

ВІДГУК

офіційного опонента – кандидата технічних наук,
доцента, доцента кафедри цифрової економіки та системного аналізу
Державного торговельно-економічного університету

Зозулі Валерія Анатолійовича

на дисертаційну роботу

Салюка Олександра Олексійовича

«Методика проектування систем просторової стабілізації обладнання рухомих об'єктів», подану на здобуття ступеня доктора філософії у галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування» за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Актуальність обраної теми. Виконана Салюком О.О. дисертація на здобуття ступеня доктора філософії є актуальною в умовах сучасного розвитку приладобудування України. Вона має теоретичне та практичне значення, що знайшло відображення у вступі до роботи. В умовах зростання вимог до якості процесів стабілізації інформаційно-вимірювальних систем, що експлуатуються на рухомих об'єктах широкого класу, основним напрямком вдосконалення систем просторової стабілізації є розроблення нових та вдосконалення існуючих процедур проектування систем досліджуваного типу.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Результати дослідження використано у науково-дослідній роботі «Розроблення інтегрованої системи управління польотом групи дронів», № Держреєстрації 0121U109490, яка фінансувалась за рахунок державного бюджету Міністерства освіти і науки України на 2021, 2022 рр.

Науково-практичні результати дисертаційної роботи знайшли своє відображення у впровадженні в навчальний процес та виробничу діяльність Приватного акціонерного товариства «РАМЗАЙ» та АТ «ЕЛМІЗ» для стабілізації інформаційно-вимірювальних приладів.

Результати даної дисертаційної роботи використовуються у лекціях та лабораторних заняттях дисциплін «Проектування пристроїв та систем управління» та «Експериментальні випробування та дослідження складних систем», «Оптимальні системи керування літальними апаратами та рухомими об'єктами», а також в бакалаврських та магістерських дипломних роботах.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, представлених у дисертаційній роботі, підтверджена результатами теоретичних досліджень, результатами моделювання та коректним застосуванням математичного апарату.

Характеристика роботи. Дисертація складається з анотації, чотирьох розділів, висновків та переліку використаних джерел. Зміст дисертації викладено логічно та послідовно.

Анотація коректно відображає основні положення дисертації.

У вступі до дисертаційної роботи Салюка О.О. достатньо чітко сформульовано основні теоретичні положення, мета і завдання, об'єкт і предмет дослідження.

В першому розділі представленої дисертаційної роботи проаналізовано найбільш поширені застосування систем просторової стабілізації, надано характеристику основних похибок таких систем та виконано узагальнену постановку задачі дослідження.

У другому розділі дисертаційного дослідження представлено результати вдосконалення математичних моделей систем просторової стабілізації обладнання рухомих об'єктів. Математичний опис поширюється на випадки одновісної, двовісної та тривісної стабілізації. Детальний математичний опис із урахуванням окремих пристроїв розроблено на прикладі системи просторової стабілізації обладнання наземних рухомих об'єктів. В математичних моделях систем багатовісної стабілізації враховано взаємозв'язки між каналами.

Третій розділ дисертації містить два методи та процедуру проектування систем просторової стабілізації обладнання рухомих об'єктів. У підрозділі 3.1.

представлено метод синтезу структури контролепридатної системи стабілізації. Оптимізацію пропонується проводити на підставі узагальненого мультишлікативного показника контролепридатності та формалізованого опису структури системи на основі теорії графів. У підрозділі 3.2. описано процедуру визначення допустимих значень параметрів системи із урахуванням показників достовірності контролю. У підрозділі 3.3 описано метод робастного параметричного синтезу системи просторової стабілізації обладнання рухомих об'єктів з урахуванням норм матричної моделі системи стабілізації у просторі станів, які характеризують точність та робастність системи. В процедурі використовуються два типи штрафних функцій, які враховують вимоги до стійкості та до найбільш важливих характеристик систем досліджуваного типу.

У четвертому розділі представлено узагальнену характеристику сукупності методів та процедур проєктування систем просторової стабілізації обладнання рухомих об'єктів, включаючи метод синтезу структури системи з урахуванням рівня контролепридатності та метод параметричного синтезу робастного регулятора. У цьому ж розділі представлено процедури вибору складових системи, адаптивної фільтрації та моделювання синтезованої системи. Наведено відповідні результати моделювання.

Повнота викладу в наукових публікаціях. Основні наукові положення та результати досліджень дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на міжнародних конференціях, наприклад, таких як 6th, 7th IEEE International Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control. (Kyiv, 2020, 2023); IEEE 17th, 19th International Conference on Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (Lviv, 2021, Zozuli, 2024); 11th, 13th International Conference on Advanced Computer Information Technologies. (Deggendorf, Germany, 2021, Wroclaw, Poland, 2023); 17th International Conference on the Experience of Designing and Application of CAD systems. (Jaroslaw, Poland, 22–25 February 2023); 13th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies. (Athens, Greece, 2023). За результатами досліджень опубліковано 2 наукові статті у закордонних

періодичних виданнях, що індексуються в наукометричній базі Scopus, 10 наукових статей у фахових виданнях України (1 без співавторів) та 11 доповідей у збірниках наукових праць конференцій, з яких 9 індексуються в наукометричній базі Scopus.

Наукова новизна наукових положень та висновків. Головний науковий результат представленої дисертаційної роботи являє собою сукупність методів та процедур проектування системи просторової стабілізації обладнання рухомих об'єктів, відмінними рисами якої є контролепридатна структура та робастний регулятор.

Наукова новизна роботи визначається наступними положеннями.

1. Вперше розроблено сукупність методів та процедур проектування робастних систем просторової стабілізації, які відрізняються від відомих тим що, вони побудовані на основі нового способу оцінки здатності системи до контролю та модифікованої теорії робастної оптимізації, що забезпечує підвищення точності та надійності систем стабілізації в умовах параметричних та координатних збурень.

2. Вперше запропоновано метод синтезу структури контролепридатних систем просторової стабілізації який відрізняється від відомих тим що використовує модифіковану метрику з урахуванням контролепридатності системи, що підвищує надійність систем та їх стійкість до відмов.

3. Вдосконалено метод робастного параметричного синтезу систем просторової стабілізації обладнання рухомих об'єктів, за рахунок введення додаткової штрафної функції, на підставі основних показників якості системи.

4. Отримав подальший розвиток математичний опис систем просторової стабілізації обладнання рухомих об'єктів на основі урахування нелінійностей притаманних реальних систем та розроблення математичних описів у просторі станів для багатовісних систем стабілізації.

Практичне значення одержаних результатів полягає у застосуванні розроблених методів та процедур при створенні перспективних систем

просторової стабілізації обладнання рухомих об'єктів. Практичні результати є такими.

1. Розроблено процедуру визначення допустимих значень параметрів системи на основі аналізу інструментальної та методичної достовірностей контролю.

2. Виконано моделювання синтезованої системи у різних режимах її роботи, у тому числі з урахуванням збурень.

3. Розроблено процедуру обробки сигналів датчика кутової швидкості за рахунок введення адаптації на основі нерекурсивного фільтру, реалізованого на нейромережі із часовою затримкою, що підвищує точність стабілізації в умовах експлуатації.

Розроблені методи та процедури скорочують терміни проектування та зменшують його трудомісткість. Це призводить до суттєвого економічного ефекту та сприяє підвищенню конкурентоздатності проєктованих систем.

Таким чином в представлений роботі розв'язана наукова проблема, яка має велике значення для приладобудування України і полягає в проєктуванні систем просторової стабілізації інформаційно-вимірювальних систем та пристроїв спостереження, що зберігають високі показники якості в умовах інтенсивних збурень під час експлуатації рухомих об'єктів.

Зауваження та дискусійні положення. Разом з тим до роботи можна надати наступні зауваження.

1. У підрозділі 4.5 під час розгляду алгоритму адаптивної фільтрації не досліджено можливість виникнення неусталених станів, що можуть з'являтися при різких змінах сигналів. Це може призвести до погіршення роботи адаптивного фільтру, що проявляється у нестабільності його поведінки.

2. У підрозділах 2.2, 2.3 дуже стисло перераховано особливості лінеаризації, у той час як усі її основні особливості можна було б навіть виділити в окремий підрозділ.

3. У роботі (підрозділ 3.3) наведено порівняння результатів виконання оптимізаційних процедур на основі генетичних алгоритмів та метода Нелдера-Міда. При цьому характерні особливості та переваги генетичних алгоритмів описані досить детально, тоді як для методу Нелдера-Міда це не зроблено. І взагалі потрібно було пояснити, чому для порівняння обрано саме ці методи.

4. В оптимізаційному функціоналі змішаної робастної оптимізації використовується додаткова штрафна функція. Але в роботі не проаналізовано додаткові обчислювальні затрати, пов'язані з її використанням.

5. Складається враження, що початкові умови для реалізації параметричної оптимізації (шукані коефіцієнти регулятора) задаються у випадковий спосіб. Було б доцільно навести певні рекомендації для обраного класу систем, наприклад систем просторової стабілізації обладнання наземних рухомих об'єктів.

6. У 4 розділу під час представлення результатів моделювання складових системи просторової стабілізації не охоплено повною мірою різні типи датчиків кутової швидкості, які можуть використовуватись в системах досліджуваного типу.

7. В роботі мають місце стилістичні неточності.

Разом з тим вказані зауваження не знижують загальну позитивну оцінку представленої дисертаційної роботи.

Загальні висновки та оцінка дисертації.

Представлена дисертаційна робота Салюка Олеасандра Олексійовича на тему «Методика проектування систем просторової стабілізації обладнання рухомих об'єктів» є завершеною науковою працею, яка містить нові науково-обґрунтовані результати, які є суттєвими для розвитку комп'ютерно-інтегрованих технологій, що використовуються для створення систем стабілізації.

Дисертація відповідає спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» із галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування».

Згідно вимогам Порядку підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора

філософії та доктора наук у вищих навчальних закладах (наукових установах), затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня 2016 року. № 261 (зі змінами і доповненнями від 03 квітня 2019 року № 283), вимогам пп. 6, 7, 8, 9 “Порядку приєудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії”, затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44 вважаю, що робота відповідає вимогам, що пред’являються до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, а її автор, Салюк Олександр Олексійович, заслуговує присудження ступеня доктора філософії зі спеціальності у галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування» за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології».

Офіційний опонент,

кандидат технічних наук,

доцент, доцент кафедри цифрової економіки та системного аналізу

Державного торговельно-економічного університету

Валерій ЗОЗУЛЯ



Підпис Зозуля Валерій засвідчую
Начальник відділу кадрів 14.03.25
Н. Шевченко