

Piotr WARDA
Politechnika Lubelska
Wydział Elektrotechniki i Informatyki
Katedra Automatyki i Metrologii

ZASTOSOWANIE LABVIEW DO REALIZACJI ALGORYTMU WAGOWEJ SYNCHRONIZACJI DANYCH POMIAROWYCH

Artykuł prezentuje ideę i implementację algorytmu wagowej synchronizacji danych reprezentujących przebiegi testowy i odtworzony. Zsynchronizowane przebiegi dają możliwość porównania wartości chwilowych, oceny różnic i wyznaczenia eksperymentalnego błędu przetwarzania informacji w systemie. Do realizacji wykorzystano środowisko LabVIEW. Przedstawiono algorytm pracy aplikacji, zamieszczono przykładowe wyniki pracy.

USING OF LABVIEW FOR REALIZATION THE WEIGHTED CHANGE ALGORITHM OF PHASE AT SYNCHRONIZATION OF MEASURING DATA

The article presents the idea and implementation of an algorithm for weighted synchronization of data representing test and measured signal. Synchronized waveforms give the opportunity to compare instantaneous values, evaluate differences and determine an experimental error in information processing in the system. The LabVIEW environment was used for implementation. The application algorithm and examples of work results are presented.

1. WSTĘP

Porównanie przebiegu testowego i odtworzonego z danych z systemu pomiarowego to zagadnienie często spotykane w analizie różnych zjawisk i obiektów fizycznych. W artykule prezentuje się przykład realizacji algorytmu wagowej synchronizacji przebiegów, wykorzystany podczas wyznaczania krzywej błędu przetwarzania w torze pomiarowym z częstotliwościowym nośnikiem informacji zawierającym przetwornik częstotliwość-kod. Przebieg testowy można w nim z zadowalającą precyzją wygenerować wykorzystując generator arbitralny o dużej dokładności. Utrudnieniem jest uzyskiwanie danych w nierównomiernych odstępach czasu [1], co dodatkowo komplikuje porównanie wyników odtworzenia z sygnałem testowym.

2. WPLYW PRZESUNIĘCIA FAZOWEGO NA BŁĄD PRZETWARZANIA

Struktura toru pomiarowego z częstotliwościowym nośnikiem informacji w podstawowym zestawieniu składa się z szeregowo połączonych kolejno [1]: przetwornika wielkości fizycznej w częstotliwość (X/f), przetwornika częstotliwości w kod (f/N) i układu komputera nadrzędnego sterującego procesem pomiaru, przetwarzania i analizy danych pomiarowych, ich wizualizacji i archiwizacji [2]. Wielkość fizyczna $x(t)$ zmienia się w czasie. Do rozważań przyjęto, że $x(t)$ zmienia się zgodnie ze wzorem opisującym przebieg sinusoidalny:

$$x(t) = X_0 + X_m \sin(\omega t), \quad (1)$$

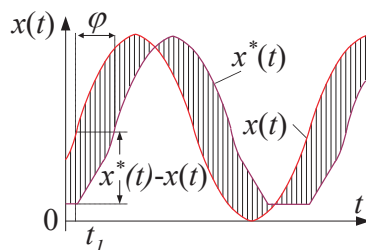
gdzie: X_0 – składowa stała przebiegu, X_m amplituda przebiegu, ω - pulsacja przebiegu.

W idealnym przypadku po odtworzeniu w komputerze nadrzędnym powinno się uzyskać przebieg:

$$x^*(t) = X_0 + X_m \sin(\omega t + \varphi). \quad (2)$$

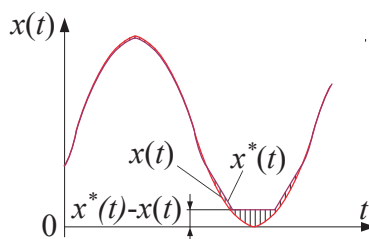
Niestety przebieg ten po odtworzeniu będzie przesunięty w fazie względem przebiegu zadanego na wejście przetwornika X/f . Relacja pomiędzy przebiegami, po uwzględnieniu błędu uśredniania zniekształcającego przebieg dla małych wartości $x(t)$ [3] została pokazana na rysunku 1. Przestrzeń

między wykresami zaznaczono w celu zobrazowania różnicy pomiędzy wartościami chwilowymi przebiegów dla kolejnych chwil czasowych.



Rys.1. Przykładowa relacja pomiędzy przebiegiem wejściowym $x(t)$ i odtworzonym $x^*(t)$
Fig. 1 Example relation between of the input signal $x(t)$ and the reconstructed signal $x^*(t)$

Na rysunku 2 pokazano, jak wygląda relacja pomiędzy przebiegami po eliminacji przesunięcia fazowego. Widać, że różnice są zdecydowanie mniejsze i reprezentują błąd wprowadzany podczas przetwarzania w systemie pomiarowym. Stąd w rozważaniach, w których nie jest istotne przesunięcie fazowe, w dokładnej analizie błędu przetwarzania należy przesunięcie wyeliminować.



Rys.2. Prezentacja przebiegów $x(t)$ i $x^*(t)$ po synchronizacji
Fig. 2. Presentation of $x(t)$ and $x^*(t)$ signals after synchronization

3. ALGORYTM WAGOWY

Przebieg testowy można dość precyzyjnie wygenerować z użyciem programowalnego generatora o zadowalających i znanych parametrach. Wartość chwilową przebiegu dla dowolnej chwili czasowej można wyliczyć z zależności matematycznej. Do rozwiązania pozostaje zagadnienie, jak porównać wytworzony przebieg z odtworzonym z zestawu nieregularnie w czasie zebranego zestawu danych?

Jednym z rozwiązań może być eliminacja przesunięcia fazowego poprzez porównanie wyliczonej wartości przebiegu testowego dla chwil czasowych, w których zostały umieszczone odtworzone wartości przebiegu $x^*(t)$ i wyliczyć różnicę reprezentującą eksperymentalny błąd przetwarzania informacji w badanym systemie pomiarowym:

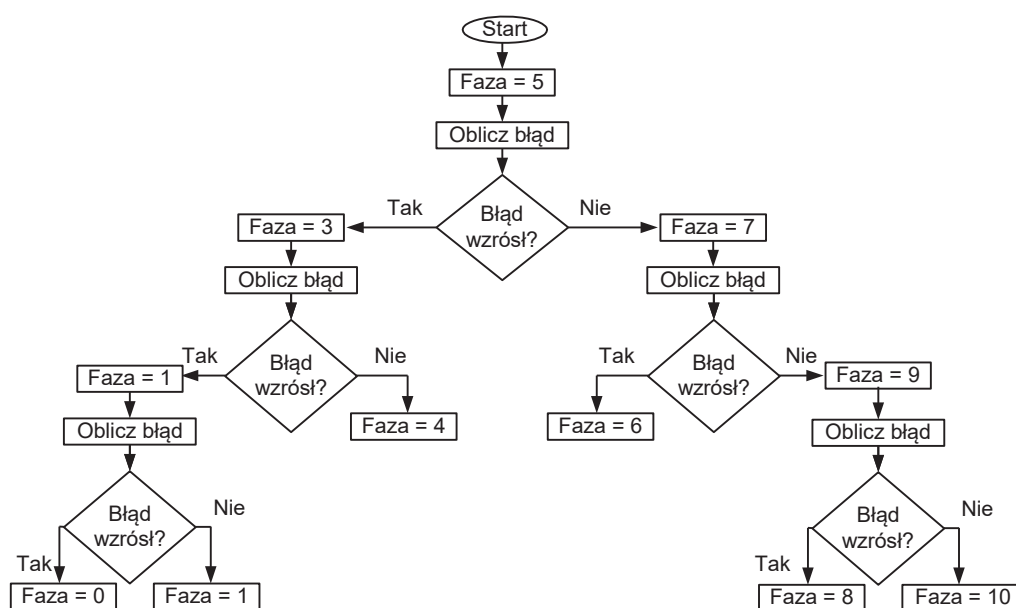
$$\Delta(t) = x^*(t) - x(t) \quad (3)$$

. Zmiana fazy pomiędzy przebiegami, aż do uzyskania minimum maksymalnej różnicy pomiędzy wartościami chwilowymi dla całego zestawu danych reprezentującego przebieg odtworzony pozwala uznać, że przebiegi zostały zsynchronizowane i powstała krzywa błędu reprezentuje rzeczywisty przebieg błędu przetwarzania.

Pewnym problemem z praktycznego punktu widzenia jest szybkość porównania przebiegu zadanego z odtworzonym. Można dobierać fazę zmieniając kolejne cyfry w liczbie reprezentującej przesunięcie fazowe. Nie jest to rozwiązanie optymalne. Wymaga od komputera dość czasochłonných obliczeń. Z praktycznych prób wynika, że do oceny błędu przetwarzania reprezentacja fazy powinna mieć minimum 5-6 cyfr znaczących. Przy niewielkiej liczbie zestawu odtworzonych wartości synchronizacja jest realizowana stosunkowo szybko. O wiele większym problemem jest eliminacja

przesunięcia w przypadku przebiegu reprezentowanego przez dużą liczbę wartości liczbowych. Dla przykładu, badanie dokładności przetwarzania przebiegu opisanego zestawem miliona wartości liczbowych trwało około 12 godzin przy zastosowaniu komputera z procesorem Intel i5-6300U taktowanym zegarem 2,4GHz i 8GB RAM.

Przy zmianie każdej pozycji dziesiętnej z krokiem 1 należy dla każdego miejsca dziesiętnego wykonać dziesięć przetworzeń całego zestawu danych. Dla sześciu cyfr będzie wymagane przeliczenie sześćdziesięciokrotne. W celu przyspieszenia procesu synchronizacji powstała autorska idea nowej, wagowej zmiany przesunięcia. Dobór współczynników odbywa się wówczas poprzez zestawianie liczb reprezentujących dane miejsce dziesiętne podobnie jak odważniki na wadze. Kolejność zmian dla pojedynczego miejsca dziesiętnego w liczbie reprezentującej przesunięcie fazowe i możliwe warianty doboru liczb pokazuje algorytm na rysunku 3. Jak widać każde miejsce dziesiętne będzie analizowane w maksymalnie czterech krokach zamiast dziesięciu przy analizie z krokiem 1.

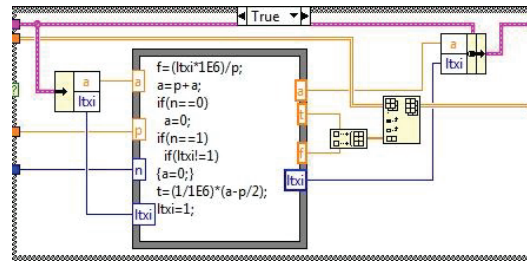


Rys. 3. Schemat blokowy algorytm wagowej zmiany fazy na pojedynczym miejscu dziesiętnym

Fig. 3. Block diagram of algorithm for weighted phase change on a single decimal position

4. APLIKACJA

Ze względu na szerokie możliwości tworzenia zaawansowanego oprogramowania, kontroli pracy aplikacji i prezentacji wyników, do realizacji programu wybrano środowisko programistyczne LabVIEW. Biorąc pod uwagę sposób przetwarzania danych za właściwe uznano zastosowanie szablonu maszyny stanów. Jej zadanie to realizacja kolejnych działań, odczyt danych pomiarowych, iteracyjna redukcja fazy i prezentacja wyników. Na rysunku 4 pokazano fragment diagramu realizujący wyliczenie kolejnych wartości częstotliwości odpowiadających wejściowym wartościom liczbowym odczytanym z przetwornika f/N . Jest to czynność wstępna przed porównaniem z wartościami wyliczonymi z parametrów zadanych generatorowi sygnału testowego.

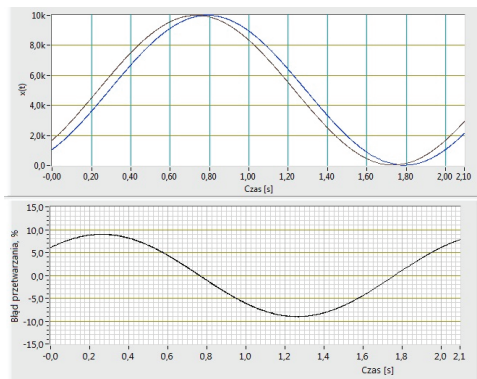


Rys.4. Fragment diagramu wyliczający częstotliwość sygnału wyjściowego z przetwornika X/f

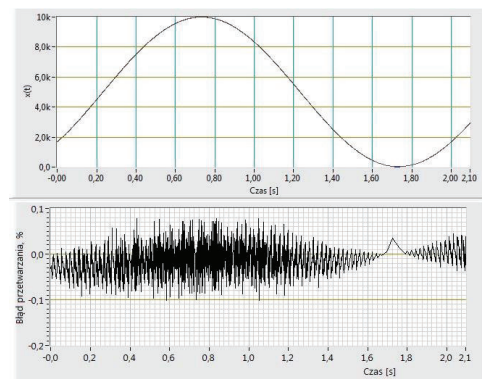
Fig. 4. Fragment of the block diagram calculating the frequency of the output signal from the X/f converter

Rysunek 5 pokazuje fragment panelu aplikacji prezentujący wskaźniki graficzne przebiegów zadanego i odtworzonego w części górnej i względną różnicę przebiegów w części dolnej. Na rys. 5a pokazano przykładowy widok przebiegów w trakcie eliminacji przesunięcia fazowego. Czarny to przebieg wejściowy wytworzony w generadorze. Parametry przebiegu: amplituda 2500 Hz, składowa stała 2520 Hz i częstotliwość przebiegu $x(t)$ 1 Hz. Niebieski to przebieg odtworzony. Widać dużą wartość błędu przetwarzania. Rysunek 5b pokazuje efekt eliminacji fazy. Jest na nim widoczny wpływ błędu kwantowania w pomiarze dużych wartości częstotliwości reprezentujących wielkości fizyczną $x(t)$ i wpływ błędu uśredniania mierzonych częstotliwości dla małych wartości tej wielkości.

a)



b)

Rys.5. Przykładowe wyniki pracy aplikacji, a – widok przebiegów w trakcie redukcji fazy, b – przebiegi po redukcji
Fig.5. Sample results of application work, a - view of waveforms during phase reduction, b - waveforms after reduction

5. PODSUMOWANIE

Opracowane oprogramowanie potwierdziło swoją przydatność. Prezentacja graficzna błędów przetwarzania w badanym układzie przy każdym, poddanym w analizie obliczeniowej, przesunięciu fazowym pozwala na bieżąco oceniać zaawansowanie procesu synchronizacji. Rozwiązanie jest niewątpliwie przydatne w pracach metrologicznych nad doskonaleniem systemów pomiarowych. Przyspieszenie pracy aplikacji po zastosowaniu algorytmu wagowej zmiany przesunięcia fazowego pozwala na efektywniejsze przeprowadzenie badań.

LITERATURA

1. Shpak N.O., Kirianaki N.V., Yurish S.Y., and Deynega V.P., Data acquisition and signal processing for smart sensors, Baffins Lane: John Wiley & Sons, Ltd, 2001.
2. Świsulski D., Pawłowski E., Dorozhovets M., Digital Processing of Frequency-Pulse Signal in Measurement System, Analysis and Simulation of Electrical and Computer Systems, Springer, Cham, 2018.
3. Warda P., Error of conversion of “physical quantity-to-frequency” converter output signal, Proceedings of SPIE, 2016