

УДК 629.7.072.8:681.3

ББК 0541.0-521-04

С.В. Держак, канд. техн. наук, старш. наук. співроб.

Н.В. Білак, асп.

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ДИНАМІКИ БЛОКІВ ДАТЧИКІВ КУТОВИХ ШВИДКОСТЕЙ

Показано ефективність відомого алгоритму ідентифікації багатовимірних динамічних об'єктів. Наведено результати ідентифікації блоку датчиків кутових швидкостей.

На теперішній час, незважаючи на широке застосування для водіння різних типів літальних апаратів (ЛА) засобів супутникової навігації, режими і засоби автономної навігації ЛА зберігають своє важливе значення. Базовим і відповідальним засобом сучасного вирішення задач автономної навігації є безплатформенні інерціальні навігаційні системи (БІНС) аналітичного типу [1]. Оскільки з прогресом техніки постійно підвищуються точнісні вимоги до роботи БІНС, необхідно розробляти нові методи і засоби, що задовольняють сучасні вимоги до автономного польоту. Разом із розробкою методів науково-обґрунтованої (оптимальної) обробки одержаної інформації необхідне удосконалення якості чутливих елементів цих систем.

Бортові вимірювально-обчислювальні комплекси ЛА являють собою складні динамічні керовані системи, що працюють під час руху об'єкта. Для цих систем напрацьований величезний арсенал методів і алгоритмів їхнього аналізу, синтезу, ідентифікації [2], фільтрації, комплексування і т.д. Використовуючи обрані алгоритми і застосовуючи спеціальні випробувальні системи з відомими характеристиками, можна одержати необхідні динамічні моделі бортових вимірювально-обчислювальних комплексів і їхніх перешкод у процесі спеціальної, динамічної атестації бортових вимірювально-обчислювальних комплексів. Для експериментального визначення динамічних моделей систем керування і їхніх основних ланок необхідний опис систем за даними «вхід-вихід». Ідентифікація – це процес визначення різницевого чи диференціального рівняння, інших динамічних характеристик ланок, що описують фізичні явища в системі, відповідно до деяких заздалегідь прийнятих критеріїв.

Мета проведених випробувань – визначення моделі динаміки блоку датчиків як багатовимірного динамічного об'єкта, а також одержання оцінки моделей динаміки вектора його перешкод, зведених до виходу. Результат ідентифікації – одержання оцінок матриць частотних характеристик вимірювача і матриць спектральних щільностей його сигналів і перешкод у динамічних умовах, близьких до умов, що виникають у крейсерському режимі важкого транспортного літака.

Ідентифікація моделей динаміки блоків датчиків кутових швидкостей (БДКШ) – це визначення матриці його передатних функцій за результатами вимірів сигналів «вхід – вихід», а також матриць спектральних і взаємних спектральних щільностей сигналів, що складають вектор перешкод вимірів БДКШ. Розглянемо зручний для практики відомий алгоритм [2] структурної ідентифікації багатовимірного об'єкта і його збурень. Вхідні впливи, що відповідають реальному збуреному польоту, імітувалися за допомогою триступеневого динамічного стенда, пристрою, що імітує збурені кутові рухи ЛА, створеного для випробувань, оцінки стану і діагностики гіроскопічних навігаційних приладів в умовах, близьких до експлуатаційних. При проведенні експерименту вимірюють вхідні і вихідні сигнали (рис. 1).

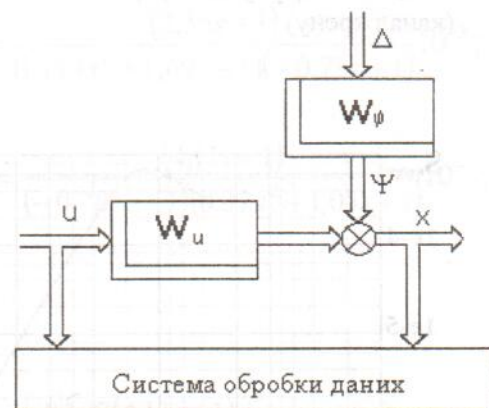


Рис. 1. Структурна схема досліджуваного об'єкта:

w – заміна кутової швидкості руху платформи стенда за час t

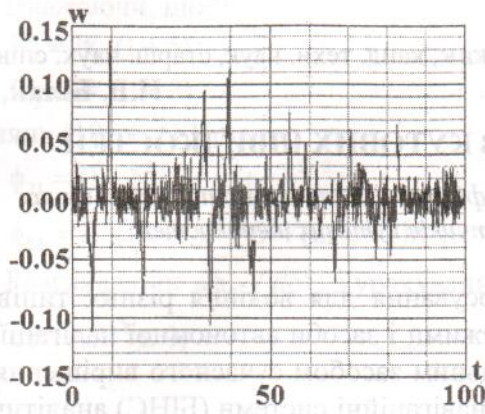


Рис. 2. Осцилограма кутових швидкостей руху платформи стенда (канал крену)

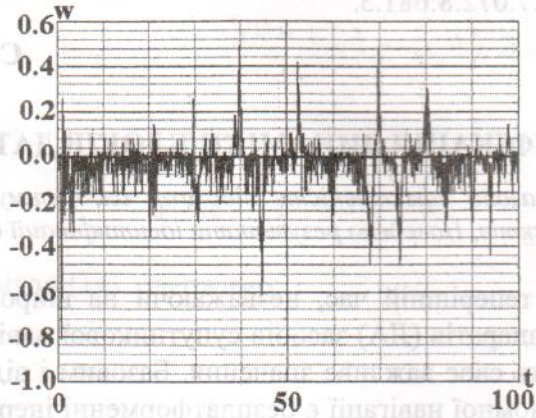


Рис. 3. Вихідний сигнал з датчика кутових швидкостей (канал крену)

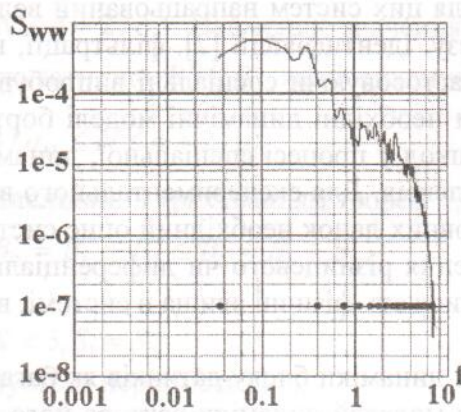


Рис. 4. Спектральна щільність кутових швидкостей руху платформи (канал крену)

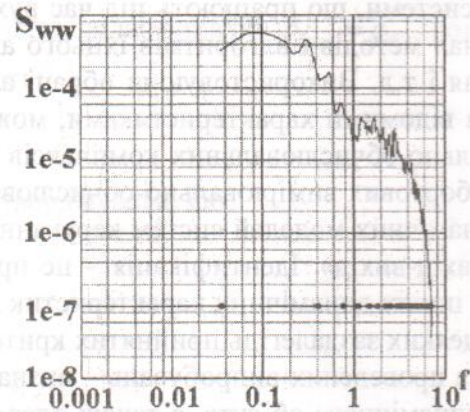


Рис. 5. Спектральна щільність вихідного сигналу з датчика кутових швидкостей (канал крену)

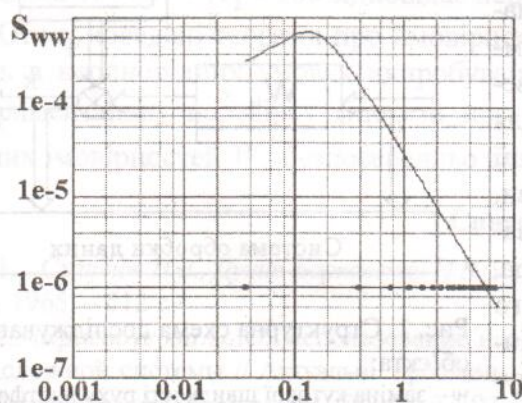


Рис. 6. Результат апроксимації спектральної щільності кутової швидкості руху платформи стенда (канал крену)

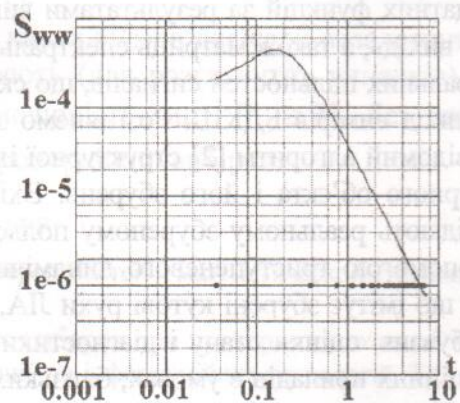


Рис. 7. Результат апроксимації спектральної щільності вихідного сигналу (канал крену)

$$S_{xx} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix};$$

$$a_{11} = \left| \frac{0,419(2,28s+1)}{0,77s^2+1,54s+1} \right|^2 10^{-3}; \quad a_{12} = \frac{(-2,28s+1)}{(0,77s^2+1,54s+1)(1,57s+1)} 10^{-3};$$

$$a_{13} = \frac{(-2,28s+1)(2,11s+1)}{(0,77s^2-1,54s+1)(0,385s^2+1,02s+1)} 10^{-3}; \quad a_{21} = \frac{(2,28s+1)}{(0,77s^2+1,54s+1)(-1,57s+1)} 10^{-3};$$

$$a_{22} = \left| \frac{2,254}{1,57s+1} \right|^2 10^{-3}; \quad a_{23} = \frac{(2,11s+1)}{(-1,57s+1)(0,385s^2+1,02s+1)} 10^{-3};$$

$$a_{31} = \frac{(2,28s+1)(-2,11s+1)}{(0,77s^2+1,54s+1)(0,385s^2-1,02s+1)} 10^{-3}; \quad a_{32} = \frac{(-2,11s+1)}{(1,57s+1)(0,385s^2-1,02s+1)} 10^{-3};$$

$$a_{33} = \left| \frac{0,66(2,11s+1)}{0,385s^2+1,02s+1} \right|^2 10^{-3};$$

$$S_{uu} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{bmatrix};$$

$$b_{11} = \left| \frac{0,507(2,55s+1)}{1,714s^2+1,69s+1} \right|^2 10^{-3}; \quad b_{12} = \frac{(-2,55s+1)}{(0,77s^2-1,69s+1)(0,78s+1)} 10^{-3};$$

$$b_{13} = \frac{(2,55s+1)(4,11s+1)}{(1,714s^2-1,69s+1)(0,37s^2+1,05s+1)} 10^{-3}; \quad b_{21} = \frac{(2,55s+1)}{(1,714s^2+1,69s+1)(-0,78s+1)} 10^{-3};$$

$$b_{22} = \left| \frac{1}{0,782s+1} \right|^2 10^{-3}; \quad b_{23} = \frac{(4,11s+1)}{(-0,782s+1)(0,37s^2+1,05s+1)} 10^{-3};$$

$$b_{31} = \frac{(2,55s+1)(-4,11s+1)}{(1,714s^2+1,69s+1)(0,375s^2-1,05s+1)} 10^{-3};$$

$$b_{32} = \frac{(-4,11s+1)}{(0,782s+1)(0,37s^2-1,05s+1)} 10^{-3}; \quad b_{33} = \left| \frac{0,197(4,11s+1)}{0,37s^2+1,05s+1} \right|^2 10^{-3}.$$

Рис. 8. Матриця спектральних щільностей вхідного та вихідного сигналів

Осцилограми кутових рухів стенда наведено на рис. 2, 3. За результатами первинної обробки векторів вихідних сигналів БДКШ ω і розрахункових аналогів ω_p за допомогою пакета програм отримано матриці спектральних $S_{\omega\omega}$ і взаємних спектральних щільностей вхідних і вихідних векторів сигналів при зміні частоти f (рис. 4, 5). У результаті апроксимації зазначених графічних залежностей отримані оцінки матриць спектральних і взаємних спектральних щільностей вхідних і вихідних сигналів БДКШ. На рис. 6, 7 показано логарифмічно амплітудно-частотні та фазочастотні характеристики деяких елементів цих матриць. Масиви значень елементів зазначених матриць безпосередньо використовувалися як вихідні дані програми ідентифікації IDENT, що дозволяє визначати матрицю передатних функцій БДКШ і моделі динаміки перешкод, що виникають в імітуємих динамічних умовах і зведених до виходу. Математичні моделі спектральних і взаємно спектральних щільностей вхідних і вихідних сигналів наведено на рис. 8.

За результатами апроксимації графіків, отриманих у ході експерименту, одержана матриця передатних функцій БДКШ, складена для діапазону частот досліджуваних робочих сигналів, у вигляді

$$K = k_0 \begin{bmatrix} 0,73 & 0,06 & 0,07 \\ 0,05 & 0,9 & 0,06 \\ 0,05 & 0,08 & 0,93 \end{bmatrix} e^{-0,1s}, \text{ де } k_0 = \frac{1}{0,1s + 1}, \quad (1)$$

і матриця спектральних щільностей збурення:

$$S'_{\omega\omega} = \begin{bmatrix} 5 & \frac{1}{|0,8s + 1|^2} & \frac{0,5}{|0,8s + 1|^2} \\ \frac{1}{|0,8s + 1|^2} & 5 & \frac{1}{|0,8s + 1|^2} \\ \frac{0,5}{|0,8s + 1|^2} & \frac{1}{|0,8s + 1|^2} & 10 \end{bmatrix} 10^{-6}. \quad (2)$$

Отримані матриці передатних функцій БДКШ і збурень, що діють у цих блоках, можуть бути надалі використані як вихідна інформація для підвищення точності безплатформених інерціальних навігаційних систем.

Список літератури

1. Селезнев В.П. Навигационные устройства. – М.: Машиностроение, 1974. – 600 с.
2. Блохин Л.Н. Оптимальные системы стабилизации. – К.: Техніка, 1982. – 144 с.

Стаття надійшла до редакції 10.06.02.