

КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА МОДЕЛЮВАННЯ РУХІВ НОСІЯ
БЕСПЛАТФОРМНОЇ ІНЕРЦІЛЬНОЇ НАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИОсадчий С. І.¹, д.т.н., проф., e-mail: srg2005@ukr.netВіхрова Л. Г.² проф., e-mail: vihrovalg@ukr.netКаліч В. М.² проф., e-mail: vmk041954@gmail.comМірошніченко М. С.² доц., e-mail: marymir@ukr.netЛьотна академія Національного авіаційного університету¹
Центральноукраїнський національний технічний університет²

Актуальність дослідження. Задача підвищення точності автономного отримання навігаційної інформації стає особливо актуальною в умовах широкого використання безпілотних літальних апаратів при наявності активної протидії засобами радіоелектронної боротьби. Основним автономним джерелом навігаційної інформації [1] на борту літального апарату цього класу у таких умовах стає безплатформна інерціальна навігаційна система (БІНС). Її характерною особливістю [1,2] є накопичення похибки визначення координат місця об'єкту та його орієнтації у просторі. У статті [4] доведено, що властивості похибок сенсорів БІНС суттєво залежать від характеру рухів носія, на борту якого розмішені ці вимірювальні елементи. Таким чином, одна й та сама навігаційна система може змінювати точність роботи при зміні характеру рухів носія [5]. В той же час, метрологічна атестація та калібрування вимірювальних пристроїв такого класу здійснюється в штучних умовах, коли характеристики рухів їх корпусу суттєво відрізняються від реальних рухів носія [3]. Отже, існує протиріччя між реальними умовами роботи БІНС та умовами її роботи при метрологічній атестації. Зазначене протиріччя є причиною відмінності реальних характеристик похибок вимірювання навігаційних параметрів від характеристик, визначених під час метрологічної атестації. Одним з можливих шляхів подолання визначеного протиріччя є наближення умов роботи БІНС в процесі атестації до реальних умов їх роботи на борту БПЛА. Таке наближення можливе за рахунок розробки комп'ютерно – інтегровано-вих систем імітації реальних рухів носія БІНС в лабораторних умовах. Аналіз експериментальних даних про рухи БПЛА коптерного типу, який проведено у статті [6], показав, що ці рухи мають дві зв'язані між собою випадкові складові. Перша складова – це кутовий рух БПЛА навколо центру мас, а друга – тривимірне лінійне переміщення його центру мас. Таким чином, об'єкт, який в лабораторних умовах повинен імітувати рухи БПЛА, повинен мати 6 степенів свободи: три кутових та три лінійних. Єдиним об'єктом, який відповідає цим умовам та може бути розміщеним у лабораторії є платформа Стюарта, перше згадування про яку міститься у статті [7].

Мета досліджень полягає у розробці методики створення засобами інструменту Simulink середовища Matlab комп'ютерно-інтегрованої системи для відтворення рухів носія авіоніки в лабораторних умовах з допомогою платформи Стюарта. Не дивлячись на досить велике коло публікацій з приводу використання середовища Matlab для створення додатків реального часу, наприклад статті [8,9], як правило усі вони дозволяють здійснити моделювання хоча і в реальному часі, але у віртуальному просторі. Особливість матеріалів, представлених у цій статті, полягає у визначенні набору правил створення кіберфізичної системи, яка поєднає віртуальне середовище інструменту Simulink з платформою Стюарта (рис.1) для відтворення рухів носія авіоніки у лабораторних умовах.

Основні матеріали досліджень. Якщо обрати функціональну схему кіберфізичної системи (рис.1) у вигляді послідовного з'єднання персонального комп'ютера, контролера передавання даних (інтерфейсу) та платформи Стюарта, то проблема синтезу комп'ютерно – інтегрованої системи імітації реальних рухів носія БІНС в лабораторних умовах формулюється наступним чином. За відомою моделлю динаміки рухів носія БІНС, типом контролеру передавання даних (інтерфейсу зв'язку) та типом серводвигунів платформи Стюарта розробити Simulink-модель системи керування рухом платформи в реальному часі.



Рисунок 1 – Комп’ютерно – інтегрована система керування рухами платформи Стюарта

Для розв’язання поставленого завдання розроблена методика, яка складається з виконання наступних п’яти задач: обґрунтування вибору контролеру для інтерфейсу зв’язку програмного середовища Matlab з серводвигунами платформи Стюарта; встановлення та налаштування пакету програмної підтримки обраного контролеру для інструменту Simulink; синтез структури та параметрів Simulink-моделі підсистеми формування сигналів керування платформою Стюарта; розробка Simulink-моделі підсистеми розв’язання зворотної задачі кінематики; розробка Simulink-моделі системи керування рухом платформи.

Висновок. Застосування розробленої методики до експериментальних даних про польот квадрокоптера дозволило: обґрунтувати вибір типу контролеру (Arduino-DUE), розробити S-функцію для керування рухами платформи у реальному часі та здійснити випробування макету системи моделювання рухів об’єкта з шістьма степенями свободи.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Moir I., Seabridge A., Jukes M.: Civil avionic systems. 2nd edition. John Wiley & Sons, Ltd. (2013).
2. Ahmed Radi*, Sameh Nassar, and Naser El-Sheimy Stochastic Error Modeling of Smartphone Inertial Sensors for Navigation in Varying Dynamic Conditions / Gyroscopy and Navigation, 2018, Vol. 9, No. 1, pp. 76–95. © Pleiades Publishing, Ltd., 2018.
3. Мелешко В.В., Нестеренко О.И. Бесплатформенные инерциальные навигационные системы: Учебное пособие. – Кировоград: ПОЛИМЕД - Сервис, 2011.
4. Li, Y., Georgy, J., Niu, X., Li, Q., and El-Sheimy, N., Autonomous calibration of MEMS gyros in consumer portable devices, IEEE Sensors Journal, 2015, vol. 15, no. 7, pp. 4062–4072.
5. Osadchy S.I., Zozulya V.A., Rudiuk G. I. The Dynamics of 3-dimensional micro-mechanic sensor of angle motions of a robot-hexapod. In: Proceedings of the 8th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS’2015) on Vol.2, pp. 908-912. Warsaw, Poland 2015.
6. Осадчий С.І., Дяченко М.М. Збір та первинна обробка даних з системи ARDUPILOT для ідентифікації моделі динаміки квадрокоптеру. Науковий журнал «Прикладні питання математичного моделювання». Т.3, №2.1, 2020, ХНТУ, 2020.
7. Stewart D. A Platform with Six Degrees of Freedom. Proc. Instn. Mech. Engrs. 1965-66, Vol. 180, Pr. 1. No 15. Pp. 371-386
8. Mosterman, Pieter & Prabhu, Sameer & Dowd, Andrew & Glass, John & Erkkinen, Tom & Kluza, John & Shenoy, Rohit. (2005). Embedded real-time control via MATLAB, Simulink, and xPC Target. [10.1007/0-8176-4404-0_18](https://doi.org/10.1007/0-8176-4404-0_18).
9. Using Matlab-Simulink RTW to Build Real Time Control Applications in User Space with RTAI-LXRT https://www.rtai.org/userfiles/documentation/documents/quaranta_mantegazza.pdf