

ІНТЕГРАЦІЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ У РОЗПОДІЛЕНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ VEHICLE-TO-GRID (V2G)

Багач Р. В., доктор філософії (PhD), e-mail: bagach.ruslan@gmail.com

Гнатов А. В., д.т.н, професор, e-mail: kalifus76@gmail.com

Харківський національний автомобільно-дорожній університет.

Вступ. У сучасних умовах глобального потепління, зростаючих викидів парникових газів та виснаження традиційних енергетичних ресурсів, світ активно шукає засоби переходу на чисті та екологічно безпечні джерела енергії. Одним з важливих напрямків такого переходу є розвиток електромобільного транспорту, що сприяє скороченню викидів шкідливих речовин. Проте для ефективної інтеграції електромобілів у енергетичні системи необхідно впроваджувати інноваційні підходи, такі як технологія Vehicle-to-Grid (V2G). V2G дозволяє електромобілям взаємодіяти з енергетичною мережею, використовуючи їх як мобільні акумулятори для зберігання та передачі електроенергії. Це відкриває нові можливості для стабілізації розподілених енергетичних систем та кращого використання відновлюваних джерел енергії [1-4].

Актуальність дослідження. Актуальність дослідження технології V2G зумовлена зростанням кількості електромобілів та збільшенням частки відновлюваних джерел у світовому енергетичному балансі. Відновлювані джерела енергії, такі як сонячна та вітрова енергія, мають нестабільний характер генерації, що створює труднощі для збереження стабільності енергетичних систем [5]. У цьому контексті електромобілі з функцією V2G можуть відігравати важливу роль, зберігаючи надлишкову енергію та забезпечуючи її повернення до мережі в періоди пікового навантаження. Це сприяє зменшенню залежності від традиційних електростанцій, підвищенню надійності постачання енергії та створенню більш екологічно чистої енергетичної системи [6].

Мета досліджень. Метою даного дослідження є аналіз потенціалу інтеграції електромобілів у розподілені енергетичні системи за допомогою технології V2G. Основні завдання включають:

- дослідження принципу роботи V2G та її технічних вимог;
- оцінка впливу V2G на стабільність електромереж та інтеграцію відновлюваних джерел енергії;
- визначення основних переваг та викликів впровадження V2G на різних ринках електроенергії;
- аналіз економічних аспектів V2G для власників електромобілів та операторів мереж.

Основні матеріали досліджень. V2G дозволяє електромобілям заряджатися від мережі та повертати енергію назад, використовуючи двосторонні зарядні станції. Ці станції підтримують як зарядку, так і розрядку акумуляторів в мережу. Інтелектуальне керування регулює процеси зарядки і розрядки, орієнтуючись на коливання попиту та генерації, що забезпечує ефективне використання надлишкової енергії та її повернення в мережу під час дефіциту [7].

Вплив на стабільність енергосистеми. Електромобілі з V2G діють як накопичувачі енергії, допомагаючи балансувати генерацію та споживання, що є важливим для мереж з високою часткою відновлюваних джерел. Це дозволяє стабілізувати частоту в мережі та знижувати ризик перебоїв завдяки швидкому реагуванню на зміни попиту та пропозиції [8]. Моделювання показує, що V2G може зменшити потребу в резервних генераторах і підвищити ефективність системи.

Переваги для власників електромобілів. Власники можуть заробляти, продаючи енергію під час пікових навантажень, що допомагає компенсувати витрати на зарядку та знижує експлуатаційні витрати.

Інтеграція відновлюваної енергетики. V2G зберігає надлишкову енергію з сонячних та вітрових електростанцій в акумуляторах електромобілів, використовуючи її при дефіциті генерації.

Зменшення вуглецевого сліду. Електромобілі з V2G знижують потребу у викопному паливі для балансування мережі, що скорочує викиди парникових газів.

Виклики впровадження V2G. Зношування акумуляторів через часті цикли зарядки/розрядки збільшує витрати на їх заміну. Високі початкові інвестиції та відсутність нормативних актів ускладнюють впровадження, а також необхідні стандарти для сумісності зарядних станцій.

Перспективи розвитку V2G у світі. У Європі, Японії та США реалізуються пілотні проекти V2G, які демонструють його потенціал. У Нідерландах і Данії вже діють зарядні станції V2G, що допомагають балансувати локальні мережі. Японія застосовує V2G для резервного живлення в надзвичайних ситуаціях, що підвищує інтерес до цієї технології [9].

Очікується, що з подальшим зниженням вартості акумуляторів та збільшенням кількості електромобілів, V2G стане більш доступним та привабливим рішенням для інтеграції в енергетичні системи [10].

Висновок. Інтеграція електромобілів у розподілені енергетичні системи за допомогою V2G має значний потенціал для створення більш ефективних та екологічно чистих енергетичних мереж. Технологія V2G дозволяє використовувати електромобілі як розподілені накопичувачі енергії, що підтримує стабільність мережі та полегшує інтеграцію відновлюваних джерел енергії. Незважаючи на певні виклики, такі як зношування акумуляторів та необхідність розвитку інфраструктури, переваги V2G технології присутні.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Noel L., Zarazua de Rubens G., Kester J., Sovacool B.K. Vehicle-to-Grid: A Sociotechnical Transition Beyond Electric Mobility. – Palgrave Macmillan, 2019.
2. Гнатов А. В., Аргун І. В., Багач Р. В., Гнатова Г. А., Тарасова В. В., Ручка О. О. Аналіз найбільш поширених методів визначення стійкості енергетичних систем // Автомобіль і електроніка. Сучасні технології: електронне наукове спеціалізоване видання. – 2021. – Вип. 20. – С. 17–26. <https://doi.org/10.30977/VEIT.2021.20.0.02>.
3. Багач Р. В., Гнатов А. В. Енергозбереження у секторі міського електротранспорту // Тринадцята Міжнародна науково-практична конференція "Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування СЕУТТОО-2022". – Херсон: ХДМА, 2022. – С. 105–108.
4. Багач Р. В. Підвищення ефективності експлуатації автомобільного електротранспорту з використанням зарядних станцій постійного струму: дис. ... докт. техн. наук. – Харків: Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 2024.
5. Liu K., Guo J., Xiao Y., Zhang Z. Impacts of vehicle-to-grid technology on the stability of power grids with high penetration of renewable energy // IEEE Transactions on Sustainable Energy. – 2022. – Т. 13, № 2. – С. 812–823.
6. Gazder Uneb. Overview of Opportunities and Challenges to Vehicle-to-Grid Integration and Bahrain Perspective // Green and Low-Carbon Economy. – 2024.
7. Deng T., Li Y., Li K. Vehicle-to-Grid in the context of smart grids: Technologies, applications, and future trends // Journal of Cleaner Production. – 2023. – Т. 398. – Article 136838.
8. Georgios D., Vasilis G., Stavros M. Review of vehicle to grid (V2G) systems // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2019. – Т. 109. – С. 198–204.
9. Shirai T., Watanabe H. Vehicle-to-grid technology and its potential role in enhancing renewable energy integration // Energy Policy. – 2020. – Т. 142. – Article 111533.
10. Qin, H., Zhou, L. An overview of vehicle-to-grid (V2G) systems and its challenges and prospects. *Energy Reports*, 2021, 7, 2605–2620.