

Міністерство освіти і науки України



NURE

Харківський національний університет
радіоелектроніки

ЗБІРНИК

студентських наукових статей

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2024

(Випуск 1)

[електронне видання]



<http://nure.ua/department/kafedra-komp-yuterno-integrovanih-tehnologiy-avtomatizatsiyi-ta-mehatroniki-kitam>



<http://itez.zntu.edu.ua/>



<http://kafea.kdu.edu.ua>

Харків 2024

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки
кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки
(КІТАР)



ЗБІРНИК
студентських наукових статей
«Автоматизація та приладобудування»
«Automation and Development of Electronic Devices»
ADED-2024
(Випуск 2)
[електронне видання]

Харків 2024

Головий редактор **Невлюдов Ігор Шакирович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Редакційна колегія: **Филипенко Олександр Іванович**, доктор технічних наук, професор, декан факультету Автоматики та комп'ютеризованих технологій, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Цимбал Олександр Михайлович, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Андрусевич Анатолій Олександрович, доктор технічних наук, професор, начальник Криворізького коледжу національного авіаційного університету

Косенко Віктор Васильович, доктор технічних наук, професор, зам. директора Державного підприємство «Південний державний проектно-конструкторський та науково-дослідний інститут авіаційної промисловості».

Замірець Микола Васильович, доктор технічних наук, професор, директор Державного підприємства Науково-дослідного технологічного інституту приладобудування.

Свищ Володимир Митрофанович, доктор технічних наук, професор, радник директора Державне науково-виробниче підприємство «Об'єднання Комунар».

Фомовська Олена Владиславівна, кандидат технічних наук, доцент завідувач кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.

Кухаренко Дмитро Володимирович, кандидат технічних наук, доцент кафедри «Електронних апаратів» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Демська Наталія Павлівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Фурманова Наталія Іванівна, кандидат технічних наук, доцент, в.о. декана факультета Радіоелектроніки і телекомунікацій, Національного університету «Запорізька політехніка».

Відповідальний редактор: **Євсєєв Владислав В'ячеславович**, доктор технічних наук, професор кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки, Харківського національного університету радіоелектроніки.

Автоматизація та Приладобудування («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2024) [Електронний ресурс] : збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2024. – Вип. 1. – 207с.

Collection of Students' Scientific Paper «Automation and Development Of Electronic Devices» ADED-2024 Part 1 (Key infrastructure 2024) - Kharkiv/ The Editorial.: Nevlyudov I.Sh. (head), that all. Kharkiv: Kind of Kharkiv National University of Radio Elektronik [electronic edition], 2024. – 207p with.

Рекомендовано рішенням
Науково-технічної ради
Харківського національного
університету радіоелектроніки
протокол №6 від 29.11.2018

Рекомендовано рішенням Вченої ради
факультету Автоматики і комп'ютеризованих технологій
Харківського національного
університету радіоелектроніки
протокол № 10 від 20.05.2024

Збірник містить наукові статті здобувачів першого (бакалаврського), другого (магістерського) рівнів вищої освіти кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР) Харківського національного університету радіоелектроніки, кафедри Інформаційних технологій електронних засобів (ІТЕД) Запорізького національного технічного університету та кафедри Електронних апаратів (ЕА) Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського які навчаються за спеціальностями: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка; 172 Телекомунікації та радіотехніка, 171 Електроніка та 163 Біомедична інженерія. Статті надані в авторській редакції.

АНАЛІЗ ПРИНЦИПІВ ПОБУДОВИ АДАПТИВНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ

П.М. Савченко

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

E-mail: pavlo.savchenko1.@nure.ua

Анотація: В роботі проведений аналіз принципів побудови та особливостей роботи адаптивних систем автоматичного управління, розглянуті самоналаштовуючі пошукові та безпошукові системи автоматичного управління, їх переваги та недоліки.

Ключові слова: управління, адаптивна система, пошукова система, безпошукова система.

ANALYSIS OF PRINCIPLES OF BUILDING ADAPTIVE AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS

P. Savchenko

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky ave., 14

E-mail: pavlo.savchenko1.@nure.ua

Annotation: This article provides an analysis of the principles and features of adaptive automatic control systems, considering self-tuning search and search-free automatic control systems, their advantages, and disadvantages.

Key words: control, adaptive system, search system, search-free system.

Розробка нових технологічних процесів та вдосконалення існуючих у складних технічних системах і механізмах створює значні вимоги до якості управління, що особливо важливо при створенні систем, які працюють у нестабільних умовах. Найбільш характерними прикладами застосування таких систем є:

- роботи, які працюють у складних середовищах, також промислові роботи та засоби автоматизації, що працюють у безлюдних технологіях, стикаються зі складністю моделювання взаємодії рухливих компонентів, що ускладнює їх управління у реальному часі;
- системи регулювання різних теплотехнічних процесів, таких як системи кондиціонування повітря та підтримки мікроклімату в приміщеннях;
- багатокомпонентні технологічні процеси в різних галузях промисловості, де неможливо описати всю сукупність хімічних реакцій, термодинамічних та інших фізичних процесів;
- високошвидкісні літальні апарати, точні моделі яких не можуть бути отримані через значні відхилення параметрів атмосфери та незавершеність інформації про швидкість, дальність і висоту польоту, а також наявність непередбачуваних перешкод у середовищі.

Особливості у створенні систем управління викликають непередбачувані зміни у структурі та параметрах швидкодіючих об'єктів управління, які мають власні частоти у десятках герц. Наприклад, системи керування приводами роботів, високоточних верстатів, або основного приводу прокатного стану. Зазвичай такі об'єкти мають низький коефіцієнт демпфування, що призводить до значної коливальності, унаслідок чого математичні моделі не можуть бути спрощені до більш низького рівня. При цьому, при значній швидкодії (власні частоти коливаються від одиниць до сотень герц), параметри можуть змінюватися в десятки разів швидше, ніж змінюється програмне завдання, і ці зміни стосуються як статичних коефіцієнтів посилення, так і коефіцієнтів демпфування та постійних часу. Нелінійності в контурі

управління стають нестационарними і пов'язані з технологічним процесом, для якого призначений об'єкт, і не можуть бути усунені. Все це робить використання неадаптивних методів управління значно ускладненим, а в окремих випадках зовсім неможливим.

Зазвичай адаптивні системи включають в себе самоналаштовуючі системи, які розділяються на два типи: пошукові та безпошукові. Самоналаштовуючі системи використовують спеціальні контури самоналаштування для оцінки динамічних та статичних характеристик системи і формування коригуючих впливів для наближення системи до певного стандарту з визначеними критеріями якості. Зазвичай критерій якості управління виражається у вигляді функціоналу, який залежить від параметрів та координат системи. Задача контуру самоналаштування полягає в досягненні максимального або мінімального значення функціоналу якості, яке змінюється під час роботи системи.

У випадках, коли час, потрібний для визначення умов екстремуму, не є критичним, наприклад, для повільних процесів, застосовують пошукові методи. Пошук екстремуму може проводитися різними способами, починаючи від простого перебору всіх можливих станів системи й закінчуючи складними ймовірнісними процедурами порівняння варіантів обраних шляхів та їхнього пошуку.

Більшість методів регулярного пошуку мають недолік, пов'язаний з ризиком потрапляння на локальний екстремум замість глобального, за винятком методу прямого перебору. Цю проблему можна вирішити за допомогою випадкового пошуку. Одним з основних недоліків усіх пошукових методів є значний час, потрібний на пошук, та обурення, які вносяться пошуковими рухами в основний контур управління. Часто такі обурення є неприйнятними з технічних причин, наприклад, пошукові коливання можуть спричинити вихід з ладу виконавчих механізмів при резонансних частотах.

Найшвидші результати демонструють безпошукові самоналаштовуючі системи. Вони базуються на компенсаційних підходах, де аналітичне визначення екстремума функціоналу якості дозволяє отримати темп адаптації, сумісний з перехідними процесами в системі.

Для компенсації змін у диференціальному рівнянні об'єкта вносяться зміни у налаштування регулятора так, щоб диференціальне рівняння, яке описує поведінку замкненої системи, залишається незмінним. Однак виконання цього методу ускладнюється необхідністю внесення змін у структуру та параметри регулятора без повної інформації про обурення та математичну модель складного об'єкта управління.

Введення еталонної моделі у контур самоналаштування є ефективним способом забезпечення екстремального значення функціоналу якості. Основні вимоги до реалізації процесу адаптації в таких системах полягають у тому, щоб швидкість самоналаштування була значно вищою, ніж швидкість параметричних змін в об'єкті, що представляє собою нетривіальне завдання, враховуючи складність алгоритму адаптації.

У безпошукових адаптивних системах, де градієнт функціоналу якості визначається без активних пошукових процесів, необхідно мати більше попередньої інформації про об'єкт управління. Отримання точного градієнту функціоналу якості у таких системах є складним завданням. Проте в поєднанні з іншими методами, наприклад, з методом еталонної моделі, можна досить точно визначити градієнт за наближеними функціями чутливості моделі, але це призводить до значних обчислювальних витрат. Такі системи вимагають високої обчислювальної потужності для ефективної реалізації. Додаткові методи, такі як метод Монте-Карло або методи випадкового пошуку, можуть бути використані для покращення точності оцінки градієнту. Однак це може збільшити обчислювальну складність системи.

При вирішенні задачі знаходження екстремуму функціоналу якості часто не вдається виразити бажаний функціонал через налаштовувані параметри системи. Однак можлива його непряма оцінка за окремими динамічними характеристиками системи, наприклад, за імпульсними перехідними характеристиками або за частотними характеристиками. Основними недоліками таких систем є, з одного боку, необхідність виконання з високою

точністю великої кількості обчислень і, з іншого боку, можливість застосування лише в лінійних та деяких класах нелінійних систем.

Наявність швидкозмінюваних параметрів у електромеханічних системах потребує додаткової сигнальної самонастройки, яка, на відміну від параметричної самонастройки, реагує на швидкозмінювані, але значущі зміни параметрів об'єкта. Ця сигнальна самонастройка не має елементів з пам'яттю чи блоків множення, але впливає на вхід адаптивної системи. Для успішного використання стаціонарних динамічних спостерігачів у таких системах з еталонними моделями, час адаптації повинен бути значно швидше за час регулювання, а частотний зсув спостерігача відносно електромеханічного об'єкта має бути значно вище. Це ставить дуже високі вимоги до продуктивності використовуваних у системі управління процесорів.

Значне спрощення алгоритмів адаптації нелінійних систем управління з параметричною настройкою досягається за рахунок впровадження мажоруючих функцій. Цей підхід істотно спрощує структуру порівняно з точними алгоритмами адаптації через ігнорування всіх глобально обмежених нелінійностей. Ще одним важливим аспектом адаптації є ефективне управління швидкодією процесу. Для цього важливо забезпечити баланс між точністю адаптації та обчислювальними витратами. При розробці алгоритмів адаптації потрібно враховувати різноманітні умови експлуатації системи, такі як зміна параметрів середовища чи зовнішні впливи. Для досягнення оптимальної продуктивності адаптивних систем управління необхідно поєднувати різні методи та стратегії адаптації. Однак важливо пам'ятати про потребу в перевірці та тестуванні нових алгоритмів перед їх впровадженням у реальній системі.

Навіть за значних спрощень, цифрова реалізація алгоритмів адаптації з мажоруючими функціями в реальному часі стає складним завданням, тому дальший прогрес у методі мажоруючих функцій отримав поштовх з розробки нейромережових активних регуляторів, які працюють у умовах структурної та функціонально-параметричної невизначеності. Завдяки паралельним обчисленням на нейромережових структурах вдається досягти високих результатів.

На сьогоднішній день відомо досить багато різних методів реалізації адаптивного управління. Однак практично всі ці методи мають свої обмеження і можуть бути ефективно застосовані лише в обмеженому діапазоні ситуацій. Це стимулює пошук нових шляхів для адаптації систем до умов невизначеності. З урахуванням прогресу в галузі штучного інтелекту та суміжних наукових областей, напрямків на перший план виходять інтелектуальні технології управління, які ґрунтуються на обробці знань.

Таким чином, провівши аналіз принципів побудови та особливостей роботи адаптивних самоналаштовуваних систем, можна визначити, що безпошукові системи вважаються найбільш перспективними. Проте для них ще не вирішено питання щодо забезпечення відповідної швидкодії контуру адаптації. Адаптивні системи з контуром самонастройки, хоча і мають багато переваг, мають важливий недолік у виді складно реалізованих обчислювальних блоків для пошукового або аналітичного визначення умов екстремуму заданої функціональної якості, що призводить до ускладнення системи управління та зниження надійності її функціонування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Невлюдов, І.Ш. Автоматичне управління технологічними об'єктами [Текст]: підручник / І.Ш. Невлюдов, О.В.Токарева. – Харків: ХНУРЕ, 2018.—190 с.
2. Adaptive Control / Karl J. Astrom, Bjorn Wittenmark, 2nd Edition. Dover publications, inc., 2008, 574 p.
3. Control Systems Engineering /I.J Nagrath, M. Gopal. - New Academic Science, 2020. – 912 p.

4. Automatic Control Systems. 11th Edition / F.Golnaraghi, B.Kuo. – McGraw-Hill Education, 2019. – 864 p.
5. Lloyds Raja G, Ali A. New PI-PD controller design strategy for industrial unstable and integrating processes with dead time and inverse response. *Journal of Control, Automation and Electrical Systems*. 2021; 32(2): 266-280
6. Attar, H., & et al.. (2022). Control System Development and Implementation of a CNC Laser Engraver for Environmental Use with Remote Imaging. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, Article ID 9140156, <https://doi.org/10.1155/2022/9140156>.
7. Abu-Jassar, A. T., Attar, H., Yevsieiev, V., Amer, A., Demska, N., Luhach, A. K., & Lyashenko, V. (2022). Electronic User Authentication Key for Access to HMI/SCADA via Unsecured Internet Networks. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, Article ID 5866922. <https://doi.org/10.1155/2022/5866922>.
8. Моделі та методи кіберфізичних виробничих систем в концепції Industry 4.0 : монографія / І. Ш. Невлюдов, В. В. Євсєєв, А. О. Андрусевич, С. С. Максимова ; – Oktan Print – Prague. 2023. – 321 с.
9. Lyashenko, V., Abu-Jassar, A.T., Yevsieiev, V., Maksymova, S. Automated Monitoring and Visualization System in Production, *Int. Res. J. Multidiscip. Technovation*, 5(6) 2023 09-18. <https://doi.org/10.54392/irjmt2362>
10. Yevsieiev, V. Comparative Analysis of the Characteristics of Mobile Robots and Collaboration Robots Within INDUSTRY 5.0. / V. Yevsieiev, D. Gurin // In the VI International Scientific and Theoretical Conference, September 8, 2023. Chicago, USA. P.92-94
11. Yevsieiev, V. ., & Gurin, D. . (2023). COMPARATIVE ANALYSIS OF THE BASIC METHODS USED IN INDUSTRY 4.0 AND INDUSTRY 5.0. *Collection of Scientific Papers «ΛΟΓΟΣ»*, (September 29, 2023; Bologna, Italy), 113–115. <https://doi.org/10.36074/logos-29.09.2023.31>
12. Yevsieiev V. Some aspects of the development of the BEAM robot control scheme / V. Yevsieiev // In IV International Scientific and Theoretical Conference, Singapore, Republic of Singapore. - P. 79-81.
13. Yevsieiev, V. ., Maksymova, S. ., & Starodubcev, N. . (2022). A ROBOTIC PROSTHETIC A CONTROL SYSTEM AND A STRUCTURAL DIAGRAM DEVELOPMENT. *Collection of Scientific Papers «ΛΟΓΟΣ»*, (August 12, 2022; Zurich, Switzerland), 113–114. <https://doi.org/10.36074/logos-12.08.2022.33>
14. Yevsieiev V. (2023) Development of a program for modeling the control of a mobile manipulation robot in the unity environment / Yevsieiev V., Starodubcev N. // *Scientific Collection «InterConf»*, (141), P. 331-334.
15. Невлюдов І. Ш. BEAM робототехніка : навч. посіб. / І. Ш. Невлюдов, В. В. Євсєєв, С. С. Максимова ; Харків. нац. ун-т радіоелектроніки, кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки (КІТАР). – Кривий Ріг : Видавець Чернявський Д. О., 2024. – 276 с. – ISBN 978-617-8045-79-1