

<https://doi.org/10.31891/2219-9365-2023-76-32>

УДК 681.1, 681.5, 621.8

ГРОЗМАНІ Ярослав

Хмельницький національний університет

МАЙДАН Павло

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0003-3319-8730>

maidanp@khmnu.edu.ua

МАКАРИШКІН Денис

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0003-3447-811X>

makaryshkin@ukr.net

СОКОЛАН Катерина

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0002-3513-8312>

sokolan.kateryna@gmail.com

РАДЕЛЬЧУК Галина

Хмельницький національний університет

<https://orcid.org/0000-0002-9728-4390>

gal_2015@ukr.net

МОДЕЛЮВАННЯ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АВТОНОМНИМ МОБІЛЬНИМ РОБОТОМ

Загально відомо, що робототехніка - є одним із перспективних напрямків на сучасному етапі розвитку обчислювальної техніки [1-4]. Робототехнічні системи (РС) різної конфігурації та просторової будови знайшли використання в науково-дослідній діяльності та багатьох галузях промисловості, а крім того і в різних сферах діяльності людини. Розробка систем керування (СК) робототехнічними системами так само актуальна і не менш необхідна ніж розробка інших СК для обчислювальної техніки.

Існує кілька різновидів РС, і один з яких - це автономні мобільні роботи (АМР). Даний тип призначений для роботи в умовах, які не дають можливості використовувати РС передачу інформації чи живлення за допомогою радіоканалів або стаціонарних кабельних ліній. Такі моделі знайшли своє застосування в місцях, важкодоступних для людини та ізольованих від доступу радіохвиль або з відсутністю можливості прокладання кабелю живлення чи шини даних від РС до стаціонарної СК [1-4].

Ключові слова: мехатроніка, автономний мобільний робот, моделювання, блок керування, система автоматичного керування.

GROZMANI Yaroslav, MAIDAN Pavlo,

MAKARYSHKIN Denys, SOKOLAN Kateryna, RADELCHUK Galina

Khmelnitskyi National University

MODELING OF AN AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR AN AUTONOMOUS MOBILE ROBOT

It is well known that robotics is one of the most promising areas at the present stage of development of computer science [1-4]. Robotic systems (RS) of various configurations and spatial structures are used in research and development activities and many industries, as well as in various areas of human activity. The development of control systems (CS) for robotic systems is as relevant and no less necessary than the development of other CS for computing.

There are several types of RC, and one of them is autonomous mobile robots (AMR). This type is designed to work in conditions that do not allow the use of information or power transmission via radio channels or fixed cable lines. Such models have found their application in places that are difficult to access for humans and isolated from radio access or with the inability to lay a power cable or data bus from the MS to the stationary SC [1-4].

Key words: mechatronics, autonomous mobile robot, modeling, control unit, automatic control system.

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

На необхідно змоделювати роботу СК для АМР, а також необхідне програмне забезпечення (ПЗ). СК повинна бути призначена для організації автономної взаємодії РС із іншими об'єктами, використовуючи маніпулятор в якості робочого органу, а також пересування в різних умовах навколишнього середовища. Загальне завдання, що буде покладено на створювану СК, можна сформулювати таким чином - дослідження замкнутих просторів та автономне переміщення по ним.

АМР - це робот здатний виконувати поставлене завдання в неструктурованих середовищах без постійного керування людиною-оператором (рис. 1). Повністю АМР повинен володіти наступними властивостями:

- отримання інформації про навколишнє середовище в реальному часі;
- робота протягом досить тривалого часу без втручання людини-оператора;
- містити в своїй конструкції блоки маніпуляторів, шасі та інших пристроїв для взаємодії із навколишнім середовищем [1-4].

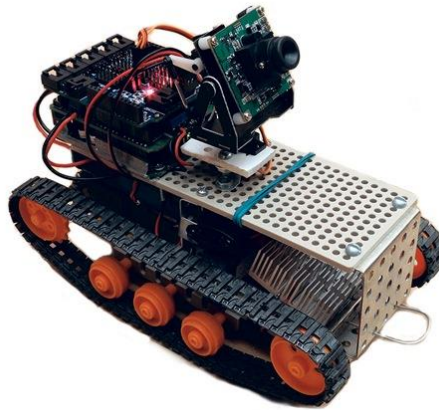


Рис. 1. Загальний вигляд АМР на прикладі гусеничного Bluetooth-роботу

Самі АМР в процесі експлуатації можуть набути або отримати нові можливості, наприклад нові алгоритми адаптації до швидко змінного навколишнього середовища або алгоритми досягнення поставлених завдань, за допомогою перепрограмування МС розташованих безпосередньо на платі керування. Самі АМР, як і раніше, потребують регулярного технічного обслуговування нарівні з іншими машинами та РС [1-4].

Згідно з поставленим завданням уся створювана система повинна бути достатньо автономною, тобто система повинна володіти функціями самодіагностики та самоконтролю, також у СК повинно бути програмно закладена функція прийняття рішень при виникненні позаштатних ситуацій. Бездротовий пристрій сполучення із зовнішнім PLC або комп'ютером дасть можливість перемикає СК в ручний режим при виникненні потреби.

Тому необхідно дослідити можливі приклади реалізацій СК РС, спроектувати подібну систему, підібрати необхідну елементну базу та розробити схеми сполучення мікропроцесорного блока із пристроями керування.

Аналіз досліджень та публікацій

АМР є досить універсальні за конструкцією та виконанням і тому можуть бути застосовані в різних галузях. Стосовно використання РС в військових цілях і в надзвичайних ситуаціях пріоритетне значення мають технічні «властивості» АМР та придатність до експлуатації в жорстких та екстремальних умовах навколишнього середовища, а також можливість забезпечити захист людей-операторів. При використанні АМР в цивільних галузях промисловості найбільше значення надається їх економічній ефективності.

Конструктивно більшість універсальних АМР представляють собою малогабаритні самоходні засоби, оснащені розвідувальною апаратурою, набором змінного робочого обладнання та інструментів [5, 6]. Розраховані на дистанційне керування людиною-оператором, який веде спостереження безпосередньо або через телевізійні камери.

Зазвичай АМР виконуються на шасі або із алюмінієвих сплавів або із легованої сталі з колісною, гусеничною або швидко змінною (з колісною на гусеничну і навпаки) ходовою частиною. На шасі може бути змонтовано, як правило, повно-поворотний маніпулятор, з можливістю монтажу змінного робочого інструменту або апаратури. В якості енергетичної установки найчастіше використання знайшли електричні акумулятори, їх ємкості зазвичай достатньо для роботи протягом декількох годин, проте можливе використання живлення від ДВЗ або, навіть, від зовнішнього джерела електроенергії. При використанні акумуляторів привід ходової частини АМР та робочого обладнання зазвичай електромеханічний, а при ДВЗ – гідравлічний. Дистанційне керування роботою АМР здійснюється по радіо (на відстані до 4000 м), по оптоволоконній лінії зв'язку (до 400 м), або по кабелю (до 100 м) [5, 6].

Формулювання цілей статті

Метою роботи є: моделювання системи керування автономним мобільним роботом, для виконання необхідних аналітичних досліджень роботи системи керування в якості цифрового двійника.

Виклад основного матеріалу

АМР, СК якого створюється та пропонується, призначений для виконання роботи у місцях, де робота людини ускладнена або неможлива. Даний АМР може працювати автономно, згідно встановленої програми або керуватися вручну, через переносний пульт керування людиною-оператором.

Структура створюваного АМР буде наступною:

- АМР оснащено механізмом переміщення (колісне або гусеничне шасі, гребні гвинти тощо), реалізованому за допомогою використання двох біполярних крокових електродвигуна;
- для виконання встановленої програми АМР оснащений маніпулятором із мінімум 6-ма ступенями свободи та використовує для виконання програми біполярні крокові електродвигуни із вбудованою системою контролю руху (тобто системою, що буде виконувати реєстрацію переміщення маніпулятора);
- АМР оснащений сенсорними пристроями (давачами сигналів) (наприклад, три сонари або лазерні далекоміри) для визначення місцезнаходження перешкод справа, зліва та попереду. Розроблення СК буде виконуватись для сонарних давачів;
- АМР оснащений системою зв'язку із пультом дистанційного керування (ДК) для людини-оператора. Це може бути пристрій бездротового зв'язку типу Bluetooth, радіо-трансивер, ГЧ-порт, звуковий/ультразвуковий пристрій зв'язку (наприклад, для керування під водою) тощо, необхідний для керування і програмування АМР;
- вся система АМР буде отримувати необхідне живлення від використання акумуляторів із рівнем напруги в діапазоні 13-15 В, наприклад, будемо використовувати мініатюрні акумулятори фірми Intellect, які зазвичай використовуються при складанні радіокерованих моделей.

Оскільки СК для АМР повинна бути розроблена за модульною структурою, модернізація та зміна структури самого АМР носитиме блоковий характер, оскільки не доведеться змінювати всю СК в цілому, а лише окремі блоки [1-4, 7, 8].

Виходячи з визначення АМР, вказаного в постановці завдання, а також складу АМР, СК повинна обов'язково містити наступні блоки (рис. 2):

- блок керування (БК) ходовою частиною - необхідний для переміщення АМР у просторі;
- БК маніпулятором - необхідний для взаємодії АМР із навколишнім середовищем за допомогою використання маніпулятора;
- БК сонарами - необхідний для дослідження навколишнього середовища АМР;
- блок контролю за станом автономного живлення - необхідний для здійснення контролю АМР за споживаним струмом;
- блок ISP (in-system programmability) для виконання перепрограмування мікроконтролерів основного блоку, а також інших блоків, виходячи із реальних ситуацій та навколишнього середовища.

Зв'язок даних блоків виконуватиметься за допомогою використання основного мікропроцесорного блоку, який буде обробляти отриману інформацію та передаватиме необхідні сигнали на органи керування, для приведення в рух сервомоторів ходової частини чи маніпулятора.

Для програмування, налаштування та керування, на нашу думку, найдоцільніше використовувати бездротовий інтерфейс (наприклад, ГЧ-порт) на ДК, а для програмування - USB-порт.

Як було описано вище - основний процесорний модуль є ядром системи, що керує роботою всіх інших модулів-блоків [9-13].

Кожен з модулів-блоків може містити в конструкції мікроконтролер (МК). Робота блоків повинна бути максимально автономною до моменту передачі або зчитування даних із кожного блоку. Але якщо основний МК безпосередньо керує якимось із встановлених блоків, то наявність у ньому МК не є необхідною. Наприклад, у блоках, де досить важливою є швидкість реакції, краще використовувати керування безпосередньо із основного блоку (наприклад, блок керування шасі, блок ISP), а де швидкість передачі отриманої інформації не така важлива, можливо застосовувати дешеву МС МК, яка керуватиме кожним окремим блоком та формуватиме біти та байти інформації для основного блоку, що суттєво знижує навантаження на основний ЦПУ та збільшує загальну швидкість системи.

Основний процесорний модуль так само має можливість керування живленням всіх інших модулів, таким чином, споживану енергію від джерела живлення (наприклад, акумуляторної батареї) можна знизити шляхом вимкнення блоків, робота яких не потрібна в цей момент.

Наприклад, під час роботи лише маніпулятора, можна повністю знеструмити блок керування шасі або блок керування сенсорами.

Структурну схему СК для АМР представлено на рисунку 2. Тут зображено всі модулі системи та зв'язки між ними: тонкі чорні лінії зображують лінії передачі даних, товсті чорні лінії зображують шини для передачі даних, тонкі червоні лінії – лінії передачі живлення, тонкі сині лінії - лінії керування подачею живлення до окремих модулів [9-13].

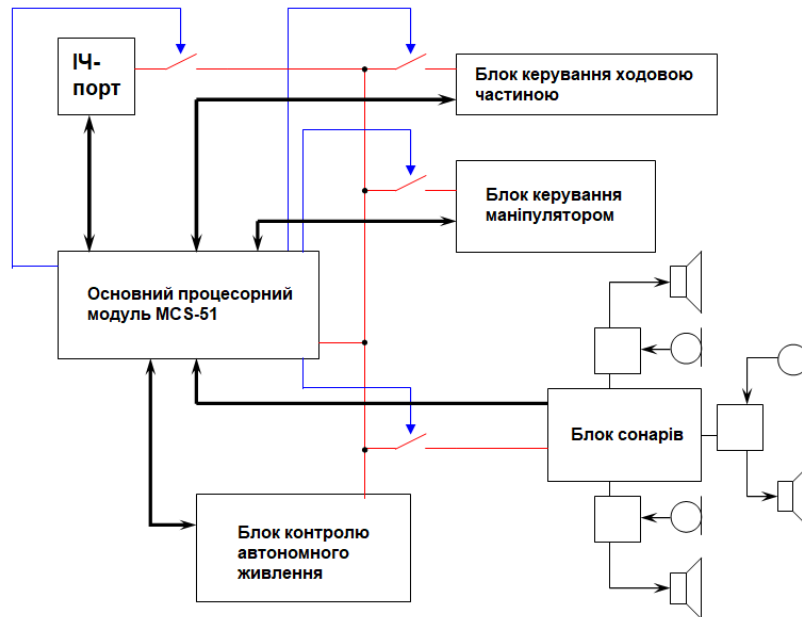


Рис. 2. Структурна схема СК для АМР

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Розроблено та описано структуру керування автономним мобільним роботом, СК для АМР повинна мати модульну структуру, модернізація та зміна структури самого АМР тоді носитиме блоковий характер, оскільки не доведеться змінювати систему в цілому, а лише окремі блоки.

Література

1. Проектування промислових роботів та маніпуляторів: Навчальний посібник / Ковальов Ю.А., Кошель С.О., Маноїленко О.П.. - К.: ЦУЛ, 2021. - 256 с. - (МОН України. КНУ технологій та дизайну). - ISBN 978-611-01-1690-9
2. Синтез робототехнічних систем в машинобудуванні: Підручник / Л. Є. Пелевін, К. І. Почка, О. М. Гаркавенко, Д. О. Міщук, І. В. Русан. – К.:ТОВ «НВП «Інтерсервіс»», 2016. – 258 с.
3. Робототехнічні системи: проектування і моделювання [Електронний ресурс]: навч. Посіб. для студ. спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології» / М. М. Поліщук, М.М. Ткач; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Електронні текстові дані (1 файл: 41,6 Мбайт). Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. - 112 с.
4. І.І. Павленко Роботизовані технологічні комплекси: Навчальний посібник / Павленко І.І., Мажара В.А. – Кіровоград: КНТУ, 2010. – 392 с.
5. Введення в мехатроніку: навчальний посібник / А.І. Грабченко, В.Б. Клепіков, В.Л. Доброскок та ін. - Х.: НТУ "ХПІ", 2014. - 264 с. ISBN 978-966-303-527-7
6. Лекція №7. Дослідження конструкцій промислових та мобільних роботів. Модель мобільної системи Zumo Robot. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://msn.khmnu.edu.ua/course/view.php?id=7609>
7. Мехатроніка. Навчальний посібник / Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., Човнюк Ю.В. – К., 2012. - 357с.
8. Основи мехатроніки [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С. М. Пересада, М. В. Пушкар. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,87 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 137 с.
9. Мікропроцесорна техніка. Однокристалні мікроконтролери: навч. посібник / С.Р.Михайлов. - К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2014. - 123 с.
10. Схемотехніка електронних систем: у 3 кн. Кн. 3. Мікропроцесори та мікроконтролери: підручник [для студ. вищ. навч. закл.] / [В.І. Бойко, А.М. Гуржій, В.Я. Жуйков та ін.] – [2-ге вид.]. - К.: Вища шк., 2004. - 399 с.
11. Мікроконтролери: Архітектура, програмування та застосування в електромеханіці : навч. посіб. / Ю. С. Гришук. – Харків : НТУ «ХПІ», 2019. – 384 с.
12. Алексієв О. П. Мікроконтролери для транспортних і промислових застосувань.: архітектура та програмування : навч. посіб. / О. П. Алексієв, О. Б. Богаєвський, В. П. Волков. – Харків : ХНАДУ, 2004. – 156 с.

13. Мікропроцесорна техніка : підручник / Ю. І. Якименко, Т. О. Терещенко, Є. І. Сокол та ін. / за ред. Т. О. Терещенко. – Київ : Політехнік, 2003. – 440 с.

References

1. Proektuvannia promyslovykh robotiv ta manipulatoriv: Navchalnyi posibnyk / Kovalov Yu.A., Koshel S.O., Manoilenko O.P. — K.: TsUL, 2021. — 256 s. — (MON Ukrainy. KNU tekhnolohii ta dyzainu). — ISBN 978-611-01-1690-9.
2. Syntez robototekhnichnykh sytem v mashynobuduvanni: Pidruchnyk / L. Ye. Pelevin, K. I. Pochka, O. M. Harkavenko, D. O. Mishchuk, I. V. Rusan. — K.:TOV «NVP «Interservis»», 2016. — 258 s.
3. Robototekhnichni systemy: proektuvannia i modeliuvannia [Elektronnyi resurs]: navch. Posib. dlia stud. spetsialnosti 126 «Informatsiini systemy ta tekhnolohii» / M. M. Polishchuk, M.M. Tkach; KPI im. Ihoria Sikorskoho. Elektronni tekstovi dani (1 fail: 41,6 Mbait). Kyiv: KPI im. Ihoria Sikorskoho, 2021. - 112 s.
4. I.I. Pavlenko Robotyzovani tekhnolohichni komplekxy: Navchalnyi posibnyk / Pavlenko I.I., Mazhara V.A. — Kirovohrad: KNTU, 2010. — 392 s.
5. Vvedennia v mekhatroniku: navchalnyi posibnyk / A.I. Hrabchenko, V.B. Klepikov, V.L. Dobroskok ta in. - Kh.: NTU "KhPI", 2014. - 264 s. ISBN 978-966-303-527-7
6. Lektsiia №7. Doslidzhennia konstruksii promyslovykh ta mobilnykh robotiv. Model mobilnoi systemy Zumo Robot. [Elektronnyi resurs] – Rezhym dostupu:
<https://msn.khmn.edu.ua/course/view.php?id=7609>
7. Mekhatronika. Navchalnyi posibnyk / Loveikin V.S., Romasevych Yu.O., Chovniuk Yu.V. – K., 2012. - 357 s.
8. Osnovy mekhatroniky [Elektronnyi resurs]: navchalnyi posibnyk dlia studentiv spetsialnosti 141 «Elektroenerhetyka, elektrotekhnika ta elektromekhanika» / KPI im. Ihoria Sikorskoho ; ukhad.: S. M. Peresada, M. V. Pushkar. – Elektronni tekstovi dani (1 fail: 1,87 Mbait). – Kyiv : KPI im. Ihoria Sikorskoho, 2020. – 137 s.
9. Mikroprotsesorna tekhnika. Odnokrystalni mikrokontrolery: navch. posibnyk / S.R.Mykhailov. - K.: KPI im. Ihoria Sikorskoho, 2014. - 123 s.
10. Skhemotekhnika elektronnykh system: u 3 kn. Kn. 3. Mikroprotsesory ta mikrokontrolery: pidruchnyk [dlia stud. vyshch. navch. zakl.] / [V.I. Boiko, A.M. Hurzhii, V.Ia. Zhuikov ta in.] – [2-he vyd.]. - K.: Vyscha shk., 2004. - 399 s.
11. Mikrokontrolery: Arkhitektura, prohramuvannia ta zastosuvannia v elektromekhanitsi : navch. posib. / Yu. S. Hryshchuk. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2019. – 384 s.
12. Aleksiiiev O. P. Mikrokontrolery dlia transportnykh i promyslovykh zastosuvan.: arkhitektura ta prohramuvannia : navch. posib. / O. P. Aleksiiiev, O. B. Bohaievskiyi, V. P. Volkov. – Kharkiv : KhNADU, 2004. – 156 s.
13. Mikroprotsesorna tekhnika : pidruchnyk / Yu. I. Yakymenko, T. O. Tereshchenko, Ye. I. Sokol ta in. / za red. T. O. Tereshchenko. – Kyiv : Politehnik, 2003. – 440 s.