

І.Ю. Прокоф'єва, О.В. Єрмолаєва
(Національний авіаційний університет, Україна)

Синтез системи управління сервомеханізму автономного рухомого об'єкта

В роботі розглянуто проблему підвищення точності функціонування бортових систем управління. Представлено приклад застосування алгоритму оптимальної фільтрації для максимізації точності роботи сервомеханізму автономного швидкісного багатовимірної об'єкта.

Постановка проблеми

Оцінити якість функціонування бортових систем управління можливо в першу чергу за точністю виконання цими системами їхніх задач. Це також справедливо і для систем навігації, пристроїв для вимірювання параметрів польоту та іншої бортової інформації тощо. Для максимізації точності виконання задач управління, навігації або вимірювання потрібно щоб система обробляла стохастичну інформацію, що на неї поступає, оптимальним чином. Для цього застосовують алгоритми оптимальної фільтрації, які дозволяють досягти точності виконання поставленої перед системою задачі з мінімальною можливою похибкою.

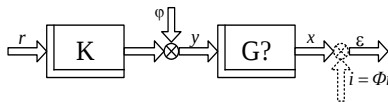


Рис.1. Блок-схема системи, що підлягає фільтрації.

Представимо систему, що потребує підвищення точності її функціонування, наступною схемою (див. рис.1). Досліджувану систему представлено у вигляді матриці передавальних функцій K , на яку поступає вектор сигналів управління r . На виході системи спостерігається вектор реакцій системи y на вхідний сигнал та на зовнішні збурення φ , що діють на систему протягом її функціонування. Задачею оптимальної фільтрації є визначення такої структури оптимального фільтра G , яка дозволить мінімізувати функціонал якості роботи системи [1] з урахуванням фізичної реалізованості фільтра. Таким чином, похибка функціонування системи ε , яка є різницею фактичного вектору вихідних реакцій системи з фільтром x та бажаного вихідного сигналу i (тобто бажаного перетворення Φ вхідного сигналу r), буде мінімальною.

У випадках, коли потрібно покращити якість роботи вже існуючої системи, процедурі оптимальної фільтрації повинна передувати структурна ідентифікація моделі динаміки системи в умовах, близьких до натурних.

Приклад застосування алгоритму оптимальної фільтрації

В роботі розглянуто застосування алгоритму оптимальної фільтрації на основі процедури Вінера-Колмогорова [1]. В роботі досліджується

сервомеханізм автономного швидкісного рухомого об'єкта. З причини відсутності інформації про його структуру потрібно було на основі результатів натурного випробування автономного динамічного об'єкта виконати структурну ідентифікацію моделі динаміки сервомеханізму. Першим етапом ідентифікації є первинна обробка експериментально отриманої інформації про об'єкт. В даному випадку в наявності були вхідний електричний сигнал (рис.2.1), що поступає на сервомеханізм автономного рухомого об'єкта та відхилення рульової поверхні сервомеханізму (рис.2.2).

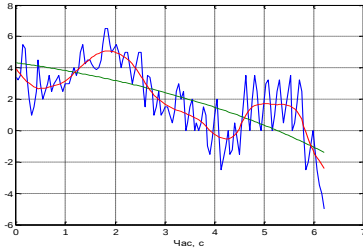


Рис.2.1.Вхідний сигнал сервомеханізму, його детермінований тренд та низькочастотна складова

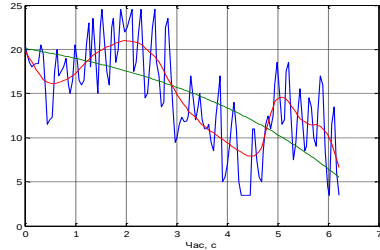


Рис.2.2.Вихідний сигнал сервомеханізму, його детермінований тренд та низькочастотна складова

Як видно з представлених осцилограм, для приведення даних сигналів до стаціонарного вигляду необхідно виділити з них детерміновані тренди. Також для підвищення інформативності сигналів їхні низькочастотні складові виділялися та були оброблені окремо з подальшим додаванням у модель сигналу. Обробку з метою отримання спектральних та взаємних спектральних щільностей сигналів було виконано за допомогою методу Блекмена-Г'юї та методу узагальнених логарифмічних характеристик [2].

Отже, для визначення моделі динаміки системи управління сервомеханізмом отримано такі результати первинної обробки експериментальних даних:

S_{uu} - спектральна щільність сигналу управління сервомеханізмом;

$S_{\delta\delta}$ - спектральна щільність сигналу реакції сервомеханізму на сигнал управління;

$S_{u\delta}, S_{\delta u}$ - взаємні спектральні щільності сигналів «вхід-вихід» сервомеханізму.

Підставляючи отримані моделі сигналів у алгоритм структурної ідентифікації [1], отримуємо модель динаміки досліджуваного сервомеханізму у вигляді його передавальної функції:

$$P^{-1}M = \frac{1.9(2.5s + 1)(0.3^2 s^2 + 2 \cdot 0.7 \cdot 0.3s + 1)(-0.17s + 1)}{(1.7s + 1)(s^2 + 2 \cdot 0.4 \cdot s + 1)(0.07s + 1)},$$

та спектральної щільності неконтрольованого збурення, що діє в системі під час її функціонування:

$$S_{\psi\psi} = \frac{0.24^2}{\pi} \cdot \left| \frac{(0.17s+1)(1.96s+1)(0.09s^2+0.42s+1)}{(1.25s^2+s+1)(0.25s^2+0.4s+1)(0.001s^2+0.0013s+1)} \right|^2.$$

Згідно з обраним алгоритмом оптимального синтезу [3] потрібно визначити таку структуру фільтра-регулятора, яка б на класі фізично реалізованих функцій забезпечувала мінімум функціоналу якості системи:

$$e = \int_{-j\infty}^{j\infty} \text{tr}\{S'_{\varepsilon\varepsilon} R\} ds.$$

Підставляючи вказані моделі в алгоритм оптимального синтезу отримуємо модель динаміки оптимального регулятора:

$$G = 0.52 \frac{(-0.26+1)(s^2+2\cdot0.4\cdot1s+1)(0.085^2s^2-2\cdot0.16\cdot0.085s+1)}{(0.08s+1)(2.32s+1)(0.6^2s^2+2\cdot0.64\cdot0.6s+1)}.$$

Тепер, маючи модель динаміки фільтра-регулятора, можна перевірити, наскільки ефективно він працюватиме. Для цього розрахуємо дисперсію помилки системи без регулятора та з ним для фіксованих значень експлуатаційних умов (відношення «шум-сигнал») та обмежень по управлінню (див.табл.1).

Таблиця 1

Система	Дисперсія помилки системи
Без регулятора	2,1614
З регулятором	0,7005

Виходячи з отриманих даних можемо сказати, що за допомогою процедури оптимального синтезу структури фільтра-регулятора вдалося суттєво знизити помилку досліджуваної системи.

Висновки

В роботі було розглянуто застосування алгоритму оптимального синтезу для максимізації точності функціонування динамічної системи. За допомогою алгоритму оптимального синтезу регулятора, що базується на процедурі Вінера-Колмогорова, було визначено оптимальну структуру фільтра-регулятора для системи управління сервомеханізму автономного рухомого об'єкта. Введення фільтра в систему дозволило суттєво зменшити

рівень помилки системи як при фіксованих значеннях експлуатаційних параметрів та обмежень по управлінню, так і при змінюваних.

Список літератури

1. Азарсков В.Н., Блохин Л.Н., Житецкий Л.С. Методология конструирования оптимальных систем стохастической стабилизации. — К.: НАУ, 2006. — 440 с.
2. Дж. Бендат, А. Пирсол. Прикладной анализ случайных данных. — М.: Машиностроение. — 1989. — 486 с.
3. I.Yu.Prokofieva. Modernization of steering servodrive control system of autonomous vehicle by its experimental data. - 2013 IEEE 2nd International Conference “Actual Problems of Unmanned Air Vehicles Developments” Proceedings.- К.: Освіта України, 2013 — Р. 224-229.