

Popularnonaukowe streszczenie projektu

Szereg zjawisk w otaczającym nas świecie ma charakter oscylacji wyrażonych w postaci funkcji sinusoidalnej – są to oscylacje mechaniczne, akustyczne, elektryczne i inne, jak np. opisujące ruch wahadła, pojedynczy ton muzyczny, drgania układu rezonansowego. W praktyce najczęściej spotyka się drgania złożone, które są efektem złożenia się wielu oscylacji o charakterze sinusoidalnym. Sygnał wieloczęstotliwościowy (multifrequency signal) jest więc sygnałem złożonym z sumy wielu składowych sinusoidalnych, z których każda charakteryzuje się, w sposób niezależny od pozostałych, trzema parametrami: częstotliwością, amplitudą i fazą. Szczególnym przypadkiem jest np. sygnał okresowy, ale może być też tak, że sygnał nie zawiera żadnego sygnału okresowego, a jedynie sumę wielu sinusoid o dowolnych częstotliwościach, generowanych przez niezależne źródła sygnału. Taki właśnie najogólniej zdefiniowany sygnał jest przedmiotem zainteresowania niniejszego projektu i obejmuje on również szczególne przypadki, jak np. sygnały okresowe.

Potrzeba określania parametrów składowych sinusoidalnych sygnału wieloczęstotliwościowego występuje w wielu dziedzinach techniki – w przetwarzaniu sygnałów dźwiękowych mowy i muzyki (akustyka, przetwarzanie mowy), radarowych i sonarowych (meteorologia, oceanografia), elektrycznych (badanie jakości energii elektrycznej), drgań mechanicznych (mechanika, seismologia), biomedycznych, optycznych (przetwarzanie obrazów), radiowych (radioastronomia), itp. Z oczywistych względów konieczne jest również założenie, że użyteczny sygnał wieloczęstotliwościowy może być skażony zakłóceniami (szumem), jak to ma miejsce zawsze w praktycznych zastosowaniach, a przetwarzanie sygnału odbywa się na drodze jego cyfrowego przetwarzania po uprzednim spróbkowaniu w systemie z przetwornikiem analogowo-cyfrowym (A/C).

Istnieje szereg metod wyznaczania (estymacji) parametrów składowych oscylacji (czyli parametrów sinusoid: częstotliwości, amplitudy i fazy). Jedną z nich jest metoda wyznaczenia widma za pomocą transformaty Fouriera najczęściej szybkim algorytmem FFT (*Fast Fourier Transform*), która musi być często uzupełniona o dodatkowe przetwarzanie uzyskanego widma, aby uzyskać wymaganą w wielu zastosowaniach dokładność estymacji. Jedną z ważnych grup metod tego dodatkowego przetwarzania w dziedzinie częstotliwości są metody interpolacji widma.

Tak rozumiana interpolacja widma DFT jest więc dalszym przetwarzaniem widma (obliczonego najczęściej za pomocą jednego z algorytmów FFT) i najczęściej przy analizie danej oscylacji składowej uwzględnia się niewielką (w stosunku do całego widma) liczbę próbek widma DFT. Pierwsze opisane w literaturze wzory interpolacyjne (rok 1970) poprawiały znacząco wyniki estymacji parametrów składowych oscylacji przy założeniu braku interferencji sąsiednich składowych (*long-range leakage*) kosztem stosunkowo niewielkich nakładów obliczeniowych, co w połączeniu ze stosowaniem algorytmu FFT czyniło całe przetwarzanie szybkim, choć mniej dokładnym od innych metod estymacji parametrów sygnału (w dziedzinie czasu, bądź częstotliwości). Z czasem metody interpolacji stały się dokładniejsze, uwzględniając również przeciek widma od innych składowych oscylacji, ale kosztem bardziej złożonych wzorów, a tym samym zwiększenia ilości koniecznych obliczeń. Ten naturalny trend (większa dokładność kosztem większej ilości obliczeń) jest rekompensowany znaczącym zwiększeniem możliwości obliczeniowych współczesnych narzędzi cyfrowego przetwarzania sygnałów, jak np. procesorów sygnałowych czy technik komputerowych w ogólności. Najbardziej intensywny rozwój metod interpolacji widma to okres ostatniej dekady, ale najważniejszym ich ograniczeniem pozostaje nadal mniejsza dokładność i uzyskiwana rozdzielczość (przy jednoczesnej dużej szybkości estymacji) w stosunku do metod dokładnych, ale wymagających znacząco (o wiele rzędów wielkości) dłuższego czasu obliczeń

Celem niniejszego projektu jest opracowanie nowych metod interpolacji widma istotnie poprawiających dokładność (o kilka rzędów wielkości) i o znacząco wyższej rozdzielczości (do poziomu odpowiadającego czasu trwania pomiaru rzędu ułamka okresu estymowanej składowej sinusoidalnej), i co we wspomnianym nowym nurcie badawczym ostatniej dekady jest elementem istotnie nowym. Podstawą jest tu autorska metodologia, która w dotychczasowych badaniach przynosi znakomite efekty. Uzyskane w projekcie wyniki zostaną przebadane poprzez prace teoretyczne i symulacyjne, a weryfikacja eksperymentalna zostanie przeprowadzona poprzez aplikację w systemie produkcji energii na bazie energii odnawialnej (panele fotowoltaiczne). System taki, sprzężany z siecią energetyczną, ma bardzo wysokie wymagania odnośnie dokładności estymacji parametrów sygnału energetycznego w bardzo krótkim czasie (kilka – kilkanaście milisekund) i jednocześnie wymagany jest niski koszt realizacji, co wymaga stosowania najbardziej wydajnych (i jednocześnie bardzo dokładnych) algorytmów obliczeniowych. Metody interpolacji widma są najlepsze do takich zastosowań, ale kluczowym jest znaczące zwiększenie ich dokładności i rozdzielczości, co jest głównym celem niniejszego projektu.