

**Секція 6.****ЕЛЕКТРИЧНІ, ГІБРИДНІ, АЛЬТЕРНАТИВНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ, ЛОГІСТИЧНІ МЕРЕЖІ ТА ІНФРАСТРУКТУРА, ГЕНЕРАЦІЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ТА АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ**

УДК 629.3

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО ЗАРЯДЖАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ САМОКЕРОВАНИХ РОБОТІВ**

**Багач Руслан Володимирович**, доктор філософії (PhD), доцент каф. автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: [bagach.ruslan@gmail.com](mailto:bagach.ruslan@gmail.com), ORCID ID [0000-0003-0157-5933](https://orcid.org/0000-0003-0157-5933)

**Смирнов Олег Петрович**, докт. техн. наук, професор каф. автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: [smirnov1oleg@gmail.com](mailto:smirnov1oleg@gmail.com), ORCID ID [0000-0003-4881-9042](https://orcid.org/0000-0003-4881-9042)

Стрімке зростання кількості електромобілів зумовлює необхідність розвитку ефективних і зручних систем заряджання. Традиційні стаціонарні зарядні станції потребують значних капіталовкладень, займають фіксовані місця та не завжди забезпечують необхідну гнучкість використання. Крім того, процес підключення електромобіля до зарядного пристрою вимагає участі водія, що знижує загальний рівень комфорту [1, 2].

Одним із перспективних напрямів розвитку зарядної інфраструктури є створення інтелектуальних автоматизованих систем, здатних самостійно виконувати процес заряджання без участі людини. Особливу увагу в цьому контексті привертає застосування самокерованих роботів, які можуть переміщатися парковкою, знаходити електромобіль та виконувати автоматичне підключення до зарядного порту [3].

Метою статті є розроблення та аналіз концепції інтелектуальної системи автоматичного заряджання електромобілів із використанням самокерованих роботів. Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання:

- проаналізувати принципи побудови інтелектуальних зарядних систем;
- розробити структурну архітектуру системи автоматичного заряджання;
- описати алгоритми навігації та взаємодії робота з електромобілем;
- оцінити переваги та перспективи впровадження запропонованого підходу.

Виклики та перспективи. Сучасні наукові дослідження у сфері заряджання електромобілів зосереджені на підвищенні потужності зарядних станцій, зменшенні часу заряджання та впровадженні бездротових технологій передачі

енергії. Водночас активно розвиваються системи комп'ютерного зору та автономної навігації мобільних роботів, що застосовуються у складських, логістичних і сервісних системах [4, 5].

Окремі комерційні розробки пропонують роботизовані зарядні пристрої, проте більшість із них мають обмежену функціональність або потребують спеціально підготовленої інфраструктури. Це свідчить про актуальність подальших досліджень у напрямі створення універсальних інтелектуальних систем автоматичного заряджання [6].

Архітектура інтелектуальної системи автоматичного заряджання.

Запропонована система складається з таких основних компонентів:

- самокерований мобільний робот із зарядним модулем;
- система комп'ютерного зору для виявлення електромобіля та зарядного порту;
- центральний сервер керування та моніторингу;
- бездротовий канал зв'язку між роботом і сервером;
- джерело електроживлення або підключення до електромережі.

Самокерований робот переміщується парковкою відповідно до заданого маршруту або за викликом користувача через мобільний застосунок. Центральний сервер координує рух роботів, розподіляє завдання та контролює процес заряджання.

Алгоритм роботи самокерованого робота. Процес автоматичного заряджання включає такі етапи:

- ідентифікація електромобіля та визначення його місцезнаходження;
- побудова оптимального маршруту руху робота;
- точне позиціонування біля зарядного порту;
- автоматичне підключення зарядного конектора;
- контроль параметрів заряджання та безпеки;
- завершення процесу та від'єднання конектора.

Також була спроектована структурна схема інтелектуальної системи автоматичного заряджання електромобілів (рис. 1).

Представлено конструкцію роботизованого маніпулятора автоматичної системи заряджання електромобілів (рис. 2), що складається з декількох сегментів, універсальних і призматичних шарнірів, базової та мобільної платформ. Маніпулятор забезпечує точне позиціонування зарядного штекера відносно зарядного порту електромобіля під час автономного процесу заряджання.

Для мінімізації часу обслуговування використовується критерій оптимізації:

$$T = T_{nav} + T_{pos} + T_{ch} \rightarrow \min \quad (1)$$

де  $T_{nav}$  – час навігації робота, с;

$T_{pos}$  – час позиціонування, с;

$T_{ch}$  – час заряджання, с.



Рисунок 1 – Структурна схема інтелектуальної системи автоматичного заряджання електромобілів

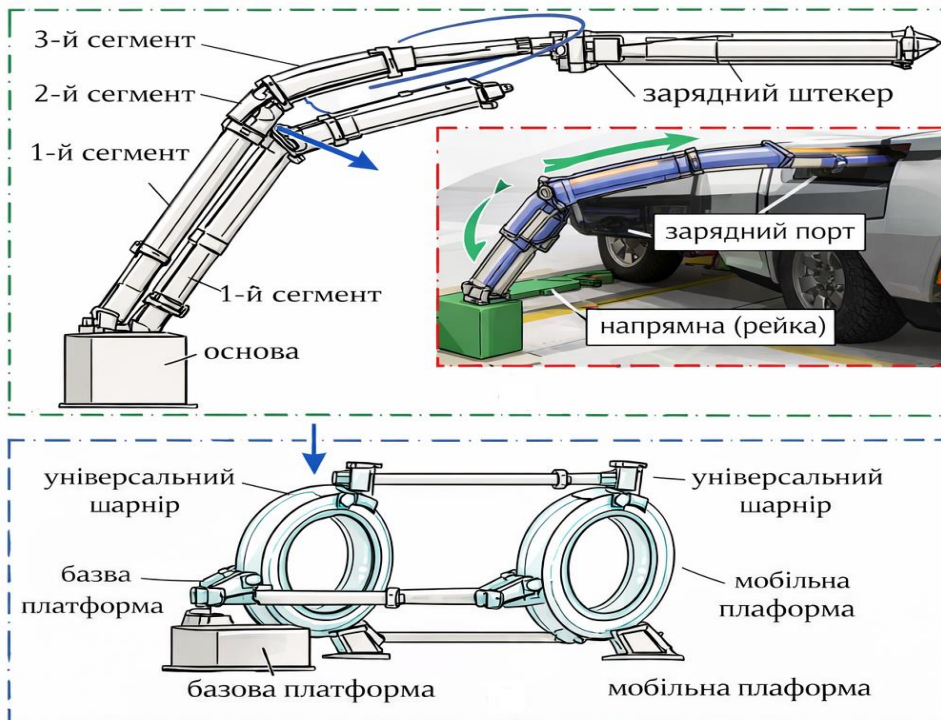


Рисунок 2 – Конструкція роботизованого маніпулятора автоматичної системи заряджання електромобілів

Таблиця 1 – Порівняльний аналіз систем заряджання

Характеристика	Стационарна станція	Бездротове заряджання	Роботизована система
Гнучкість	низька	середня	висока
Участь водія	необхідна	мінімальна	не потрібна
Вартість масштабування	висока	висока	помірна
Автоматизація	часткова	часткова	повна

Для реалізації зазначених етапів застосовуються алгоритми машинного навчання, методи SLAM-навігації та системи адаптивного керування.

Запропонована інтелектуальна система має низку суттєвих переваг:

- підвищення зручності користування електромобілями;
- зменшення потреби у стаціонарних зарядних станціях;
- ефективне використання простору парковок;
- можливість масштабування системи;
- інтеграція з «розумними» міськими системами.

У перспективі така система може бути використана в торговельних центрах, житлових комплексах, аеропортах і логістичних хабах, а також інтегрована з відновлюваними джерелами енергії.

### Висновки

У статті запропоновано концепцію інтелектуальної системи автоматичного заряджання електромобілів із застосуванням самокерованих роботів. Розглянуто архітектуру системи, принципи її роботи та ключові переваги. Запропонований підхід сприяє підвищенню ефективності зарядної інфраструктури та створює передумови для подальшого розвитку автоматизованих сервісів у сфері електротранспорту. Подальші дослідження доцільно спрямувати на експериментальну перевірку системи, оптимізацію та оцінку економічної ефективності.

### Література

1. **Багач Р. В.** Підвищення ефективності експлуатації автомобільного електротранспорту з використанням зарядних станцій постійного струму : дис. ... канд. техн. наук : [номер спеціальності]. Харків, 2024. URL: <https://dspace.khadi.kharkov.ua/handle/123456789/20343> (дата звернення: 04.03.2026).
2. **Багач Р. В., Гнатов А. В.** Аналіз та дослідження основних типів зарядних станцій для електромобілів. *Проблеми ресурсозбереження в промисловості та на транспорті* : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. (Харків, 23–25 жовт. 2024 р.). Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. С. 20–23.
3. **Miseikis J. et al.** 3D vision guided robotic charging station for electric and plug-in hybrid vehicles. 2017. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1703.05381>.
4. **Бєлоконь К. В. та ін.** Стале споживання та виробництво у глобальних ланцюгах створення вартості. [Назва типу видання, напр. монографія або зб. тез]. [Місто], 2024. URL: <http://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/167974> (дата звернення: 04.03.2026).
5. **Ju Y. et al.** Robo-chargers: Optimal operation and planning of a robotic charging system to alleviate overstay. *IEEE Transactions on Smart Grid*. 2023. Vol. 15, no. 1. P. 770–782. DOI: <https://doi.org/10.1109/tsg.2023.3286434>.

6. **Mahaadevan V. C. et al.** AViTRoN: advanced vision track routing and navigation for autonomous charging of electric vehicles. *IEEE Access*. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3355018>.

УДК 629.3

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ТЕРМОРЕГУЛЮВАННЯ АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

**Смирнов Олег Петрович**, докт. техн. наук, професор каф. автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: [smirnov1oleg@gmail.com](mailto:smirnov1oleg@gmail.com), ORCID ID [0000-0003-4881-9042](https://orcid.org/0000-0003-4881-9042)

**Борисенко Анна Олегівна**, канд. техн. наук, доцент каф. автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: [anutochka2111@gmail.com](mailto:anutochka2111@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0001-5992-8274>

**Мовчан Нікіта Геннадійович**, аспірант каф. автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: [nikitamovchan22@gmail.com](mailto:nikitamovchan22@gmail.com), ORCID ID [0009-0005-0694-5990](https://orcid.org/0009-0005-0694-5990)

Електрообідь, обладнаний акумуляторними батареями, ефективною системою управління BMS (від англ. Battery Management System, BMS) та сучасними елементами керування, забезпечує практичне, надійне і екологічне рішення для міського транспорту. Безперебійна та ефективна робота електричного транспортного засобу значною мірою залежить від системи моніторингу й управління акумуляторними батареями. Для продовження терміну служби батарей і покращення загальної ефективності електрообіля критично важливим є вдосконалення механізмів управління акумуляторними системами та методів їх терморегулювання [1].

Робоча температура суттєво впливає на ефективність літій-іонних акумуляторів, що вимагає впровадження високоточного теплового управління для забезпечення оптимальної ефективності, безпеки, економічності та довговічності. Дослідження системи теплового управління акумуляторними батареями електрообілів охоплює різноманітні аспекти розробки, які включають проектування конфігурації та геометричної структури відповідно до компонентів акумулятора і блоків, а також вибір або розробку матеріалів, що відповідають вимогам до рівня ефективності та безпеки [2].

Під час заряджання та розряджання літій-іонних акумуляторів, особливо у високоємних батареях електрообілів, накопичується тепло, що утворюється внаслідок електрохімічних процесів. Це може призводити до теплового удару, зниження ефективності та створювати потенційну загрозу для безпеки водія та пасажирів. Діапазон температур, що варіюється від 15 °C до 35 °C, визначається як оптимальний для функціонування літій-іонних акумуляторів. Проте