

Streszczenie

W niniejszej monografii przedstawiono, opracowane przez autora, algorytmy estymacji parametrów sygnałów sinusoidalnych (tj. częstotliwości, amplitudy i fazy) oraz tłumionych sygnałów sinusoidalnych (tj. częstotliwości, tłumienia amplitudy i fazy) na podstawie ich dyskretnych reprezentacji. Wszystkie algorytmy wykorzystują dyskretne przekształcenia Fouriera (DFT). Przedstawiono również autorską metodę rekurencyjnego obliczania współczynników DFT.

Dla estymacji parametrów sygnałów sinusoidalnych opracowano algorytm interpolowanego DFT (IpDFT) umożliwiający analizę sygnału z użyciem dowolnych okien czasowych, a nie tylko okien Rife'a–Vincenta klasy I jak ma to miejsce w klasycznych algorytmach IpDFT. Jako przykład zastosowania metody podano analizę sygnału z optymalnymi oknami Kaisera–Bessela i Dolpha–Czebyszewa. Zaproponowano również podejście optymalizacyjne do problemu estymacji parametrów sygnałów sinusoidalnych, analizowanych z dowolnym oknem czasowym, z uproszczoną funkcją kosztu zdefiniowaną w dziedzinie częstotliwości, która zależy tylko od jednego parametru tj. od częstotliwości sygnału, podczas gdy optymalizacja w dziedzinie czasu wykorzystuje funkcję kosztu zdefiniowaną dla czterech parametrów (tj. częstotliwości, amplitudy, fazy i składowej stałej).

W przypadku tłumionych sygnałów sinusoidalnych wprowadzono pojęcie tłumionego okna czasowego, które następnie wykorzystano do wyprowadzenia analitycznych zależności dla IpDFT z oknami Rife'a–Vincenta klasy I. Usystematyzowano również metody Bertocco i Yoshidy, które zakwalifikowano do, opracowanej przez autora, grupy metod Bertocco–Yoshidy odpowiednio stopnia zerowego i drugiego. Podano również nowe algorytmy stopnia pierwszego i trzeciego grupy metod Bertocco–Yoshidy. Korzystając z pojęcia tłumionego okna czasowego zdefiniowano funkcję kosztu w dziedzinie częstotliwości dla optymalizacyjnej estymacji parametrów tłumionego sygnału sinusoidalnego analizowanego z dowolnym oknem kosinusowym.

Monografia przedstawia również opracowaną przez autora metodę rekurencyjnego obliczania współczynników DFT, która charakteryzuje się jednocześnie stabilnością i dokładnością obliczeń, podczas gdy znane z literatury, stabilne algorytmy rekurencyjnego DFT uzyskują tę własność kosztem dokładności obliczeń.

Monografia zawiera rozbudowaną część badawczą, w której zebrano wyniki symulacji opracowanych algorytmów i porównano je z rozwiązaniami znanymi z literatury. Symulacje te ilustrują korzyści oferowane przez nowe metody.

Całość monografii dopełniają dodatki, w których zebrano, znane z literatury, wiadomości uzupełniające. Podano w nich również implementacje testowanych algorytmów.

Summary

In this monograph we present new algorithms for parameters estimation of sinusoidal signals (i.e. frequency, amplitude and phase) and damped sinusoidal signals (i.e. frequency, damping, amplitude and phase). Proposed algorithms are based on discrete Fourier transform (DFT). We also present new algorithm for recursive DFT computation.

For sinusoidal signals parameters estimation we design new interpolated DFT (IpDFT) algorithm in which the signal may be analyzed with arbitrary time window, whereas well-known IpDFT algorithms are restricted to Rife–Vincent class I windows only. As an example of new method application we consider IpDFT with optimal Kaiser–Bessel and Dolph–Chebyshev windows. We also propose optimization based parameters estimation for sinusoidal signals analyzed with arbitrary time window. We define new cost function in frequency domain dependent only on one variable that is frequency, whereas optimization in time domain requires cost function with four variables (frequency, amplitude, phase and constant value).

In the case of damped sinusoidal signals we introduce the damped time window and use this concept to derive analytic formulas for IpDFT for signals analyzed with Rife–Vincent class I windows. We also propose new formulas that systematize and extend Bertocco and Yoshida methods. Based on the damped window concept we define cost function in frequency domain for optimization based parameters estimation of the damped sinusoidal signal analyzed with arbitrary cosine window.

The monograph also presents new algorithm for recursive DFT computation with the property of simultaneous stability and precision, whereas well-known algorithms sacrifice precision to obtain stability.

The monograph contains significant investigation part in which the results of computer simulations are presented for proposed and well-known methods. Results of those simulations highlight the cases when using proposed methods is fruitful.

The monograph is supplemented with appendices that cover information gathered from literature and also give implementation of considered algorithms.