

Міністерство освіти і науки України



NURE

Харківський національний університет
радіоелектроніки

ЗБІРНИК

студентських наукових статей

«Автоматизація та приладобудування»

«Automation and Development of Electronic Devices»

ADED-2023

(Випуск 2)

[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 2023

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-2023

(Випуск 2)

[електронне видання]

Харків 2023

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

Автоматизація та Приладобудування («Automation and Development of Electronic Devices» ADED-2023) [Електронний ресурс] : збірник студентських наукових статей / Харківський національний університет радіоелектроніки ; [редкол.: І.Ш. Невлюдов та ін.]. – Харків : ХНУРЕ, 2023. – Вип. 2. – 386с.

Collection of Students' Scientific Paper «Automation and Development Of Electronic Devices» ADED-2023 Part 2 (Key infrastructure 2023) - Kharkiv/ The Editorial.: Nevlyudov I.Sh. (head), that all. Kharkiv: Kind of Kharkiv National University of Radio Electronics [electronic edition], 2023. – 386p 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 № 6 від 01.05.2023

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, 172 Телекомунікації та радіотехніка, 171 Електроніка та 163 Біомедична інженерія. Статті надані в авторській редакції.

©ХНУРЕ, 2023 рік

РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МОБІЛЬНИМ ПОШУКОВО-РЯТУВАЛЬНИМ РОБОТОМ

В.С. Головіна

Харківський національний університет радіоелектроніки

Україна, 61166, Харків, пр. Науки 14

Email: vladyslava.holovina@nure.ua

Анотація: Дана стаття спрямована на розробку системи керування мобільним пошуково-рятувальним роботом. В ході дослідження було обрано апаратні модулі, необхідні для реалізації системи керування. На базі обраних модулів було розроблено та описано передаточні функції за допомогою теорії автоматичного керування, що дозволило спроектувати структурну схему керування для перевірки запропонованої системи на стійкість.

Ключові слова: мобільний робот, системи керування, теорії автоматичного керування.

DEVELOPMENT OF MOBILE SEARCH AND RESCUE ROBOT MANAGEMENT SYSTEM

V. Holovina

Kharkiv National University of Radio Electronics

Ukraine, 61166, Kharkiv, Nauky av.,14

Email: vladyslava.holovina@nure.ua

Anotations: This article is aimed at the development of a control system for a mobile search and rescue robot. In the course of the study, the hardware modules necessary for the implementation of the control system were selected. On the basis of the selected modules, transfer functions were developed and described using the theory of automatic control, which made it possible to design a structural control diagram to check the stability of the proposed system.

Key words: mobile robot, control systems, theories of automatic control.

У контексті військової агресії Російської Федерації на Україну актуальність розроблення та використання мобільних пошуково-рятувальних роботів стає надзвичайно важливою. Ці технології можуть врятувати життя, забезпечуючи ефективне виявлення та рятування людей, особливо в небезпечних умовах воєнного конфлікту та під уламками. Використання роботів у ролі засобів моніторингу та розвідки дозволяє отримувати важливу інформацію про розташування противника та інші небезпечні об'єкти. Також вони можуть бути використані для розмінування та виявлення вибухонебезпечних об'єктів, що зменшує ризик для життя людей. Мобільні роботи стають важливим елементом комунікації та розвідки в умовах військових дій, забезпечуючи ефективність та оперативність управління військами та рятувальними операціями [1-4].

Але розробка систем керування мобільними пошуково-рятувальними роботами стикається з великою складністю через ряд технічних та стратегічних факторів. По-перше, інтеграція різноманітних сенсорів, візуальних систем та алгоритмів штучного інтелекту потребує глибоких знань в області комп'ютерного зору та обробки даних. Другий виклик полягає у розробці ефективних стратегій навігації та прийняття рішень в умовах невизначеності та змінного оточення. Крім того, безпека робота в умовах воєнного конфлікту та взаємодія з оператором потребують ретельної уваги до аспектів безпеки та ергономіки. Надійне енергозабезпечення та можливість працювати в обмежених умовах є ще однією важливою технічною трудністю [5-7].

В наслідок чого, на першому етапі розробки системи керування мобільним пошуково-рятувальним роботом, необхідно обрати апаратні модулі. В рамках розробки експериментального зразка мобільного робота, пропонується обрати наступні апаратні модулі:

- система управління на базі ESP32-CAM. Поєднує в собі мікроконтролер ESP32 та камеру, що забезпечує компактну інтеграцію для віддаленого керування та отримання відеопотоку через Wi-Fi [8].

- двигуни постійного струму DC 5В. Використання DC-моторів робить систему ефективною та енергоефективною для мобільного робота. DC-мотори також добре підходять для різних завдань, від керування шасі до маневрових операцій [9].

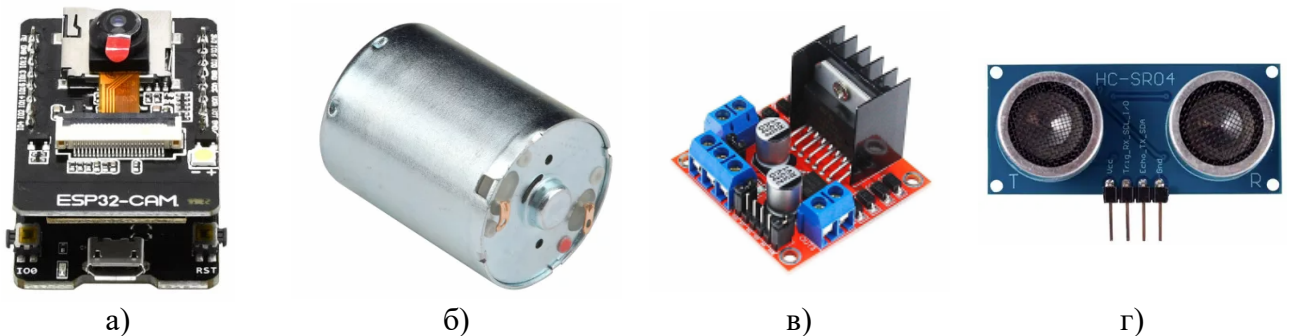
- драйвер двигуна L298N. Це потужний драйвер двигуна, який забезпечує можливість керування двигунами постійного струму в обидва напрямки, що важливо для точного та динамічного керування рухом робота [10].

- система живлення на базі акумуляторів 18650. Акумулятори 18650 є компактними та мають велику ємність, що робить їх ідеальним вибором для живлення мобільного робота. Забезпечуючи довгий час автономної роботи, вони сприяють ефективності та маневреності робота.

- управління через Wi-Fi з оператором. Використання Wi-Fi дозволяє віддалене управління роботом оператором через мережу, що робить його більш гнучким та дозволяє взаємодіяти в реальному часі з роботом, навіть на відстані [11].

- ультразвуковий сенсор HC-SR04. Може бути використаний для визначення відстані до об'єктів, що дозволяє роботів уникати перешкод та реагувати на зміни в навколишньому середовищі, покращуючи його навігаційні можливості [12-13].

Загальний вид обраних апаратних модулів представлено на рисунку 1.



а)

б)

в)

г)

а) ESP32-CAM; б) Hobby-370 DC 12 V 6600 RPM;
в) Драйвер двигуна L298N; г) Ультразвуковий сенсор HC-SR04

Рисунок 1 – Загальний вид обраних апаратних модулів

Але перед розробкою структурної схеми та схеми підключення, необхідно провести моделювання системи керування мобільним пошуково-рятувальним роботом з використанням теорій автоматичного керування, виконує кілька ключових функцій. По-перше, воно дозволяє аналізувати та оптимізувати взаємодію робота з оточуючим середовищем, враховуючи різні сценарії дій. Моделювання також допомагає визначити оптимальні параметри контролерів та алгоритмів для досягнення поставлених завдань, забезпечуючи ефективність та точність управління. Крім того, цей підхід дозволяє виявляти можливі ризики та недоліки в системі керування, допомагаючи вдосконалювати її перед впровадженням у реальних умовах. Використовуючи теорію автоматичного керування, опишемо обрані модулі у вигляді передаточних функцій першого та другого порядку [14-16].

Представимо ультразвуковий сенсор HC-SR04 у вигляді передаточної функції першого порядку:

$$W_{HC}(s) = \frac{K_d}{1 + T_d s} \quad (1)$$

де: K_d – коефіцієнт; T_d – постійна часу.

Передаточна функція камери OV2640 для ESP32-CAM може бути апроксимована, як ідеальний передавач:

$$W_{OV}(s) = 1 \quad (2)$$

Передаточна функція самого модуля ESP32-CAM для керування мобільним пошуково-рятувальним роботом можна переставити у вигляді:

$$W_{ESP}(s) = \frac{K_c}{s} \quad (3)$$

де: K_c – коефіцієнт.

Для двигунів постійного струму Hobby-370 DC можна представити у вигляді передаточної функції першого порядку, яка має наступний вигляд:

$$W_{DC}(s) = \frac{K_p}{1 + T_p s} \quad (4)$$

де: K_p – коефіцієнт; T_p – постійна часу.

Передаточна функція драйвера двигуна L298N може бути апроксимована, як ідеальний передавальний елемент:

$$W_L(s) = 1 \quad (5)$$

Передаточна функція модуля Wi-Fi, яка знаходиться на модулі ESP32-CAM можна представити у вигляді передатної функції першого порядку:

$$W_{Wi-Fi}(s) = \frac{1}{1 + T_d s} \quad (6)$$

де: T_d – час затримки.

Передаточна функція першого порядку для живлення на базі акумуляторів 18650 можна представити у вигляді передатної функції:

$$W_{Ak}(s) = \frac{1}{1 + T_h s} \quad (7)$$

де: T_h – постійна часу.

Операторський інтерфейс для передачі команд від оператора, представимо у вигляді передаточної функції ідеального елемента:

$$W_{HMI}(s) = 1 \quad (8)$$

Розробимо структурну схему керування мобільним пошуково-рятувальним роботом з використанням теорій автоматичного керування на базі запропонованих передаточних функцій 1-8. Структурна схема керування представлена на рисунку 2 [17].

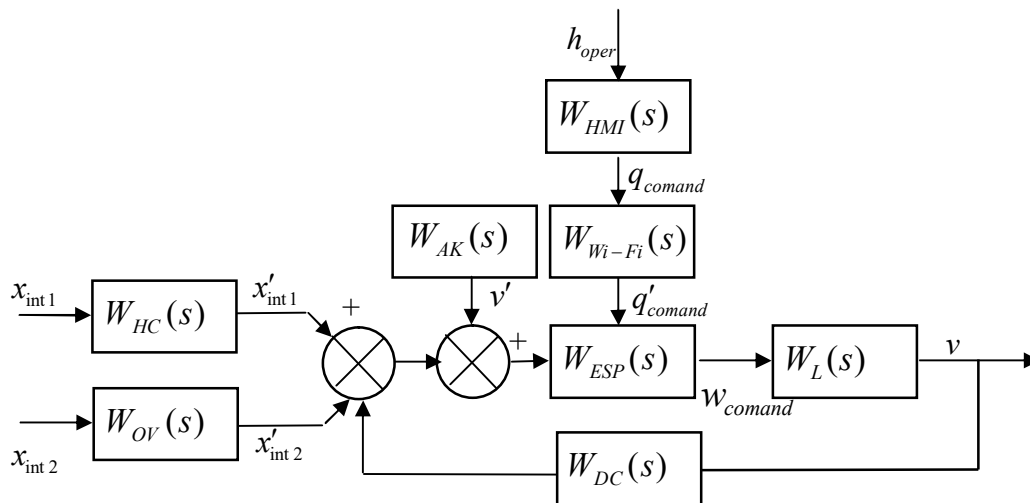


Рисунок 2 – Структурна схема керування мобільним пошуково-рятувальним роботом

На вхід схеми керування подається два сигнали x_{int_1} та x_{int_2} , які описують навколишнє середовище мобільного робота, оброблена інформація у вигляді x'_{int_1} та x'_{int_2} поступає на суматор та передається на $W_{ESP}(s)$, також на цей блок подаються команди оператора q_{comand} через блок $W_{Wi-Fi}(s)$, які приймають від q'_{comand} . Відповідно до отриманої інформації з x'_{int_1} , x'_{int_2} та q'_{comand} , модуль ESP32-CAM формує керуючу команду для $W_L(s)$ у вигляді v . Цей тип сигналу надходить до $W_{DC}(s)$, що дає можливість керувати двигунами постійного струму. Також, сигнал у вигляді v' з блоку $W_{AK}(s)$ описує живлення на базі акумуляторів 18650 [18].

Висновки: В рамках проведеного дослідження було обрано апаратні модулі для розробки системи керування мобільним пошуково-рятувальним роботом. Це дало можливість, використовуючи теорію автоматичного керування описати обрані модулі у вигляді передаточних функцій першого та другого порядку. На базі яких запропонована структурна схема керування мобільним пошуково-рятувальним роботом. У майбутньому планується провести моделювання розробленої схеми управління та перевірити її на стійкість.

ЛІТЕРАТУРА

1. Bruzzone, Luca, Shahab Edin Nodehi, and Pietro Fanghella. 2022. "Tracked Locomotion Systems for Ground Mobile Robots: A Review" *Machines* 10, no. 8: 648. <https://doi.org/10.3390/machines10080648>.
2. Sasaki, T.; Fujita, T. Gap Traversing Motion via a Hexapod Tracked Mobile Robot Based on Gap Width Detection. *J. Robot. Mechatron.* 2021, 33, 665–675.
3. Yuan, Y.; Xu, Q.; Schwertfeger, S. Configuration-Space Flipper Planning on 3D Terrain. In *Proceedings of the IEEE International Symposium on Safety, Security, and Rescue Robotics, Abu Dhabi, United Arab Emirates, 4–6 November 2020*; pp. 318–325.
4. Kunchev, V.; Jain, L.; Ivancevic, V.; Finn, A. Path Planning and Obstacle Avoidance for Autonomous Mobile Robots: A Review. In *Knowledge-Based Intelligent Information and*

Engineering Systems; Gabrys, B., Howlett, R.J., Jain, L.C., Eds.; KES 2006; Lecture Notes in Computer Science; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2006; Volume 4252.

5. 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>.

6. Attar, H., & et al. (2022). Zoomorphic Mobile Robot Development for Vertical Movement Based on the Geometrical Family Caterpillar. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022, Article ID 3046116, <https://doi.org/10.1155/2022/3046116>.

7. Nevliudov, I., Yevsieiev, V., Maksymova, S., Demska, N., Kolesnyk, K., & Miliutina, O. (2022, September). Object Recognition for a Humanoid Robot Based on a Microcontroller. In 2022 IEEE XVIII International Conference on the Perspective Technologies and Methods in MEMS Design (MEMSTECH) PP. 61-64. DOI: 10.1109/MEMSTECH55132.2022.10002906.

8. Євсєєв В.В. Проектування мобільних роботів на базі одноплатних комп'ютерів (Raspberry Pi и мови Python 3.6) // Невлюдов І. Ш., Андрусевич А. О., Євсєєв В. В. Підручник. – Харків : 2020. С. 257.

9. Невлюдов І. Ш., Андрусевич А. О., Євсєєв В. В., Новоселов С. П., Демська Н. П. Проектування мобільних маніпуляційних роботів: Монографія. – Х. :, 2022. – 427 с.

10. Mykhailo Akorov, Svitlana Maksymova, & Vladyslav Yevsieiev. (2023). Choosing a Camera for 3D Mapping. *Journal of Universal Science Research*, 1(11), 28–38. Retrieved from <https://universalpublishings.com/index.php/jusr/article/view/2486>.

11. Nevliudov Igor, Maksymova Svitlana, Yevsieiev Vladyslav, & Klymenko Oleksandr. (2023). Using Mecanum Wheels for Radio Shuttle. *Multidisciplinary Journal of Science and Technology*, 3(3), 182–187.

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. 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.

14. 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>.

15. Vladyslav Yevsieiev, Nikolaj Starodubcev (2023). Development of a control algorithm for a small-sized mobile manipulation robot. *Scientific Collection «InterConf»*, (140), P. 648-651.

16. 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.

17. A Small-Scale Manipulation Robot a Laboratory Layout Development / Yevsieiev V., Starodubcev N., Maksymova S., Stetsenko K. // *International independent scientific journal*, №47, 2023. P.18-28.

18. 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>.