

*XIV Seminarium*  
**ZASTOSOWANIE KOMPUTERÓW W NAUCE I TECHNICIE' 2004**  
Oddział Gdański PTETiS

**MOŻLIWOŚCI PRZYRZĄDÓW WIRTUALNYCH  
NA PRZYKŁADZIE PROGRAMU DO POMIARU  
I ANALIZY DRGAŃ NA STATKACH**

**Dariusz ŚWISULSKI**

Politechnika Gdańska, Wydział Elektrotechniki i Automatyki  
tel. (058) 347-13-97, fax (058) 347-17-26, e-mail: dswis@ely.pg.gda.pl

W artykule omówiono rozwój przyrządów wirtualnych stosowanych w diagnostyce, wynikający z rozwoju narzędzi do ich programowania. Przedstawiono oprogramowanie do pomiaru i analizy drgań na statkach. Umożliwia ono analizę zarejestrowanych sygnałów w funkcji czasu, częstotliwości i prędkości obrotowej wału silnika.

## **1. WPROWADZENIE**

Jako przyrząd wirtualny określany jest zwykle inteligentny przyrząd pomiarowy stanowiący połączenie sprzętu pomiarowego z mikrokomputerem osobistym ogólnego przeznaczenia, z oprogramowaniem, które umożliwia użytkownikowi obsługę przyrządu z wykorzystaniem symulowanej na ekranie monitora płyty czołowej [1].

Na bazie układów akwizycji sygnałów pomiarowych mogą być budowane różnorodnie przyrządy wirtualne ogólnego przeznaczenia [2] oraz specjalizowane, przeznaczone do konkretnego zastosowania [3]. Rozwój wirtualnych przyrządów pomiarowych, m.in. możliwość wykonywania pomiarów wieloparametrowych, powoduje zacieranie granic między nimi i systemami pomiarowymi [4].

Prace nad przyrządami wirtualnymi prowadzone są w Katedrze Miernictwa Elektrycznego Politechniki Gdańskiej od wielu lat [5]. W referacie przedstawiono rozwój wirtualnych przyrządów pomiarowych stosowanych w diagnostyce wibracyjnej, wynikający z rozwoju narzędzi do ich programowania.

Jako przykład pokazane zostanie przygotowane w postaci przyrządu wirtualnego oprogramowanie do pomiaru i analizy drgań na statkach. Zaletą takiego przyrządu jest prosta możliwość rozbudowy i dostosowywania do potrzeb użytkownika. Specyfika pomiarów realizowanych na statku sprawia, że nie najlepiej nadają się do tego uniwersalne programy. Zastosowanie specjalistycznej aparatury powoduje natomiast problemy przy konieczności modyfikacji realizowanych pomiarów, wynikającej np. ze zmiany norm.

Program został opracowany przez autora na zlecenie przedsiębiorstwa zajmującego się techniką okrętową i wdrożony do zastosowania w jednej ze stoczni w Wietnamie. Służy on do pomiaru i analizy drgań układu napędowego statku, jak i globalnych drgań kadłuba.

## 2. ROZWÓJ PRZYRZĄDÓW WIRTUALNYCH

Pierwsze, najprostsze przyrządy wirtualne stosowane w diagnostyce, wykorzystujące niezbyt szybkie (z dzisiejszego punktu widzenia) procesory i monochromatyczne monitory działały jak analizator widma [6]. Wykorzystanie oprogramowania wymagało wiele pracy. Przygotowując program np. w języku Turbo Pascal należało podać kolejne instrukcje obliczenia szybkiej transformaty Fouriera i przedstawienia jej wyników na ekranie monitora. Przyrządy te przedstawiając jedynie widmo drgań w funkcji częstotliwości wymagały dużego doświadczenia od obsługi w zakresie diagnostyki wibracyjnej.

Mimo ograniczonych możliwości używanych języków programowania powstawały również bardziej rozbudowane programy. Jako przykład przedstawić można oprogramowanie, które do bazy danych zapisuje wyniki pomiarów wibracji pochodzących z danego łożyska, a następnie przedstawia trójwymiarowe wykresy poziomu wibracji w funkcji częstotliwości i czasu wykonania pomiaru [7]. Umożliwia to przewidywanie w czasie rozwoju danego uszkodzenia, a w rezultacie predykcję remontu.

Oprogramowanie wykorzystujące analizę obwiedni pozwala nawet przy skromnych środkach programowych detekcję i identyfikację defektów badanego łożyska w początkowym stanie ich rozwoju [8].

W drugiej połowie lat dziewięćdziesiątych zaczęto szerzej wykorzystywać zintegrowane środowiska programowania. To, co wcześniej wymagało wielu instrukcji w języku wyższego poziomu, teraz mogło być zrealizowane jedną instrukcją lub jednym elementem z biblioteki. Przykład takiego programu przedstawiony jest w [9].

## 3. POMIAR I ANALIZA DRGAŃ NA STATKACH

Ze względu na realizowane funkcje, opracowane oprogramowanie zostało podzielone na trzy części: akwizycja i wstępna analiza drgań, analiza harmoniczna drgań oraz zaawansowana analiza i ocena drgań.

System został przygotowany w taki sposób, aby wyniki pomiarów wykonanych na statku spełniały wymagania towarzystw klasyfikacyjnych (np. Germanischer Lloyd [10]). Część sprzętową stanowi moduł DaqBook 2000A [11], połączony z komputerem za pomocą portu równoległego [12]. Moduł umożliwia jednoczesny pomiar w szesnastu kanałach. Na panelu Channel Description dla poszczególnych kanałów podawane są parametry połączonych z nimi przetworników (rys. 1). Na tej podstawie dla każdego kanału dobierane jest wzmocnienie modułu akwizycji.

Pomiary wykonywane są z zadaną częstotliwością, ograniczoną maksymalną częstotliwością próbkowania wykorzystywanego modułu. Czas pojedynczego pomiaru określany jest przez liczbę próbek lub przez liczbę obrotów. Liczba obrotów wału silnika (oraz jego prędkość obrotowa) wyznaczana jest na podstawie sygnału z dołączonego do jednego z kanałów przetwornika obrotowo-impulsowego.

Jeżeli przyspieszenie drgań mierzone jest za pomocą akcelerometru, program przez zastosowanie całkowania umożliwia przedstawienie wartości prędkości drgań lub ich przemieszczenia.

Możliwe jest rozpoczęcie pomiarów w chwili, gdy poziom sygnału w dowolnym kanale przyjmuje zadany poziom.

Object Channel DB-PC Osc. PostView Exit

### Channel Description

Channel	Point	G (Gain)		Location	Type	Pickup description				
		[-]	[dB]			Setting	S [Sens.]	M. Range	max Uo	
						[+/-]	[V/unit]	[value]	[unit]	[V]
0	rpm	1.00	0.000	ps propeller	Mag		1	10		10.00
1	1v	10.00	20.000	ps M.E. foctun			0.0000109	20000	mm/s2	2.18
2	2v	10.00	20.000	ps alt		627A21	0.0000107	20000	mm/s2	2.14
3	3L	10.00	20.000	long sup		627A21	0.0000107	20000	mm/s2	2.14
4	4V	10.00	20.000	CL fore		627A21	0.0000105	20000	mm/s2	2.10
5	Torque	1.00	0.000	ps shaft			0.2214	10	kNm	2.21
6	Axial	1.00	0.000	foreandM E			0.5	5		2.50
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										

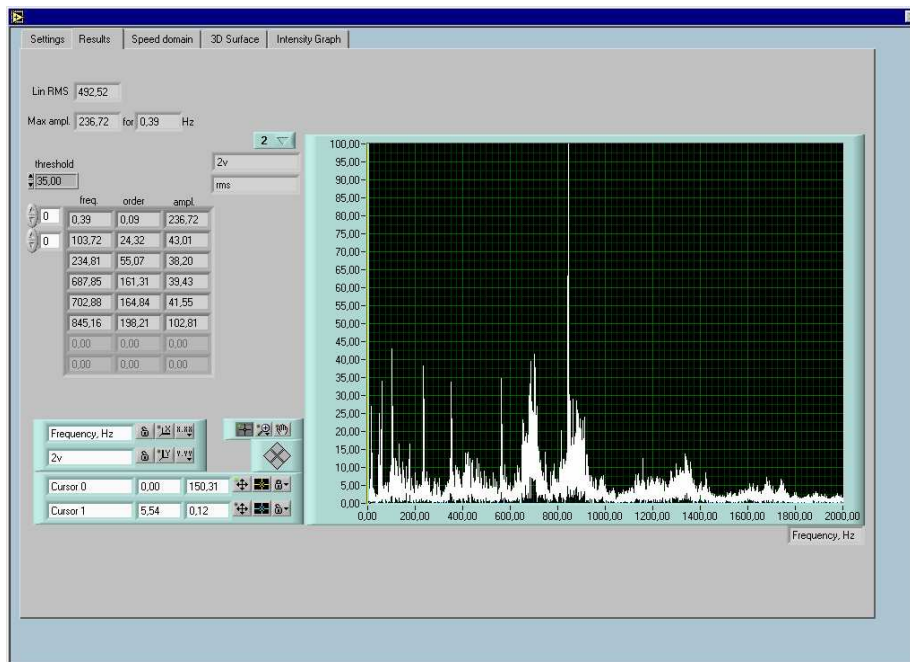
Remarks:  
 \* direction relative to the ship's length: H - transverse (y), L - longitudinal (x), V - vertical (z)  
 \* positive direction (+): towards starboard, forward, upward  
 \* the indicator angle relative to TDC: ... TDC [e.g. +30 TDC; TDC - Top Dead Centre]  
 \* M. Range: assumed measurement range  
 \* max Uo = (Ampl. A)\*(Sens.)\*(M. Range)

Print

Save to Graphic File

Save Setup to text file    Save Setup

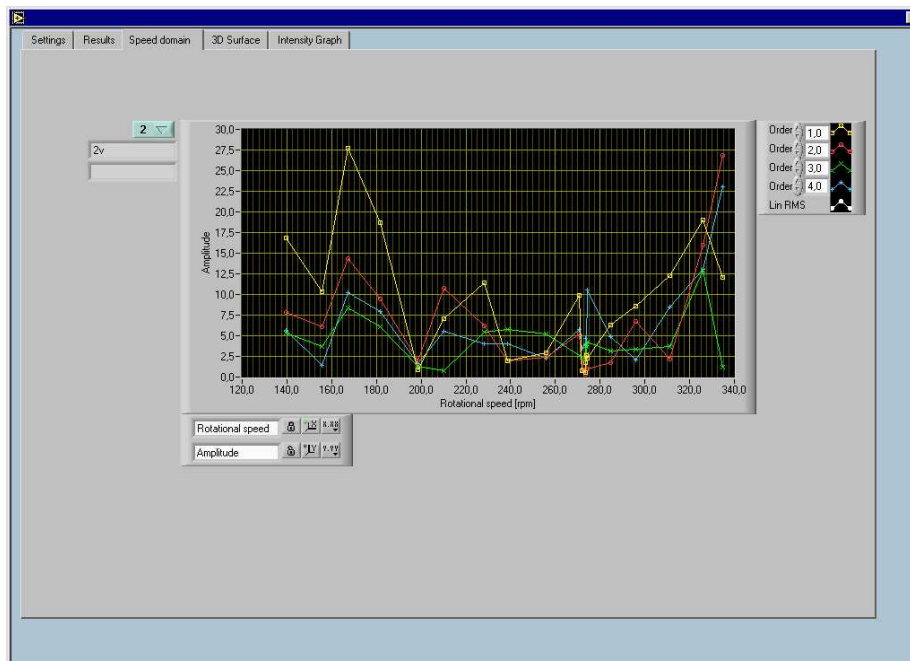
Rys. 1. Opis kanałów pomiarowych na zakładce Channel Description



Rys. 2. Analiza drgań w funkcji częstotliwości

Część programu do akwizycji umożliwia wykonanie pomiarów zgodnie z zadanymi parametrami, przedstawienie wyników w dziedzinie czasu i częstotliwości oraz ich archiwizację przez zapisanie do pliku lub wydruk. Do oddzielnego pliku zapisywane są wszystkie informacje dotyczące ustawień w czasie pomiaru, łącznie z opisem obiektu badań (opis statku, jego silnika, stanu morza w czasie pomiarów).

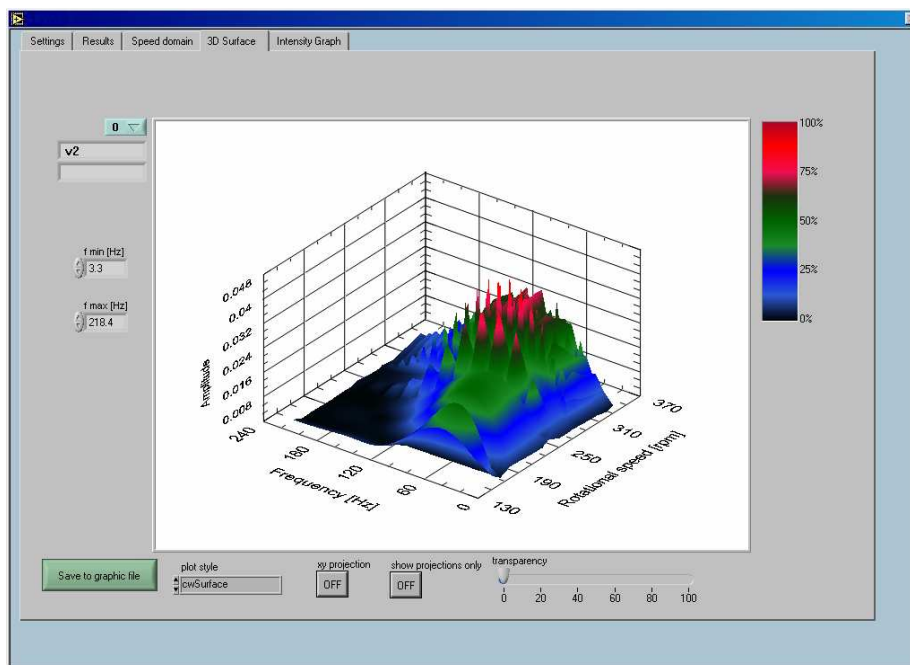
Druga część programu umożliwia przeprowadzenie analizy zapisanych do pamięci wyników pomiarów. Zarejestrowane wyniki mogą być analizowane w różnorodny sposób, zarówno w dziedzinie czasu i częstotliwości (rys. 2). Jeżeli pomiary wykonywane były przy różnych prędkościach obrotowych wału silnika, wyniki mogą być analizowane w funkcji tej prędkości. Na wykresie na rys. 3 przedstawiony jest poziom wibracji dla wybranych rzędów w funkcji prędkości obrotowej [13].



Rys. 3. Analiza drgań w funkcji prędkości obrotowej wału silnika

Wykorzystanie wykresu trójwymiarowego pozwoliło na przygotowanie wykresu, który umożliwia analizę poziomu wibracji jednocześnie w funkcji częstotliwości i prędkości obrotowej (rys. 4). Możliwe jest zadanie zakresu częstotliwości, dla którego przedstawione zostaną wyniki.

Ostatnia część programu służy do zaawansowanej analizy (np. uśrednianie koherentne [14]) oraz przygotowania i wydruku raportów. Możliwe jest sporządzanie różnorodnych raportów zawierających szczegółowe wyniki analizy pomiarów. Raporty mogą być wysłane do drukarki lub zapisane do plików html lub w formacie Excela.



Rys. 4. Poziom sygnału w funkcji częstotliwości i prędkości obrotowej

#### 4. PODSUMOWANIE

Przyrządy wirtualne dzięki niższej cenie od przyrządów tradycyjnych, znacznie większej uniwersalności oraz łatwiejszej możliwości dostosowania do potrzeb użytkownika, coraz częściej wypierają przyrządy tradycyjne. Przyrządy wirtualne mogą być w prosty sposób zmienione lub rozbudowane w przypadku zmiany wymagań użytkownika.

Przedstawione w artykule oprogramowanie, po wstępnym okresie pracy i zebraniu opinii użytkowników zostało zmodernizowane tak, by charakteryzowało się znaczną funkcjonalnością, połączoną z intuicyjną obsługą.

Dzięki rozwojowi zintegrowanych środowisk programowania systemów pomiarowych (np. LabVIEW, LabWindows/CVI, TestPoint, VEE) realizacja własnych, rozbudowanych przyrządów wirtualnych może być dokonana przez osoby nie posiadające przygotowania w dziedzinie programowania systemów pomiarowych z użyciem języków wysokiego poziomu. Wykorzystanie zintegrowanych środowisk programowania umożliwia znaczne skrócenie czasu potrzebnego na przygotowanie przyrządu wirtualnego.

Jakość przyrządów wirtualnych zależy od zastosowanych modułów pomiarowych. Dla procesów charakteryzujących się dużą dynamiką dostępne są moduły z przetwornikami analogowo-cyfrowymi o dużej częstotliwości próbkowania.

## 5. BIBLIOGRAFIA

1. Świsulski D.: Przyrządy wirtualne jako nowa generacja przyrządów pomiarowych. Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej nr 14, I Sympozjum Aktualne Problemy w Metrologii, Gdańsk 2000, str. 139-144
2. Winiecki W.: Virtual instruments – what does it really mean ? Proceedings of XIV IMEKO World Congress, vol. IVa, Tampere, 1-6.06.1997
3. Pawłowski E.: Przyrządy wirtualne w pomiarach magnetycznych. Prace Komisji Metrologii Oddziału PAN w Katowicach, Seria Konferencje Nr 3, VI Krajowe Sympozjum Pomiarów Magnetycznych, Kielce, 18-20.10.2000, str. 281-290
4. Winiecki W.: Virtual Instrument or Measuring System ?. Proceedings of XVI IMEKO World Congress, vol. V, Vienna, 25-28.09.2000, str. 203-208
5. Świsulski D.: Rozwój wirtualnych przyrządów pomiarowych na przykładzie diagnostyki wibracyjnej. Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej, 2001, nr 886, Elektryka nr 98, Materiały XXXIII Międzyuczelnianej Konferencji Metrologów. MKM 2001, Łódź-Arturówek 10 - 13 września 2001, str. 433- 438
6. Świsulski D.: Analiza i realizacja wybranych metod diagnostyki wibracyjnej. Zeszyty Naukowe Politechniki Łódzkiej nr 594, Ciepne Maszyny Przepływowe, z. 99, Łódź 1990, str. 239-244
7. Barkow A., Barkowa N., Referowski L., Swędrowski L., Świsulski D.: Progress in machine monitoring basing on analysis of generalized vibration spectra. Proceedings International AMSE Conference „Systems Analysis, Control & Design”, Lyon, July 4-6, 1994, vol. 3., str. 99-108
8. Barkow A., Barkowa N., Azowcew A.: Monitoring i diagnostyka rotornych maszyn po wibracji. VAST, Sankt-Petersburg 1997
9. Referowski L., Roskosz R., Swędrowski L., Świsulski D., Majewski D.: Szkoleniowe stanowisko diagnostyczne dla oceny stanu silników napędowych. Konferencja Naukowo-Techniczna „Zastosowanie Komputerów w Elektrotechnice” Poznań/Kiekrz, 7-9 kwietnia 1997, str. 409-412
10. Rules for Classification and Construction. Ship Technology. Germanischer Lloyd, Hamburg, Edition 2002
11. PC-Based Data Acquisition & Instrumentation Catalog. IOtech 2003
12. Świsulski D.: Możliwości współpracy rejestratorów cyfrowych ze sprzętem komputerowym. Materiały Konferencji Naukowo-Technicznej Zastosowanie Komputerów w Elektrotechnice ZKwE'2002, Poznań/Kiekrz, 22-24 kwietnia 2002, str. 405-408
13. Gade S., Herlufsen H., Konstantin-Hansen H., Wismer N. J.: Order Tracking Analysis. Technical Review, No. 2/1995, Brüel & Kjaer, Nærum 1998
14. Lyons R. G.: Wprowadzenie do cyfrowego przetwarzania sygnałów. WKŁ, Warszawa 1999

### **POSSIBILITIES OF VIRTUAL INSTRUMENTS IN EXAMPLE OF APPLICATION FOR MEASUREMENT AND ANALYSIS OF SHIP VIBRATION**

This paper deals with advancement of virtual instruments in vibration diagnostic. Application for measurement and analysis of ship vibration realized by Chair of Electrical Measurements, Gdańsk University of Technology is presented.