

Streszczenie

Przedmiotem niniejszej rozprawy doktorskiej jest analiza i korekcja błędów amplitudowo - fazowych wywołanych wibracjami elementów składowych spektrometru fourierowskiego. Podjęcie tego tematu wynikało z potrzeby korekcji danych pomiarowych z Planetarnego Spektrometru Fourierowskiego misji Mars Express, Europejskiej Agencji Kosmicznej (ESA).

Lata 90-te zapoczątkowały szerokie zastosowania spektrometrii fourierowskiej w przestrzeni kosmicznej. Między innymi takie misje jak: Mars 94, Envisat, Mars Express, Phobos Soil oraz: Juno, Bepi Colombo, Aurora wykorzystują spektrometry fourierowskie do badań atmosfery oraz gruntu w przestrzeni poza ziemskiej.

W przestrzeni kosmicznej ze względu na trudne warunki pracy w pomiarach generują się dodatkowe czynniki mające wpływ na sygnał spektrometryczny. Po raz pierwszy problem wpływu wibracji na pomiar pojawił się w czasie trwania misji Envisat (wyniesiona w 2002 roku) w spektrometrze fourierowskim MIPAS i był wywołany niedostatecznym tłumieniem drgań przenoszących się z systemów satelity na instrument pomiarowy. Problem ten w późniejszych latach pojawił się także w czasie trwania misji Mars Express (instrument Planetarny Spektrometr Fourierowski (PFS)). Na skutek występujących na orbicie drgań satelity (mimo zastosowania układów tłumiących), dane uzyskiwane z PFS, zostały zniekształcone (modulowane). Występujące zniekształcenia nie były obserwowane w czasie testów w warunkach laboratoryjnych.

W przestrzeni kosmicznej błędy powstałe na wskutek wibracji wynikają z dwóch podstawowych przyczyn. Pierwsza związana jest z możliwością rozjustowania układów optycznych w czasie startu rakiety. Druga obejmuje błędy występujące w czasie pracy spektrometru na orbicie i związana jest głównie z:

- pracą układów stabilizujących położenie satelity na orbicie,
- panelami słonecznymi, których orientacja względem Słońca może ulegać zmianie w czasie akwizycji danych.

W wyniku opisanych powyżej wymuszeń sygnał pomiarowy jest poddawany modulacji amplitudowo – fazowej. Generowane zniekształcenia sygnału rejestrowanego związane są głównie z drganiami układu próbującego (modulacja amplitudowa i fazowa źródła referencyjnego), drganiami zwierciadła i detektora (modulacja amplitudowa) oraz nieliniowością charakterystyki przenoszenia detektora (intermodulacja).

Biorąc pod uwagę konieczność korekcji danych pochodzących z Planetarnego Spektrometru Fourierowskiego Misji Mars Express oraz powtarzalność przedstawionego problemu w

spektrometrach biorących udział w innych misjach kosmicznych, potrzebne jest rozszerzenie i pogłębienie analizy wpływu wibracji na wynik pomiaru oraz zaproponowanie metody jego korekcji w spektrometrze fourierowskim.

Celem niniejszej pracy jest analiza i korekcja błędów wywołanych wibracjami elementów składowych spektrometru fourierowskiego.

Analizy i rozwiązania przedstawione w rozprawie dotyczyły wpływu i korekcji błędów amplitudowo - fazowych, wywołanych wibracjami instrumentu na pomiar spektrometrem fourierowskim. Złożyły się na nie, rozwiązania teoretyczne, symulacje komputerowe oraz wyniki doświadczalne wpływu błędów amplitudowo - fazowych na pomiar. Przedstawione w rozprawie rozwiązania w sposób kompleksowy opisują całe spektrum wpływu wibracji na sygnał mierzony w spektrometrze fourierowskim w warunkach naziemnych, jak również szczególnie odnoszą się do analizy i korekcji tego typu zniekształceń w przestrzeni kosmicznej.

Jako weryfikacje wykonanych analiz oraz zaproponowanych metod korekcji wykorzystano dane z Planetarnego Spektrometru Fourierowskiego (PFS) Misji Mars Express. Korekcje danych z PFS wykonano za pośrednictwem stworzonej do tego celu przez autora pracy aplikacji. Narzędzie to może być wykorzystywane do korekcji błędów amplitudowo-fazowych danych ze spektrometrów fourierowskich innych misji kosmicznych.

Przedstawione rozważania dowodzą tezy, że: **błędy pomiarów spektrometrem fourierowskim, powstałe na wskutek wibracji instrumentu w przestrzeni kosmicznej, objawiające się jako zniekształcenia amplitudowo – fazowe są programowo korygowane.**

Analizę przeprowadzono dla pojedynczego i ciągłego źródła spektralnego, analizując osobno poszczególne elementy toru pomiarowego.

Praca składa się z 8 rozdziałów. Rozdział 1 stanowi wstęp do pracy. W rozdziale 2 przedstawiono teoretyczne podstawy spektrometrii fourierowskiej. Rozdział 3 zawiera analityczny opis błędów wynikających z działania wibracji na układ pomiarowy spektrometru fourierowskiego. Przedstawiono zniekształcenia fazowe, wpływ nieosiowego ruchu cube - cornera, pozaosiowego położenia detektora jak również zniekształcenia sygnału mierzonego wynikające z modulacji amplitudowo - fazowej sygnału próbującego. Przeprowadzono również rozważania na temat nieliniowych zniekształceń sygnału mierzonego wynikające głównie z nieliniowej pracy detektora.

Rozdział 4 przedstawia opis metod korekcji zniekształconego sygnału detekowanego na skutek wpływu wibracji na tor pomiarowy. W rozdziale przedstawiono oprócz dobrze znanych metod korekcji błędów instrumentalnych również zaproponowane przez autora metody korekcji modulacji amplitudowo - fazowej sygnału próbującego i mierzonego.

Rozdział 5 stanowi rozwinięcie rozdziału 3 i zawiera analizę jakościową wpływu poszczególnych zniekształceń toru pomiarowego na sygnał wzorcowy (pojedyncza linia spektralna oraz widmo ciągłe). Przedstawiono także ocenę jakości wprowadzonych metod korekcji.

Rozdział 6 zawiera opis komputerowego modelu pomiaru. Natomiast rozdział 7 przedstawia weryfikację przedstawionej tezy oraz aplikacyjne zastosowanie przedstawionych w rozdziale 4 metod korekcji sygnału pomiarowego na przykładzie danych pochodzących z Planetarnego Spektrometru Fourierowskiego misji Mars Express.

Rozdział 8 stanowi podsumowanie przedstawionych w rozprawie rozważań.