

УДК 502.51:504.5

Volodymyr Yehorov, postgraduate

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1738-1375> **e-mail:** volodymyregorov@ukr.net

Institute of Telecommunications and Global Information Space of NASU, Kyiv, Ukraine

SYSTEM OF AUTOMATED SOFTWARE CONTROL OF THE ANTENNA SYSTEM OF THE SATELLITE

Abstract. *The work is devoted to the solution of a scientific and practical task, which consists in the development of methods, technologies and means of creating an information system for controlling the antenna system. At the current stage of development of radio monitoring, satellite communication systems have become widely used and have become an integral part of the telecommunications infrastructure of most countries. Not only developed countries with various telecommunication networks, but increasingly developing countries are successfully implementing satellite communication systems.*

Despite the high level of automation of radio technical complexes, in the antenna systems used nowadays, management methods based on manual adjustment, pointing to the source of radiation and diagnostics of the equipment included in the antenna system continue to be used. But nowadays, these control methods do not have a sufficient level of efficiency and cannot ensure high accuracy of guidance. Because of this, the question arose about the introduction of a new management method that will ensure the necessary efficiency in working with antenna systems for monitoring satellite communication networks.

The purpose of the work is to create a system of software control of the antenna system of the radio monitoring station of satellite communication networks, which will ensure the pointing of the directional diagram of the antenna system with high accuracy to the satellites, in order to obtain useful information.

These systems are based on the methods of automated management, processing and visual analysis, which allows to significantly increase the speed and accuracy of radio monitoring in case of an a priori uncertain state of the object of radio monitoring.

Keywords: *information technologies, satellite communication systems, radio monitoring, data transmission channels, remote methods, technical complexes, radio monitoring objects.*

В.О. Єгоров

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, м. Київ, Україна

СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОГРАМНОГО УПРАВЛІННЯ АНТЕННОЮ СИСТЕМОЮ СУПУТНИКОВОГО РАДІОМОНІТОРИНГУ

Анотація. *Роботу присвячено розв'язанню науково-практичного завдання, що полягає в розробці методів, технологій та засобів створення інформаційної системи керування антенною системою. На сучасному етапі розвитку ведення радіомоніторингу системи супутникового зв'язку набули широкого використання та стали невід'ємною частиною інфраструктури*

телекомунікації більшості країн. Не тільки розвинуті країни з різноманітними мережами телекомунікацій, але все частіше і країни, що розвиваються, успішно впроваджують супутникові системи зв'язку.

Незважаючи на високий рівень автоматизації радіотехнічних комплексів, в антенних системах, які застосовуються в наш час, продовжують використовуватись методи управління, що ґрунтуються на ручному налаштуванні, наведенні на джерело випромінювань і діагностиці обладнання, яке входить в антенну систему. Але на сьогодні дані методи управління не мають достатнього рівня ефективності і не можуть забезпечити високу точність наведення. Через це постало питання про впровадження нового методу управління, який буде забезпечувати потрібну ефективність в роботі з антенними системами моніторингу мереж супутникового зв'язку.

Метою роботи є створення системи програмного управління антенною системою станції радіомоніторингу мереж супутникового зв'язку, яка забезпечить наведення діаграми спрямованості антенної системи з високою точністю на супутники, для отримання корисної інформації.

Ці системи базуються на методах автоматизованого управління, обробки та візуального аналізу, що дозволяє суттєво підвищити швидкість і точність радіомоніторингу при апріорно невизначеному стані об'єкта радіомоніторингу.

Ключові слова: інформаційні технології, супутникові системи зв'язку, радіомоніторинг, канали передачі даних, дистанційні методи, технічні комплекси, об'єкти радіомоніторингу.

<https://doi.org/10.32347/2411-4049.2024.4.99-105>

Вступ

Сучасні та перспективні антенні пристрої помітно впливають на потенційні можливості й ефективність використання радіотехнічних систем, які експлуатуються.

При здійсненні радіомоніторингу з використанням гостронаправлених антен, необхідна висока точність наведення, реалізація якої, в свою чергу, потребує застосування прецизійних антенних приводів та систем управління ними. До складу цих приводів і систем управління входить велика кількість механічних, електромеханічних та електронних пристроїв, а також елементи автоматики та обчислювальної техніки. В цілому антенний привід разом з системою управління являє собою єдиний комплекс різних пристроїв, які пов'язані досить складними функціональними зв'язками. Експлуатація цих систем потребує від спеціаліста широкої ерудиції й знань в області механіки, електротехніки, електроніки, автоматики й обчислювальної техніки.

Ці системи базуються на методах автоматизованого управління, обробки та візуального аналізу, що дозволяє суттєво підвищити швидкість і точність радіомоніторингу при апріорно невизначеному стані об'єкта радіомоніторингу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Організація радіомоніторингу полягає у розподілі засобів радіомоніторингу на певні канали супутникового зв'язку, спостереженні визначених каналів та формуванні результатів за підсумками роботи. Розподіл засобів радіомоніторингу, в свою чергу, полягає в налаштуванні антенних систем на визначені космічні апарати зв'язку та спостереженні визначених каналів передачі даних.

Однак ресурс засобів радіорозвідки радіомоніторингу обмежений, тому одночасно поставити на радіомоніторинг усю сукупність супутникових каналів передачі даних неможливо.

В умовах збільшення кількості супутникових каналів передачі даних та апріорної невизначеності стану та режимів роботи супутників зв'язку час, необхідний на прийняття рішення щодо розподілу засобів, збільшується, що, в свою чергу, є негативним фактором щодо ведення радіомоніторингу в цілому. Крім того, через збільшення кількості абонентів зменшується повнота охоплення супутникових ліній зв'язку.

Можливими варіантами підвищення повноти охоплення супутникових ліній зв'язку є збільшення кількості засобів радіомоніторингу, покращення їх характеристик, можливостей або розробка нових засобів радіомоніторингу, які усунуть недоліки існуючих. Однак на розробку та впровадження нових засобів радіомоніторингу впливає їх велика вартість, що, в свою чергу, є вирішальним аспектом при вирішенні даного завдання. Тому перспективним напрямком є раціональне використання можливостей наявних засобів за рахунок удосконалення процесу розподілу при плануванні.

Таким чином, знаючи угруповання космічних апаратів зв'язку та можливості наявних засобів в умовах апріорної невизначеності щодо функціонування систем супутникового зв'язку, необхідно знайти такий варіант розподілу, що дозволить охопити спостереженням найбільш важливі канали зв'язку.

Крім того, на ефективність радіомоніторингу безпосередньо впливатиме ресурс часу, який необхідний для налаштування антенної системи на визначений супутник зв'язку.

Розвиток методів розподілу обмеженого ресурсу та методів управління антенними системами викладено в роботах Вороніна А.М., Зайченка Ю.П., Ротштейна А.П., Кіні Р.Л., Райфи Х., Пастернак Ю.В., Шишацького А.В.

Метою роботи є побудова системи програмного управління антенною системою станції радіомоніторингу мереж супутникового зв'язку, який заснований на точному наведенні діаграми спрямованості на ретрансляційні супутники, які знаходяться на орбітах Землі, для моніторингу мереж супутникового зв'язку.

Задачі програмного управління антенною системою станції радіомоніторингу можна розділити на дві загальні групи:

- задачі щодо введення інформації про місцезнаходження супутника та визначення місцезнаходження системи радіомоніторингу;
- задачі щодо наведення антени на визначений супутник.

Виклад основного матеріалу дослідження

Одним із складових елементів системи супутникового моніторингу, який впливає на якість прийому сигналів, є пристрій управління – поворотний пристрій. Поворотний пристрій повинен постійно корегувати положення антени, яка встановлена на ньому, в залежності від положення супутника на небосхилі. Незважаючи на високий рівень автоматизації радіотехнічних комплексів, в системах супутникового радіомоніторингу продовжують використовуватись методи управління, що ґрунтуються на ручному налаштуванні при наведенні на джерело випромінювань і діагностиці обладнання, яке входить в систему радіомоніторингу. Ці методи управління не

мають достатнього рівня ефективності і не можуть забезпечити високу точність наведення. Через це постало питання про впровадження нового методу управління, який буде забезпечувати потрібну ефективність в роботі з антенними системами супутникового радіомоніторингу.

Як правило, система позиціонування антени складається з двох частин: перша – поворотний пристрій, який дозволяє виконувати позиціонування антени за азимутальним кутом та кутом елевації, має в своєму складі необхідні механічні, електричні, електромеханічні складові, які здійснюють привід механічних частин, їх контроль та управління режимами роботи; друга – контролер управління поворотним пристроєм, який дозволяє здійснити управління кутами поворотного пристрою за допомогою персонального комп'ютера. Контролер підключається до комп'ютера через СОМ-порт та обмінюється даними з програмним забезпеченням. В якості програмного забезпечення контролера використовується програма відстеження місцеположення супутників Землі, координати яких безпосередньо зчитуються програмним забезпеченням та відпрацьовуються в апаратній частині поворотного пристрою. Система виконує точне налаштування антени на визначений оператором супутник. В якості керуючого пристрою обрано ArduinoUno, використано мікроконтролер АТМega328 та в якості елемента дистанційного керування обрано bluetooth-модуль HC 05.

На рисунках 1 та 2 показані принципова схема управління поворотним пристроєм та інтерфейс програми управління антенною системою радіомоніторингу.

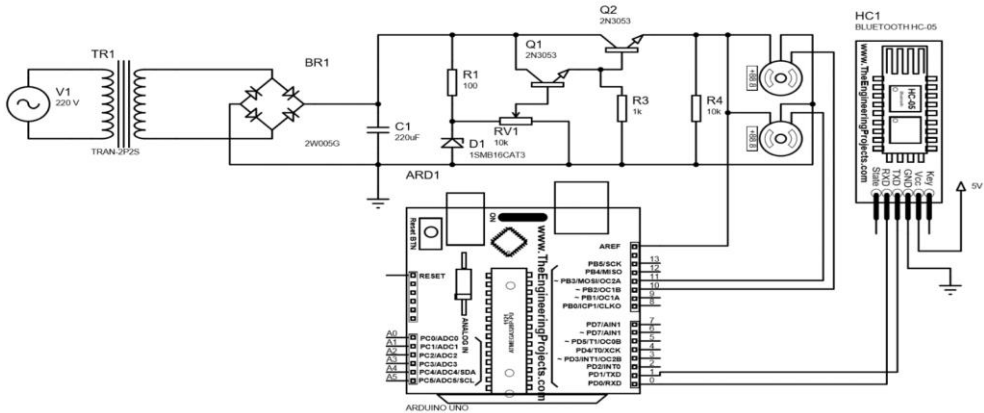


Рис. 1. Принципова схема управління поворотним пристроєм

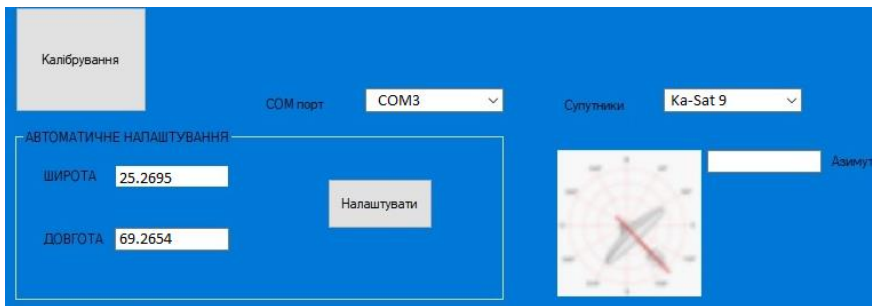


Рис. 2. Інтерфейс програми управління антенною системою станції радіомоніторингу

Для створення програми обрахунку кута місця і азимуту на супутник та управління пристроєм обертання обрано середовище розробки Microsoft Visual Studio. Цей продукт дозволяє розробляти як консольні програми, так і програми з графічним інтерфейсом, в тому числі з підтримкою технології Windows Forms. Програмне управління написано мовою C# в інтерфейс програмування додатків Windows Forms.

Основні задачі, які вирішуватиме програмне управління антенною системою:

- настроювання портів для зв'язку з мікроконтролером;
- перевірка органів системи керування;
- налаштування антени на супутник.

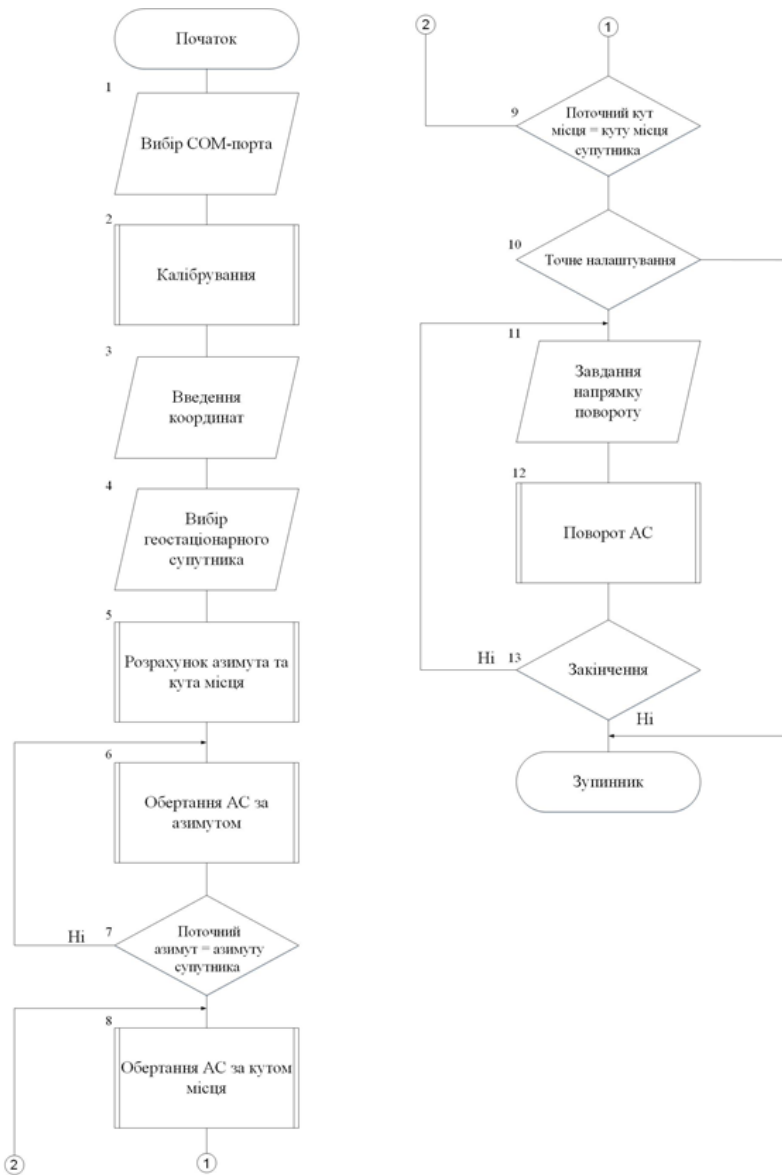


Рис. 3. Алгоритм роботи пристрою управління АС

Алгоритм роботи програмного управління складається з наступних блоків (рисунок 3):

- 1) блок 1 – вибір СОМ-порта;
- 2) блок 2 – калібрування;
- 3) блок 3 – введення координат;
- 4) блок 4 – вибір супутника;
- 5) блок 5 – розрахунок азимута та кута місця;
- 6) блок 6 – обертання антенної системи за азимутом;
- 7) блок 7 – поточний азимут дорівнює азимуту супутника;
- 8) блок 8 – обертання антенної системи за кутом місця;
- 9) блок 9 – поточний кут місця дорівнює куту місця супутника;
- 10) блок 10 – точне налаштування;
- 11) блок 11 – задання напрямку повороту;
- 12) блок 12 – поворот антенної системи;
- 13) блок 13 – закінчення.

Висновки

Точне автоматизоване наведення антенної системи на супутник зв'язку здійснюється за рахунок застосування програмного методу наведення антенної системи, який дозволяє прогнозувати траєкторії руху супутника в системі координат, прив'язаній до даної станції, формувати сигнали управління силовим слідкуючим приводом антени у відповідності з цілевказівками, вводити систематичні поправки щодо вимірних помилок наведення для відповідної корекції сигналів управління. Використання сучасної елементарної бази дозволило спростити конструкцію пристрою програмного управління антенною системою та підвищити його надійність та точність роботи. Впровадження пристрою дозволить підвищити точність та надійність роботи, що, в свою чергу, збільшить ефективність ведення радіомоніторингу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Arkhypova L., Vinnychenko I., Kinash I., Horoshkova L., Khlobystov I. (2022). Theoretical Substantiation of Modeling of Recreational Systems. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 23(5), 99–108.
2. Mandryk O., Moskalchuk N., Arkhypova L., Prykhodko M., Pobigun O. (2020). Prospects of environmentally safe use of renewable energy sources in the sustainable tourism development of the Carpathian region of Ukraine, *E3S Web Conference*, Ukraine, 7.
3. Myrontsov, M.L., Dovgyi, S.O., Trofymchuk, O.M., Lebid, O.G., Okhariev, V.O. (2022). Development and testing of tools for modeling R&D works in geophysical instrument-making for oil and gas well electrometry. *Science and Innovation*, 18(3), pp. 28–36.
4. Trysnyuk V., Trysnyuk T., Nikitin A., Kurylo A., Demydenko O. (2021). Geomodels of space monitoring of water bodies. *ICSF 2021. E3S Web of Conferences* 280.
5. Zasidko, I., Polutrenko, M., Mandryk, O., Stakhmych, Y., Petroschuk, N. (2019). Complex Technology of Sewage Purification from Heavy-Metal Ions by Natural Adsorbents and Utilization of Sewage Sludge. *Journal of Ecological Engineering*, 20(5), 209–216.
6. Trysnyuk, V.M., Okhariev, V.O., Trysnyuk, T.V., Zorina, O.V., Kurylo, A.V., Golovan, Y.V., Smetanin, K.V., Radlowska, K.O. [2019]. Improving the algorithm of satellite images landscape interpretation. 18th International Conference Geoinformatics – Theoretical and Applied Aspects, Extended Abstracts.

7. Красовський Г.Я., Петросов В.А. Інформаційні технології. – К.: Наукова думка, 2003. – 224 с.
8. Самойленко В.М. Географічні інформаційні системи та технології: Підручник. – К.: Ніка-Центр, 2010. – 448 с.

Стаття надійшла до редакції 10.09.2024 і прийнята до друку після рецензування 03.12.2024

REFERENCES

1. Arkhypova, L., Vinnychenko, I., Kinash, I., Horoshkova, L., & Khlobystov, I. (2022). Theoretical Substantiation of Modeling of Recreational Systems. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 23(5), 99–108.
2. Mandryk, O., Moskalchuk, N., Arkhypova, L., Prykhodko, M., & Pobigun, O. (2020). Prospects of environmentally safe use of renewable energy sources in the sustainable tourism development of the Carpathian region of Ukraine. In *E3S Web Conference*, Ukraine, 7.
3. Myrontsov, M.L., Dovgyi, S.O., Trofymchuk, O.M., Lebid, O.G., & Okhariev, V.O. (2022). Development and testing of tools for modeling R&D works in geophysical instrument-making for oil and gas well electrometry. *Science and Innovation*, 18(3), pp. 28–36.
4. Trysnyuk, V., Trysnyuk, T., Nikitin, A., Kurylo, A., & Demydenko, O. (2021). Geomodels of space monitoring of water bodies. In *ICSF 2021, E3S Web of Conferences* 280.
5. Zasadko, I., Polutrenko, M., Mandryk, O., Stakhmych, Y., & Petroschuk, N. (2019). Complex Technology of Sewage Purification from Heavy-Metal Ions by Natural Adsorbents and Utilization of Sewage Sludge. *Journal of Ecological Engineering*, 20(5), 209–216.
6. Trysnyuk, V.M., Okhariev, V.O., Trysnyuk, T.V., Zorina, O.V., Kurylo, A.V., Golovan, Y.V., Smetanin, K.V., & Radlowska, K.O. (2019). Improving the algorithm of satellite images landscape interpretation. In *18th International Conference Geoinformatics – Theoretical and Applied Aspects*, Extended Abstracts.
7. Krasovsky, G.Ya., & Petrosov, V.A. (2003). Information technologies. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
8. Samoilenko, V.M. (2010). Geographic information systems and technologies: Textbook. Kyiv: Nika-Center [in Ukrainian].

The article was received 10.09.2024 and was accepted after revision 03.12.2024

Єгоров Володимир Олександрович

аспірант Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору
Національної академії наук України

Адреса робоча: Україна, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1738-1375> **e-mail:** volodymyregorov@ukr.net