ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2002
Seria: ELEKTRYKA z. 181 Nr kol.1540

Roman ŻURKOWSKI, Krzysztof KONOPKA
Instytut Metrologii i Automatyki Elektrotechnicznej
Politechnika Śląska

STANOWISKO POMIAROWE DO IDENTYFIKACJI ŹRÓDEŁ BŁĘDÓW PRZETWARZANIA PRÓBKUJĄCEGO

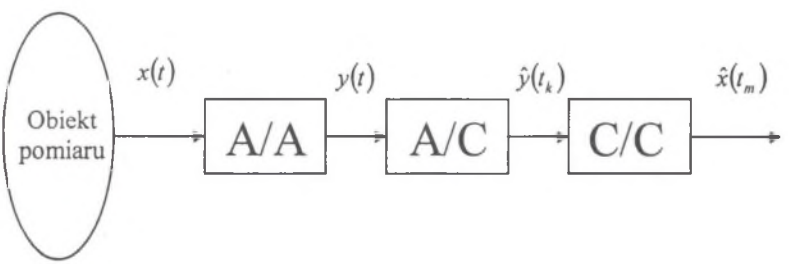
Streszczenie. Przetwarzanie próbkujące jest jedną z metod pozyskiwania danych pomiarowych w systemach pomiarowo - sterujących. W niniejszym artykule przedstawiono stanowisko pomiarowe do identyfikacji źródeł błędów w torze przetwarzania analogowo - cyfrowego przetwornika próbkującego, czyli wyznaczane są błędy wprowadzane przez wzmacniacz pomiarowy oraz przetwornik analogowo - cyfrowy. Wyniki pomiarów stanowią podstawę obliczania niepewności przy użyciu redukcyjnej arytmetyki interwałowej.

MEASURING STAND FOR IDENTIFICATION OF ERROR SOURCES IN SAMPLING CONVERSION

Summary. Sampling conversion is one of methods used to obtain measurement data in measurement and control systems. The paper presents the stand for identification of error sources in processing chain of the sampling converter. There are determined errors of instrumentation amplifier and analog-to-digital converter. The measurement results are the base for calculations of uncertainty using reductive interval arithmetic.

1. WPROWADZENIE

We współczesnej technice pomiarowej podstawowym narzędziem pozyskiwania ciągów danych pomiarowych dla wielkości zmiennych w czasie są przetworniki próbkujące [1]. Mogą to być samodzielne konstrukcje składające się z czujnika, układów przetwarzania analogowo-cyfrowego i mikroprocesora, realizującego przetwarzanie programowe. W ten sam sposób można rozpatrywać również elementy składowe przyrządów i systemów pomiarowych. Przetwornik próbkujący jest przyrządem dostarczającym cyklicznie cyfrowe wyniki pomiaru wartości chwilowych wielkości mierzonej. W przetworniku próbkującym można wyróżnić trzy główne ogniwa przetwarzania przedstawione na rys.1. Zmienna w czasie wielkość charakteryzująca obiekt pomiaru $x(t)$ jest przetwarzana na napięcie przez tor przetwarzania analogowego oznaczonego ogólnie symbolem **A/A**. Wartości napięcia $y(t)$ są mierzone za pomocą przetwornika **A/C**, na którego wyjściu pojawiają się wyniki cyfrowe $\hat{y}(t_k)$. Wyniki te są następnie przetwarzane programowo w bloku **C/C** w taki sposób, aby dane wyjściowe stanowiły wystarczająco dokładne oceny wartości chwilowych wielkości mierzonej $\hat{x}(t_m)$.



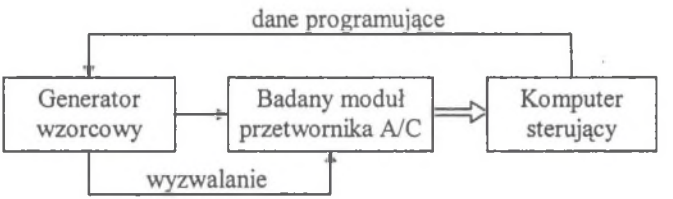
Rys.1. Ogólna struktura przetwornika próbkującego
Fig.1. General structure of the sampling converter

Jak dla każdego przyrządu pomiarowego, również i dla przetwornika próbkującego konieczne jest podanie wartości niepewności wyniku pomiaru otrzymywanego za jego pomocą. Jedna z metod obliczania niepewności przetwarzania próbującego polega na zastosowaniu redukcyjnej arytmetyki interwałowej [2]. W tym celu konieczna jest identyfikacja źródeł błędów, polegająca na wyznaczeniu kształtu ich rozkładów (histogramów błędu).

W niniejszym artykule przedstawiono stanowisko pomiarowe do identyfikacji źródeł błędów w torze przetwarzania próbkującego. W szczególności identyfikowane są błędy przetwarzania analogowo - cyfrowego, czyli błędy wprowadzane przez wzmacniacz pomiarowy oraz przetwornik analogowo - cyfrowy.

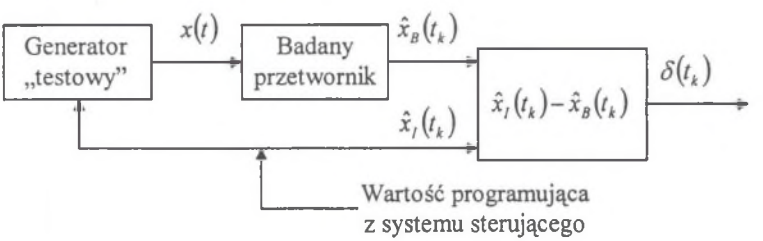
2. KONCEPCJA WYKONYWANIA POMIARÓW

Jak wspomniano wcześniej, identyfikacja źródeł błędów opiera się na poznaniu ich rozkładów uzyskiwanych w praktyce w postaci histogramów. W celu uzyskania histogramu błędów wyników pomiarów wykonanych przy użyciu przetwornika pomiarowego konieczne jest zbudowanie odpowiedniego stanowiska pomiarowego. Jedną z możliwych struktur takiego stanowiska przedstawia rys.2.



Rys.2. Przykładowa struktura stanowiska do identyfikacji źródeł błędów
Fig.2. Exemplary structure of the stand for identification of error sources

Źródłem sygnału „testowego" jest generator wzorcowy dostarczający w sposób ciągły napięcie na wejście modułu pomiarowego. Dzięki jego zastosowaniu możliwe jest wyznaczenie błędu wprowadzanego przez przetwornik, ponieważ znana jest wartość napięcia wejściowego w chwili t_k wykonania pomiaru przetwornikiem analogowo - cyfrowym. Na rys.3. przedstawiono sposób obliczania wartości błędu dla pojedynczego słowa sterującego wpisanego do generatora.



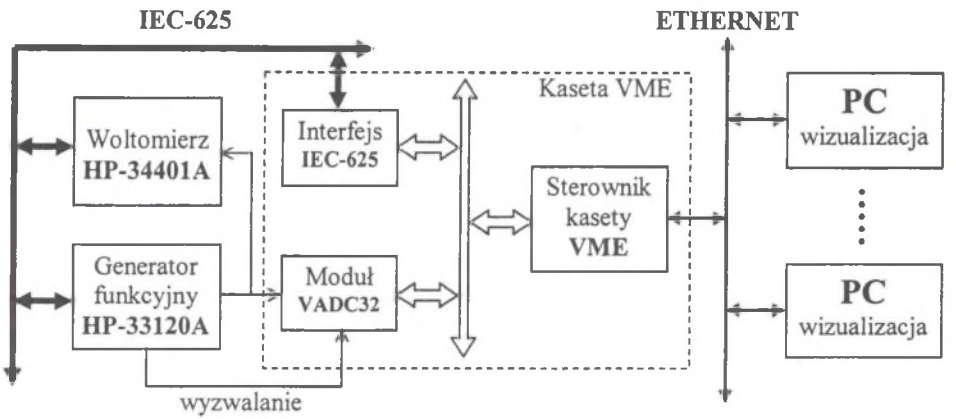
Rys.3. Idea wyznaczania wartości błędu
Fig.3. The idea of error value determining

Zakładając, że generator wytwarza napięcie o przebiegu okresowym, można poprzez zmianę chwili generowania impulsu wyzwalającego zgromadzić wartości błędów dla całego okresu. Dysponując wieloma wartościami błędów $\delta(t_k)$ można, stosując obróbkę statystyczną, uzyskać ich rozkład w postaci histogramu.

3. OPIS STANOWISKA POMIAROWEGO

Zgodnie z przedstawioną koncepcją zbudowane zostało stanowisko pomiarowe, którego schemat blokowy przestawia rys.4. W skład stanowiska wchodzą:

- komputer(y) klasy IBM-PC z systemem operacyjnym czasu rzeczywistego QNX,
- kaseta VME z systemem QNX,
- karta interfejsu IEC-625,
- moduł przetwornika VADC32,
- generator funkcyjny HP-33120A [3],
- woltomierz HP-34401A [3].



Rys.4. Stanowisko pomiarowe do identyfikacji błędów
Fig.4. Measurement stand for error identification

Karta przetwornika analogowo - cyfrowego VADC32 podłączona do magistrali VME stanowi obiekt pomiaru. Zastosowany jest w niej przetwornik analogowo - cyfrowy o rozdzielczości 12 bitów. Na karcie umieszczony jest również wzmacniacz pomiarowy o regulowanym wzmocnieniu. Wzmocnienie można zmieniać w zakresie od 1 do 100 w sposób sprzętowy (rezystorem) oraz programowy przez wybór jednego z dostępnych współczynników (1,2,4,8,16). Dla wzmocnienia G=1 napięcie wejściowe może zmieniać się w zakresie +5V, +10V, ±5V lub ±10V. Przetwornik ma wejście zewnętrznego startu konwersji.

Generator funkcyjny może dostarczać zarówno napięć stałych, jak i zmiennych. Napięcie na wyjściu generatora może zmieniać się zgodnie z wcześniej wprowadzonymi wartościami. Możliwe jest wprowadzenie maksymalnie 16 tysięcy próbek na 1 okres przebiegu napięcia wyjściowego. Generator dostarcza również sygnał startu konwersji, w

chwili gdy na jego wyjście podawane jest napięcie odpowiadające pierwszej wprowadzonej próbce.

Woltomierz zastosowany w stanowisku służy do wzorcowania napięcia podawanego na wejście modułu przetwornika analogowo - cyfrowego z generatora. Jest ono konieczne ze względu na małą rozdzielczość przetwornika cyfrowo - analogowego w zastosowanym generatorze. Wzorcowanie polega na pomiarze napięcia na wyjściu generatora dla wszystkich możliwych słów sterujących i jest powtarzane przed każdą serią pomiarów. Po wykonaniu wzorcowania woltomierz nie jest używany.

Cały system pomiarowy pracuje pod kontrolą aplikacji napisanej dla systemu QNX. Sterownik kasety VME pod kontrolą systemu QNX steruje całym 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 służą jedynie do wizualizacji wyników pomiarów.

4. REALIZACJA POMIARÓW

Aby jednoznacznie zidentyfikować błędy, należy dążyć do sytuacji, w której dominuje jeden błąd, czyli jego wartości są znacznie większe od innych. Do dyspozycji jest kilka parametrów, których zmiany pozwalają na wzmocnienie oddziaływania wybranych źródeł błędów przy jednoczesnym ograniczeniu innych. Parametrami tymi są:

1) częstotliwość sygnału z generatora,
2) amplituda sygnału oraz wzmocnienie sygnału w module przetwornika,
3) czas pomiaru.

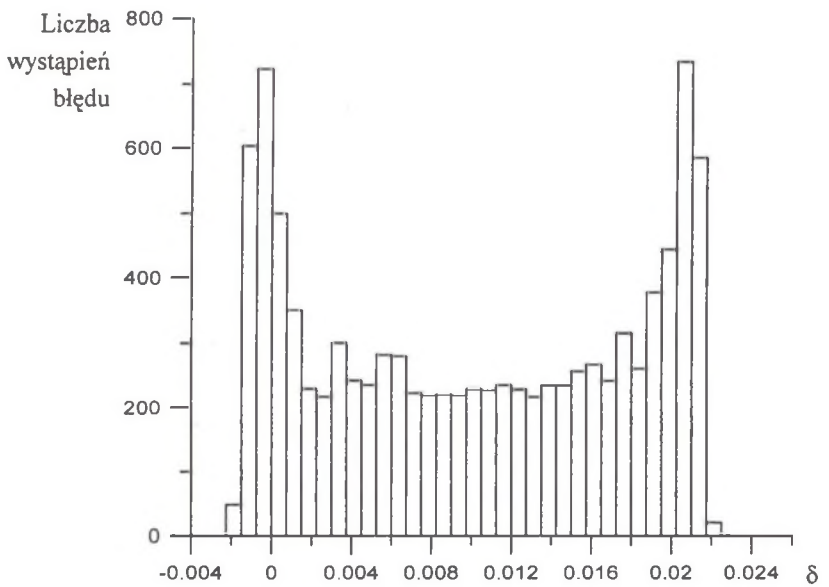
Poniżej przedstawiono kilka zasad wyboru parametrów w zależności od źródła błędów, które podlega identyfikacji.

1. W celu identyfikacji błędu dynamicznego należy na wejście przetwornika podać napięcie zmienne. Im większa będzie częstotliwość tego napięcia, tym większy będzie błąd dynamiczny. W celu ograniczenia wpływu innych błędów należy w tym przypadku wybrać minimalne wzmocnienie i dużą amplitudę sygnału.
2. W przypadku szumów wzmacniacza najkorzystniejsze jest podanie na wejście przetwornika napięcia stałego i ustawienie maksymalnego wzmocnienia.
3. Dla dryftu istotnym parametrem jest czas pomiaru. Musi on być dostatecznie długi, aby można go było zidentyfikować. Dla krótkich czasów dryft objawia się jak błąd zerowania.
4. Błąd kwantowania objawi się przy małych amplitudach sygnału na wejściu przetwornika, przy ustawionym małym wzmocnieniu (małe szumy wzmacniacza).

Poszczególne zasady wynikają z fizycznych właściwości przetwornika i zgodnie z nimi można tworzyć wiele innych reguł dotyczących innych czynników mających wpływ na dokładność pomiaru.

W celu zilustrowania sposobu wykorzystania zasad wyboru parametrów dokonano próby identyfikacji błędu dynamicznego wprowadzanego przez moduł przetwornika analogowo-cyfrowego. Na rys.5. przedstawiono histogram otrzymany ze stanowiska pomiarowego przy następujących parametrach:

- częstotliwość sygnału z generatora f = 1 kHz,
- ilość próbek na okres k = 10000,
- wzmocnienie G = 1,
- amplituda sygnału U = 5 V.



Rys.5. Przykładowy histogram błędu
Fig.5. Exemplary error histogram

Kształt uzyskanego przykładowego rozkładu błędów jest charakterystyczny dla błędu dynamicznego przy sygnale sinusoidalnym. Z histogramu odczytać można również przesunięcie zera napięcia na wejściu przetwornika, które objawia się przesunięciem histogramu w kierunku dodatnich wartości błędów. Wartość błędu dynamicznego można określić na podstawie szerokości histogramu.

5. UWAGI KOŃCOWE

Wykorzystując zaprezentowane stanowisko pomiarowe można wyznaczać wszystkie rodzaje błędów w przetworniku (statyczne, dynamiczne i losowe). W celu poprawnej interpretacji wyników konieczne jest doprowadzenie do sytuacji, w której dany rodzaj błędu jest dominujący lub występuje ich niezależność. Identyfikacji błędu dynamicznego należy dokonywać przy małej wartości błędu losowego (kwantowania), nie ma natomiast znaczenia błąd statyczny (przesunięcie zera) wzmacniacza i przetwornika analogowo - cyfrowego.

W dotychczasowych badaniach pominięto przetwarzanie programowe. Ponieważ przetwornik podłączony jest do komputera, możliwa będzie implementacja jednego z algorytmów odtwarzania i tym samym weryfikacja metody wyznaczania niepewności całkowitej za pomocą redukcyjnej arytmetyki interwałowej. Polegać ona będzie na obliczeniu wartości niepewności, a następnie, po uzyskaniu rozkładów błędu w systemie pomiarowym, wyznaczeniu niepewności na podstawie parametrów zbioru wartości błędu.

LITERATURA

1. Jakubiec J., Roj J.: Pomiarowe przetwarzanie próbkujące. Podręcznik Akademicki, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2000.
2. Jakubiec J.: Redukcyjna arytmetyka interwałowa w zastosowaniu do wyznaczania niepewności algorytmów przetwarzania danych pomiarowych. Application of Reductive Interval Arithmetic to Uncertainty Evaluation of Measurement Data Processing Algorithms. Monografia. Wydawnictwo Pol. Śl., Gliwice 2002.
3. Test & Measurement, Dokumentacja firmy Agilent Technologies 2001.

Recenzent: Dr hab. inż. Waldemar Minkina, prof. Politechniki Częstochowskiej
Wpłynęło do Redakcji dnia 1 grudnia 2001

Abstract

In control and measuring systems sampling conversion is used to collect measuring data. Fig.1. presents general structure of sampling converter. Reductive interval arithmetic is one of the methods used to calculate an uncertainty in a processing chain. Identification of error sources for the purpose of uncertainty calculation using this arithmetic is necessary. Fig.2. presents exemplary structure of the stand to identify the erors. Fig.3. presents the idea of error value determining. The stand is built basing on VME bus cage. VME Industrial computer with QNX operating system controls the whole measurement process. A function generator and a voltmeter are connected to the system by IEC-625 interface. The voltmeter is used for calibration. The tested sampling converter card is connected directly to a card cage. In Fig.4. the block diagram of measuring stand is presented. Influence of particular error sources can be amplified with changing amplitude and frequency of the input signal, amplification of tested module, and changing the measurement time. Measurement results are presented as histograms what facilitates interpretation. Exemplary error histogram is presented on fig.5.