

МЕТОДИКА СИНТЕЗУ ЦИФРОВИХ РЕГУЛЯТОРІВ ПРЕЦИЗІЙНИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ДЛЯ СИСТЕМИ ОРІЄНТАЦІЇ І СТАБІЛІЗАЦІЇ СТЕЖЕННЯ ЗА ОБ'ЄКТАМИ СЕНСОРІВ СПРЯМОВАНОЇ ДІЇ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ

¹Лисенко О.І., ²Фуртат С.О., ²Фуртат О.В.

¹*Навчально-науковий інститут телекомунікаційних систем
КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна;*

²*Таврійський національний університет імені В.І. Вернадського, Україна
E-mail: lysenko_home@ukr.net, furtatsergij@gmail.com, furtatlina@gmail.com,*

SYNTHESIS OF DIGITAL REGULATORS OF PRECISION ELECTRIC DRIVES FOR THE SYSTEM OF ORIENTATION AND STABILIZATION OF TRACKING OBJECTS OF SENSORS OF DIRECTIONAL ACTION OF MOBILE ROBOTS

The methodology recommends distinguishing two modes of operation of the electric drive: orientation (reorientation) of the sensor's sensitivity axis and its stabilization. The structure of the control law remains unchanged for both regimes. The regulation algorithm consists of digital proportional-integral-differential regulation algorithms, an algorithm for correcting the dynamic properties of the electric drive, and an algorithm for restoring (estimating) the state vector (Luenberger observer or Kalman filter). Information to the observer or filter comes from a digital ammeter. The use of the technique will allow: to improve the dynamic characteristics of the electric drive with a slight increase in energy consumption; increase reliability and reduce the load-size indicators of the electric drive.

Синтез цифрових регуляторів, які дозволяють зробити прецизійними електроприводи для системи орієнтації і стабілізації стеження за об'єктом сенсорів спрямованої дії мобільних роботів дозволять поліпшити технічні характеристики функціонування як окремих мобільних роботів, так і їх груп. Особливого значення цей факт набуває для групового застосування мобільних роботів у військових цілях. Методика синтезу цифрових регуляторів прецизійних електроприводів для системи орієнтації і стабілізації стеження за метою сенсорів спрямованої дії мобільних роботів розвиває інженерний методичний апарат синтезу цифрових регуляторів.

Суть полягає в тому, щоб завдяки алгоритмічній модернізації(удосконаленню алгоритму управління) цифрового електроприводу задовольнити дві суперечливі вимоги(критерії) : швидка переорієнтація сенсора спрямованої дії і точність його стабілізації в заданому положенні.

У методиці, що викладається, наукове завдання декомпозується на дві підзадачі: перша підзадача полягає в модернізації алгоритму переорієнтації; друга підзадача полягає в модернізації алгоритму стабілізації. Рішення першої підзадачі пропонується виконувати в детермінованій постановці, а рішення другої підзадачі - в стохастичній. При цьому міняються тільки параметри алгоритмів управління, а їх структура залишається незмінною в результаті

рішення обох підзадач. Таким чином, методика дозволяє синтезувати адаптивний до конкретного режиму роботи алгоритм цифрового автоматичного управління електроприводом системи орієнтації і стабілізації сенсора спрямованої дії.

Завдання стабілізації вісі чутливості сенсора в режимі стеження розглядається в стохастичній постановці. У цій задачі параметри обираються за умови мінімізації дисперсії помилки утримання вісі чутливості сенсора в заданому положенні та мінімізації додаткових витрат енергії автономним джерелом живлення сенсора.

Звертаємо увагу на методичні прийоми налаштування ЦСАК, які є однаковими для обох режимів її роботи. Якщо відомі параметри математичних моделей ДПС та збурення, то налаштування параметрів регулятора та спостерігача стану можна виконати заздалегідь із використанням цих моделей, тобто перед початком застосування сенсора. Якщо таких відомостей немає, то зрозуміло, потрібно виконувати оперативну ідентифікацію параметрів математичних моделей та оперативне налаштування ЦСАК під конкретну ситуацію, тобто робити ЦСАК адаптивною (квазіадаптивною).

У детермінованій постановці спостерігач стану використовує алгоритм, який носить назву спостерігач Люенбергера, а в стохастичній - фільтр Кальмана.

За результатом виконання методики отримуємо структуру математичної моделі ЦСАК у вигляді, що представлена на рисунку 1.

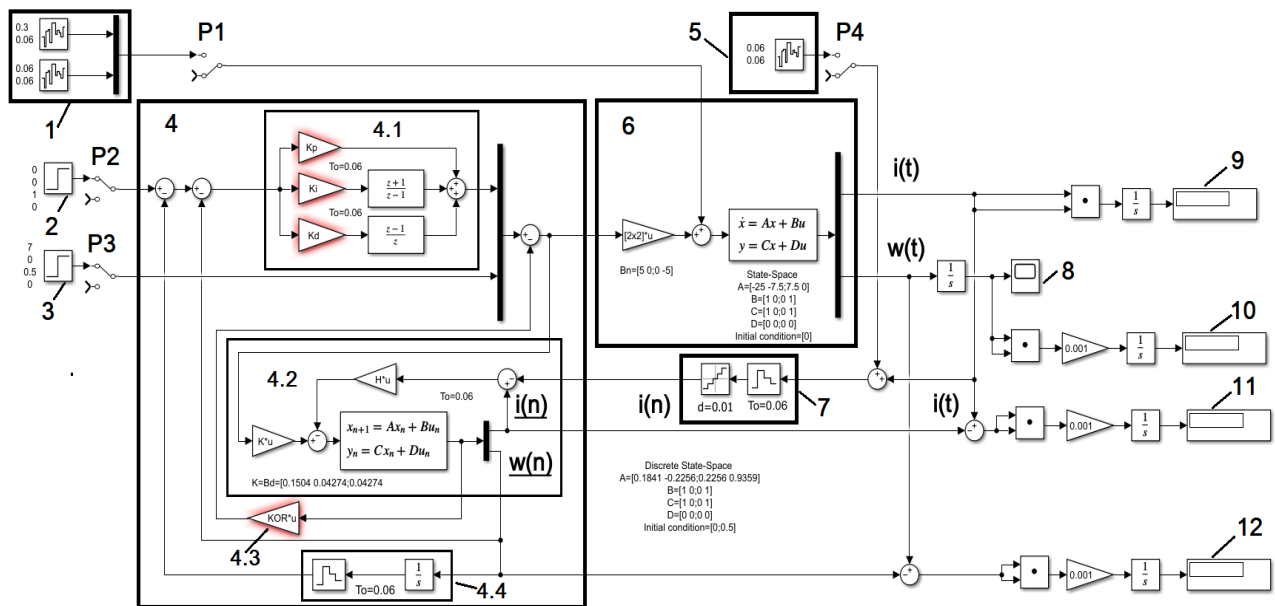


Рис.1. Структура комп'ютерної математичної моделі ЦСАК прецизійним електроприводом для системи орієнтації і стабілізації стеження за метою сенсорів спрямованої дії мобільних роботів.

Найкращим компромісним варіантом алгоритму стеження за об'єктом, що дозволяє зменшити дисперсію помилки стеження на 30% і всього в два рази збільшити споживання енергії, являється алгоритм ЦПД регулювання, використаний спільно з алгоритмом корекції динамічних характеристик

електроприводу, який синтезований методом регулювання стану із бажаним(заданим) характеристичним рівнянням.

Усі алгоритми в режимі стабілізації стеження за метою використовують інформацію про вектор стану електроприводу, яка подається з виходу фільтру Кальмана.

У ЦСАК з корекцією динамічних характеристик ДПС вдається на 40% зменшити час перехідного процесу і в десятки разів зменшити амплітуду сплеску вихідного сигналу при дії ступінчастого гальмівного збурення в порівнянні з ЦСАК - без корекції динамічних характеристик ДПС.

Використання запропонованих методів дозволить: поліпшити динамічні характеристики електроприводу при незначному збільшенні витрат енергії; підвищити надійність і зменшити масогабаритні показники електроприводу. Обмеження стаціонарності математичної моделі об'єкту управління можливо замінити на квазістаціонарну, якщо в загальний алгоритм обробки інформації і управління додати алгоритм оперативної ідентифікації параметрів об'єкту управління.

Література

1. Лисенко О., Тачініна О., Алексєєва І., Новіков В. Математичне моделювання руху цільового вузла Iron Bird датчиків системи керування даними безпеки. Матеріали семінару CEUR, том. 2711, стор. 482–491, (2020).
2. Lin, L., Wu, P., He, B., Chen, Y., Zheng, J., Peng, X.: The sliding mode control approach design for nonholonomic mobile robots based on non-negative piecewise predefined-time control law. *IET Control Theory & Applications*. Vol. 15(9), pp. 1286–1296. (2021). <https://doi.org/10.1049/cth2.12122>, last accessed 2023/06/10.
3. Mykhaylov, E.P., Krys, M.V.: Local navigation of mobile robots using odometry tools. *Lifting and transport equipment*. Vol. 4, pp. 21-30. (2015).
4. Mykhaylov, E.P., Skrynnyk, A.I.: Study of the means of local navigation of mobile robots. *Lifting and transport equipment*. Vol. 3, pp. 55-61. (2017).
5. Streltsov, O.V., Saftiuk, M.P.: Investigation of Methods for Interactions of a Group of Mobile Robots under Limited Communication Range Conditions. *Scientific Works of P.M. Mogilyanka Complex Chernomorsk State University. Series: Computer Technologies*. Vol. 266, Iss. 254, pp. 76-80. (2015). http://nbuv.gov.ua/UJRN/Npchduct_2015_266_254_14, last accessed 2023/06/10.
6. Alsadik, B., Karam, S.: The Simultaneous Localization and Mapping (SLAM)-An Overview. *Journal of Applied Science and Technology Trends*. Vol. 2, no. 04. pp. 120–131. (2021). <https://doi.org/10.38094/jastt204117>, last accessed 2023/06/10
7. Sebo, S., Stoll, B., Scassellati, B., Jung, M. F.: Robots in Groups and Teams. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, Vol. 4(CSCW2), pp. 1–36. (2020). <https://doi.org/10.1145/3415247>, last accessed 2023/06/10.