УДК 681.5.015:519.254:629.735.076.4(045)

О. В. Єрмолаєва, асист.,
Г. Л. Токарик,
Т. М. Гребінник

МЕТОДИКА ТА ДЕЯКІ РЕЗУЛЬТАТИ ПЕРВИННОГО ОБРОБЛЕННЯ СТОХАСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ БАГАТОВИМІРНОГО СТЕНДА-ІМІТАТОРА КУТОВИХ РУХІВ ПО КАНАЛУ ДИФЕРЕНТА

Інститут аерокосмічних систем управління, НАУ, e-mail: iasy@nau.edu.ua

Розглянуто загальну методику оброблення стохастичної інформації каналу диферента у процесі модернізації багатовимірного стенда-імітатора рухів, отриманих у результаті напівнатурного експерименту. Наведено деякі практичні результати розв'язання цієї задачі.

Ключові слова: тракт імітації, апроксимація, динамічна атестація, первинне оброблення, ідентифікація.

Вступ. Одна з головних вимог, яка ставиться до сучасних динамічних стендів-імітаторів рухів, – це найбільша близькість імітованих рухів до тих, що імітують. Таке завдання виникає при створенні конкурентноспроможних комплексів, що імітують натурне або напівнатурні моделювання. Для керування імітаторами у теперішніх умовах потрібні алгоритми [1], які забезпечать оптимальне керування стендом-імітатором, тобто максимальну точність імітації стохастичних програмних рухів з урахуванням завад вимірювань. Тому такі імітатори необхідно розглядати як складні багатовимірні динамічні системи для умов динамічних впливів.

Одна з головних проблем – для розв'язання задачі це недостатні знання про моделі динаміки руху реальних рухомих об'єктів. Є досить повні відомості про деформації плавучого командного комплексу у різних режимах, які дають підстави достатньо близько оцінити моделі динаміки кутового «хитання» корабля.

Оскільки хвилювання океану (моря) характеризується еліптичним рухом частинок води, а океан є настільки могутньою стихією, що наявність на його поверхні навіть «важкого» корабля майже ніяк не впливає на динамічні характеристики хвилювання океану, була складена орієнтована модель динаміки тривимірного кутового хитання корабля.

Оскільки складова морського хитання становить приблизно 0,1 Гц, а частотні смуги пропускання каналів стенда-імітатора на порядок вищі, то за допомогою спеціально змодельованого послідовного багатовимірного фільтра, який формує вектор програмних сигналів стенда безпосередньо з комп'ютерного псевдобілого шуму, формуються вхідні сигнали в стенд-імітатор.

На практиці з усіх сигналів, що діють у системі під час напівнатурного випробування, можна зареєструвати лише вхідні й вихідні; в деяких випадках контрольованою може бути й частина збурень. Оскільки зареєстровані дані мають стохастичний характер, тому обробляти їх необхідно за допомогою статистичних методів [2]. Розглянемо методику первинного оброблення стохастичної інформації багатовимірного стенда-імітатора кутових рухів, розроблену науковою школою кафедри систем керування літальних апаратів.

Постановка завдання. Необхідно виконати первинне оброблення даних багатовимірного стенда-імітатора кутових рухів по каналу диферента, отриманих під час напівнатурного експерименту. Структурну схему досліджуваного об'єкта показано на рис. 1.

У результаті напівнатурного моделювання руху багатовимірного динамічного стенда-імітатора реєструються осцилограми керувальних впливів, а також вихідні реакції системи. Осцилограми вхідного та вихідного сигналів по каналу тангажу зображено на рис. 2.

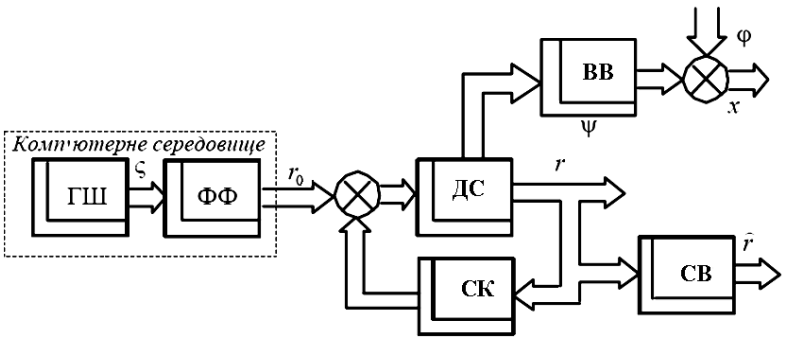
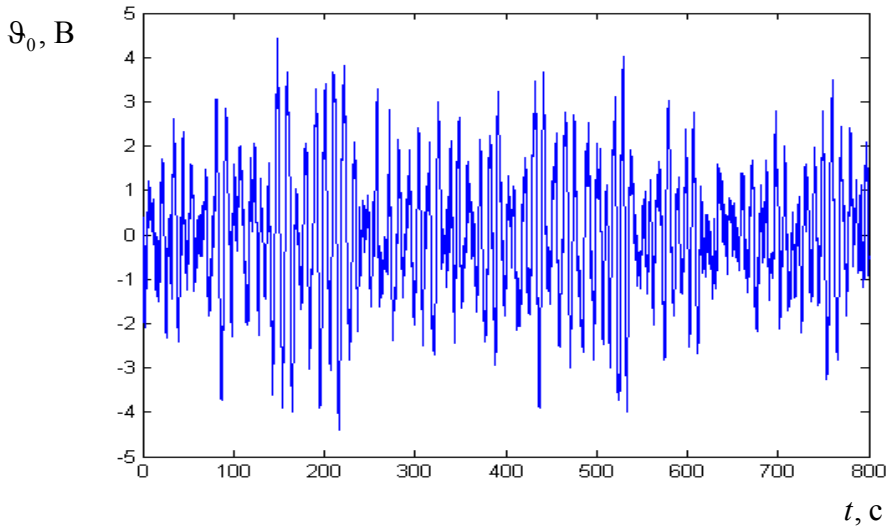
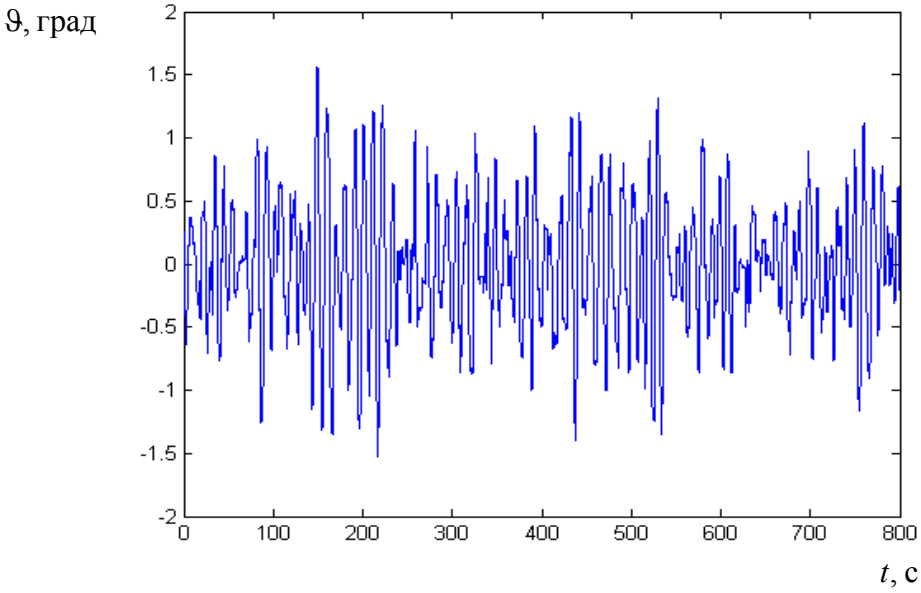


Рис. 1. Блок-схема тракту імітації: ГШ – генератори шумів; ФФ – багатовимірний фільтр, який формує вектор програмних сигналів стенда r_0; ДС – динамічний стенд; СК – штатна система керування стендом; ВВ – випробуваний виріб; x – вектор вихідних сигналів випробуваного виробу; φ – вектор завад на виході виробу в дослідному режимі руху об'єкта; СВ – система вимірювачів переміщень стенда; $\hat{r}$ – вектор оцінних значень кутових координат стенда-імітатора



а



б

Рис. 2. Осцилограми вхідного (*а*) та вихідного (*б*) сигналів по каналу диферента

Усі зафіксовані сигнали мають стохастичний характер. Для оцінювання властивостей цих сигналів та взаємозв'язків між ними необхідно виконати їх первинне оброблення, а саме – визначити моделі динаміки сигналів у вигляді матриць їх спектральних та взаємних спектральних щільностей.

Первинне оброблення стохастичної інформації стенда-імітатора кутових рухів. Статичні характеристики експериментальних даних визначаються за допомогою відомих алгоритмів [3] знаходження кореляційних та взаємних кореляційних функцій досліджуваних сигналів з наступним перетворенням цих функцій за Фур'є. Результатом перетворення Фур'є є спектральні та взаємні спектральні щільності сигналів у вигляді графічних залежностей амплітуди та фази від частоти. Спектральні та взаємні спектральні щільності вхідного й вихідного сигналів по каналу диферента показано на рис. 3.

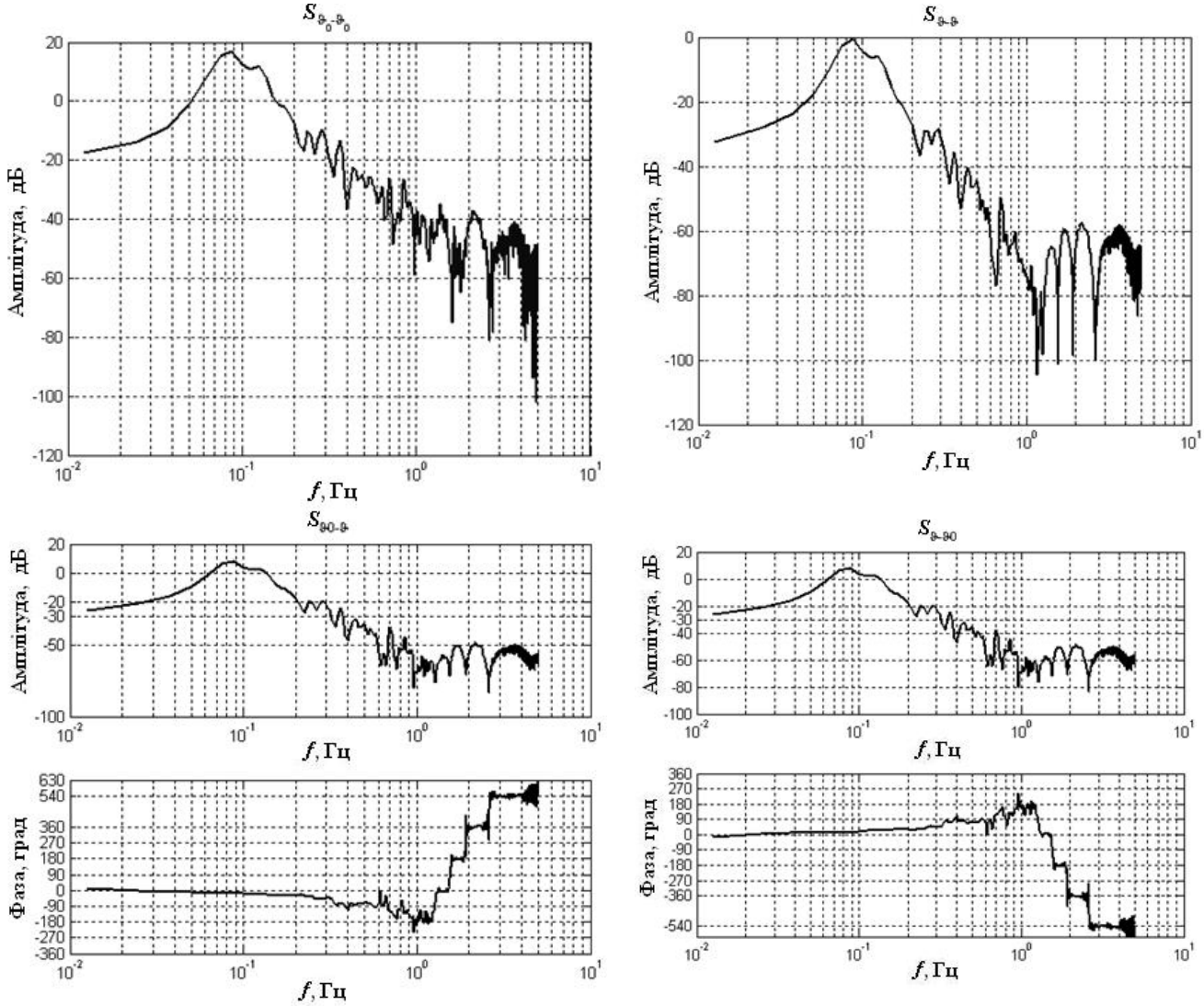


Рис. 3. Спектральні та взаємні спектральні щільності вхідного та вихідного сигналів по каналу диферента

Для складання моделей динаміки сигналів за отриманими графічними залежностями необхідно їх апроксимувати за допомогою узагальненого методу логарифмічних характеристик.

Виконавши наведені вище процедури, отримаємо моделі динаміки сигналів багатовимірного динамічного стенда-імітатора рухів у вигляді матриць спектральних щільностей сигналів керування стендом:

$$S_{\vartheta_0\vartheta_0}=\frac{0,639^2}{\pi}\left|\frac{(6,39s+1)\left(0,88^2s^2+2\cdot0,8\cdot0,88s+1\right)}{\left(1,92^2s^2+2\cdot0,1\cdot1,92s+1\right)\left(1,22^2s^2+2\cdot0,4\cdot1,22s+1\right)}\times\right.$$

$$\left.\times\frac{(0,79s+1)}{\left(0,53^2s^2+2\cdot0,58\cdot0,53s+1\right)}\right|^2,$$

де $S_{\vartheta_0\vartheta_0}$ – спектральна щільність вхідного сигналу по каналу диферента, $\text{В}^2\cdot\text{с}$;

$$S_{\vartheta\vartheta}=\frac{0,262^2}{\pi}\left|\frac{(6,39s+1)}{\left(1,92^2s^2+2\cdot0,05\cdot1,92s+1\right)\left(1,22^2s_2+2\cdot0,43\cdot1,22s+1\right)}\times\right.$$

$$\left.\times\frac{\left(0,69^2s^2+2\cdot0,95\cdot0,69s+1\right)}{\left(0,45^2s^2+2\cdot0,4\cdot0,45s+1\right)}\right|^2,$$

де $S_{\vartheta\vartheta}$ – спектральна щільність вихідного сигналу по каналу диферента, $\text{град}^2\cdot\text{с}$;

$$S_{\vartheta\vartheta_0}=0,5\cdot\frac{0,639\cdot0,262}{\pi}\frac{|6,39s+1|^2\left(0,88^2s^2+2\cdot0,8\cdot0,88s+1\right)(0,79s+1)}{\left|1,92^2s^2+2\cdot0,05\cdot1,92s+1\right|^2\left|1,22^2s^2+2\cdot0,4\cdot1,22s+1\right|^2}\times$$

$$\times\frac{\left(0,69^2s^2-2\cdot0,95\cdot0,69s+1\right)}{\left|0,5^2s^2+2\cdot0,5\cdot0,5s+1\right|^2},$$

де $S_{\vartheta\vartheta_0}$ – взаємна спектральна щільність між вихідним та вхідним сигналами по каналу диферента, $\text{В}\cdot\text{град}\cdot\text{с}$;

$$S_{\vartheta_0\vartheta}=0,5\cdot\frac{0,639\cdot0,262}{\pi}\frac{|6,39s+1|^2\left(0,69^2s^2+2\cdot0,95\cdot0,69s+1\right)\left(0,88^2s^2-2\cdot0,8\cdot0,88s+1\right)}{\left|1,92^2s^2+2\cdot0,05\cdot1,92s+1\right|^2\left|1,22^2s^2+2\cdot0,4\cdot1,22s+1\right|^2}\times$$

$$\times\frac{(-0,79s+1)}{\left|0,5^2s^2+2\cdot0,5\cdot0,5s+1\right|^2};$$

де $S_{\vartheta_0\vartheta}$ – взаємна спектральна щільність між вхідним та вихідним сигналами по каналу диферента, $\text{В}\cdot\text{град}\cdot\text{с}$.

Моделі динаміки інших сигналів стенда складено за аналогічною методикою. Виконання наступних етапів модернізації багатовимірного стенда-імітатора рухів, структурної ідентифікації його моделей динаміки та синтезу його оптимальної структури в роботі не розглядаються.

Висновки. За допомогою запропонованої методики оброблення стохастичної інформації у процесі модернізації багатовимірного стенда-імітатора рухів, отриманої в результаті напівнатурного експерименту, складено моделі досліджуваних сигналів у вигляді матриць спектральних та взаємних спектральних щільностей. Отримані моделі можуть бути використані у процесі структурної ідентифікації динамічного стенда-імітатора рухів у цілому.

Список літератури

1. *Блохін Л. М.* Статична динаміка систем управління: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / Л. М. Блохін, М. Ю. Буриченко. – К.: НАУ, 2003. – 208 с.
2. *Бендат Дж.* Прикладной анализ случайных даннях / Дж. Бендат, А. Пирсол. – М.: Машиностроение. – 1989. – 486 с.
3. *Балакирев В. С.* Экспериментальное определение динамических характеристик промышленных объектов управления / В. С. Балакирев, Е. Г. Дудников, А. М. Цирлин. – М.: Энегрия, 1967. – 232 с.

О. В. Ермолаева. Г. Л. Токарик, Т. Н. Гребинник

Методика и другие результаты первичной обработки стохастической информации многомерного стенда-имитатора угловых движений по каналу дифферента

Рассмотрено общую методику обработки стохастической информации канала дифферента в процессе модернизации многомерного стенда-имитатора движений, полученных в результате полунатурного эксперимента. Приведены некоторые практические результаты решения этой задачи.

O. V. Ermolaeva, G. L. Tokaryk, T. M. Grebinnyk

Technique and some resuets of primary stochastic data processing of the muetidimensional table simulator of angular motions on trim difference channel

The general technique of stochastic data processing of trim difference channel in the process of modernization of the multidimensional table simulator of motions, received as a result of full-scale experiment, is considered. Some practical results of the task solution are presented.