

Jacek PIENIAŻEK

POLITECHNIKA RZESZOWSKA, KATEDRA AWIONIKI I STEROWANIA

Funkcje oprogramowania w mikrokomputerowym systemie do pomiarów charakterystyk

Dr inż. Jacek PIENIAŻEK

Ukończył w 1994 studia na kierunku Lotnictwo na Wydziale Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej. W 2001 obronił pracę doktorską na Wydziale Uzbrojenia i Lotnictwa Wojskowej Akademii Technicznej. W działalności naukowej zajmuje się systemami pomiarowymi i sterowania w szczególności w zastosowaniach lotniczych. Prowadzi wykłady i zajęcia laboratoryjne z tego zakresu na Politechnice Rzeszowskiej.



e-mail: jp@prz.edu.pl

Streszczenie

Pomiar charakterystyk badanego obiektu wymaga przeprowadzenia czynnego eksperymentu pomiarowego. Automatyzacja pomiarów wiąże się z koniecznością implementacji algorytmu realizującego proces sterowania eksperymentem. W artykule zostały przedstawione przykładowe aplikacje obrazujące różne zagadnienia występujące przy sterowaniu procesem pomiarowym.

Słowa kluczowe: automatyzacja pomiarów, pomiar charakterystyk.

Software in a microcomputer system for measurements of characteristics

Abstract

A measurement of the investigated object characteristics requires the realisation of an active measuring experiment. The automation of measurements is connected with the necessity of implementing the algorithm controlling activation signals, measurements, computations and presentation of the results. Two exemplary applications illustrating the most important problems connected with the control of such experiments are presented in the paper.

Keywords: automation of measurement, measurement of characteristics.

1. Wstęp

Zadanie pomiarowe, którego celem jest uzyskanie charakterystyki badanego obiektu, wiąże się z wykonaniem i analizą wielu wyników pojedynczych pomiarów. Często uzyskanie poprawnej charakterystyki zależy nie tylko od parametrów metrologicznych zastosowanych narzędzi pomiarowych ale także od sposobu sterowania przebiegiem eksperymentu pomiarowego.

Automatyczne sterowanie procesem pomiarowym i rejestracja wyników pomiarów pozwala na znaczne zwiększenie szybkości próbkowania, a więc skrócenie całego pomiaru jednak wiąże się z koniecznością uwzględnienia dodatkowych zagadnień związanych z dynamiką procesu, które mogą być niezauważalne lub mogą być z łatwością kompensowane jeśli procesem pomiarowym steruje człowiek. W obecnym stanie rozwoju techniki istnieje wiele możliwości realizacji systemu pomiarowego zarówno poprzez wykorzystanie dedykowanego urządzenia pomiarowego jak i przy wykorzystaniu elementów bardziej uniwersalnych [1, 2]. W prezentowanej pracy zostaną przedstawione koncepcje rozwiązań z wykorzystaniem mikrokomputera wyposażonego w kartę pomiarową. W systemach pomiarowych realizowane funkcje oraz właściwości funkcjonalne i częściowo metrologiczne zależą w znacznym stopniu od zastosowanego oprogramowania. Niezależnie od rodzaju charakterystyki występują pewne wspólne zagadnienia co stanowi temat rozdziału 2.

Oprogramowanie systemu pomiarowego może być realizowane z wykorzystaniem typowych systemów do tworzenia oprogramo-

wania dla komputerów personalnych lub dedykowanych systemów takich jak LabView, DasyLab, VEE [1, 2].

Opis dwu aplikacji systemów pomiarowych (rozdz. 3) zrealizowane z wykorzystaniem jednakowego głównego elementu sprzętowego - komputera wyposażonego w kartę pomiarową, posłuży do zobrazowania możliwości elastycznej konfiguracji systemu pomiarowego poprzez oprogramowanie.

2. Sterowanie procesem pomiarowym

W mikrokomputerowym systemie pomiarowym sterowanie urządzeniami i układami jest realizowane przez oprogramowanie komputera. Oczywistym jest, że współczesne komputery charakteryzują się tak dużą mocą obliczeniową, że dla pomiarów większości rodzajów charakterystyk parametry samego komputera nie są istotne dla właściwości systemu pomiarowego.

Układy pomiarowe uczestniczące w procesie pomiaru należy połączyć z centralnym sterownikiem i mogą to być układy zintegrowane ze strukturą komputera (np. karty pomiarowe) lub elementy dołączane poprzez odpowiednie łącze transmisyjne [1, 2].

Niezależnie jednak od zastosowanej struktury sprzętowej to oprogramowanie komputera określa sposób działania systemu. Podczas realizacji pomiaru charakterystyk zachodzi konieczność sterowania wartościami lub przebiegami czasowymi wartości sygnałów wejściowych obiektu badanego. Automatyzacja takiego, czynnego eksperymentu wymaga wprowadzenia odpowiedniego algorytmu, którego zadaniem jest nie tylko generowanie odpowiednich przebiegów – czyli sterowanie elementów wyjściowych kart pomiarowych lub odpowiednich urządzeń, ale także wyzwalanie procesu rejestracji zależnie od zaistniałej sytuacji.

Dla każdego obiektu dynamicznego zmiana wymuszenia powoduje zmianę stanu, przy czym można wyróżnić dwie fazy:

- proces przejściowy,
- nowy stan ustalony.

Wyniki pomiaru uzyskane w czasie trwania procesu przejściowego nie mogą być z reguły wykorzystane do tworzenia charakterystyki. Dla obiektu dynamicznego, który osiąga stan ustalony (z dokładnością wynikającą z wymagania eksperymentu) w czasie τ po zmianie wymuszenia konieczne jest opóźnienie pomiaru o czas $T > \tau$ od chwili zmiany wymuszenia. Ponieważ czas osiągnięcia stanu ustalonego zależy zarówno od dynamiki obiektu jak i od postaci wymuszenia, więc efektywniejszym rozwiązaniem od określenia wartości czasu τ jest zastosowanie detektora stanu ustalonego.

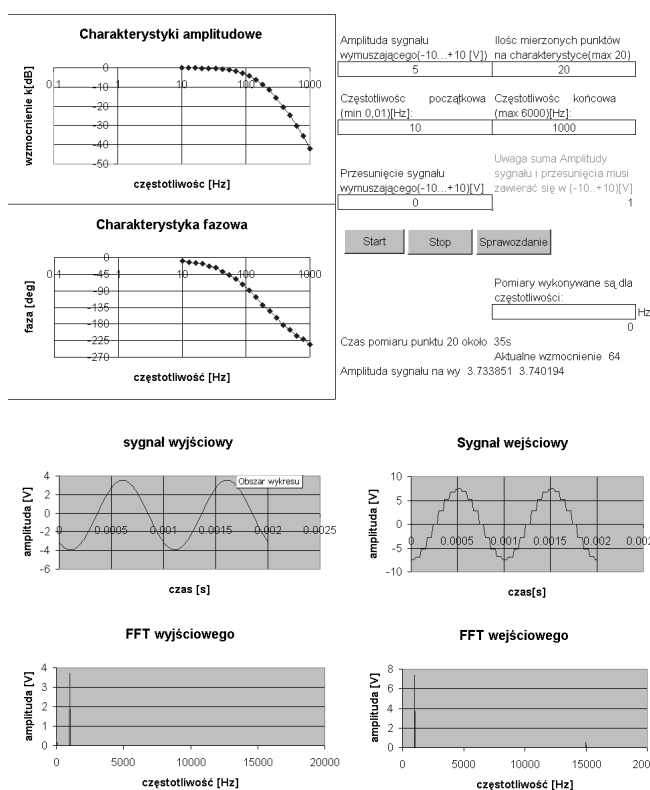
Istnieją takie obiekty, dla których warunkiem poprawnego pomiaru charakterystyk jest utrzymanie stałej wartości pewnego sygnału, który jest pośrednio zależny od sygnałów wymuszających. Jeśli przykładowo

$$X = f(U) \quad (1)$$

opisuje zależność sygnałów wyjściowych $X = [x_1, x_2, x_3]$ od wejściowych $U = [u_1, u_2]$ to charakterystyka $x_1(x_2)$ może być różna w zależności od wartości zmiennej x_3 . Ponieważ funkcja (1) nie jest znana więc określenie wartości sygnału sterującego w kolejnych punktach pomiarowych wymaga zastosowania algorytmu iteracyjnego poszukującego takich sygnałów wejściowych U , aby wartość sygnału x_3 była stała. Dla podanego przykładu sprowadza się to do poszukiwania nowej wartości sygnału u_2 każdorazowo po zmianie wartości sygnału u_1 .

Poza określeniem warunków pomiaru na dokładność odtworzenia charakterystyk wpływają czynniki typowo metrologiczne. Jednym z zakłóceń, którego wpływ można minimalizować programowo, jest szum. Porównując różne typy przetworników analogowo-cyfrowych (A/C) można stwierdzić, że przetworniki

ściach narastających logarymicznie w zadanym zakresie. Sygnał generowany został uformowany jako dyskretna aproksymacja przebiegu sinusoidalnego (na rys. 3 widoczny jest rzeczywisty kształt sygnału). Mierzone są a następnie przetwarzane za pomocą algorytmu FFT [7, 8] zarówno sygnał wyjściowy z obiektu jak i sygnał wymuszający. Następnie wyliczane są wartości amplitudy i fazy sygnałów częstotliwości podstawowej. Taki sposób pomiaru eliminuje wpływ zakłóceń harmonicznnych powstających w wyniku zastosowanego kształtu sygnału wymuszającego oraz zakłóceń o częstotliwościach odległych od częstotliwości podstawowej. Ze względu na wykorzystanie jednego przetwornika A/C wyniki pomiarów są przesunięte w czasie o 5 μ s. Prosta korekcja fazy pozwoliła na wyeliminowanie wpływu tego efektu.



Rys. 3. Aplikacja do pomiaru charakterystyk częstotliwościowych
Fig. 3. Application for measurement of frequency characteristics

Istotnym problemem, który występuje gdy iloraz częstotliwości próbkowania i częstotliwości sygnału nie jest całkowity jest efekt rozmywania się energii sygnału wokół częstotliwości podstawowej oraz równoczesne zakłócenie fazy sygnału. Zastosowane rozwiązanie eliminujące ten problem polega na uzależnieniu częstotliwości próbkowania i częstotliwości sygnału tak, aby częstotliwość próbkowania była całkowitą wielokrotnością częstotliwości sygnału. Rozwiązanie to jest bardziej efektywne niż wspomniane w [8] metody wydłużenia okresu pomiaru oraz wykorzystania okien kształtujących.

W tym systemie, ze względu na specyfikę charakterystyk częstotliwościowych, konieczne jest uzyskanie dużego zakresu dynamicznego dla pomiarów sygnału wyjściowego. Wykorzystanie wzmacniacza programowanego karty pomiarowej (zakres wzmocnień 1-64 [5]) częściowo rozwiązuje to zadanie pozwalając na pomiar w zakresach od 10V do 156mV. W efekcie zakres pomiarowy wzmocnień obiektu wynosi od 0 do -60dB [4]. Dalsze zwiększenie zakresu wymaga wprowadzenia dodatkowego wzmacniacza sterowanego.

Istotnym w tym pomiarze jest problem stanów przejściowych. Dla wolno reagujących obiektów, jak filtry dolnoprzepustowe

o małej częstotliwości odcięcia, ustalenie się sygnału wyjściowego następuje po stosunkowo długim okresie czasu, a więc w tym układzie konieczna jest detekcja stanu ustalonego. Algorytm detekcji stanu ustalonego polega na porównaniu amplitud wyliczonych w dwu kolejnych okresach próbkowania (każdy to 2048 pomiarów). Jeśli wartości te są większe od wartości ustalonej jako 0.1% zakresu, oraz względna różnica między nimi jest mniejsza niż wartość progowa to wynik traktowany jest jako poprawny. Jeśli tak nie jest to wtedy wykonywany jest kolejny cykl pomiarowy.

Wykorzystując mechanizm OLE zrealizowano funkcję (przy-cisk **Sprawozdanie**) generowania formularza (rys. 4) raportu zawierającego wyniki pomiarów w postaci wykresu oraz tabeli wyników oraz pola edycyjne (szare) umożliwiające opisanie eksperymentu.

Wykonawcy:
Badany obiekt:
Uwagi:
Badania przeprowadzono przy parametrach:
Amplituda sygnału wymuszającego: 5 [V]
Składowa stała sygnału wymuszającego: 0 [V]
Zakres częstotliwości pomiaru: 10 - 1000 [Hz]

1. Tabela z wynikami przeprowadzonego badania.

częstotliwość [Hz]	wzmocnienie [dB]	faza [deg]
10,00	-0,06	-9,84
12,74	-0,09	-11,83
16,24	-0,13	-14,56
20,69	-0,21	-16,95
26,37	-0,33	-23,79
33,60	-0,50	-27,93

Rys. 4. Fragment raportu z pomiarów charakterystyki częstotliwościowej
Fig. 4. Excerpt from the frequency characteristic report

4. Wnioski

W referacie zaprezentowano rozwiązania systemów pomiarowych przeznaczonych do pomiaru charakterystyk statycznych i charakterystyk częstotliwościowych. Realizacja różnych zadań pomiarowych z wykorzystaniem komputera wyposażonego w kartę pomiarową była możliwa dzięki temu, że funkcje, jakie realizuje, zależą od zastosowanego oprogramowania.

5. Literatura

- [1] P. Lesiak, D. Świsulski, Komputerowa technika pomiarowa w przykładach, Agenda Wydawnicza PAK, Warszawa 2002
- [2] W. Nawrocki, Rozproszone systemy pomiarowe, WKŁ, Warszawa 2006
- [3] P. Rzucidło, Uniwersalny mikrokomputerowy system pomiarowy, Praca dyplomowa, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechnika Rzeszowska, 2001
- [4] A. Pawlak, Mikrokomputerowe stanowisko badawcze do wyznaczania charakterystyk częstotliwościowych, Praca dyplomowa, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechnika Rzeszowska, 2003
- [5] www.iotech.com
- [6] K. Chłędowska, J. Grzybowski, J. Pieniążek, Modernizacja zmiennoprądowego spektrometru ciepła właściwego, Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Seria Matematyka i Fizyka, z. 7, str. 23-34, 1998
- [7] Z. Fortuna, B. Macukow, J. Wąsowski, Metody numeryczne, WNT Warszawa 1998
- [8] J. G. Webster, The measurement Instrumentation and Sensors - Handbook, CRC Press, 1999