

ФУНКЦІОНАЛЬНО СТІЙКІ НАВІГАЦІЙНІ КОМПЛЕКСИ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ.

Вінницький національний технічний університет.

Анотація

На базі інтегрованих навігаційних систем безпілотних літальних апаратів (БПЛА) розглянуті можливості застосування методів синтезу функціонально стійких радіотехнічних систем, що дозволяють забезпечити виконання основних функцій БПЛА при порушенні інформаційної достовірності навігаційної інформації.

Ключові слова: функціонально стійкі системи, оптимальна оцінка, навігаційна система, оптимальний детермінований регулятор.

Abstract

On the basis of the integrated navigation systems of unmanned aerial vehicles (UAVs) the possibilities of application of resistant radio engineering systems method synthesis which allow to provide performance of the trial functions UAV at violation of information reliability navigation information are considered.

Keywords: functional resistant systems, optimum assessment, navigation system, the optimum determined regulator.

Вступ

У сучасному світі використання БПЛА є досить широким і різноманітним. Середовище польоту БПЛА стає усе більш складним. Існуючі алгоритми систем керування і планування маршруту, досить добре пророблені для застосування в детермінованому статичному просторі, стають не придатними в невідомому середовищі з перешкодами різноманітного характеру та атмосферними впливами. В таких випадках, єдине джерело навігаційної інформації не може забезпечити необхідну точність орієнтування БПЛА. Так помилки безплатформеної інерціальної навігаційної системи (БІНС) досить швидко накопичуються із часом, через що БІНС ніколи не використовується як єдиний навігаційний засіб для БПЛА в режимі тривалого польоту [1]. Супутникова навігаційна система (СНС) може надати інформацію про місце розташування, швидкість і висоту без накопичення помилок із часом, але з урахуванням завдання з стабілізації БПЛА, не може працювати в режимі реального часу. Візуальна навігаційна система на основі одночасної локалізації й картографування (Simultaneous Localization And Mapping – SLAM) має високу точність, але через обмеженість діапазону візуального спостереження й складності обчислень, що виникають при обробці зображень, теж обмежено застосовується під час польоту в режимі реального часу [2]. Методичні помилки барометричного висотоміра суттєво зростають, якщо фактичні атмосферні умови не відповідають стандартній атмосфері. Точність виміру радіовисотоміра сильно залежить від нерівності земної поверхні й поточного крену БПЛА. Традиційним рішенням цієї проблеми є комплексна інтегрована навігаційна система на основі злиття декількох джерел навігаційної інформації, що дозволяє компенсувати недоліки кожного з методів визначення координат. Технологічною основою забезпечення функціональної стійкості на основі комплексування даних всіх інформаційних підсистем є інформаційно-обчислювальний комплекс здатний аналізувати стани окремих підсистем в умовах можливих збоїв, відмов і ін. дестабілізуючих факторів. Тому до складу таких систем звичайно включають інерціальний вимірювальний блок (Inertial Measurement Units – IMU). Проте і тут присутнє багато факторів, що впливають на точність і вірогідність оціненої інформації. Це можуть бути помилки що виникають у каналі передачі даних, перешкоди навколишнього середовища, методичні помилки сенсорів і т.д. Тому виникає потреба введення в інтегровану навігаційну систему функціонально стійкого керування яке створює перерозподіл внутрішніх ресурсів системи з метою забезпечення достатньої достовірності навігаційної інформації.

Результати дослідження

В загальному випадку комплексну навігаційну систему можливо представити як нестационарну динамічну систему яка в дискретному часі описується наступними рівняннями:

$$\mathbf{x}(k+1) = \mathbf{F}(k+1, k) \mathbf{x}(k) + \mathbf{G}(k+1, k) \mathbf{u}(k) + \mathbf{\Theta}(k+1, k) \mathbf{d}(k) + \mathbf{w}(k), \quad (1)$$

$$\mathbf{y}(k) = \mathbf{H}(k) \mathbf{x}(k) + \mathbf{v}(k), \quad (2)$$

де $\mathbf{x}(k) \in n$ -мірним вектором стану; $\mathbf{y}(k) - m$ -мірний вектор спостережень; $\mathbf{u}(k) - r$ -мірний вектор входу, який доступний для безпосереднього спостереження; $\mathbf{d}(k) - q$ -мірний вектор збурень невизначеної структури, який відображається у математичній моделі (1) уведенням невідомого та неконтрольованого входу $\mathbf{\Theta}(k+1, k)\mathbf{d}(k)$; $\mathbf{w}(k), \mathbf{v}(k)$ – незалежні білі шумові послідовності з нульовими середніми значеннями, кореляційні матриці $\mathbf{Q}(k), \mathbf{R}(k)$ яких вважаються заданими; $\mathbf{F}(k+1, k), \mathbf{G}(k+1, k), \mathbf{\Theta}(k+1, k), \mathbf{H}(k)$ – апіорно відомі матриці відповідних розмірів. При відновленні повноформатного вектора стану об'єкту контролю за результатами виконаних спостережень, як варіант можливо використати оптимальний відновник Луенбергера [3] повного порядку (рис. 1.):

$$\begin{aligned} \mathbf{z}(k+1) &= \mathbf{A}(k+1, k) \mathbf{z}(k) + \mathbf{T}(k+1, k) \mathbf{G}(k+1, k) \mathbf{u}(k) + \mathbf{W}(k) \mathbf{y}(k), \\ \mathbf{x}^*(k/k) &= \mathbf{z}(k) + \mathbf{S}(k) \mathbf{y}(k). \end{aligned} \quad (3)$$

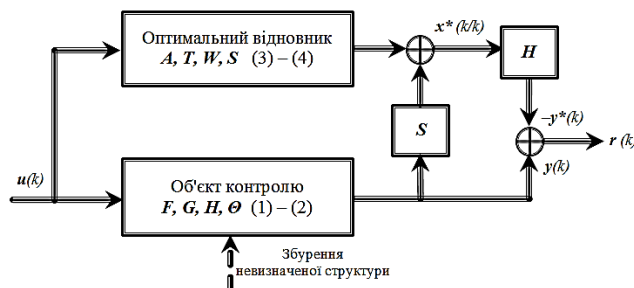


Рис. 1. Структура оптимального відновника

Тоді різницеве рівняння для похибки оцінювання матиме вигляд

$$\Delta \mathbf{x}(k+1) = \mathbf{A}(k+1, k) \Delta \mathbf{x}(k) - \mathbf{W}_I(k+1) \mathbf{v}(k) - \mathbf{S}(k+1) \mathbf{v}(k+1) + \mathbf{T}(k+1, k) \mathbf{w}(k). \quad (4)$$

В цьому випадку, при стійкій матриці $\mathbf{A}(k+1, k)$ математичне очікування похибки оцінювання $\Delta \mathbf{x}(k+1)$ прямує до нуля, тобто оцінка стану асимптотично наближається до дійсного стану у сенсі середнього значення.

Висновки

Формування різницевого сигналу стійкого до сукупності збурень, які неминуче присутні у контрольованій динамічній системі далеко не завжди дає можливість застосовувати алгоритм відновлювача Луенбергера напряму. Одним з можливих підходів до формування стійкого, в указаному сенсі, різницевого сигналу може бути застосування принципу декомпозиції, що дасть змогу роз'єднати оцінки стану динамічної системи від різноманітних збурень. При цьому розв'язка спостерігача від вектора збурень вимагає додаткових ресурсів, тому доцільно використовувати спостерігачі повного порядку.

Стійкий відновлювач в інтегрованій навігаційній системі розглядався в припущенні, що матриця збурень має задану структуру, що не завжди має місце на практиці. Оскільки, вочевидь, не зовсім зрозуміло як обійти зазначене обмеження, то це може бути предметом додаткових досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Juanjuan C., Jiancheng F., Wei S., et al. Study and Application of Low-cost Multi-sensor Integrated Navigation for Small UAV Autonomous Flight. Acta Aeronautica Et Astronautica Sinica, 2009. No. 10: 021. с.
2. Li R., Liu J., Zhang L., et al. LIDAR/MEMS IMU integrated navigation (SLAM) method for a small UAV in indoor environments. 2014 DGON Inertial Sensors and Systems (ISS). IEEE, 2014. P. 1-15.
3. Patton R. J. Soft computing approaches to fault diagnosis for dynamic systems: a survey / R. J. Patton, F. J. Uppal, C. J. Lopez-Toribio // IFAC Fault Detection, Supervision and Safety for Technical Processes, Budapest – 2000. – P. 816– 823.

Воловик Андрій Юрійович — канд. техн. наук, доцент кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця..

Яровий Дмитро Володимирович – студент групи РТ – 156, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Volovyk Andrii U. — Cand. Sc. (Eng), Associate Professor of Radio engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Jarovoj Dmitrii V. — Department of Radio engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.