

підігріву стиснутого повітря для пневмодвигуна, за рахунок його подвійного послідовного підігріву системою змазки ДВЗ і його відпрацьованим повітрям. Також розглянуто можливість зменшення впливу мінусових температур на випуску до температур оптимальних для роботи системи змащення і зменшення механічних втрат.

Для поновлення пневмобалонів стиснутим повітрям (робочим тілом) в режимі ДВЗ можливо підключення автономного компресора, з узгодженням умов роботи з загальною системою керування ГСУ.

Література

1 European Commission, CO2 emission performance standards for cars and vans (2020 onwards), (n.d.), https://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/regulation_en. European Environment Agency, Annual mean NO2 concentrations observed at traffic stations, 2017, (17 December, 2019), <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/annual-mean-no2-concentrationobserved-12>

2 Agora Energiewende, Auswirkungen der Corona-Krise auf die Klimabilanz Deutschlands. Eine Abschätzung der Emissionen 2020 [Effects of the corona crisis on Germany's carbon footprint. An estimate of 2020 emissions], (2020), https://www.agora-energiewende.de/fileadmin2/Projekte/2020/_ohne_Projekt/2020-03_Corona_Krise/178_A-EW_Corona-Drop_WEB.pdf

3. Пат. 125527 Україна, МПК В60К6/00. Комбінована силова установка автотранспортного засобу / Воронков О.І., Нікітченко І.М., Тесленко Е.В. та ін. – №u201712714; заяв. 21.12.2017; опубл. 10.05.2018, Бюл. №9.

СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЇ ВІД ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ ДО ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ

Смирнов Олег Петрович, докт. техн. наук, професор каф. автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: smirnov1oleg@gmail.com, ORCID: [0000-0003-4881-9042](https://orcid.org/0000-0003-4881-9042)

Борисенко Анна Олегівна, канд. техн. наук, доцент каф. автомобільної електроніки, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: anutochka2111@gmail.com, ORCID: [0000-0001-5992-8274](https://orcid.org/0000-0001-5992-8274)

Глобальні фактори, такі як споживання енергії та екологічні проблеми, заохочують використання електромобілів (Electric Vehicles (EV)) як альтернативних джерел енергії. Розробка технології від електромобіля до електромережі (Vehicle to Grid (V2G)) [1-3], інтегрування електромобілів з чистими джерелами енергії (енергія сонця, енергія вітру), також підвищує значимість електричних транспортних засобів у енергетичній та транспортній галузях (рис. 1) [4].

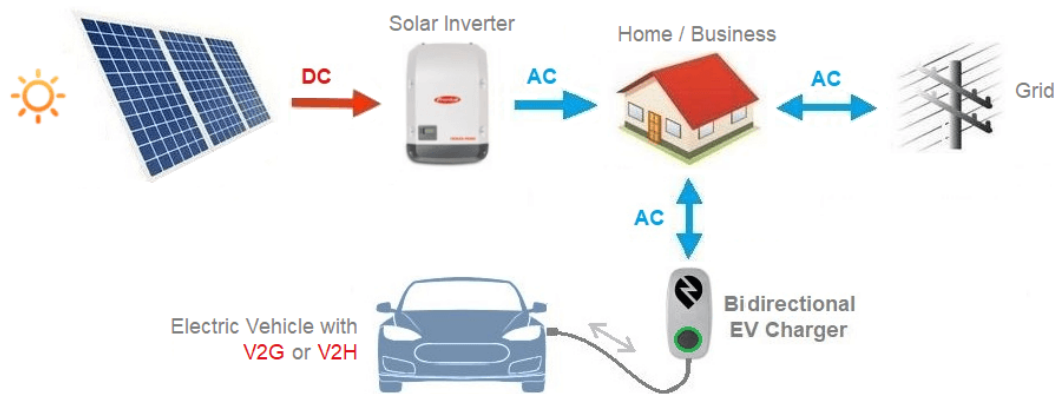


Рисунок 1 – Технологія від електромобіля до електромережі (Vehicle to Grid (V2G)) [4]

Електромобілі з можливістю двонаправленої (двосторонньої) дії можна використовувати для живлення будинку, подачі енергії в електричну мережу та для забезпечення резервного живлення в разі відключення електроенергії або надзвичайної ситуації. Електромобілі – це, по суті, енергоємна система накопичення енергії (Energy Storage Systems (ESS)) на колесах, тому двонаправлені зарядні пристрої можуть дозволити транспортному засобу накопичувати дешеву електроенергію в непіковий період або сонячну енергію, щоб зменшити витрати на електроенергію для домогосподарств. Така технологія може революціонізувати роботу електромереж, завдяки чому десятки тисяч електромобілів зможуть одночасно постачати електроенергію під час пікового попиту [4].

Підключення електромобілів до електричної мережі V2G забезпечує практичне та економічне рішення для підвищення енергетичної стабільності будинку, офісу та електричної мережі у цілому. Останні дослідження підтверджують, що наукові та промислові розробки продовжують покращувати ефективність використання електромобілів як автономних електростанцій при їх підключенні до електричної мережі.

У дослідженні [5] розглянутий інтелектуальний підхід до енергоменеджменту системи накопичення енергії ESS електромобіля та електромережі V2G, який полягає в інтелектуальному заряджанні акумуляторних батарей електромобіля та дозволяє транспортним засобам віддавати електроенергію, що накопичена у ESS назад в електричну мережу та діяти як стаціонарна система накопичення енергії протягом періоду перебування на стоянці.

Ідея технології від електромобіля до електромережі V2G полягає в тому, щоб зменшити перевантаження мережі шляхом розміщення системи накопичення енергії ESS електромобіля поблизу зон перевантаження [6]. Крім того, накопичення енергії може використовуватися багатofункціональним способом і служити для додаткових цілей, таких як перенесення енергії, регулювання напруги, стабільність частоти та аварійне резервування [7]. Це рішення особливо придатне для мереж, у яких накопичення енергії зазвичай потрібне для доповнення змінних відновлюваних джерел енергії. Крім того, оскільки зарядка електромобілів у житлових районах зазвичай відбувається ввечері, накопичувачі можна заряджати від місцевих відновлюваних джерел

протягом дня та розряджати електромобілі протягом вечора, таким чином також зменшується вплив відновлюваних джерел на мережу [8].

Незважаючи на те, що за останні кілька десятиліть були доступні різні технології накопичення енергії, їх ціна була перешкодою для широкого впровадження.

Тим не менш, через зростання індустрії електромобілів і зростаючу інтеграцію відновлюваних джерел енергії, докладаються величезні зусилля для зниження цін на них. Наприклад, ціни на літій-іонні (Li-ion) батареї знизилися приблизно на 85 % між 2010 р. та 2020 р. Крім того, кілька досліджень передбачають, що очікуване масове виробництво електромобілів призведе до додаткового зниження цін від 30 % до 60 % до 2025 р. [9].

Технологія V2G стосується передачі електроенергії та відповідних даних між транспортною та електричною мережевими системами, що забезпечує синергію між ними, що необхідно для реалізації розумного міста (Smart City). Планування розумного міста наступного покоління включає розумну мережу та Інтернет речей (Internet of Things (IoT)).

Технологія V2G передбачає заряд електромобілів в нічний час, коли ціна на електроенергію низька, а вдень використовувати накопичену в акумуляторних батареях енергію віддавати назад у електричну мережу, коли ціна на електроенергію більше.

Технологія V2G включає технологію від електромобіля до будинку (Vehicle to Home (V2H)), яка вважається найбільш перспективною технологією екологічної, енергетичної та транспортної систем. Електромобілі становляться децентралізованою системою накопичення енергії, важливим аспектом інтелектуальної електромережі, коли акумуляторні батареї накопичують і відновлюють енергію в електромережі будинку. Системи накопичення енергії електромобіля можна підключити до електромережі через будь-яке локальне підключення. Слід зазначити, що будинки, що виробляють сонячну енергію на даху, можуть зберігати її в своєму електромобілі.

Інша технологія V2G – це технології від електромобіля до офісної будівлі (Vehicle to Building (V2B)), яка полягає у використанні електромобілів як рухомих накопичувачів електричної енергії, що дозволяє підключати декілька накопичувачів електроенергії в електричну мережу, але без будь-яких додаткових інвестицій і з великою перевагою, що забезпечує як гнучкість, так і мобільність.

Власники або користувачі електромобілів заряджають акумуляторні батареї вночі, а вранці по приїзду до офісу ця накопичена енергія використовується в будівлі в робочий час або передається в мережу V2G. Це забезпечує багато переваг, однією з найважливіших з яких є доцільність збільшення виробництва електроенергії вночі, та зниження пікового попиту протягом дня.

Корпорації Hitachi, Mitsubishi та французька комунальна компанія Engie представили проект, який використовуватиме електричні транспортні засоби як енергетичний буфер для офісних будівель (рис. 2) [10].

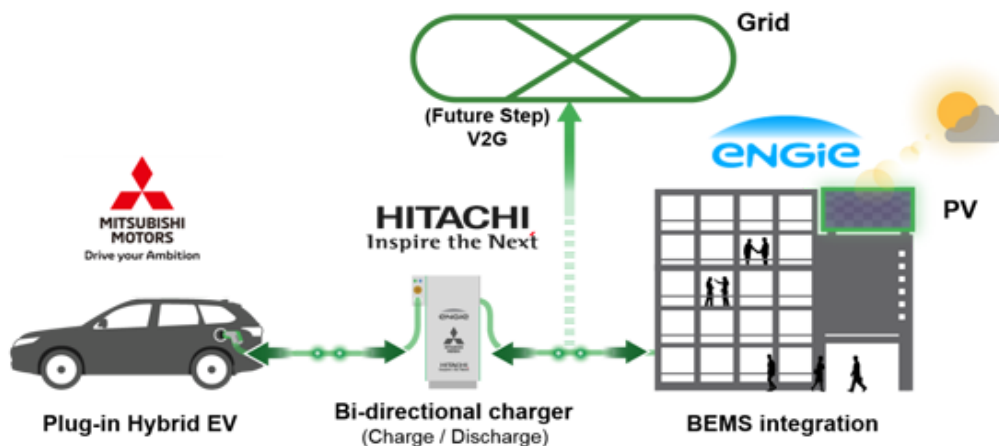


Рисунок 2 – Технологія від електромобіля до офісної будівлі V2B [10]

Тестування технології від електромобіля до офісної будівлі V2B проходить у голландському місті Зандам. Схема передачі енергії можлива за допомогою перетворювача напруги виробництва Hitachi. Перетворювач напруги може заряджати електромобілі або навпаки подавати енергію з електромобіля в офісну будівлю (V2B) та за необхідністю в електричну мережу (V2G).

Зарядний пристрій також можна підключити до сонячних панелей або зовнішнього стаціонарного акумулятора. У пілотному проекті Hitachi постачає перетворювачі напруги, Engie оптимізує енергетичну систему в будівлі, а Mitsubishi надає Outlander PHEV як електричний автомобіль для випробувань. Оголошена мета партнерів полягає в тому, щоб обґрунтувати використання акумуляторів електромобілів як мобільних джерел енергії, які могли б, наприклад, накопичувати електричне перевантаження від сонячної установки або забезпечувати енергією будівлі в той час, коли електроенергія не виробляється.

На наступному етапі проекту партнери перевіряють, наскільки електричні транспортні засоби, відновлювані джерела енергії та системи управління енергією можна використовувати, щоб зробити будівлі енергетично нейтральними [10].

Висновки

Електромобілі останнім часом становляться компонентом глобальної електричної мережі та дозволяють забезпечувати стабільність електричної мережі, підвищення її енергоефективності та надання додаткових мережевих послуг. Масове використання електромобілів сприяє декарбонізації економіки за рахунок використання електроенергії, виробленої з відновлюваних джерел енергії.

Комбіноване використання Vehicle to Grid (V2G), Vehicle to Home (V2H) і Vehicle to Building (V2B) є однією зі стратегій збільшення кількості електричних транспортних засобів, забезпечення кращого зв'язку між виробництвом енергії і споживанням, зменшуючи піковий попит і підвищуючи глобальну енергоефективність.

Література

1. Yu, H., Niu, S., Shang, Y., Shao, Z., Jia, Y., & Jian, L. (2022). Electric vehicles integration and vehicle-to-grid operation in active distribution grids: A comprehensive review on power architectures, grid connection standards and typical applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 168, 112812. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112812>
2. Gough, R., Dickerson, C., Rowley, P., & Walsh, C. (2017). Vehicle-to-grid feasibility: A techno-economic analysis of EV-based energy storage. *Applied Energy*, 192, 12–23. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.01.102>
3. Смирнов О. П., Борисенко В. О. (2023). Перспективи використання технології від електромобіля до мережі для умов України. Наукові праці Міжнародної науково-практичної конференції до Дня автомобіліста та дорожника "Сучасні технології в автомобілебудуванні, транспорті та при підготовці фахівців": 23-25 жовтня 2023 р. / Харків, ХНАДУ, 2023. – с. 278-281. <https://af.khadi.kharkov.ua/nauka/konferenciji/>
4. Bidirectional EV charging explained - V2G, V2H & V2L — Clean Energy Reviews. (2023, 2 жовтня). *Clean Energy Reviews*. <https://www.cleanenergy-reviews.info/blog/bidirectional-ev-charging-v2g-v2h-v2l>
5. Tarroja, B., & Hittinger, E. (2021). The value of consumer acceptance of controlled electric vehicle charging in a decarbonizing grid: The case of California. *Energy*, 229, 120691. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120691>
6. Heilmann, C., & Friedl, G. (2021). Factors influencing the economic success of grid-to-vehicle and vehicle-to-grid applications—A review and meta-analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 145, 111115. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111115>
7. Gough, R., Dickerson, C., Rowley, P., & Walsh, C. (2017). Vehicle-to-grid feasibility: A techno-economic analysis of EV-based energy storage. *Applied Energy*, 192, 12–23. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.01.102>
8. Wong, L. A., Ramachandaramurthy, V. K., Taylor, P., Ekanayake, J. B., Walker, S. L., & Padmanaban, S. (2019). Review on the optimal placement, sizing and control of an energy storage system in the distribution network. *Journal of Energy Storage*, 21, 489–504. <https://doi.org/10.1016/j.est.2018.12.015>
9. Huy, T. H. B., Truong Dinh, H., Ngoc Vo, D., & Kim, D. (2023). Real-time energy scheduling for home energy management systems with an energy storage system and electric vehicle based on a supervised-learning-based strategy. *Energy Conversion and Management*, 292, 117340. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2023.117340>
10. Hitachi, Mitsubishi & Engie drive V2G project forward | electrive.com. (2018). electrive.com | the industry's leading emobility media. <https://www.electrive.com/2018/04/01/hitachi-mitsubishi-engie-drive-v2b-project-forward>