

## ІННОВАЦІЙНІ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ З ТЕХНОЛОГІЯМИ V2G ТА V2B

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

**Латвинський Владислав Дмитрович**, асистент кафедри автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: [latvin2000@gmail.com](mailto:latvin2000@gmail.com), ORCID: [0009-0002-4891-2925](https://orcid.org/0009-0002-4891-2925)

Актуальність теми. Зростання частки електромобілів та зниження вартості відновлюваної енергії відкривають нові можливості для інтеграції електромобілів у енергосистему. Водночас виникають проблеми пікових навантажень та нестачі електроенергії. Концепція Vehicle-to-Grid (V2G) дозволяє не лише заряджати автомобілі, а й віддавати накопичену енергію в мережу, сприяючи балансуванню споживання та підвищенню гнучкості й надійності енергопостачання.

Мета дослідження. Обґрунтувати переваги й виклики впровадження технології V2G та визначити умови її ефективного функціонування для підвищення стабільності енергомережі та економічної доцільності для власників електромобілів.

Об'єкт дослідження. Процес двосторонньої взаємодії електромобіля з енергосистемою у межах концепції «розумної» мережі.

Предмет дослідження. Технічні, економічні та експлуатаційні аспекти реалізації технології V2G, включно з архітектурою системи керування, роллю агрегаторів, впливом на акумуляторні батареї та вимогами до інфраструктури.

Протягом останніх років частка електромобілів у транспортному секторі значно зросла [1,2], а вартість відновлюваних джерел енергії знижується. Однак зберігається проблема нерівномірного навантаження енергомережі та дефіциту електроенергії в пікові години. Подолати ці виклики допомагає концепція двосторонньої взаємодії автомобіля з енергосистемою: під час заряджання (Grid-to-Vehicle, G2V) та віддачі енергії назад у мережу (Vehicle-to-Grid, V2G) [3].

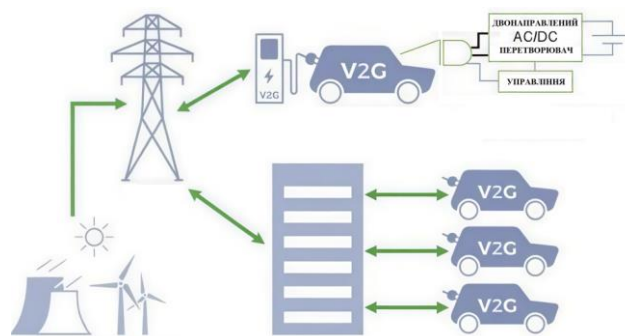


Рисунок 1 – Блок-схема концепції V2G

Власники авто з V2G можуть продавати електроенергію, коли транспорт не використовується, та заряджати його за мінімальної ціни [4]. Автомобілі простоюють понад 90 % часу, тому їхні батареї можуть працювати на енергоринку без шкоди основній функції. V2G вигідна споживачам і постачальникам: забезпечує резервне живлення, згладжує пікові навантаження, балансує мережу, зменшує вплив гармонік і покращує прогнозування споживання. Технологія сприяє ефективнішому використанню генераційних потужностей, зниженню витрат та підвищенню якості частотного контролю, а також допомагає швидко відновити електропостачання [3,4].

У межах «розумної» мережі (smart grid) електромобіль стає розподіленим джерелом енергії, що підтримує стабільність мережі та знижує викиди CO<sub>2</sub>. Стратегія V2G дозволяє скоротити виробництво електроенергії та інвестиції в інфраструктуру, але потребує чіткого регулювання й планування.

Є два підходи:

- пряме керування кожним підключеним електромобілем, що ускладнює процес і не враховує інтересів користувачів;
- система агрегаторів — проміжна ланка між мережею та групами авто, що полегшує координацію.

Серед ризиків — зношення акумуляторів, які становлять третину вартості авто і мають обмежений ресурс ( $\approx 1000$  циклів). Часті глибокі розряди прискорюють деградацію, швидкість якої залежить від типу батареї, режимів заряджання та температури [5].

Високі інвестиційні витрати також стримують розвиток: потрібні двонапрямні зарядні пристрої, оновлення інфраструктури та суворі вимоги безпеки. Масовий неконтрольований доступ авто до мережі може спричинити перебої, а «розумна» мережа підвищує ризик кібератак. Потрібно дослідити механізми координації, щоб не порушити стабільність енергосистеми [6].

Технологія охоплює також vehicle-to-home (V2H) та vehicle-to-building (V2B), де авто забезпечує живлення будинку чи офісу під час відключень, діючи як резервне джерело. Наприклад, акумулятор може віддавати кілька кіловат безперервно.

У (табл. 1) наведено порівняння між V2G, V2H за різними параметрами, включаючи ключові моменти, основні фактори та функції.

Таблиця 1 – Порівняння концепцій V2G та V2B

	Ключові моменти	Основні фактори	Функції
V2G	Велика кількість електромобілів. Більша гнучкість. Комплексний контроль. Експлуатація у великих масштабах. Значні втрати при передачі	Контроль та координація від оператора мережі. Кількість агрегатів. Ємність акумулятора. Час прибуття та виїзду. Вартість електроенергії.	Підтримка реактивної потужності. Робота з відновлюваними джерелами. Повернення накопиченої енергії назад до мережі в пікові години. Допоміжні послуги мережі.

V2B	Проста інфраструктура. Незначні втрати при передачі. Більша простота. Один електромобіль.	Тип акумулятора. Характеристики ємності акумулятора. Стан заряду. Вартість електроенергії.	Діє як домашній резервний генератор з контрольованим навантаженням.
-----	---	--	---

Порівняння V2G і V2B (табл. 1) показує:

- V2G велика кількість електромобілів, комплексний контроль, вищі втрати при передачі, повернення енергії у пікові години, робота з відновлюваними джерелами;

- V2B простіша інфраструктура, малі втрати, резервне живлення для локальних споживачів.

Основні складові V2G:

- центральний центр керування, що аналізує дані мережі в реальному часі;  
- система керування акумулятором, яка передає параметри струму, напруги й дозволи на заряд/розряд;

- панель власника, де задається нижня межа заряду та час підключення;

- фонові системи, що відбирає транспортні засоби й регулює потужність, передаючи узагальнені дані центру.

## Висновки

V2G є перспективною стратегією інтеграції електромобілів у «розумну» енергомережу. Вона дозволяє оптимізувати споживання, підвищити надійність постачання та знизити викиди, забезпечуючи економічні вигоди власникам авто й операторам мережі. Проте для її широкого впровадження потрібні розвиток інфраструктури, захист від кібератак, а також дослідження впливу на ресурс акумуляторів і моделі ефективної координації між споживачами та енергосистемою.

## Література

1. Hnatov, A., Arhun, S., Bagach, R., Hnatova, H., Tarasova, V., & Ruchka, O. (2021). Аналіз найбільш поширених методів визначення стійкості енергетичних систем. *Vehicle and electronics. Innovative technologies*, (20), 17-26.

2. Багач, Р. В., & Латвинський, В. Д. (2024). Підвищення енергетичної ефективності зарядних станцій для електромобілів.

3. Багач, Р. В. (2023). Використання зарядних станцій для електромобілів у Харківській області. Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування *СЕУТТОО-2023*, 323-327.

4. Багач Р. В., Гнатов А. В. (2024). Інтеграція електромобілів у розподілені енергетичні системи Vehicle-to-Grid (V2G). *Електроенергетика, електромеханіка та технології в АПК: [Електронний ресурс] : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 6 листопада 2024 р. / Держ. біотехнологічний ун-т. –Харків, 2024. – 312 с. – С.62-63.*

5. Eisler, M. N. (2024). Vehicle-to-grid, regulated deregulation, and the energy conversion imaginary. In *Electrical Conquest: New Approaches to the History of Electrification* (pp. 251-280). Cham: Springer Nature Switzerland.

6. Saponara, S., Saletti, R., & Mihet-Popa, L. (2019). Hybrid micro-grids exploiting renewables sources, battery energy storages, and bi-directional converters. *Applied Sciences*, 9(22), 4973.

7. Eisler, M. N. (2024). Vehicle-to-grid, regulated deregulation, and the energy conversion imaginary. In *Electrical Conquest: New Approaches to the History of Electrification* (pp. 251-280). Cham: Springer Nature Switzerland.

**УДК 629.083**

## **ТЕНДЕНЦІЇ ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕГРОВАНОГО СТАРТЕР-ГЕНЕРАТОРА В КОНСТРУКЦІЯХ СУЧАСНИХ АВТОМОБІЛІВ**

**Болдовський Володимир Миколайович**, канд. техн. наук, доцент кафедри  
Автомобілів і транспортної інфраструктури,  
Національний аерокосмічний університет «ХАІ»,  
e-mail: v.boldovskyi@khai.edu, ORCID: [0009-0008-5069-756X](https://orcid.org/0009-0008-5069-756X)

Сучасний розвиток автомобільної промисловості спрямований на зменшення споживання палива, підвищення енергоефективності та скорочення викидів шкідливих речовин у довкілля. Відповідно до Національної транспортної стратегії України до 2030 року, одним із ключових завдань є поступовий перехід до використання транспортних засобів із гібридними та електричними силовими установками [1].

Одним із найперспективніших напрямів розвитку автомобільних технологій є впровадження інтегрованого стартер-генератора (ІСГ), або Integrated Starter-Generator (ISG), який поєднує функції стартера й генератора, забезпечуючи ефективну роботу електричних систем автомобіля та підтримку режимів енергозбереження.

Основні переваги використання ІСГ у сучасних транспортних засобах: реалізація системи «старт-стоп», яка автоматично вимикає двигун під час коротких зупинок, знижуючи витрати палива; забезпечення рекуперативного гальмування з поверненням частини енергії в акумуляторну батарею; підвищення динаміки автомобіля за рахунок електричного підсилення під час розгону; зменшення навантаження на ДВЗ і покращення ресурсу його роботи; зниження рівня шуму та вібрацій при запуску двигуна.

Завдяки цим особливостям ІСГ набули широкого поширення у «м'яких» гібридних системах (Mild Hybrid), де вони дозволяють досягати до 15 % економії палива без значного ускладнення конструкції автомобіля [3].

На сьогодні у світовій практиці відомо кілька основних схем розташування інтегрованого стартер-генератора у силовій установці автомобіля: схема P0 – привід через ремінь генератора, розташування ІСГ перед двигуном; схема P1 – безпосереднє з'єднання з колінчастим валом двигуна; схема P2, P3 – встановлення між двигуном і коробкою передач; схема P4 – розташування ІСГ на ведучій осі або безпосередньо в колесі.