

МЕТОДОЛОГІЯ ПРОЕКТУВАННЯ РОБАСТНИХ ІНЕРЦІАЛЬНИХ СТАБІЛІЗОВАНИХ ПЛАТФОРМ

Автори: В.М. Азарсков, д.т.н., проф.; О.А. Сущенко, д.т.н., доц.; А.А. Тунік, д.т.н., проф.; В.В. Чіковані, д.т.н., доц.; А.М. Кліпа, к.т.н., доц.; Н.Д. Новицька

Анотація: Розробку спрямовано на створення методології проектування інерціальних стабілізованих платформ, на яких розміщуються приладові комплекси (оптичні системи, радарні установки, фотокамери, блоки апаратури), що функціонують на літальних апаратах, морських та наземних рухомих об'єктах. Застосування робастного управління рухом платформи дозволяє забезпечити високу точність процесів наведення, стеження і стабілізації в складних умовах реальної експлуатації, що супроводжуються дією параметричних та зовнішніх збурень. При цьому спрощується експлуатаційне супроводження платформ, підвищується їх надійність та зменшуються терміни виконання проектувальних робіт за рахунок використання автоматизованих процедур на основі розроблених алгоритмів та методів. Робастна параметрична оптимізація забезпечує модернізацію вже спроектованих систем управління рухом платформ, а робастний структурний синтез доцільно застосовувати для систем, що проектуються вперше.

Ключові слова: інерціальні стабілізовані платформи, рухомі об'єкти, робастне управління, параметрична оптимізація, структурний синтез.

Ціль роботи: розробити методологію проектування робастних інерціальних стабілізованих платформ із розміщеними на них приладовими комплексами в різних режимах роботи (стабілізації, наведення, стеження), провести півнатурні та натурні випробування цих платформ у складі рухомих об'єктів різного призначення.

Короткий опис розробки.

Розширення функціональних можливостей та підвищення точнісних характеристик інформаційно-вимірювальних систем, що експлуатуються на рухомих об'єктах різного призначення вимагає відповідного прогресу у засобах їх стабілізації. Експлуатація рухомих об'єктів широкого класу відбувається в умовах значних параметричних та різноманітних зовнішніх збурень (дія турбулентного стохастичного вітру для літальних апаратів, нерівності рельєфу доріг і місцевості для наземних транспортних засобів, морське нерегулярне хвилювання для морських рухомих об'єктів). При

цьому збереження точносних характеристик можливе за умови використання принципів робастного управління.

Пропонується методологія створення автоматизованих процедур проектування інерціальних стабілізованих платформ з використанням робастної параметричної оптимізації та робастного структурного синтезу. В основу автоматизованих процедур проектування покладено змішану H_2/H_∞ -оптимізацію для модернізації вже існуючих систем та H_∞ -синтез для створення перспективних систем. Програмну реалізацію процедур проектування здійснено в обчислювальній системі MatLab.

Отримані результати.

На основі методів робастної параметричної оптимізації та робастного структурного синтезу було розроблено:

- робастні закони управління рухом платформи (двоосної та триосної) із апаратурою спостереження, що експлуатується на літаках спеціальної авіації та БПЛА з метою виконання низки задач, а саме моніторингу, картографії та ін.
- робастні закони управління рухом двоосної платформи із спеціальним обладнанням, що експлуатується на наземних транспортних засобах в режимах стабілізації, наведення та стабілізованого наведення;
- робастні навігаційні закони платформної системи стабілізації та визначення положення морського рухомого об'єкта в інерціальному просторі;
- робастні регулятори у контурах стабілізації платформної системи стабілізації та визначення просторового положення морського рухомого об'єкта.

Отримані результати було впроваджено в розробку цифрового стабілізатора спеціального обладнання у вертикальній та горизонтальній площинах, та гіроскопічної системи стабілізації та визначення курсу на ПАТ «НВО «Київський завод автоматики».

Перелік статей по тематиці розробки.

- 1.Тунік А.А., Сущенко О.А., Сучасні задачі інерціальної стабілізації інформаційно-вимірювальних систем // Електроніка та системи керування. – 2009. – №4(22). – С. 68–79.
- 2.Tunik A.A. Sushchenko O. A. Usage of vector parametric optimization for robust stabilization of ground vehicles information-measuring devices // Proceedings of the National Aviation University. – 2013. – № 4. – P. 23–32.
- 3.Азарсков В.Н., Блохин Л.Н., Житецький Л.С. Методология конструирования оптимальных систем стохастической стабилизации. Монографія. К.: НАУ, – 2006. – 432 с.
- 4.В.М. Азарсков, А.М.Кліпа, А.А. Тунік. Розширена Калманівська фільтрація в задачах оцінки стану та ідентифікації динамічних характеристик літального апарата. Електроніка та системи управління, № 1, 2004, стор.114-124.
- 5.A.A. Tunik, M.A. Touat, Xu Guo Dong. Robust Autopilots Based on the Fuzzy Model Reference Learning Control. Proceedings of the National Aviation University, No.3 (29),Kyiv, 2006, pp. 30-38.
- 6.A.A. Tunik, M.A. Touat. Hard and Soft Computing in the Robust Flight Control Systems. Applied and Computational Mathematics, Vol.5, No.2, 2006, pp.166-180.
- 7.A.A. Тунік, К.В. Мельник. Проектування багатовимірних систем керування польотом в умовах невизначеності за допомогою технології μ -синтезу. Вісник НАУ, №3 (36).-К.: НАУ, 2008.-стор.73-84.
- 8.A.A. Tunik, E.A. Abramovich. Multi-Model Approach to Parametric Robust Optimization of Digital Flight Control Systems. Journal of Automation and Information Sciences.- Begell House Inc.: 36(3), 2004.- pp.25-34.
- 9.V.B. Larin, A.A. Tunik. On Correcting the System of Inertial Navigation. Journal of Automation and Information Sciences.- Begell House Inc.: 42(8), 2010.- pp.13-26.
- 10.A.A. Tunik, O.D. Gorbatyuk. LMI-based Feedback Suppression of External Disturbances for RUAV. Information Systems, Mechanics and Control. NTUU “KPI”. -2010.-Number 4, Special Issue.-pp.17-25.
- 11.A.A. Тунік, О.П. Басанец. Синтез следящей системы наведения вращающегося беспилотного летательного аппарата с помощью линейных

матричних нерівностей. Кибернетика и вычислительная техника. Выпуск 164, Киев, Институт Кибернетики НАНУ-2011.- стр.17-29.

12.V.B. Larin, A.A. Tunik. On Inertial Navigation System Error Correction. International Applied Mechanics, Springer Science, Inc. – 2012.- v.48, No.2. – pp. 213-223.

13. A.A. Tunik, M.M. Komnatska. On Structures of Combined UAV Flight Control Systems with Elements of Fuzzy Logics. Electronics and Control Systems.- No.1(43), 2015.-pp.17-25.

14. V.B. Larin, A.A. Tunik. Improvement of Aircraft's Capability of Tracking the Reference Trajectory. International Applied Mechanics, Springer Science, Inc. – vol.51, no.5, 2015.-pp. 601-606.

15. A.A. Tunik, K.Rydlo, O.V.Savchenko, K.V.Melnik. Practical Experience of Intellectual UAV Attitude Stabilization System Computer-Aided Design. Electronics and Control Systems.- No.1(43), 2015.-pp.17-25.

16.Sushchenko O. A. Design of Robust Controllers in Problems of UAV information-measuring devices stabilization // ISSN: 1990-5548. Electronics and Control Systems. – 2013. – № 3(37). – P. 58–64.

17.Sushchenko O. A. Design of two-degree-of-freedom system for control by inertially stabilized platform // Electronics and Control Systems. – 2013. – № 3(37). – P. 62–69.

18. Сущенко О.А. Математична модель рухомого наземного об'єкта в контурах вертикального та горизонтального наведення / О.А. Сущенко, Р.А. Сайфетдінов // Вісник Національного авіаційного університету. – 2007. – №2.– С. 146–151.

19. Сущенко О.А. Робастна параметрична оптимізація систем стабілізації наземних рухомих об'єктів / О.А. Сущенко // Вісник Національного авіаційного університету. – 2008. – №4.– С. 26 – 32.

20. Сущенко О.А. Робастна параметрична оптимізація системи стабілізації та визначення курсу / О.А. Сущенко // Електроніка та системи управління. –2009. – №1(19). – С. 111–118.

21. Сущенко О.А. Робастна параметрична оптимізація дискретної системи стабілізації наземного рухомого об'єкта / О.А. Сущенко // Вісник Національного авіаційного університету. – 2009. – №2.– С. 60 – 65.

22. Сущенко О.А. Параметрична оптимізація навігаційних контурів багаторежимної системи стабілізації та визначення курсу / О.А. Сущенко // Вісник Національного авіаційного університету.–2009.–№3. – С. 67 – 75.

23. Сущенко О.А. Синтез регулятора з двома ступенями вільності для стабілізації інформаційно-вимірювальних пристроїв / О.А. Сущенко // Вісник Національного авіаційного університету. – 2012.– №1.– С. 46 – 55.

24. Сущенко О.А. Структурний синтез комбінованої робастної системи управління з урахуванням зовнішніх координатних збурень / О.А. Сущенко // Вісник Національного авіаційного університету. – 2012.– №4.– С. 31 – 36.

Апробація.

Результати розробки були представлені на наступних конференціях.

1.Sushchenko O. A., Tunik A.A. Robust Stabilization of UAV Observation Equipment // IEEE Proceedings 2nd Conference on Actual Problems of Unmanned Air Vehicles Developments, Kyiv, 15-17 October 2013: – P. 176–180. of the National Aviation University. – 2013. – № 3. – P. 41–48.

2.Sushchenko O. A. Optimal Synthesis of Electronic System for Gyroscopic Nautical Compass Stabilisation // IEEE Proceedings 33rd Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO), Kyiv, 16-19 April, 2013: – P. 436 – 439.

3.Sushchenko O.A. Synthesis of Two-Degree-of-Freedom System for Stabilization of Information-Measuring Devices on Moving Base”// IEEE Proceedings 3rd Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC), Kyiv, 14-17, October, 2014, - P.150-154.

4. Sushchenko O.A. Features of Control by Two-Axis Gimbaled Attitude and Heading Reference System// IEEE Proceedings 3rd Conference on Methods and Systems of Navigation and Motion Control (MSNMC), Kyiv, 14-17, October, 2014, – P.190-194.

5. Sushchenko O. A., Tunik A.A. Robust Optimization of Inertially Stabilized Platforms / Methods and Systems of Navigation and Motion Control: the 2nd International Conference, October, 9–12, 2012: proceedings. – К. : НАУ, 2012. – P. 101–105.

6. Сущенко О. А., Луцко Д.О. Особливості параметричної оптимізації багаторежимної платформної системи стабілізації та визначення курсу // АВІА-2009: IX міжнародна науково-технічна конференція, 21–23 вересня 2009 р., зб. доп. – К. : НАУ, 2009. – Т.ІІ. – С. 9.21–9.24.

7. Сущенко О. А., Чаплай І.В. Особливості синтезу дискретної робастної системи стабілізації інформаційно-вимірювальних пристроїв// Гіротехнології, навігація, керування рухом та конструювання авіаційно-космічної техніки:

VIII міжнародна науково-технічна конференція, 21–22 квітня 2011р. – К. : НТУУ «КПІ», 2011. – Ч. 2. – С. 156–165.

8. Сущенко О. А. Методологія математичного опису та організації моделювання систем орієнтації та навігації морських рухомих об'єктів // Гіротехнології, навігація, керування рухом і конструювання авіаційно-космічної техніки: VI міжнародна науково-технічна конференція, 26–27 квітня 2007 р. – К. : НТУУ «КПІ», 2007. – Ч. 1. – С. 260–266.

9. Сущенко О. А., Чаплай І.В. Параметрична оптимізація робастної системи стабілізації інформаційно-вимірювальних Гіротехнології, навігація, керування рухом і конструювання авіаційно-космічної техніки: VIII міжнародна науково-технічна конференція, 17–18 квітня 2013р. – К. : НТУУ «КПІ», 2013. – Ч. 1. – С. 309 – 317.

10. *Sushchenko O. A.* Mathematical model of inertially stabilized platform for aircraft observation equipment // Aviation in the XXI-st century. Safety in Aviation and Space Technology: the Fourth World Congress, September, 21–23, 2010: proceedings. – К. : NAU, 2010. – Vol. 1. – P. 21.43–21.46.

11. Сущенко О. А. Особливості моделювання системи стабілізації наземного рухомого об'єкта //Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту. (ISDMCI`2008): міжнародна наукова конференція, 19–23 травня 2008 р. – Херсон : ХНТУ, 2008. – Т. 2. – С. 69–72.

12. Сущенко О. А. Моделювання систем навігації водного транспорту з урахуванням кутового руху основи // Інтелектуальні системи прийняття рішень та прикладні аспекти інформаційних технологій. (ISDMIT`2005): Зб. наук. пр. Міжнародної наукової конференції. – Євпаторія (АР Крим): ХМІ, 2005. – Т. 4. – С. 46–49.

13. Сущенко О. А., Луцко Д.О. Синтез законів управління для системи стабілізації та визначення курсу морського рухомого об'єкта // Автоматика-2010: 17 міжнародна конференція, 27–29 вересня 2010 р.: зб. наук. пр. – Харків : ХНУРЕ, 2010. – С. 70–73.

14. Сущенко О. А. Синтез та моделювання системи стабілізації морських навігаційних комплексів в умовах невизначеності // Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту. (ISDMCI`2011): міжнародна наукова конференція, 16–20 травня 2011 р. – Херсон : ХНТУ, 2011. – Т. 1. – С. 458–462.

15. Сущенко О. А., А.А. Тунік Синтез робастної комбінованої системи стабілізації інформаційно-вимірювальних пристроїв на рухомій основі // Автоматика-2012: 17 міжнародна конференція, 27–29 вересня 2012 р.: зб. наук. пр. – К. : КПІТ, 2012. – С. 50–53.