

електродинаміка, 2013, №. 5, С. 70-76. Режим доступу: http://previous.techned.org.ua/2013_5/st11.pdf.

2. Журахівський А.В., Кенс Ю.А., Яцейко А.Я., Масляк Р.Я. Ферорезонансні процеси в електромережах 10 кВ з різнотипними трансформаторами напруги. *Технічна електродинаміка*, 2010, № 2, С. 73-78. Режим доступу: <http://previous.techned.org.ua/article/10-2/st9.pdf>.

3. Ганус О.І., Старков К.О. Дослідження характеру перенапруг в електричній мережі, що виникають при роботі трансформаторів напруги. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Енергетика, надійність та енергоефективність*, 2021, № 1 (2), С. 28-36. doi: <https://doi.org/10.20998/2224-0349.2021.01.05>.

4. Маліновський А.А., Гуцин Є.Ю. Вплив аварійних режимів мережі на роботу трансформаторів напруги НОМ-10. *Науковий вісник НГУ*, 2015, № 1, С. 89-93. Режим доступу: <https://nvnngu.in.ua/index.php/en/component/jdownloads/finish/52-01/1613-2015-1-malinovskiy/0>.

5. Wang K., Liu H., Yang Q., Yin L., Huang J. Impact Transient Characteristics and Selection Method of Voltage Transformer Fuse. *Energies*, 2019, vol. 12, no. 4, art. no. 737. doi: <https://doi.org/10.3390/en12040737>.

6. Bajda Y., Grechko O., Buhaichuk V., Knápek R. To the Problem of Protection of Medium Voltage Instrument Transformers with Fuses: Analytical Research. *Lighting Engineering & Power Engineering*, 2021, vol. 60, no. 3, pp. 92-102. doi: <https://doi.org/10.33042/2079-424X.2021.60.3.02>.

7. Байда Є.І., Гречко О.М. Мультифізичний розрахунок топких запобіжників вимірювальних трансформаторів середньої напруги. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Проблеми удосконалювання електричних машин і апаратів. Теорія і практика*, 2023, № 1 (9), С. 3-10. doi: <https://doi.org/10.20998/2079-3944.2023.1.01>

УДК 629.3

КОНЦЕПЦІЯ ІНТЕРНЕТУ АКУМУЛЯТОРІВ ДЛЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Н.Г. Мовчан

Харківський національний автомобільно-дорожній університет
nikitamovchan22@gmail.com

Концепція Інтернету акумуляторів ІоВ (від англ. Internet-of-batteries (IoB)) для електромобілів нещодавно з'явилася та пропонує великий потенціал для моніторингу, контролю та оптимізації використання акумуляторних батарей в електромобілях [1-4]. Ця концепція, яка поєднує аспекти Інтернету речей ІоТ (від англ. Internet of Things (IoV)), Інтернету транспортних засобів ІоВ (від англ. Internet of Vehicles (IoV)) з найновішими

досягненнями в технологіях акумуляторів, хмарних обчисленнях та штучного інтелекту, може надати безліч нової інформації про стан та ефективність акумуляторних батарей електромобілів. Цю інформацію можна використовувати для покращення управління акумуляторами кількома способами, включаючи безперервний прогноз стану акумуляторів в батареї та покращене управління акумуляторною батареєю електромобіля.

У статті [1] детально розглянули базову структуру Інтернету акумуляторів ІоВ для електромобілів на основі багатьох існуючих досліджень. Проведено дослідження потенційних переваг цього нового підходу, такі як безперервний прогноз стану акумуляторної батареї та покращене управління акумулятором при експлуатації електричного транспортного засобу.

Інтернет акумуляторних батарей ІоВ являє собою мережеву систему, що використовує принципи Інтернету речей ІоТ для збору даних з акумуляторної батареї електромобіля у режимі реального часу, такі як напруга, струм, температура та інші параметри. Ці дані передаються на хмарний сервер, де вони використовуються для оцінки стану батареї, прогнозної аналітики та діагностики несправностей.

Архітектура Інтернету акумуляторних батарей ІоВ електромобілів складається з трьох основних компонентів:

- системи акумуляторних батарей електромобілів, в яку інтегровані система управління акумуляторними батареями BMS (від англ. Battery Management System (BMS)) та бездротовий модуль зв'язку з Інтернетом;
- шлюзу Інтернету речей;
- хмарної платформи, а також двох додаткових компонентів, тобто BMS та бездротового модуля, які інтегровані в системи акумуляторів.

Архітектура Інтернету акумуляторних батарей ІоВ електромобілів проілюстрована на рисунку 1 [1].

Сучасна ефективна система управління літій-іонними акумуляторами BMS для електромобілів покликана виконувати низку ключових функцій, спрямованих на забезпечення стабільної, безпечної та оптимальної роботи батарей:

- контроль і регулювання параметрів акумуляторів, зокрема напруги, струму і температури, щоб вони залишалися в межах допустимого діапазону;
- управління енергоресурсами батареї, що охоплює балансування напруги між окремими секціями [26], оптимізацію струму під час заряджання і розряджання, а також підтримку належного температурного режиму;
- аналіз фізико-технічного стану батарей, включаючи визначення рівня заряду SOC (від англ. State of Charge (SOC)), залишкової енергії SOE (від англ. State of Energy (SOE)), загального технічного стану SOH (від англ. State of Health (SOH)), доступної потужності SOAP (від англ. State of Available Power (SOAP)) та прогнозування тривалості експлуатації RUL (від англ. Remaining Useful Life (RUL));

- діагностика та профілактика несправностей, передбачення можливих відмов в роботі та ефективна обробка вже виявлених порушень.



Рис. 1. Архітектура Інтернету акумуляторних батарей ІоВ електромобілів [1]

Система управління акумуляторними батареями BMS електромобіля отримує вхідні дані у вигляді показників напруги, струму й температури, що надходять від тягової акумуляторної батареї через відповідні сенсори. На другому етапі BMS виконує обробку цих даних, щоб забезпечити точне визначення ключових параметрів, таких як стан заряду SOC, стан працездатності SOH та прогнозовану залишкову тривалість експлуатації RUL. Після аналізу даних система передає керуючі сигнали до всіх контролерів, забезпечуючи моніторинг і ефективне управління режимами роботи електромобіля.

Сучасні тренди у розвитку електромобілів, а також розвиток Інтернету акумуляторних батарей ІоВ ставлять перед системами управління акумуляторними батареями кілька важливих вимог:

- підвищення точності та надійності вимірювань;
- забезпечення онлайн-моніторингу ключових параметрів кожного елемента акумуляторного модуля;
- впровадження системи безперервного збору та зберігання даних (аналогічно чорним ящикам у авіації) та інтеграції з цифровими двійниками;
- адаптація до концепції від автомобіля до всього V2X, що передбачає інтелектуальну взаємодію електромобілів із транспортною інфраструктурою, іншими автомобілями та навколишніми пристроями;

- можливість прогнозування стану акумуляторної батареї для раннього виявлення потенційних апаратних збоїв до рівня окремого елемента.

Інтернет акумуляторних батарей ІоВ, що включає хмарні технології, відіграє важливу роль у розвитку сучасної транспортної інфраструктури, зокрема у сфері електромобільності. Одним із ключових компонентів сучасних електромобілів є акумуляторні батареї, ефективність використання яких значною мірою залежить від впровадження інноваційних систем керування та моніторингу. У цьому контексті хмарне управління акумуляторними батареями стає перспективним напрямом досліджень, що дозволяє підвищити ефективність, знизити експлуатаційні витрати та забезпечити довговічність енергетичних систем транспортних засобів.

Основою цієї технології є інтеграція розподілених обчислювальних ресурсів у режимі реального часу для аналізу ключових показників роботи акумуляторної батареї електромобіля, таких як температура, рівень заряду, циклічний ресурс, а також виявлення можливих несправностей. З використанням хмарних платформ можливо зібрати та обробити значний обсяг даних із сенсорів у різних частинах транспортного засобу та оптимізувати керування енергоспоживанням.

Однією з переваг хмарної системи керування є її здатність працювати з великими обсягами інформації, що накопичуються в процесі експлуатації електромобіля у різних умовах. Це дозволяє створювати адаптивні алгоритми управління на основі машинного навчання, які враховують індивідуальні особливості експлуатації конкретного транспортного засобу. Окрім того, хмарні системи сприяють розвитку сервісних моделей, які дозволяють здійснювати дистанційну діагностику, прогнозування несправностей та планування технічного обслуговування.

Інтернет акумуляторних батарей ІоВ не лише сприяє підвищенню ефективності електромобілів, але й закладає основу для формування більш стійкої та екологічно орієнтованої транспортної системи. Подальший розвиток цієї галузі відкриває нові можливості для вдосконалення технологій та їх гармонійної інтеграції у сучасну автомобільну інфраструктуру.

Однак реалізація цих функцій значною мірою залежить від використання передових сенсорних технологій, здатних точно зчитувати електрохімічні, теплові, тискові та напругові параметри всередині батареї. Зі зростанням точності датчиків кількість отримуваних даних суттєво збільшується, що зумовлює необхідність активного застосування технологій роботи з великими даними як на рівні периферії (в межах електромобілів), так і у хмарних обчислювальних середовищах.

Література

1. ІоВ: Internet-of-Batteries for Electric Vehicles–Architectures, Opportunities, and Challenges / Н. Li et al. Green Energy and Intelligent

Transportation. 2023. P. 100128. URL: <https://doi.org/10.1016/j.geits.2023.100128> (date of access: 20.03.2026).

2. Advancement in battery health monitoring methods for electric vehicles: Battery modelling, state estimation, and internet-of-things based methods / M. Waseem et al. Journal of Power Sources. 2025. Vol. 633. P. 236414. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2025.236414> (date of access: 20.03.2026).

3. Kunj T., Pal K. Role, Application and Challenges of IoT in Smart EV Charging Management: A Review. Future Batteries. 2025. P. 100102. URL: <https://doi.org/10.1016/j.fub.2025.100102> (date of access: 20.03.2026).

4. Analyzing Internet of Things Emergence for Modern Electric Vehicle Industry / S. E. Akbari et al. Results in Engineering. 2025. P. 106995. URL: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.106995> (date of access: 20.03.2026).

УДК 629.331

РОЗРОБКА АВТОНОМНОЇ ЗАРЯДНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ДЛЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

О.А. Дзюбенко, І.С. Гончаренко, М.П. Петров, М.О. Соловійов

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет
ae.hnadu@gmail.com*

Вступ

Для України зростання сегмента електромобілів набув критичного значення не лише в контексті екологічних зобов'язань, а й як засіб забезпечення енергетичної незалежності та мобільності в умовах нестабільної роботи централізованих енергосистем. Протягом 2024...2025 рр. український ринок електромобілів продемонстрував аномально високі темпи росту. Станом на кінець 2025 р. загальний парк електромобілів в країні досяг позначки у 246 тисяч одиниць, що свідчить про глибоку інтеграцію електричного транспорту в повсякденне життя громадян та бізнес-процеси. Лише за один 2025 р. автопарк поповнився на понад 110 200 одиниць, що вдвічі перевищує показники попереднього року.

Така стрімка електрифікація висуває нові вимоги до зарядної інфраструктури. Традиційна модель розбудови мережі зарядних станцій, що базується на підключенні до існуючих ліній електропередач змінного струму, стикається з низкою фундаментальних обмежень, особливо в умовах війни та постійних атаках ворога по енергетичній інфраструктурі. По-перше, масове підключення потужних споживачів створює значне навантаження на розподільчі мережі, провокуючи пікові просадки напруги та необхідність дорогої модернізації трансформаторних підстанцій. По-друге, залежність від централізованого постачання робить інфраструктуру вразливою до аварійних