

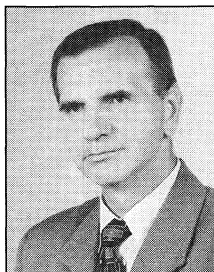
Jerzy BOLIKOWSKI, Janusz KACZMAREK

POLITECHNIKA ZIELONOGÓRSKA  
INSTYTUT METROLOGII ELEKTRYCZNEJ

## Wirtualne przetworniki pomiarowe serii P7V<sup>1)</sup>

### Dr hab. inż. Jerzy BOLIKOWSKI

– profesor nadzwyczajny Politechniki Zielonogórskiej. Studia, doktorat i habilitacja na Wydziale Elektrycznym Politechniki Warszawskiej. Pracę rozpoczął w Katedrze Miernictwa Elektrycznego Politechniki Warszawskiej. Od 1976 roku pracownik WSI a następnie Politechniki Zielonogórskiej. W latach 1993-99 prorektor PZ i dyrektor Instytutu Metrologii Elektrycznej. Aktualnie dziekan Wydziału Elektrycznego. Autor ponad 100 publikacji naukowych i technicznych, 7 patentów i wielu wdrożeń wyników badań do przemysłu. Specjalizuje się w dziedzinie inteligentnej aparatury i systemów pomiarowych.



### Dr inż. Janusz KACZMAREK

– Studia Wyższe ukończył na Wydziale Elektrycznym Wyższej Szkoły Inżynierskiej w Zielonej Górze w 1989 r. Po ukończeniu studiów rozpoczął pracę w Instytucie Automatyki i Metrologii Elektrycznej w Wyższej Szkole Inżynierskiej w Zielonej Górze. Stopień doktora nauk technicznych uzyskał na Wydziale Elektrycznym Politechniki Zielonogórskiej w 1996 r. Jest autorem i współautorem ponad 20 publikacji naukowych oraz wielu wdrożeń wyników badań do przemysłu.



### Streszczenie

Technologia przyrządów wirtualnych jest jednym z etapów rozwoju aparatury pomiarowej. Przyrządy wirtualne łączą moc obliczeniową komputerów oraz możliwości graficzne oprogramowania wysokiego poziomu z właściwościami klasycznych lub specjalizowanych układów pomiarowych. W artykule opisano rodzinę wirtualnych przetworników pomiarowych serii P7V produkowanych przez OBR ME METROL.

### Abstract

Virtual instrumentation technology is the next stage of development of measuring instruments. Virtual instruments combine the processing power of computers and high level graphic-oriented software with traditional or specialized hardware. The features of the P7V family of virtual transducers manufactured by OBR ME METROL are described in the paper.

### Wprowadzenie

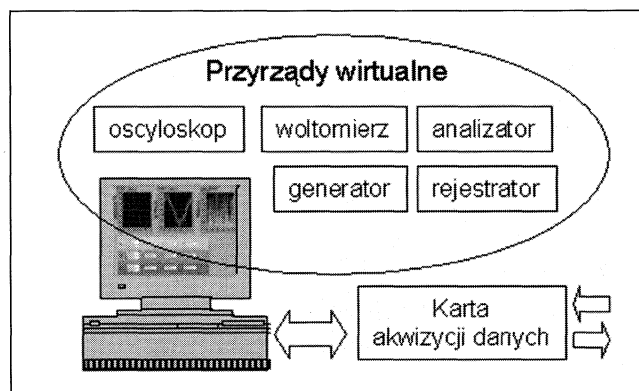
Wirtualne przyrządy pomiarowe coraz powszechniej stają się programowym uzupełnieniem fizycznych przyrządów, rozszerzającym ich właściwości funkcjonalne o możliwości obliczeniowe i graficzne typowego komputera. Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Metrologii Elektrycznej we współpracy z Instytutem Metrologii Elektrycznej Politechniki Zielonogórskiej wdrożył do produkcji rodzinę przetworników wirtualnych serii P7V.

### Ogólna charakterystyka wirtualnych przyrządów pomiarowych

Operacje realizowane przez przyrząd pomiarowy można pogrupować w następujący sposób: *akwizycja* czyli odbiór sygnałów od obiektu mierzony, *kondycjonowanie* sygnałów czyli przetwarzanie dopasowujące poziom i formę sygnałów do wejść procesorów sygnałów (analogowych lub cyfrowych), *przetwarzanie* czyli realizacja operatorów definiujących wielkość mierzoną, *ekspozycja* wyniku pomiaru w takiej postaci i za pomocą takich środków, aby informacja docierająca do obserwatora nie przekraczała jego możliwości percepcyjnych.

Część wyżej wymienionych funkcji (przetwarzanie, analiza i ekspozycja wyników pomiaru) może realizować odpowiednio oprogramowany komputer. Idea wykorzystania komputera do realizacji niektórych funkcji przyrządu pomiarowego stanowiła podstawę nowej klasy przyrządów nazywanych początkowo *PC-Instruments*, a obecnie *przyrządy wirtualne*. Pod pojęciem „przyrząd wirtualny” rozumiany jest produkt programowy współpracujący z przyrządem, przetwornikiem czy specjalną kartą pomiarową mający cechy

rzeczywistego przyrządu pomiarowego. Takie połączenie sprzętu z oprogramowaniem daje nową jakość w postaci obiektu, który fizycznie nie istnieje, ale spełnia wszystkie funkcje przyrządu pomiarowego, tyle że jego właściwości funkcjonalne, a często i metrologiczne, są znacznie większe niż przyrządu rzeczywistego. Przykładem zaawansowanej techniki wirtualnej może być oferowane m.in. przez firmę *National Instruments* oprogramowanie współpracujące z kartami akwizycji danych dołączanymi do magistrali komputera (rys.1).



Rys. 1. Przykład wykorzystania karty akwizycji danych do tworzenia przyrządów wirtualnych

Na przykład karty MIO z serii E firmy National Instruments włożone do obudowy standardowego komputera klasy PC mogą być wykorzystane (wraz z oprogramowaniem *VirtualBench*) [3] jako:

- *oscilloskop* o częstotliwości do 15 MHz i rozdzielczości 12 lub 16 bitów (w zależności od zastosowanej karty). Oprogramowanie umożliwia zastosowanie wielu funkcji matematycznych do analizy przebiegów w czasie rzeczywistym.
- *analizator sygnałów* (FFT) do analizy sygnałów akustycznych, szumów, wibracji i mowy w zakresie do 95 kHz.
- *generator funkcyjny* do generacji przebiegów sinusoidalnych, trójkątnych, prostokątnych oraz zdefiniowanych przez użytkownika. Zakres częstotliwości od 0,1 Hz do 16 MHz, rozdzielczość 12 lub 16 bitów (w zależności od zastosowanej karty).
- *multimetr* 5,5-cyfrowy o automatycznej zmianie podzakresów, przeznaczony do pomiaru napięcia stałego, prądu stałego, wartości skutecznej prądu i napięcia, rezystancji i temperatury.
- *rejestrator* szesnastokanałowy przeznaczony głównie do rejestracji temperatury przy użyciu termopar i termorezystorów. W pa-

1) Artykuł powstał w wyniku realizacji projektu celowego 8T10C 005 96 C/2897: „Rodzina wirtualnych przetworników pomiarowych serii P7V”

mięci przyrządu umieszczone są dane dotyczące standardowych termopar i termorezystorów, co umożliwia linearyzację charakterystyk i korekcję temperatury zimnych końców termopar.

Wszystkie wyżej wymienione aplikacje dają możliwość zapisywania na dysk konfiguracji, wyników pomiarów oraz drukowania przebiegów i protokołów. Parametry oferowanych przyrządów nie odbiegają od parametrów przyrządów stacjonarnych a ich właściwości funkcjonalne są na ogół większe. Szybko rosnąca sprzedaż kart akwizycji danych i oprogramowania wskazuje na to, że przyrządy wirtualne zostały zaakceptowane przez wielu użytkowników.

Nowe możliwości wykorzystania techniki przyrządów i systemów wirtualnych daje Internet [4]. Firma *National Instruments* wprowadziła do swoich najbardziej popularnych programów (LabVIEW i LabWindows/CVI) narzędzia *Internet Developers Toolkit* umożliwiające w prosty sposób prezentację gromadzonych i przetwarzanych przez przyrządy wirtualne danych w sieci Internet. Zastosowanie technologii ActiveX w przyrządach wirtualnych pozwala na zdalne sterowanie systemami wirtualnymi poprzez popularne przeglądarki internetowe np. Netscape Navigator czy Internet Explorer [5]. Kolejny krok w upowszechnianiu Internetu w systemach wirtualnych stanowi technologia *DataSocket* [6]. W niedalekiej przyszłości sieci Internet i Intranet będą powszechnie stosowane do integracji rozproszonych systemów akwizycji i przetwarzania danych. Umożliwi to tworzenie przyrządów wirtualnych o możliwościach nieosiągalnych przez przyrządy autonomiczne czy klasyczne systemy pomiarowe.

### Narzędzia do tworzenia przyrządów wirtualnych

W oprogramowaniu przyrządu wirtualnego można wyróżnić cztery zasadnicze warstwy: komunikacji ze sprzętem, przetwarzania i analizy danych pomiarowych, ekspozycji wyników oraz dokumentacji i archiwizacji. Warstwa pierwsza powinna zapewnić komunikację pomiędzy sprzętem a aplikacją informatyczną zgodnie z obowiązującymi standardami, przetwarzanie i analiza danych wymaga stosowania aparatu matematycznego, często bardzo zaawansowanego, wizualizacja wyników pomiarów, to głównie grafika komputerowa, mająca na celu przedstawienie przetworzonych danych w takiej formie, jaka najbardziej odpowiada użytkownikowi, dokumentacja i archiwizacja polega na tworzeniu protokołów badań, umieszczeniu wyników w bazach danych, zabezpieczeniu ich oraz kompresowaniu. Samodzielne tworzenie takiego oprogramowania może być, w przypadku bardziej skomplikowanych aplikacji, nieoptyczne. Dostępne na rynku wyspecjalizowane narzędzia programowe ułatwiają i przyspieszają w znacznym stopniu tworzenie oprogramowania dla przyrządów wirtualnych. Każde z tych narzędzi, w mniejszym lub większym stopniu, charakteryzuje się następującymi cechami: łatwość konstrukcji programu dla dowolnej aplikacji, dobry lub bardzo dobry interfejs z użytkownikiem, bogate biblioteki matematyczne, bogate biblioteki graficzne, duża niezawodność oprogramowania i bezpieczeństwo danych, możliwość współpracy z bazami danych i arkuszami kalkulacyjnymi.

Na przykład bardzo popularne środowisko LabWindows/CVI zawiera ponad 500 sterowników do przyrządów około 50 firm, co umożliwia sterowanie urządzeniami w standardzie IEC-625 (IE-EE-488), VXI, RS-232, RS-485 oraz kartami zbierania i przetwarzania danych. W podstawowej bibliotece LabWindows znajduje się ponad 150 funkcji matematycznych, które mogą być wykorzystane do przetwarzania i analizy danych. W dodatkowej bibliotece Advance Analysis Library dostępne są bardziej zaawansowane funkcje matematyczne, jak na przykład: szybka transformata Fouriera (FFT), całkowanie numeryczne, korelacja, filtracja cyfrowa, aproksymacja i wiele innych.

### Ogólna charakterystyka rodziny przetworników wirtualnych P7V

Wirtualne przetworniki pomiarowe serii P7V przetwarzają i eksponują wyniki pomiarów wykonywanych przez rzeczywiste

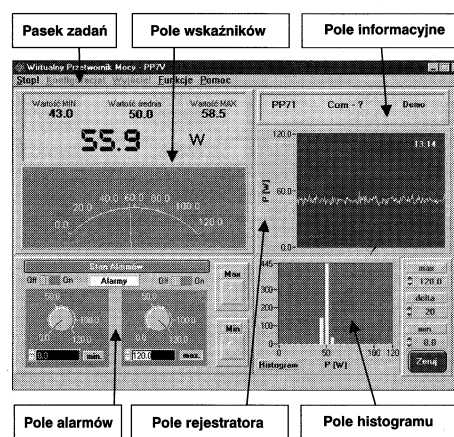
przetworniki serii P7 produkcji OBR ME METROL. Oprogramowanie współpracuje z następującymi przetwornikami rzeczywistymi:

Tablica Zestawienie przetworników wirtualnych

Program	Przetwornik	Uwagi
PI7V	PI71, PI72 PI73, PI74	przetworniki prądu stałego przetworniki prądu przemiennego
PU7V	PU71, PU72	przetworniki napięcia stałego przetworniki napięcia przemiennego
PP7V	PP71 PP73 PP74	przetwornik mocy czynnej 1-fazowej przetwornik mocy czynnej 3-fazowej przetwornik mocy czynnej 3-fazowej 4-przewodowej
PQ7V	PQ73	przetwornik mocy biernej 3-fazowej
PF7V	PF71	przetwornik częstotliwości sieci
PK7V	PK71 PK73	przetwornik przesunięcia fazowego 1-fazowy przetwornik przesunięcia fazowego 3-fazowy
PT7V	PR7 PT7	przetworniki temperatury z czujnikami Pt100 i Ni100 przetworniki temperatury z termoparami typu J, K, S
PV7V	PV7	przetwornik prędkości obrotowej
PC7V	PC7	przetwornik ciśnienia
PX7V	PX7	multiprzetwornik

Wszystkie przetworniki, z wyjątkiem multiprzetwornika PX7, są przyrządami jednoparametrowymi o analogowych układach wejściowych. Wartość wielkości mierzonej jest, w standardowym wykonaniu, przetwarzana na znormalizowany sygnał prądowy (0 .. 20 mA lub 4 .. 20 mA). Wykorzystanie wyników pomiaru przez przetwornik wirtualny wymaga przesłania ich za pośrednictwem interfejsu. METROL oferuje do każdego produkowanego przetwornika opcjonalny interfejs RS-485. Ponadto do przetworników starszego typu – bez interfejsu – można zastosować multiplexer PM7, przetwarzający standardowy sygnał analogowy w sygnał cyfrowy, który za pośrednictwem interfejsu RS-485 może być przesłany do komputera. Multiprzetwornik wielkości elektrycznych PX7 jest przyrządem próbkującym, w którym układ mikroprocesorowy, na podstawie próbek prądu i napięcia, zbieranych jednocześnie w trzech fazach, oblicza zgodnie z definicjami parametry sygnałów elektrycznych.

Podstawowym elementem przetwornika wirtualnego jest *Panel Główny* (rys. 2) składający się z następujących elementów: *Pasek Zadań*, *Pole Informacyjne*, *Pole Wskaźników*, *Pole Alarmów*, *Pole Rejestratora*, *Pole Histogramu*.



Rys. 2. Panel Główny

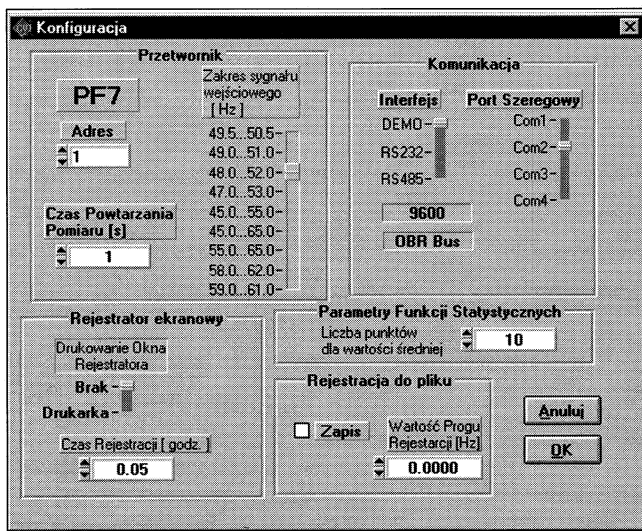
przetwornikiem rzeczywistym. *Pole Wskaźników* służy do bieżącego eksponowania wyników pomiarów. Umieszczone są w nim różnego typu wskaźniki cyfrowe do dokładnego odczytu wartości w jednostkach wielkości mierzonej oraz wskaźniki analogowe do obserwacji zmian wielkości mierzonej. Ponadto wskazywana jest wartość średnia ostatnich *N* pomiarów oraz wartość maksymalna i wartość minimalna w zbiorze wszystkich wykonanych pomiarów do czasu ich wyzerowania. W *Polu Alarmów* użytkownik może nastawić

*Pasek zadań* zawiera polecenia organizujące pracę przetwornika wirtualnego. W *Polu Informacyjnym* umieszczony jest typ rzeczywistego przetwornika, z którym współpracuje oprogramowanie, ewentualnie rodzaj dołączonego czujnika pomiarowego oraz oznaczenie portu szeregowego, przez który komputer komunikuje się z

wartości alarmowe wielkości mierzonej: górną i dolną, których przekroczenie jest sygnalizowane zmianą koloru na czerwony odpowiedniej diody wirtualnej. Przekroczenie stanu alarmowego (górnego lub dolnego) powoduje wpisanie do odpowiedniego pliku pomocniczego wartości nastawionych alarmów, wartości, która spowodowała przekroczenie stanu alarmowego, daty i dokładnego czasu wystąpienia alarmu. Wyniki pomiarów są rejestrowane w *Polu Rejestratora*. Na Panelu Głównym umieszczone jest okno z podglądem rejestratora, na którym można obserwować zmiany wartości wielkości mierzonej w czasie oraz poziom nastawionych alarmów. Na podstawie wyników pomiarów tworzony jest *Histogram* pokazujący liczbę wyników w poszczególnych przedziałach ustalonych przez użytkownika.

### Wybrane właściwości przetworników serii P7V

Oprogramowanie wirtualnych przetworników pomiarowych serii P7V pracuje w środowisku Windows i jako takie dziedziczy wszystkie jego cechy. Stanowi jedną z aplikacji, które mogą jednocześnie pracować w tym systemie. W czasie pracy przyrządu wirtualnego można korzystać z innych aplikacji systemu Windows (edytory, programy narzędziowe itp.) Wówczas przyrząd wirtualny pracując „w tle” realizuje wszystkie swoje zadania. Głównym celem opracowania przetworników wirtualnych było rozszerzenie właściwości funkcjonalnych przetworników rzeczywistych i dostosowanie ich do aktualnie realizowanego zadania oraz indywidualnych wymagań użytkownika. Procedurę dostosowania aplikacji do tych wymagań realizuje się w oknie *Konfiguracja* (rys. 3).



Rys. 3. Okno „Konfiguracja” przetwornika częstotliwości

Polega ona na określeniu typu rzeczywistego przetwornika współpracującego z oprogramowaniem, adresu jaki nadany został przetwornikowi pracującemu w systemie pomiarowym, odstępu czasu pomiędzy kolejnymi wynikami przyjmowanymi przez przetwornik wirtualny oraz zakresu pomiarowego współpracującego z oprogramowaniem przetwornika rzeczywistego. Ponadto wybierany jest typ interfejsu, port komputera, szybkość transmisji i protokół komunikacyjny.

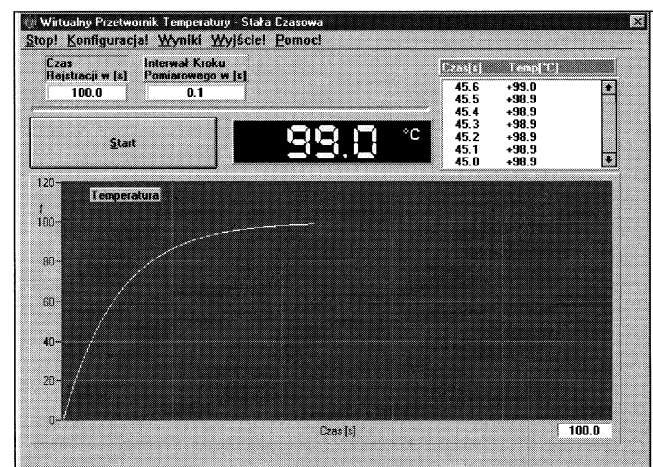
Określa się także skalę na osi czasu rejestratora, wybiera nazwę pliku, do którego zapisywane będą wyniki oraz ustala, czy przebiegi mają być drukowane.

Istotnym rozszerzeniem funkcjonalności przetwornika rzeczywistego jest możliwość nastawienia wartości alarmowych wielkości mierzonej, których przekroczenie jest sygnalizowane zmianą koloru (na czerwony) odpowiedniej diody. Sygnał alarmu może być wykorzystany do sterowania urządzeniem zewnętrznego. Przekroczenie stanu alarmowego (górnego lub dolnego) powoduje także wpisanie

do odpowiedniego pliku pomocniczego wartości nastawionych alarmów, wartości, która spowodowała przekroczenie stanu alarmowego, daty i dokładnego czasu wystąpienia alarmu.

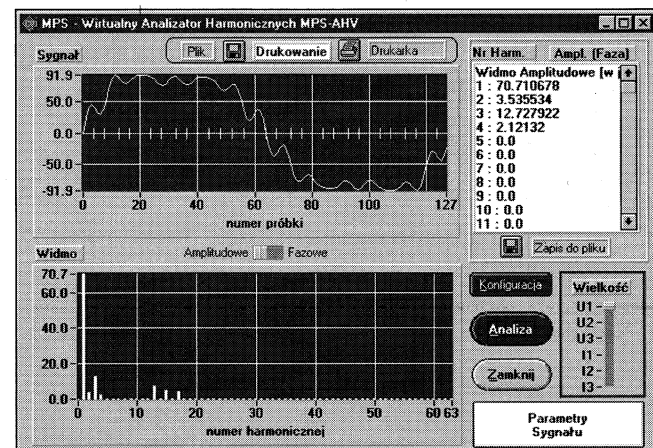
Wyniki pomiarów są rejestrowane w Polu Rejestratora, na którym można obserwować zmiany wartości wielkości mierzonej w czasie, poziom nastawionych alarmów a także aktualną datę i czas. Obie osie skalowane są automatycznie zgodnie z ustalonymi w procedurze konfiguracji parametrami. Na podstawie wyników pomiarów tworzony jest histogram pokazujący liczbę wyników w poszczególnych przedziałach ustalonych przez użytkownika.

Dobrym przykładem możliwości jakie daje technika wirtualna jest wbudowany do wirtualnego przetwornika temperatury moduł *stała czasowa*. Przy użyciu tego modułu można przeprowadzić badania, których wyniki pozwalają na wyznaczenie parametrów dynamicznych czujnika dołączonego do wejścia przetwornika PR7. Metoda badań jest następująca. Zadawany jest skok temperatury przez szybkie zanurzenie czujnika w ośrodku o znanej temperaturze (np. we wrzącej wodzie). Na panelu wirtualnym (rys.4) eksponowana jest odpowiedź czujnika w formie graficznej, a wyniki wpisywane do przewijanego okna. Na podstawie zapisanych wyników obliczane są parametry dynamiczne czujnika wraz z układem przetwornika.



Rys. 4. Okno „Stala czasowa” przetwornika temperatury

Innym przykładem może być *wirtualny analizator harmonicznych* (rys.5) współpracujący z Miernikiem Parametrów Sieci (MPS7). Oprogramowanie tego miernika zawiera moduł umożliwiający cykliczne przesyłanie do komputera wartości próbek z wszystkich sześciu sygnałów wejściowych (trzy napięcia i trzy prądy fazowe). Próbkę sygnałów wejściowych wykorzystywane są do analizy częstotliwościowej sygnałów wejściowych. Na górnym ekranie odtwarzany jest kształt wybranego sygnału. Na dolnym ekranie w zależności



Rys. 5. Wirtualny analizator harmonicznych

od położenia przełącznika *Widmo (Amplitudowe lub Fazowe)* przedstawione jest widmo amplitudowe lub fazowe. Dokładne wartości poszczególnych harmonicznych oraz ich przesunięcia fazowe są wpisane do przewijanego okna i zapisywane w pliku.

### Podsumowanie

Istnieje duży obszar zastosowań, zarówno w przemyśle jak i w laboratoriach badawczych, w którym technika wirtualna stanowi alternatywę dla przyrządów i systemów tradycyjnych. Zasadnicze cechy przyrządów wirtualnych, odróżniające je od przyrządów klasycznych są następujące:

- użytkownik w znacznym stopniu może określić architekturę i właściwości funkcjonalne przyrządu dostosowując je do aktualnie realizowanych zadań.
- dla użytkownika przyrządem jest obraz na monitorze komputera stąd elementy i podzespoły przyrządu wirtualnego nie muszą być umieszczone we wspólnej obudowie; w niektórych przypadkach (szczególnie w przemyśle) mogą znajdować się w znacznych odległościach od siebie.
- użytkownik może stosować przyrząd wirtualny w dobrze znanym sobie środowisku programowym, wykorzystując dobrze znane narzędzia (np. edytor tekstu, bazy danych, arkusz kalkulacyjny itp.).
- przyrządy te umożliwiają różne formy ekspozycji wyników pomiaru, rejestrację, raportowanie, wykonywanie obliczeń statystycznych, archiwizację, sygnalizowanie przekroczenia stanów alarmowych i ich rejestrację itp.

Niezależnie od niewątpliwych zalet przyrządów wirtualnych, nie można ich traktować jako alternatywy dla przyrządów rzeczywistych w każdym zastosowaniu. Łatwo wskazać takie zastosowania, w których przyrząd wirtualny będzie albo zbyt drogi, albo nie przystosowany do warunków otoczenia. Istnieje jednak duży obszar zastosowań, w którym technika wirtualna będzie coraz szerzej stosowana.

Właściwości metrologiczne przyrządów wirtualnych określone są przez właściwości metrologiczne części sprzętowej oraz dokładność procedur przetwarzania sygnałów cyfrowych. Błędy wnoszone przez procedury numeryczne można praktycznie pominąć. Wpływ części sprzętowej na funkcjonalność i właściwości metrologiczne przyrządów wirtualnych ogranicza prawdziwość sloganu reklamowego firmy National Instruments „Oprogramowanie jest przyrządem” (*The Software is the Instrument*) chociażby i z tego powodu, że aktualnie trudno sobie wyobrazić wirtualny czujnik czy przetwornik analogowo-cyfrowy. Zresztą oferowane przez firmę przyrządy wirtualne mają dobre parametry metrologiczne głównie dzięki najwyższej jakości kartom, które stanowią integralną część tych przyrządów.

Stwierdzenia te przytoczono w celu podkreślenia konieczności dalszego doskonalenia części sprzętowej współczesnych przyrządów pomiarowych niezależnie od coraz większych możliwości stwarzanych przez środki informatyczne.

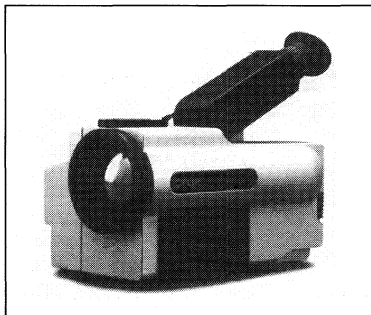
### Literatura

- [1] National Instruments Data Acquisition Seminar, January 1995.
- [2] W. WINIECKI:  
Projektowanie przyrządów wirtualnych z wykorzystaniem zintegrowanych środowisk programowych. III Szkoła-Konferencja „Metrologia Wspomagana Komputerowo” Tom I. Warszawa 1997.
- [3] Measurement and Automation Catalogue. National Instruments. 1999.
- [4] Integrating the Internet into Your Measurement System. DataSocket Technical Overview, National Instruments 1998.
- [5] Ed BAROTH:  
How the Internet Changes Data Acquisition. [www.nelsonpub.com](http://www.nelsonpub.com).
- [6] John PASQUARETTE: Activating the Internet For Virtual Instrumentation. [www.nelsonpub.com](http://www.nelsonpub.com).

Artykuł recenzowany



Kamery termowizyjne



**WIDZIEĆ TO,  
CZEGO NIE WIDAĆ**

**OD HERSCHELA  
DO.....FLIR SYSTEMS  
200 LAT PODCZERWIENI !**

**POMIAROWE  
KAMERY  
TERMOWIZYJNE**

**Obszary zastosowań:**

- medycyna
- nauka
- budownictwo
- energetyka
- ciepłownictwo
- chemia
- ochrona
- zabezpieczenie
- obserwacja
- kontrola
- nadzór
- prace naukowe

**FLIR  
SYSTEMS**

**02-521 WARSZAWA  
ul. Rakowiecka 39A/3  
tel. (+ 48 22) 652 11 55  
fax (+ 48 22) 849 10 45  
tel. kom. (+ 48) 601 25 10 25  
e-mail: [agema@flir.com.pl](mailto:agema@flir.com.pl)**

