

**Marcin Barański, Adam Decner**  
**Instytut Napędów i Maszyn Elektrycznych KOMEL, Katowice**

## **WIRTUALNE PRZYRZĄDY POMIAROWE ORAZ SYSTEMY AKWIZYCJI DANYCH PRZEZNACZONE DO BADAŃ MASZYN ELEKTRYCZNYCH**

### **VIRTUAL INSTRUMENTS AND DATA ACQUISITION SYSTEMS FOR TESTING THE ELECTRICAL MACHINES**

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono i opisano podstawowe właściwości i możliwości wirtualnej aparatury pomiarowej. Porównano system pomiarowy wyposażony w jeden przetwornik A/D obsługujący kilka wejść analogowych z systemem oferującym równoczesne próbkowanie wszystkich kanałów pomiarowych. Przytoczono definicje obliczania wartości sygnałów. Przedstawiono wirtualny analizator przebiegów odkształconych oraz analizator drgań i wykonane rejestracje.

**Abstract:** Virtual instruments are presented in the paper. Basic features and capabilities of measuring equipment are described. Measurement system with one A/D converter for all channels is compared with measurement system which offers simultaneous sampling of all channels. The definitions of calculating the value of the signals are provided. The virtual analyzer of distorted waveforms, vibration analyzer and performed measurements are presented.

**Słowa kluczowe:** *maszyny elektryczne, przyrządy wirtualne, przebiegi odkształcone, przetwarzanie A/D*  
**Keywords:** *electrical machines, virtual instruments, distorted waveforms, A/D conversion*

#### **1. Wstęp**

Techniki analogowe już kilkadziesiąt lat temu zaczęły ustępować cyfrowym, które charakteryzują się m.in. bardzo dużą częstotliwością próbkowania, wysoką odpornością na zakłócenia, wysoką dokładnością odwzorowania itp. Współczesne, cyfrowe urządzenia rejestrujące proponowane są w szerokiej ofercie zaś ich cena jest uzależniona od częstotliwości próbkowania, ilości kanałów pomiarowych, jakości zastosowanych przetworników analogowo-cyfrowych, możliwości zapisu i prezentacji danych pomiarowych.

Do podstawowych zalet cyfrowej rejestracji sygnałów można zaliczyć m.in. [1, 2]:

- możliwość jednoczesnej rejestracji dużej ilości przebiegów,
- zdolność rejestracji przebiegów szybko i wolnozmiennych,
- możliwość jednoczesnej prezentacji wszystkich zarejestrowanych przebiegów,
- możliwość automatycznej zmiany skali prezentowanych przebiegów,
- automatyzację wyznaczania parametrów charakterystycznych takich jak np.: wartość szczytowa, wartość minimalna, częstotliwość przebiegu,

- wykonywanie złożonych obliczeń matematycznych.

Zaawansowane algorytmy obliczeniowe, wykorzystywane już do obróbki zarejestrowanych sygnałów przez przyrządy wirtualne umożliwiają m.in. [3]:

- kondycjonowanie sygnału,
- filtrowanie,
- wyznaczenie parametrów przebiegów,
- analizę częstotliwościową sygnałów,
- transformaty.

Nazwa „Przyrządy wirtualne” została wprowadzona przez firmę Hewlett-Packard i oznacza ona urządzenie składające się z komputera oraz z dołączonych do niego sprzętowych bloków wykonujących określone funkcje przetwarzania określne przez zainstalowane na komputerze oprogramowanie, a do sterownia przyrządem służą urządzenia wskazujące, klawiatury lub ekrany dotykowe.

#### **2. Karty pomiarowe**

Kartę pomiarową definiuje się jako urządzenie służące jedynie do pomiarów nie posiadające wyjść służących np. do sterowania (oprócz komunikacji z komputerem). Sprzęt służący do przetwarzania sygnału analogowego na cyfrowy

i transmisję wyniku przetwarzania do komputera w celu dalszej obróbki można spotkać w wielu różnych wykonaniach. Dokładność przetwornika A/D, ilość wejść, częstotliwość próbkowania, ilość przetworników A/D w znaczący sposób wpływa na cenę karty pomiarowej. Do najtańszych należą karty z jednym przetwornikiem A/D obsługującym wiele wejść analogowych, niską rozdzielczością np. 8 bitów, niską częstotliwością próbkowania (rzędu kilku próbek na sekundę) i małą pamięcią. Najdroższe posiadają oddzielny przetwornik A/D dla każdego wejścia, wysoką rozdzielczość (np. 24 bity), dużą częstotliwość próbkowania (rzędu milionów próbek na sekundę), dużą pamięć. Karty pomiarowe oferujące równoczesne próbkowanie, wykorzystują różne sposoby konwersji A/D przeznaczone do różnych zastosowań. Istnieje kilka rodzajów przetworników A/D wykorzystywanych w systemach pomiarowych [5]:

- z wielokrotnym całkowaniem (INT) – zastosowanie w precyzyjnej aparaturze pomiarowej,
- delta sigma ( $\Delta\Sigma$ ) – zastosowanie w sprzęcie powszechnego użytku,
- z kolejnymi aproksymacjami (SAR) – zastosowanie w sprzęcie pomiarowym i przemysłowym
- flash – zastosowanie w sprzęcie wideo.

### 3. Oprogramowanie

Dostępnych i użytkowanych jest wiele środowisk programisty, które umożliwiają stworzenie przyrządu wirtualnego. Środowisko takie jest dobierane w zależności od potrzeb danej aplikacji. W Laboratorium Instytutu KOMEL wybrano środowisko oparte jest na języku G, który jest językiem programowania graficznego tzn. wszystkie funkcje, rozkazy i polecenia programu opisane są za pomocą ikon graficznych. Środowisko to może być używane do wykonywania pomiarów, przeprowadzania testów, sterowania przyrządami pomiarowymi, sterowania procesami technologicznymi, wykonywania zaawansowanych obliczeń matematycznych. Najważniejsze cechy wybranego środowiska to m.in. obsługa wielu różnych urządzeń, komunikacja poprzez dostępne porty, intuicyjność, wielowątkowość, możliwość budowania plików wykonywalnych.

## 4. Wybrane definicje i zagadnienia [4]

### 4.1. Częstotliwość próbkowania

Częstotliwość próbkowania to wartość określająca liczbę próbek na jednostkę czasu pobranych z sygnału ciągłego w celu uzyskania sygnału dyskretnego.

### 4.2. Twierdzenie o próbkowaniu

Odtworzenie sygnału jest możliwe jeśli częstotliwość próbkowania sygnału jest większa niż dwukrotna największa częstotliwość składowych sygnału ciągłego, lub innymi słowy, kiedy częstotliwość Nyquista (połowa częstotliwości próbkowania) jest większa niż największa częstotliwość składowych sygnału ciągłego. Jeśli sygnał jest próbkowany z częstotliwością mniejszą, to informacja zawarta w oryginalnym sygnale może nie być w całości odtworzona na podstawie sygnału dyskretnego.

### 4.3. Częstotliwość Nyquista

Częstotliwość Nyquista jest to maksymalna częstotliwość składowych widmowych sygnału poddawanego procesowi próbkowania, które mogą zostać odtworzone z ciągu próbek bez zniekształceń. Składowe widmowe o częstotliwościach wyższych od częstotliwości Nyquista ulegają podczas próbkowania nałożeniu na składowe o innych częstotliwościach (zjawisko aliasingu), co powoduje, że nie można ich już poprawnie odtworzyć.

### 4.4. Aliasing (w dziedzinie częstotliwości)

Aliasing jest to efekt nakładania się powielonych okresowo kopii widma sygnału w wyniku próbkowania sygnału z częstotliwością mniejszą od częstotliwości Nyquista.

### 4.5. Wartość skuteczna przebiegu odkształconego

$$I_{sk} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=0}^{n-1} i_k^2} \quad U_{sk} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=0}^{n-1} u_k^2} \quad (1)$$

Wzory (1) przedstawiają sposób wyznaczania wartości skutecznej prądu i napięcia, stosowane do obliczeń w cyfrowych systemach pomiarowych.

### 4.6. Wartość średnia przebiegu odkształconego

$$I_{sr} = \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{n-1} i_k \quad U_{sr} = \frac{1}{n} \sum_{k=0}^{n-1} u_k \quad (2)$$

Wzory (2) przedstawiają sposób wyznaczania wartości średniej prądu i napięcia, stosowane do obliczeń w cyfrowych systemach pomiarowych.

**4.7. Moc przebiegów odkształconych**

$$P = \frac{1}{n} \sum_{k=0}^n i_k \cdot u_k \tag{3}$$

Wzór (3) przedstawia sposób wyznaczania wartości mocy czynnej, stosowany do obliczeń w cyfrowych systemach pomiarowych.

**4.8. Szybka transformata Fouriera**

Jeżeli obwód zasilany jest napięciami lub prądami odkształconymi, lub w obwodzie istnieje choćby jeden element nieliniowy, przebiegi prądów i napięć stają się odkształcone i konieczne jest dysponowanie metodą umożliwiającą dokonywanie analizy takich przebiegów. Metodą taką jest rozwinięcie przebiegu  $u(t)$  lub  $i(t)$  w szereg Fouriera (4).

$$x(t) = a_0 + \sum_{k=0}^{n-1} (a_n \cos(k \cdot \omega_0 \cdot t) + b_n \sin(k \cdot \omega_0 \cdot t)) \tag{4}$$

**5. Wirtualny analizator przebiegów odkształconych**

W Laboratorium Maszyn Elektrycznych Instytutu KOMEL powstała kolejna wersja wirtualnego analizatora na bazie sprzętu pomiarowego jednego z czołowych producentów. Na rys. 1 przedstawiono wygląd zmontowanego systemu pomiarowego, a na rysunku 2 zestaw pomiarowy podczas wykonywania prób wyposażony m.in. w ekran dotykowy.

Do zaprogramowania wykorzystano procedury obliczania wartości skutecznych i średnich oraz mocy, które zdefiniowano w pkt 4. Oprogramowanie sprawdza łączność i poprawne funkcjonowanie części sprzętowej, umożliwia wykonanie nastaw modułów pomiarowych (ich konfigurację), obliczenia wielkości elektrycznych i mechanicznych, zapisanie wyniku na dysku w postaci pliku tekstowego, wykonanie analizy FFT i zapisanie jej wyników na dysku w postaci pliku graficznego lub pliku tekstowego. Analizator umożliwia wykonywanie pomiarów w układzie jednofazowym, trójfazowym (2 lub 3 watomierze) oraz układ 2 watomierzy z dodatkowym pomiarem wartości stałych. Oprócz parametrów elektrycznych możliwy jest również pomiar parametrów mecha-

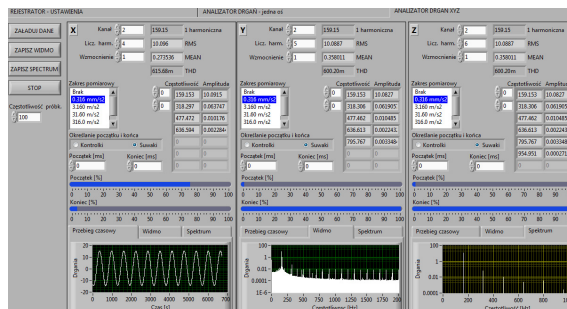
nicznych jakimi są np. drgania. Na rysunku 3 przedstawiono wygląd głównego okna pomiarowego analizatora drgań do pomiaru jednocześnie w 3 osiach [6].



Rys. 1. Widok systemu pomiarowego



Rys. 2. Widok zestawu pomiarowego



Rys. 3. Główne okno pomiarowe wirtualnego analizatora drgań

## 6. Podsumowanie

W artykule przedstawiono przykłady wykorzystania wirtualnych przyrządów pomiarowych w praktyce. Profesjonalnie przygotowane oprogramowanie i stanowisko pomiarowe wyposażone jest w zestaw przetworników wymagany dla danego zastosowania. Przytoczone przykłady aplikacji (rys. 3) pokazują różnorodność zastosowań w codziennej pracy laboratorium badawczego.

Piętnaście lat doświadczeń, budowania i użytkowania przyrządów wirtualnych oraz różnorodność ich zastosowania pokazuje, że stanowią one istotny element wyposażenia badawczego laboratorium. Wirtualne przyrządy pomiarowe wykorzystywane są podczas badań stacjonarnych prowadzonych na stanowiskach w laboratorium, jako rejestratory szybkozmiennych lub wolnozmiennych przebiegów, analizatory czy zwykłe mierniki.

Szybka modernizacja przyrządu poprzez dodanie nowych (innych) funkcji może zostać zrealizowana w bardzo krótkim czasie, na stanowisku badawczym. Bardzo duże możliwości zapisu czy eksportu wyników pomiarowych stanowią również o uniwersalności tego typu urządzeń.

Szeroka gama możliwych do zastosowania przetworników i kart pomiarowych powoduje, że to użytkownik decyduje o parametrach swojego przyrządu, może więc osiągnąć kompromis pomiędzy dokładnością, a ceną przyrządu wirtualnego. Wykorzystanie wysokiej klasy przetworników oraz karty pomiarowej zwiększa dokładność pomiarów i rejestracji ale powoduje wzrost ceny przyrządu wirtualnego.

## 7. Literatura

- [1]. A. Decner, A. Polak: *Wirtualne przyrządy pomiarowe – alternatywa wyposażenia pomiarowo-badawczego laboratoriów i stacji prób*, Maszyny Elektryczne - Zeszyty Problemowe, nr 62/2001, str. 77 - 80, 2001.
- [2]. A. Decner, A. Polak: *Wirtualne rejestratory sygnałów*, Maszyny Elektryczne - Zeszyty Problemowe, nr 62/2001, str. 107 - 112, 2001.
- [3]. A. Biernat, W. Urbański: *Wirtualna technika pomiarowa w laboratoriach maszyn elektrycznych*, Napędy i Sterowanie, Nr 5/2012, str. 80 – 87, 2012.
- [4]. J. Szabatin: *Podstawy teorii sygnałów*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności WKŁ; wydanie 4, 2003.
- [5]. F. Maloberti: *Przetworniki danych*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności WKŁ; wydanie 1, 2010.

[6]. M. Barański: *Wielosioowy analizator drgań z wykorzystaniem modułu SV06A, karty pomiarowej PersonalDaq 3001 oraz graficznego środowiska programowania LabView*, Praca Dyplomowa, Politechnika Śląska, Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki, Gliwice, 2010.

### Autorzy

dr inż. Adam Decner – KOMEL  
Laboratorium Maszyn Elektrycznych  
specjalista badawczo-techniczny  
e-mail: a.decner@komel.katowice.pl  
tel.: +4832998381, wew. 29

mgr inż. Marcin Barański – KOMEL  
Laboratorium Maszyn Elektrycznych  
specjalista badawczo-techniczny  
e-mail: m.baranski@komel.katowice.pl  
tel.:+ 4832998381, wew. 29