

2. Sharma, Piyush & Palwalia, Dheeraj & Sharma, Ashok. (2024). A Review: Bi-Directional Dc-Dc Converter Topologies. International Journal of Technical Research & Science. 9. 27-35. <https://doi.org/10.30780/specialissue-ISET-2024/029>.
3. Wang, J., Wang, B., Zhang, L., Wang, J., Shchurov, N. I., & Malozyomov, B. V. (2022). Review of bidirectional DC–DC converter topologies for hybrid energy storage system of new energy vehicles. Green Energy and Intelligent Transportation, 1(2), 100010. <https://doi.org/10.1016/j.geits.2022.100010>.
4. Tuluhong, Ayiguzhali & Xu, Zhisen & Chang, Qingpu & Song, Tengfei. (2025). Recent Developments in Bidirectional DC-DC Converter Topologies, Control Strategies, and Applications in Photovoltaic Power Generation Systems: A Comparative Review and Analysis. Electronics. 14. 389. <https://doi.org/10.3390/electronics14020389>.
5. Liu, Yu-Chen & Chen, Chen & Chen, Kai-De & Syu, Yong Long & Nguyen, Anh Dung. (2019). High-Frequency and High-Efficiency Isolated Two-Stage Bidirectional DC-DC Converter for Residential Energy Storage Systems. IEEE Journal of Emerging and Selected Topics in Power Electronics. PP. 1-1. <https://doi.org/10.1109/JESTPE.2019.2953117>.
6. Williamson, Sheldon. (2013). EV and PHEV Energy Storage Systems. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7711-2\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7711-2_3).
7. Tu, Jian & Bai, Zhifeng & Wu, Xiaolan. (2022). Sizing of a Plug-In Hybrid Electric Vehicle with the Hybrid Energy Storage System. World Electric Vehicle Journal. 13. 110. <https://doi.org/10.3390/wevj13070110>.

*Науковий консультант Нечаус А.О., доцент кафедри автомобільної електроніки, канд. техн. наук*

Соломко Максим Ігорович, студент гр. АЕ-46-22, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

## **АНАЛІЗ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ “ВІД ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ДО ВСЬОГО” ДЛЯ СУЧАСНИХ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ**

Аналіз сучасних технологій «від транспортного засобу до всього» (Vehicle-to-Everything, V2X) будемо розглядати на прикладі електромобіля. Електромобілі являють собою ключовий компонент сталого транспорту та його екологічної економіки, оскільки вони сприяють зниженню викидів вуглецю, покращенню якості повітря та мінімізації залежності від викопного палива. У цьому контексті технології категорії «від транспортного засобу до всього» визнаються невіддільним елементом розвитку електромобілів.

Зокрема, технологія «від транспортного засобу до всього» V2X в контексті сучасних електромобілів охоплює такі технології, як «від транспортного засобу до електричної мережі» (Vehicle-to-Grid, V2G), «від транспортного засобу до будинку» (Vehicle-to-Building, V2B), «від транспортного засобу до

навантаження» (Vehicle-to-Load, V2L), «від транспортного засобу до транспортного засобу» (Vehicle-to-Vehicle, V2V), «від транспортного засобу до мережі» V2N (Vehicle-to-Network, V2N), «від транспортного засобу до пішоходів» (Vehicle-to-Pedestrian, V2P) тощо. Ці технології забезпечують двосторонній обмін інформацією та електричною енергією між електромобілями та їхнім оточенням, сприяючи підвищенню стабільності електричної мережі, задоволенню енергетичних потреб будівель, а також розширенню можливостей міжтранспортної комунікації, що є важливим для ефективніших і стійкіших транспортних систем та розумних міст.

У роботі Кумара та його колег [1] здійснено огляд топології технологій «від транспортного засобу до всього» V2X, що наведена на рисунку 1.

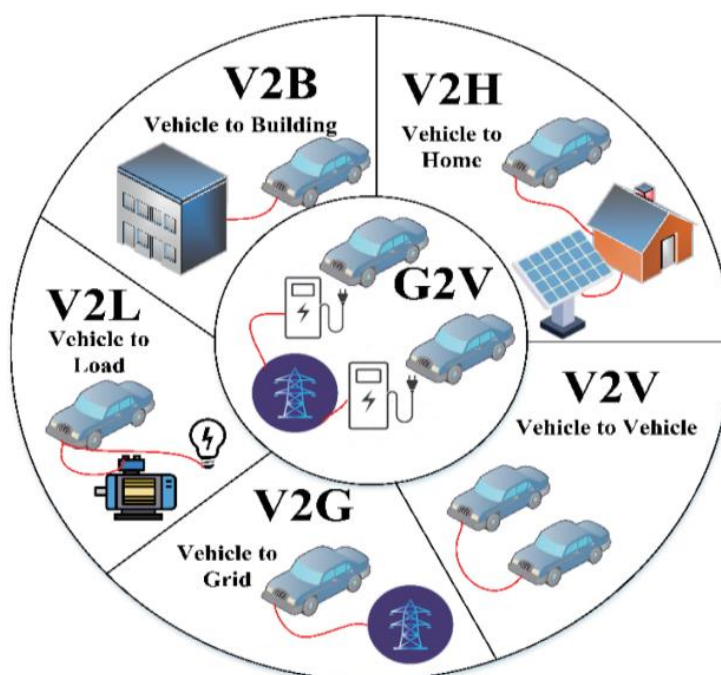


Рисунок 1 – Діаграма топології технологій «від транспортного засобу до всього» [1]

Технології «від транспортного засобу до всього» V2X в контексті сучасних електромобілів – це концепція двонаправленої передачі енергії, що перетворює електромобілі з простих транспортних засобів на «мобільні акумулятори» та «підключені автомобілі», які можуть стабілізувати електромережі та покращити безпеку дорожнього руху [2].

На рисунку 2 показано основні види технологій «від транспортного засобу до всього» в контексті сучасних електромобілів [3].

Ключові перспективи впровадження технологій “від транспортного засобу до всього” V2X для сучасних електромобілів полягають у наступному:

- стабільність електричної мережі та енергетичний арбітраж (технологія V2G/G2V). Електромобілі можуть постачати електроенергію назад у мережу під час пікового навантаження, зменшуючи навантаження та допомагаючи збалансувати постачання. За оцінками, це потенційно може знизити пікове навантаження на потужність до 20 %;

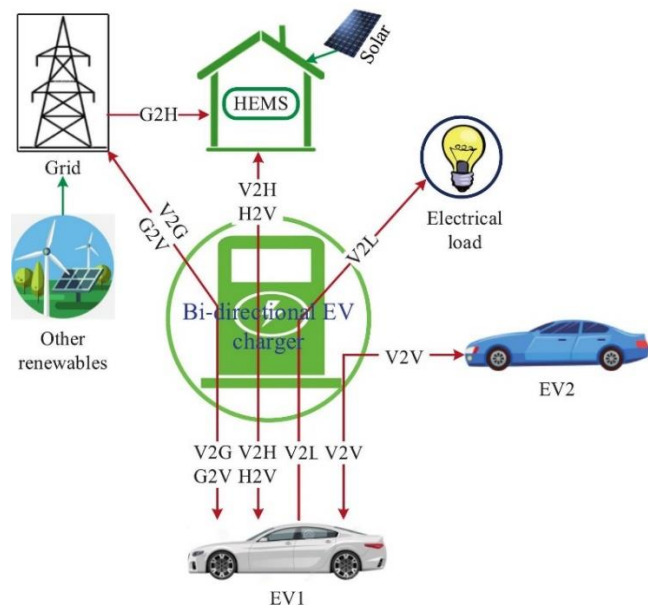


Рисунок 2 – Технології “від транспортного засобу до всього” для сучасних електромобілів [3]

- енергетична стійкість будинків (технологія V2H). Сучасні електромобілі можуть виступати в якості резервного джерела живлення для будинків під час перебоїв або зменшувати витрати, живлячи будівлі в дорогі години пік;

- підвищена безпека дорожнього руху (технології V2V/V2I) за рахунок зв'язку у режимі реального часу між транспортними засобами та інфраструктурою (наприклад, інтелектуальними світлофорами) дозволяє уникати зіткнень, надсилати сповіщення про рух екстрених транспортних засобів та оптимізувати потік руху;

- сталий розвиток та інтеграція відновлюваних джерел енергії. Технології V2X сприяють накопиченню періодичної відновлюваної енергії (наприклад, сонячної та вітрової), яку потім можна повернути в систему за потреби.

Деякі моделі сучасних електромобілів вже оснащені різним рівнем апаратного забезпечення, сумісного з технологією V2X, наприклад, Kia EV6 та Nissan Leaf є першими, хто використовує інтегровані можливості технологій V2G/V2L.

Незважаючи на високий потенціал технологій “від транспортного засобу до всього” V2X для сучасних електромобілів, повномасштабне впровадження стикається з кількома перешкодами:

- стан акумуляторної батареї під час використання технології V2G поступово погіршується, тому що часті цикли заряджання та розряджання в режимах можуть призвести до прискореної деградації акумуляторної батареї та зниженню терміну служби електромобіля;

- широке розгортання технологій V2X вимагає значних фінансових інвестицій в інфраструктуру інтелектуальних мереж та розробку єдиних глобальних стандартів зв'язку;

- постійний обмін даними між транспортними засобами та мережами створює ризики щодо конфіденційності даних та потенційних кібератак;

Таким чином, в перспективі технології “від транспортного засобу до всього” V2X для сучасних електромобілів можуть надавати різноманітний набір мережевих та автономних послуг, включаючи роботу V2G, V2H, V2L та V2V, як

Дослідження технологій «від транспортного засобу до всього» V2X для сучасних електромобілів є надзвичайно актуальним, оскільки вони є ключовою ланкою у створенні автономних транспортних засобів, інтелектуальних транспортних систем, «розумних міст» та стабілізації енергомереж.

### Література

1. Kumar G. Critical Review of Vehicle-to-Everything (V2X) Topologies: Communication, Power Flow Characteristics, Challenges, and Opportunities. CPSS Transactions on Power Electronics and Applications. 2024. Vol. 9, no. 1. URL: <https://doi.org/10.24295/cpsstpea.2023.00042> (date of access: 30.03.2026).

2. A comprehensive overview of vehicle to everything (V2X) technology for sustainable EV adoption / M. A. Rehman et al. Journal of Energy Storage. 2023. Vol. 74. P. 109304. URL: <https://doi.org/10.1016/j.est.2023.109304> (date of access: 30.03.2026).

3. Md Ariful Islam, Kazi N. Hasan, Geoff Lamb, Manoj Datta, Energy storage functions and technological developments of vehicle-to-everything enabled electric vehicle chargers: Converter designs, control strategies, services, and market readiness, Journal of Energy Storage, Volume 159, 2026, 121778, <https://doi.org/10.1016/j.est.2026.121778> (date of access: 30.03.2026).

*Науковий консультант: Смирнов Олег Петрович, д.т.н., професор, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, [smirnovoleg@gmail.com](mailto:smirnovoleg@gmail.com)*

Тютюнников Олександр Юрійович, студент гр. АЕ-42-22, Харківський національний автомобільно-дорожній університет

## **АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ АКУМУЛЯТОРНО-СУПЕРКОНДЕНСАТОРНИХ СИСТЕМ НАКОПИЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ**

Аналіз сучасних технологій зберігання енергії продемонстрував, що для електромобілів оптимальним вибором є акумуляторно-суперконденсаторні гібридні системи зберігання енергії. Гібридні системи, відомі як Hybrid Energy Storage Systems (HESS), забезпечують підвищення екологічності, продуктивності, ефективності та довговічності електричних транспортних засобів.