

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ V2G, V2H ТА V2L У КОНТЕКСТІ РОЗВИТКУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ЕНЕРГОСИСТЕМ

*Дмитрик В.В.* – гр. БНТ-23, бакалавр, [dmytryk.vo@knutd.edu.ua](mailto:dmytryk.vo@knutd.edu.ua)

*Решетник Н.О.* – гр. БНТ-24, бакалавр, [wdf12345@gmail.com](mailto:wdf12345@gmail.com)

*Олейникова І.В.* - к.ф.-м.н., доцент, [olejnikova.iv@knutd.com.ua](mailto:olejnikova.iv@knutd.com.ua)

*Київський національний університет технологій та дизайну*

**Метою роботи** є обґрунтувати вибір технологій двостороннього енергетичного обміну V2G (Vehicle-to-Grid), V2H (Vehicle-to-Home) та V2L (Vehicle-to-Load), які є основою формування інтелектуальних енергосистем нового покоління для стабілізації енергомереж, підвищенні частки відновлюваної енергії, розвитку децентралізованих енергетичних структур і підвищенні енергетичної безпеки.

Глобальні енергетичні тенденції останніх десятиліть характеризуються активним зростанням електроспоживання, збільшенням частки електротранспорту та інтенсивним розвитком відновлюваних джерел енергії. З одного боку, це створює передумови для зменшення викидів вуглекислого газу, з іншого – ставить нові виклики щодо балансування енергосистем, які стають усе більш децентралізованими та змінними. Особливої уваги набуває проблема керування піковими навантаженнями, акумулювання енергії та інтеграції великої кількості малих джерел генерації. У цьому контексті транспортна електрифікація перетворюється на стратегічний напрям: сучасні електромобілі є не лише засобами пересування, а й потужними мобільними накопичувачами енергії.

Розвиток технологій V2G, V2H та V2L відкриває можливість перетворити кожен електромобіль на елемент інтелектуальної енергосистеми, здатний не лише споживати, а й віддавати енергію в загальну мережу або конкретним споживачам. Це формує нову парадигму енергетики, де транспорт, будинки, підприємства і мережі взаємодіють у єдиному цифровому середовищі. Перші експерименти з технологіями V2G були проведені ще у 2008–2010 роках у США, але активного розвитку вони набули після 2015 року, коли з'явилися промислові двосторонні зарядні станції та стандарти зв'язку ISO 15118. Станом на 2025 рік, у світі діє понад 150 комерційних або пілотних V2G-проектів у понад 20 країнах. Для прикладу можна розглянути проєкту **Parker**, що реалізується в Данії, в рамках компанії Nuvve, яка створила інтелектуальну мережу, де понад 400 електромобілів Nissan Leaf віддають енергію в мережу, заробляючи для власників до 1 000 євро на рік за участь у балансуванні

навантаження. У Німеччині BMW та Siemens реалізували проєкт “BMW Smart Grid”, де корпоративні авто автоматично балансували енергоспоживання офісних будівель і мережі. В результаті вдалося зменшити витрати електроенергії на 10–15% та підвищити стабільність мережі під час пікових навантажень.

У Японії після катастрофи на АЕС “Фукусіма” компанії Nissan і Mitsubishi запустили проєкти “Leaf to Home” та “DENDO Drive House”, які дозволяють електромобілям жити будинки у разі аварій або збоїв у постачанні енергії. Ці рішення стали частиною державної програми з підвищення енергетичної автономності регіонів. США впроваджують V2H та V2L у межах “зеленого переходу”. Наприклад, пікап **Ford F-150 Lightning** здатен забезпечити приватний будинок електроенергією до 3 днів під час відключень, а каліфорнійська компанія **PG&E** тестує схему, де власники електромобілів можуть продавати енергію в мережу під час піків.

В Україні розвиток технологій V2X поки перебуває на початковому етапі, проте потенціал значний. У 2024 році компанія ДТЕК спільно з Ukrenergo оголосила про підготовку пілотного проєкту з тестування двосторонніх зарядних станцій у Києві та Львові. Львівський завод “Електрон” заявив про готовність адаптувати свої електробуси до роботи у режимі V2G. У межах муніципальних програм “Київ Енергоефективний” та “Смарт Львів” розглядається можливість створення пілотних майданчиків з інтеграції електромобілів до міських енергомереж. У перспективі це дозволить використовувати транспорт як резервні акумулятори під час аварій або пікових навантажень у зимовий період.

Технології V2X базуються на поєднанні кількох рівнів – апаратного, інформаційного та управлінського. Основним компонентом є двосторонній зарядний модуль, який забезпечує обмін енергією між транспортним засобом і мережею, а також комунікаційний інтерфейс, що працює за стандартом ISO 15118 або OCPP 2.0.

Електромобіль із батареєю є мобільним накопичувачем. Коли споживання електроенергії в мережі зростає, система може ініціювати розряд батареї автомобіля для стабілізації частоти. У періоди низького навантаження автомобіль знову заряджається.

Така гнучкість дозволяє створювати мікромережі (microgrids), у яких кілька десятків або сотень електромобілів можуть об’єднуватися в єдиний енергетичний пул. Порівняння показників трьох видів технологій представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняльний аналіз V2G, V2H та V2L технологій

Параметр	V2G технологія	V2H технологія	V2L технологія
Потужність, кВт	7-22	3-11	1-3
Напрямок енергії	Авто – мережа	Авто - будинок	Авто – прилади
Ефективність	85-90	88-94	92-96
Тип підключення	Двосторонній зарядний модуль	Домашній інвертор	Вбудований інвертор
Основне застосування	Балансування енергії	Резервне живлення	Мобільне живлення
Рівень впровадження	Пілотний (ЄС, США)	Комерційний (Японія)	Масовий (Китай, Корея)

В Україні технології V2X лише починають впроваджуватися, але вже є декілька перспективних ініціатив. Військові та гуманітарні операції: електромобілі з V2L можуть забезпечити автономне живлення польових госпіталів, освітлення та зв'язку, що особливо актуально в умовах сучасних конфліктів. Перспективи кожного виду технології для України представлені в таблиці 2.

Таблиця 2 - Перспективи в Україні

Технології	Потенційне використання	Можливий ефект
V2G	Балансування міських мереж	Зменшення пікових навантажень, економія на генерації
V2H	Резервне живлення будинків, адміністративних споруд	Автономність 2-3 дні, зниження залежності від аварійного відключення
V2L	Мобільне живлення для об'єктів, будівель, польових операцій	Можливість автономного живлення до 72 годин, підвищення енергетичної стійкості

У великих містах України впровадження V2G і V2H може забезпечити стабілізацію локальних мереж, особливо при підключенні електробусів і муніципальних службових авто. Наприклад, Київ може використовувати флот електробусів для компенсації пікових навантажень у ранкові та вечірні години. Інтеграція V2X з сонячними станціями та малими вітровими установками дозволяє акумулювати надлишки виробленої енергії і використовувати їх у пікові години, що особливо актуально для західних регіонів України з великою часткою приватних ВДЕ.

Технологія V2L дозволяє жити польові штаби, медичні пункти та аварійні об'єкти без підключення до централізованих мереж. Це створює високий рівень автономності та безпеки у кризових ситуаціях. Загальний аналіз представлений в таблиці 3.

Таблиця 3- Переваги та недоліки технологій для України в Україні

Технології	V2G технологія	V2H технологія	V2L технологія
Основна перевага	Балансування мереж	Резервне живлення будинків	Мобільність, автономність
Основний недолік	Потрібна інфраструктура	Вартість інверторів	Обмеження потужності
Економічний ефект	Зменшення витрат на генерацію	Зменшення витрат на дизельні генератори	Ефективність автономного живлення об'єктах
Потенціал	Високий у містах з електротранспортом	Середній, потребує поширення EV	Високий для військових та гуманітарних цілей



Рисунок 1 – Схематичне представлення V2H (ліва) та V2L (права) технологій

**Висновок.** Технології V2G, V2H і V2L є ефективним інструментом підвищення автономності та стабільності електромереж, забезпечення інтеграції відновлюваних джерел енергії та формування децентралізованих енергосистем. Україна має значний потенціал: муніципальні електробуси, корпоративні автопарки та приватні електромобілі можуть слугувати резервними акумуляторами енергії. Пілотні проекти демонструють можливість інтеграції таких систем. Перспективи розвитку потребують: стандартизації протоколів обміну; вдосконалення систем керування зарядом та оптимізації алгоритмів розподілу енергії; законодавчого врегулювання взаєморозрахунків між власниками авто та енергетичними компаніями; підтримки державних і

муниципальних програм щодо розвитку електротранспорту та інфраструктури зарядних станцій. Отже, впровадження технологій V2G, V2H та V2L відкриває нові можливості для створення розумних, стійких та енергоефективних інтелектуальних мереж, де кожен електромобіль може одночасно виконувати роль акумулятора, генератора та мобільного енергетичного ресурсу.

#### **Список використаних джерел:**

1. Mültin, Marc (6 July 2021). "What is ISO 15118? | Switch". [www.switch-ev.com](http://www.switch-ev.com).
2. Shirazul Islam, Atif Iqbal, Mousa Marzband, Irfan Khan, Abdullah M.A.B. Al-Wahedi, State-of-the-art vehicle-to-everything mode of operation of electric vehicles and its future perspectives, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 166, 2022, 112574, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112574>.