresu,
- test po włączeniu zasilania (automatyczny).

W kolejnym przyrządzie, jakim jest multimetr DM22, rozszerzono funkcje o:

- pomiar temperatury za pomocą czujników termoelektrycznych R, S, B, J, T, E, K i N,
- pomiar ciśnienia czujnikami z wyjściowym sygnałem analogowym 0-10V lub 4-20mA o zakresach 2kPa – 0.2Mpa,
- pomiar wilgotności czujnikami z wyjściowym sygnałem analogowym 0-10V lub 4-20mA o zakresach 0-100%RH,
- pomiar niskich sygnałów stałonapięciowych do 20mV,
- pomiar niskich sygnałów stało- i zmiennoprądowych do 200mA,
- pomiar niskich rezystancji do 200Ω.

Ponadto w multimetrze DM22 zaprojektowano tor pomiaru temperatury do współpracy z czujnikami termoelektrycznymi (rysunek 1) [5].



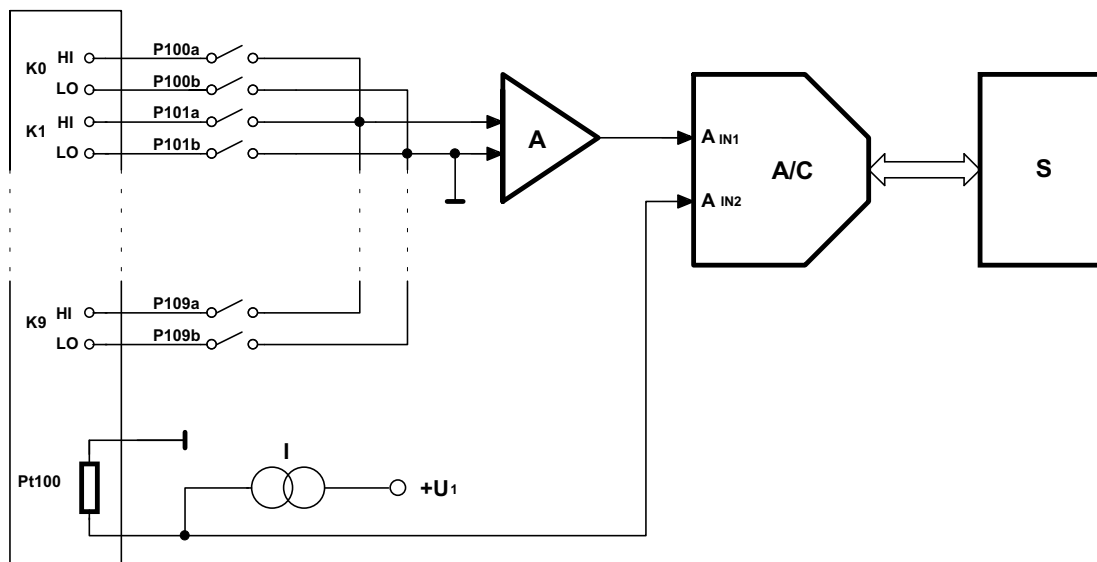
Rysunek 1. Struktura układu do pomiaru temperatury za pomocą czujników termoelektrycznych

Dla całego toru przetwarzania sygnału (rysunek 1) w multimetrze DM22 dokładność pomiaru temperatury zależy od dokładności pomiaru temperatury odniesienia (wolnych końców) mierzona za pomocą czujnika Pt100, dokładności pomiaru napięcia stałego dostarczanego z czujnika termoelektrycznego przez wzmacniacz A oraz programowej odcinkowej interpolacji charakterystyk odwrotnych dla czujników termoelektrycznych i termometrycznego czujnika Pt100. Okazało się, że zastosowanie wielomianów 3 stopnia jest wystarczające do zapewnienia błędów przetwarzania na poziomie 0.01-0.015°C. Dodatkowym i jak się okazuje istotnym warunkiem poprawnego pomiaru jest umieszczenie czujnika Pt100 maksymalnie blisko zacisków wejściowych służących do przyłączenia czujnika termoelektrycznego tak, aby różnica temperatur w bloku kompensacyjnym była jak najmniejsza. Procedura kalibracji wskazań czujnika wolnych końców koryguje błąd systematyczny pomiaru temperatury odniesienia wynikający z klasy czujnika. W przypadku pomiarów jednocanalowych konstrukcja modułu pomiarowego i wprowadzenie korekcyjnych procedur programowych nie jest zadaniem skomplikowanym. Najczęściej jednak systemy diagnostyki obiektów lub procesów technologicznych wymagają dokonania wielopunktowych pomiarów temperatury lub innych wielkości fizycznych za pomocą najbardziej uniwersalnych przyrządów [2].

Stąd też opracowano następny przyrząd laboratoryjny, tj. wielokanałowy miernik-rejestrator temperatury DM23. Umożliwia on jednoczesny pomiar temperatury za pomocą wielu czujników termoelektrycznych.

Aby uzyskać wymaganą dokładność pomiaru na poziomie 0.2°C wskazane byłoby umieszczenie przy każdym zaciskach wejściowych czujników temperatury odniesienia i zwielokrotnienie procedur programowych. Jest to jednak nieefektywne i zaproponowano połączenie czujników termoelektrycznych do modułu izotermicznego o takiej konstrukcji, aby umożliwić jednakowy rozkład temperatury całej jego powierzchni, przy zaciskach pomiarowych i przy zastosowaniu tylko jednego czujnika wolnych końców (rysunek 2). Konstrukcja tego modułu zapewnia pełną izolację galwaniczną pomiędzy wejściami pomiarowymi oraz ochronę

zacisków wejściowych przed warunkami atmosferycznymi. Standardowy multiplexer analogowy zastąpiono zespołem przekaźników kontaktronowych o niewielkich siłach termoelektrycznych styków, połączonych ze wzmacniaczem standaryzującym o minimalnym dryfcie zera i napięciu niezrównoważenia. W końcowym etapie zaprojektowano algorytm wyboru sekwencji sygnałów sterujących przekaźnikami i załączaniem wzmacniacza wejściowego.



Rysunek 2. Struktura układu do pomiaru temperatur miernika-rejestratora

Po wykonaniu badań różnicy temperatur pomiędzy dwoma kanałami modułu, otrzymano wyniki różnicy temperatur na poziomie  $0,03^{\circ}\text{C}$  dla różnego rodzaju termopar, co potwierdziło zasadność przyjętego rozwiązania wielokanałowego modułu izotermicznego i obwodu pomiarowego [5], [6].

### 3. KORZYSTANIE Z INTERFEJSÓW ZEWNĘTRZNYCH

Sterowanie pracą każdego systemu pomiarowego, a także przesyłanie informacji pomiarowych, odbywa się za pośrednictwem systemu interfejsu. Wszystkie mierniki serii DM są wyposażone w interfejsy: RS-232C oraz GPIB (IEC-625, IEEE488) zapewniające komunikację z mikrokomputerem, co pozwala na zastosowanie w przemysłowych i laboratoryjnych systemach pomiarowych.

Ograniczenia interfejsu szeregowego RS-232C determinują zastosowanie tego standardu do prostych systemów pomiarowych złożonych z dwóch urządzeń, np. multimetru i kontrolera. Funkcje kontrolera pełni komputer klasy PC, który zgodnie z programem steruje pracą miernika, pobiera wyniki pomiaru, eksponuje je na ekranie monitora, przetwarza matematycznie oraz zapisuje w pamięci nieulotnej.

Standard GPIB jest obecnie najpopularniejszym standardem interfejsu umożliwiającym sprzężenie aparatury kontrolno-pomiarowej i informatycznej w system pomiarowy. Urządzenia w standardzie GPIB łączone są równolegle do wspólnej magistrali. Dzięki temu system jest otwarty i elastyczny strukturalnie, gdyż w prosty sposób można dołączyć do niego nowe urządzenia. Przesyłanie przez magistralę informacji w postaci bajtów odbywa się asynchronicznie, ze zwrotnym potwierdzeniem odbioru. Do magistrali można dołączyć jednocześnie do 15 urządzeń. Długość kabla między dwoma sąsiednimi przyrządami nie powinna przekraczać 2m, zaś całkowita długość wszystkich kabli 20m. Przez magistralę można przesyłać dane z szybkością do 1000kB/s.

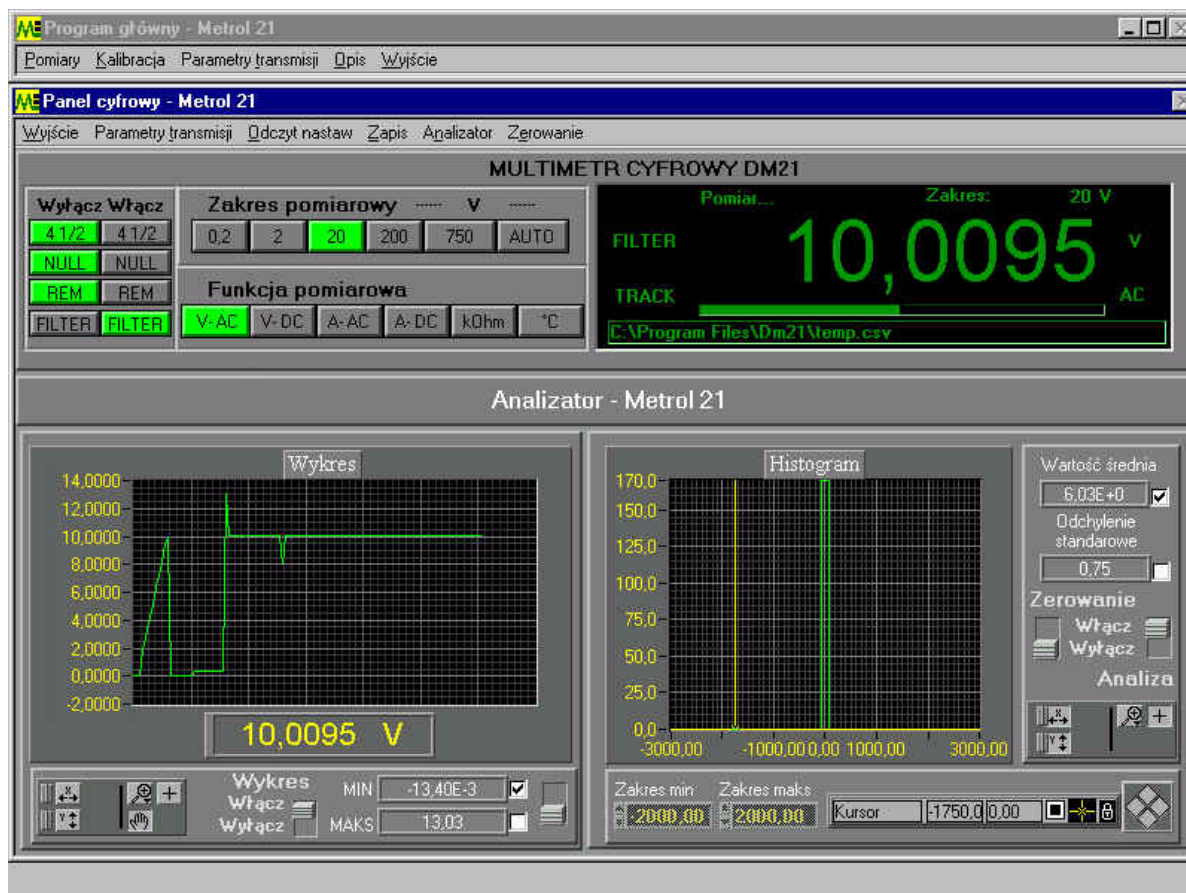
#### 4. OPROGRAMOWANIE WIZUALIZACYJNE PRZYRZĄDOWE

We współczesnych systemach pomiarowych integralną część systemu pomiarowego stanowi oprogramowanie wizualizacyjne, które jest budowane przy wykorzystaniu specjalistycznych środowisk programowania. Środowiska te mają zaimplementowany intuicyjny interfejs, przyjazny dla użytkownika. Programy wizualizacyjne przygotowywane są na płaszczyźnie diagramu poprzez łączenie wybranych obiektów zgodnie z kierunkiem przepływu sygnałów. Najczęściej stosowanymi środowiskami do projektowania oprogramowania w systemach pomiarowych są: LabVIEW, DasyLab, InTouch.

Mierniki laboratoryjne produkowane przez OBR ME „METROL” współpracują z dedykowanym oprogramowaniem wizualizacyjnym, instalowanym na komputerze PC. Stosując platformę programową LabVIEW zaprojektowano odpowiednio program METROL 21 dla multimetru DM21, METROL 22 dla multimetru DM22 oraz METROL 23 dla miernika DM23. W aplikacjach tych zawarto wszystkie funkcje multimetrów i miernika-rejestratora wielokanałowego oraz wprowadzono opcje dodatkowe. Oprogramowanie wizualizacyjne umożliwia:

- wizualizację wyników pomiarów,
- zdalne sterowanie pracą i funkcjami pomiarowymi przyrządu,
- kalibrację,
- przetworzenie statystyczne i matematyczne wyników pomiarów,
- zapis wyników pomiarów do pliku.

Wszystkie wyniki zarejestrowane w plikach można poddać analizie w arkuszach kalkulacyjnych programu *Microsoft Excel*. Transmisja danych multimetr ↔ komputer odbywa się za pośrednictwem interfejsu szeregowego RS232 lub równoległego GPIB (IEC-625).



Rysunek 3. Okna programu wizualizacyjnego METROL 21 (przykład)

Aplikacje programów wizualizacyjnych zaprojektowane dla mierników DM21 i DM22 są do siebie podobne, zarówno pod względem struktury jak i realizowanych funkcji (rysunek 3), gdzie na ilustracji zaobserwować można trzy podstawowe moduły:

- program główny,
- panel cyfrowy,
- analizator.

Zadaniem *Programu głównego* jest sterowanie pomiarem i kalibracją miernika. Istnieje również możliwość skonfigurowania połączenia multimetr ↔ komputer PC poprzez ustawienie parametrów transmisji.

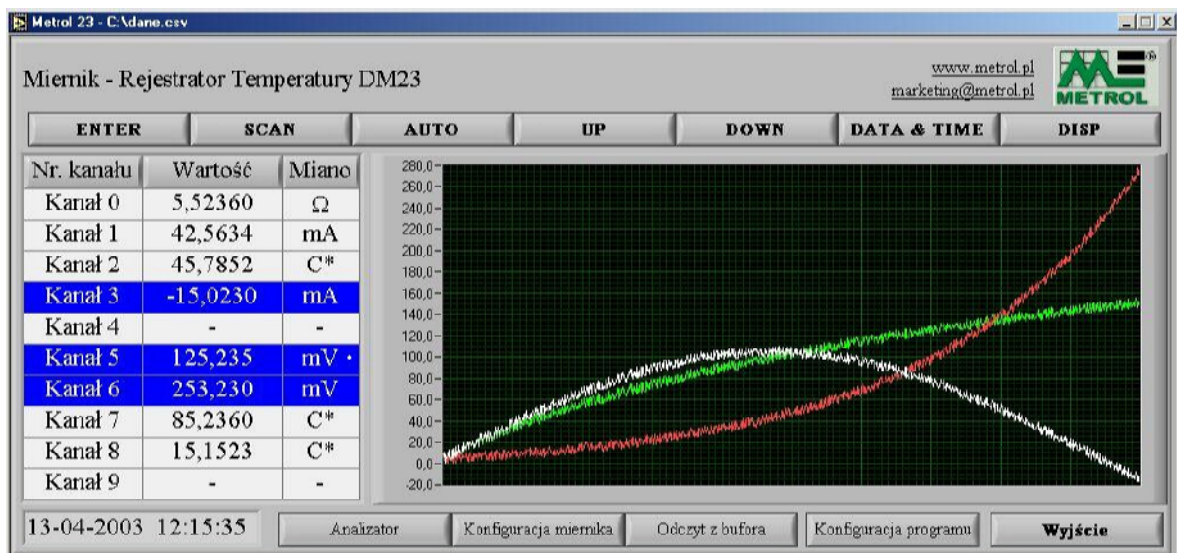
*Panel cyfrowy* jest odpowiedzialny za wizualizację wyników pomiarów oraz zapis informacji do pliku, po wcześniejszym określeniu nazwy zbioru i podaniu ścieżki dostępu. Spełnia rolę wyświetlacza i klawiatury multimetru. Poprzez zespół przycisków funkcyjnych dokonuje się zmiany zakresu pomiarowego oraz funkcji pomiarowej realizowanej przez multimetr.

*Analizator* pozwala na obróbkę danych odebranych z miernika. Składa się on z dwóch okien: wykresu i histogramu. Na wykresie zaobserwować można zmiany wielkości mierzonej w czasie, natomiast ilość pomiarów danej wartości obrazuje histogram. *Analizator* prezentuje również wartość średnią, odchylenie standardowe oraz wartość minimalną i maksymalną z otrzymanych wyników pomiarów [1].

Aplikację programu wizualizacyjnego METROL 22 – w porównaniu z METROL 21 – rozbudowano o dodatkowe funkcje związane z pomiarami:

- temperatury za pomocą czujników termoelektrycznych R, S, B, J, T, E, K i N,
- ciśnienia i wilgotności,
- niskich sygnałów stałonapięciowych (do 20mV),
- małych rezystancji (do 200Ω).

Miernik-rejestrator wielokanałowy DM23 przeznaczony jest do wielopunktowego pomiaru wielkości elektrycznych i nieelektrycznych. Z tego względu program METROL 23 zaprojektowano w taki sposób, aby możliwa była reprezentacja wyników pomiaru jednocześnie z jego 10-ciu kanałami pomiarowymi (rysunek 4) [3]. Zarówno wyniki pomiarów otrzymane bezpośrednio, jak i wyniki zapisane w pamięci wewnętrznej można poddać obróbce matematycznej i statystycznej. Na wykresie można zaobserwować trend zmian wielkości mierzonych w miarę upływu czasu, z dowolnie wybranych kanałów pomiarowych.



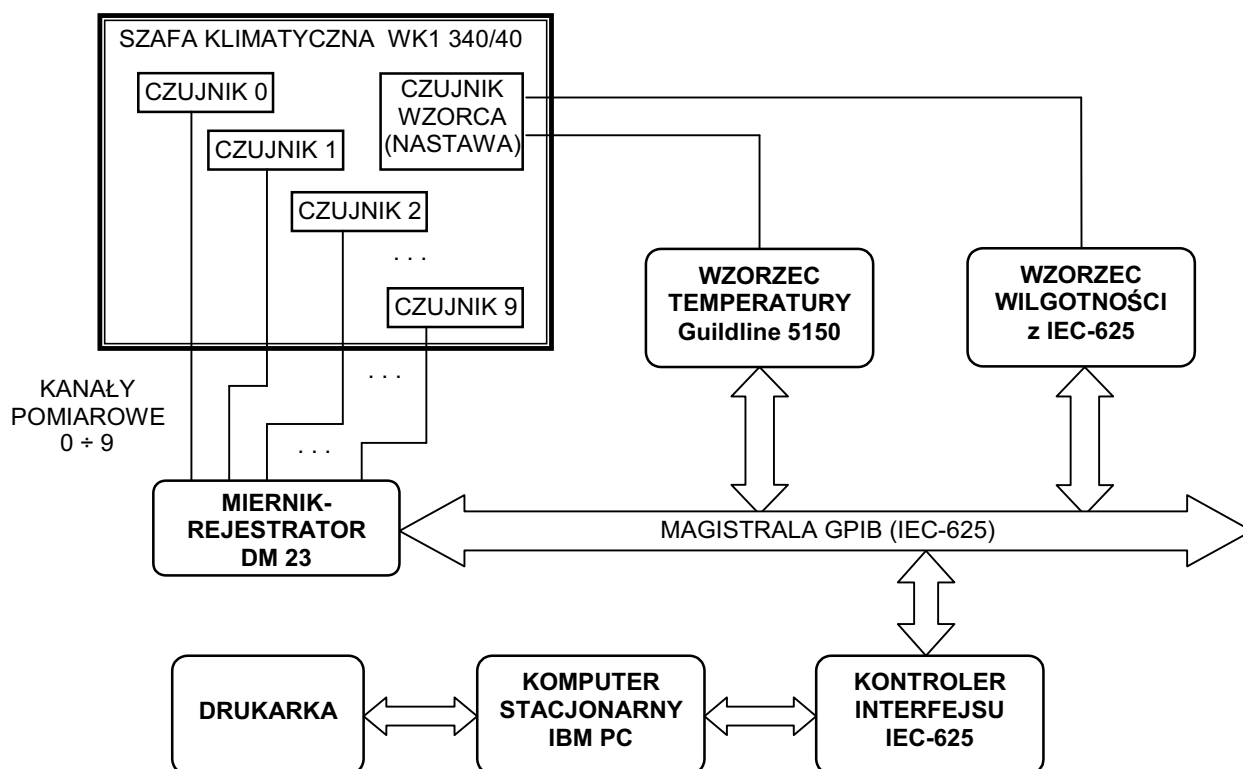
Rysunek 4. Okna programu wizualizacyjnego METROL 23 (przykład)

Współpraca mierników serii DM OBR ME „METROL” z dedykowanym oprogramowaniem wizualizacyjnym rozszerza ich możliwości funkcjonalne oraz zapewnia łatwą obsługę i przejrzystą wizualizację stanów pracy systemu pomiarowego. Wykonanie serii pomiarów, weryfikujących określone parametry obiektu, realizowane jest zdalnie – proces ten jest zautomatyzowany.

## 5. BUDOWA LABORATORYJNYCH SYSTEMÓW POMIAROWYCH

Współczesne systemy pomiarowe, obejmujące zakresem współpracy wiele urządzeń i przyrządów pomiarowych, powinny spełniać coraz wyższe wymagania wynikające z technologii i coraz ostrzejszych przepisów związanych z utrzymaniem odpowiednich parametrów wielkości elektrycznych (np. prąd, napięcie, rezystancja) i nieelektrycznych (np. temperatura, wilgotność czy ciśnienie). Ponadto, systemy pomiarowe powinny się charakteryzować pełną automatyzacją pomiarów. Uzyskuje się ją poprzez jednoczesne badanie wielu zależności w odniesieniu do różnych parametrów procesu i wielkości mierzonych.

Multimetry laboratoryjne serii DM zostały wyposażone w interfejs IEC-625 (IEEE-488), co pozwala na ich stosowanie w laboratoryjnych i przemysłowych systemach pomiarowych. Przykładowym zastosowaniem miernika-rejestratora DM23 może być stanowisko do badań czujników temperatury, wilgotności oraz przetworników wielkości fizycznych z analogowym wyjściem stałoprądowym, stałonapięciowym lub rezystancyjnym (rysunek 5).



Rysunek 5. Stanowisko do badań czujników temperatury, wilgotności oraz przetworników wielkości fizycznych z analogowym wyjściem stałoprądowym, stałonapięciowym lub rezystancyjnym

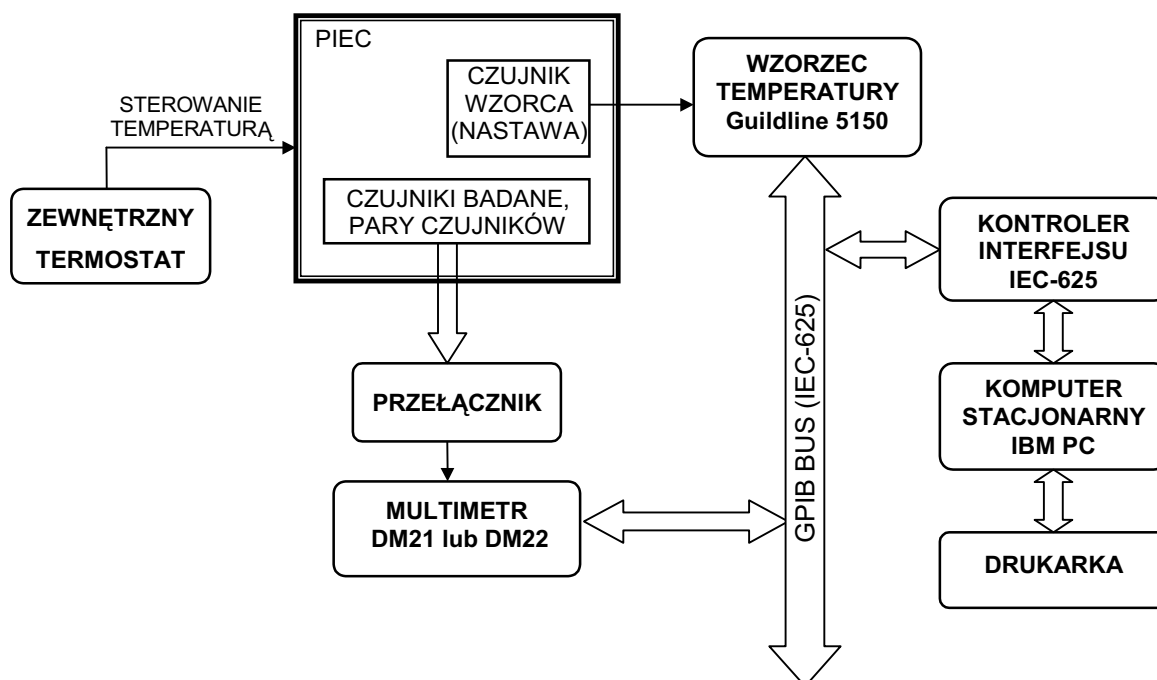
W przedstawionym, skomputeryzowanym systemie pomiarowym dokonywane są pomiary w procesie badania i kontroli parametrów czujników oraz przetworników wielkości fizycznych. Komputerowa obsługa stanowiska obejmuje konfigurację systemu pomiarowego, automatyczną akwizycję danych i graficzną ich prezentację, a także przetwarzanie sygnałów



z czujników na bieżąco, drukowanie raportów z przeprowadzonych pomiarów oraz zapisywanie wyników pomiarów do pliku w postaci dogodnej do dalszego opracowania. Proces ten umożliwia dokonanie selekcji badanej grupy czujników zarówno pod względem dokładności, jak i zewnętrznych czynników (wilgotności, temperatury) wpływających na dokładność wskazań.

Ze względu na możliwość programowej konfiguracji systemu pomiarowego istnieje duża elastyczność w doborze obiektów badań. Mogą to być klasyczne czujniki termorezystancyjne typu Pt100 i Pt1000, czujniki termoelektryczne typu R, S, B, J, T, E, K i N lub przetworniki wielkości fizycznej ze znormalizowanym wyjściem analogowym 0÷20mA, 0÷10V (wymagane jest wówczas zastosowanie odpowiedniego wzorca w zależności od badanej wielkości).

Multimetr DM21 lub DM22 można zastosować w stanowisku pomiarowym do badania par czujników temperatury dla liczników ciepła (rysunek 6). Powszechnie stosuje się w ciepłomierzach - odpowiednio wyselekcjonowane - rezystancyjne czujniki temperatury typu Pt100, Pt500 i Pt1000. Pary czujników poddaje się badaniom w celu spełnienia wymagań współbieżności charakterystyk, aby przy współpracy z licznikami ciepła zapewnić wymagane klasy dokładności pomiaru energii cieplnej. Para czujników dostarcza informacji do układu licznika ciepła o wartości temperatury wody zasilania i powrotu na podstawie, których wyznaczana jest różnica temperatur [4].



Rysunek 6. Stanowisko pomiarowe do badania par czujników temperatury dla liczników ciepła

Najważniejszym zadaniem systemu pomiarowego jest sprawdzenie dla każdego czujnika ciepłomierza dokładności pomiaru temperatury oraz sprawdzenie dla pary czujników dokładności pomiaru różnicy mierzonych temperatur. Proces ten odbywa się dla określonego, roboczego zakresu temperatur i pozwala na dobranie wymaganych par czujników.

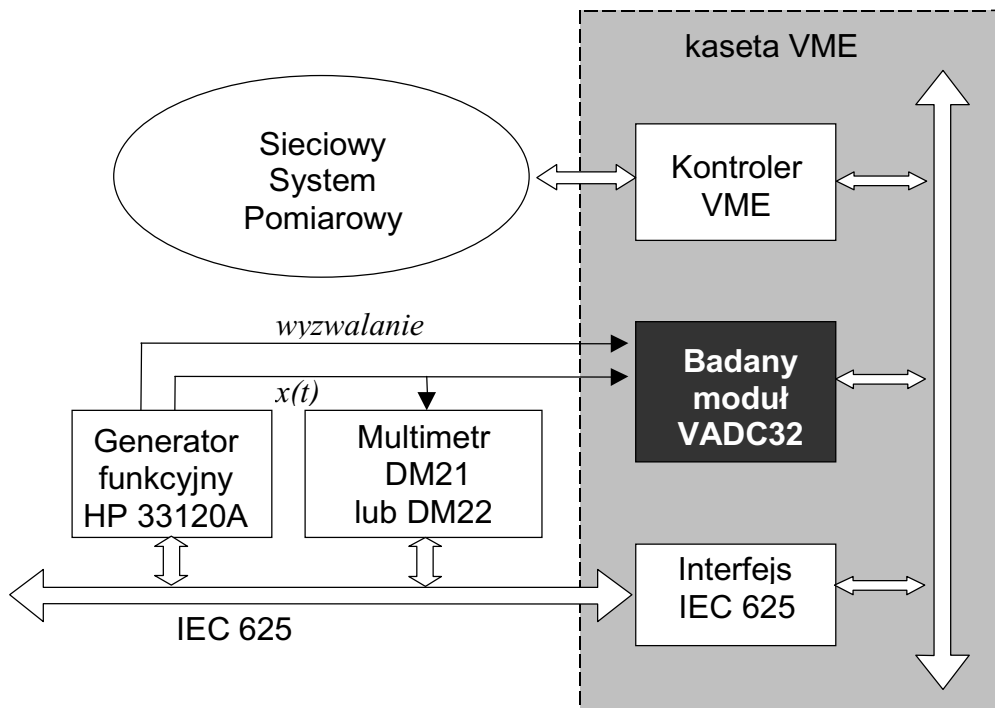
Funkcję kontrolera systemu pełni komputer, który komunikuje się z innymi urządzeniami za pośrednictwem magistrali GPIB. Przyłączenie czujników Pt do wejść multimetru DM21 (lub DM22) zrealizowano za pośrednictwem przełącznika. Czujniki umieszczone są w odpowiednich temperaturach wytwarzanych w specjalistycznym piecu, którego temperaturą steruje zewnętrzny termostat.

Wykorzystując oprogramowanie wizualizacyjne systemu pomiarowego można zaobserwować i przetworzyć dane o badanych czujnikach i parach czujników, zapisać do

pliku wyniki pomiarów, określić błędy czujników, a dla wybranych par czujników wydrukować wyniki badań.

Innym systemem pomiarowym, w którym można zastosować multimetr DM21 lub DM22, jest stanowisko do identyfikacji właściwości metrologicznych przetwornika próbkującego (rysunek 7). W tym przypadku obiektem badań jest tor przetwarzania analogowo-cyfrowego, składający się z karty przetwornika A/C oraz mechanizmu odtwarzania statycznego i wygładzania. Badana karta pomiarowa dostarcza ciąg wyników pomiaru wartości chwilowych napięcia wejściowego toru. Otrzymane wyniki obarczone są błędami wprowadzanymi przez układy pomiarowe karty:

- komutator analogowy,
- przetwornik A/C,
- wzmacniacz pomiarowy,
- układ próbkująco-pamiętający.

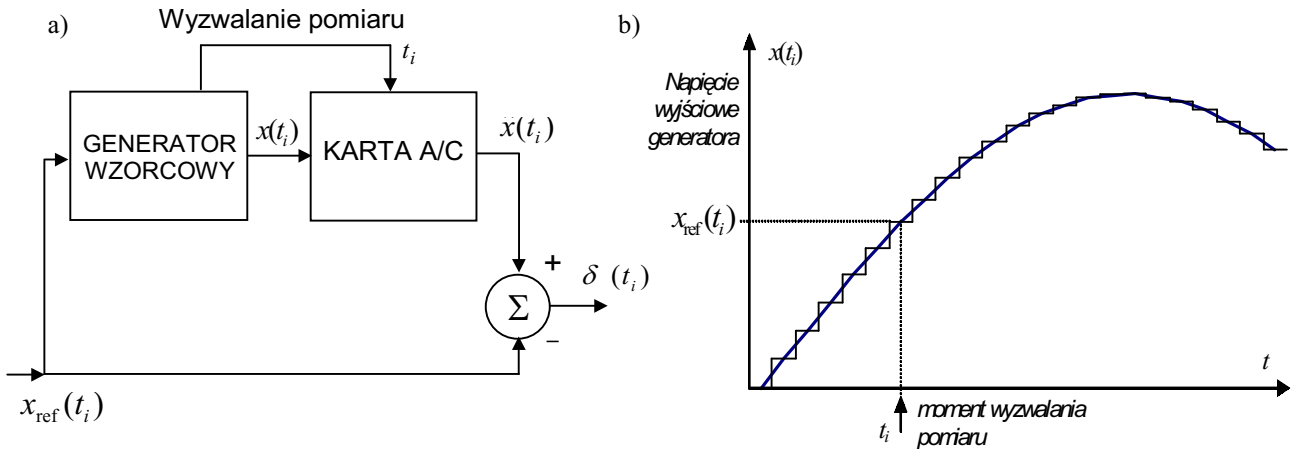


Rysunek 7. Stanowisko do identyfikacji właściwości metrologicznych przetwornika próbkującego

Sposób pomiaru pojedynczej wartości błędu karty przetwornika A/C przedstawiono na rysunku 8. Na wejście karty podawany jest wzorcowy przebieg napięciowy, uzyskiwany za pomocą generatora programowanego ciągiem wartości liczbowych, określających chwilowe wartości jego napięcia. Przebieg ten jest wyprowadzany cyklicznie na wyjście generatora, przy czym przy każdym jego powtórzeniu generator wytwarza impuls w określonej chwili  $t_i$ , który powoduje inicjację konwersji A/C przez kartę. Uzyskane wskazanie  $\hat{x}(t_i)$  jest porównywane z wartością zadaną  $x_{ref}(t_i)$  (wskazywaną przez multimetr) dla momentu  $t_i$ . Ich różnica stanowi błąd  $\delta(t_i)$  [7].

Badana karta pomiarowa VADC32 podłączona jest do magistrali VME. Zastosowano w niej przetwornik analogowo-cyfrowy o rozdzielczości 12 bitów. Na karcie umieszczony jest również wzmacniacz pomiarowy o regulowanym wzmacnieniu. Przetwornik próbkujący ma wejście zewnętrznego startu konwersji podobnie jak generator funkcyjny. Generator może dostarczać zarówno napięć stałych, jak i zmiennych. Napięcie na jego wyjściu może zmieniać się zgodnie z wcześniej wprowadzonymi wartościami. Możliwe jest wprowadzenie maksymalnie 16 tysięcy próbek na 1 okres przebiegu napięcia wyjściowego. Multimetr DM21 lub DM22, zastosowany na stanowisku, służy do wzorcowania napięcia podawanego na wejście modułu przetwornika analogowo-cyfrowego z generatora. Jest to konieczne ze

względu na małą rozdzielczość przetwornika cyfrowo-analogowego w zastosowanym generatorze. Wzorcowanie polega na pomiarze napięcia na wyjściu generatora dla wszystkich możliwych wartości słów sterujących.



Rysunek 8. Sposób pomiaru wartości błędu karty przetwornika A/C, a) schemat układu pomiarowego, b) interpretacja chwili pomiaru

Pracą systemu pomiarowego steruje aplikacja napisana dla systemu QNX. Sterownik kasety VME zawiera komputer klasy IBM PC i steruje procesem pomiaru. Do jego zadań należą między innymi: przeprowadzenie operacji wzorcowania generatora, wysyłanie danych do generatora i odczytywanie wyników z przetwornika analogowo-cyfrowego. Dodatkowe komputery sieciowego systemu komputerowego służą do wizualizacji wyników pomiarów i przechowywania danych pomiarowych.

## 6. PODSUMOWANIE

W referacie przedstawiono podstawowe funkcje i parametry techniczne multimetrów cyfrowych produkowanych w OBR ME "METROL" do pomiaru wielkości elektrycznych i nieelektrycznych typu DM21 i DM22 oraz wielokanałowego miernika-rejestatora temperatury typu DM23. Opisano ich pełne wyposażenie w interfejsy zewnętrzne, a także podstawowe funkcje dedykowanego oprogramowania przyrządowego, jakimi są programy METROL 21, METROL 22 i METROL 23, które zapewniają wspomaganie procesu pomiarowego przyrządów przez wizualizację wyników pomiaru oraz prezentację danych (wykresy, raporty, histogramy itp.). Przedstawione możliwości zastosowania mierników serii DM w laboratoryjnych systemach pomiarowych, jakie zostały podane w przykładach budowy trzech takich stanowisk pomiarowych do badań np. czujników temperatury i wilgotności powietrza oraz przetworników wielkości fizycznych z analogowym wyjściem stałoprądowym, stałonapięciowym lub rezystancyjnym, oraz do wyznaczania par czujników temperatury dla liczników ciepła i do eksperymentalnej identyfikacji właściwości metrologicznych przetwornika próbkującego nie wyczerpują obszaru możliwych aplikacji i mogą być znacznie rozszerzone. Zastosowane w wymienionych laboratoryjnych systemach pomiarowych multimetry cyfrowe DM21 i DM22 oraz wielokanałowy miernik-rejestator temperatury DM23, to przyrządy laboratoryjne wyposażone w interfejsy szeregowy i równoległy, stąd też mogą być one stosowane wszędzie tam, gdzie proces wykonywania serii dokładnych pomiarów np. dla jednoczesnej weryfikacji wielu różnych parametrów badanego obiektu staje się dzięki temu zautomatyzowany i w pełni uniwersalny. Jednocześnie możliwa jest dokładna kontrola parametrów metrologicznych urządzeń zainstalowanych w takim systemie laboratoryjnym bez przerywania procesu i działania włączonych przyrządów.

## LITERATURA

- [1] Reska D., Twardowski M., Melech S.: Zastosowanie multimetru cyfrowego DM21 w automatyzacji pomiarów; IV Konferencja naukowa: Systemy pomiarowe w badaniach naukowych i w przemyśle, SP'02, Zielona Góra, PAK 7/8 2002 str. 89÷92.
- [2] Studziński P.: Dokładność pomiaru temperatury za pomocą multimetru cyfrowego; IV Konferencja naukowa: Systemy pomiarowe w badaniach naukowych i w przemyśle, SP'02, Zielona Góra, PAK 7/8 2002 str. 101÷104.
- [3] Reska D., Melech S., Studziński P.: Pomiar wielkości elektrycznych i nieelektrycznych w systemach diagnostyki obiektów przemysłowych i laboratoryjnych z wykorzystaniem multimetrów cyfrowych. XXXV Międzyuczelniana konferencja metrologów, MKM'03 Kraków.
- [4] Goszczyński T., Jachczyk E., Korytkowski J.: Stanowisko pomiarowe do badania par czujników temperatury liczników ciepła; PAR'97 str. 17÷19, Warszawa.
- [5] Reska D., Studziński P.: Systemowy miernik-rejestrator do dokładnych pomiarów temperatury. MWK'03, Waplewo.
- [6] Pierzgalski W., Studziński P.: Dokładne pomiary temperatury wielokanałowym miernikiem-rejestratorem; V Konferencja Naukowa: „Systemy pomiarowe w badaniach naukowych i w przemyśle”, SP'04 str. 183÷185.
- [7] Jakubiec J., Konopka K.: Identification Method of Error Sources of A/D Measuring Chain; Instrumentation and Measurement Technology Conference IMTC 2003, Vail, CO. USA, 20÷22 May 2003.