

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 електросистем 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.

Вибір конкретної архітектури залежить від типу транспортного засобу, рівня гібридизації, вимог до потужності та вартості системи.

Одним із прикладів практичного застосування є автомобілі Mercedes-Benz із системою EQ Boost, де ІСГ інтегрований у простір між двигуном і трансмісією, забезпечуючи плавний запуск двигуна та додатковий крутний момент під час розгону [2].

Світові тенденції впровадження ІСГ характеризуються поступовим переходом від низьковольтних систем (12–24 В) до високовольтних (48–800 В), що дозволяє підвищити енергетичну ефективність і зменшити електричні втрати.

Перспективними напрямками розвитку технології є: застосування новітніх напівпровідникових матеріалів; мініатюризація конструкцій ІСГ з одночасним підвищенням питомої потужності; використання цифрових систем керування для адаптивного розподілу енергопотоків; інтеграція ІСГ із системами електронного контролю тяги, стабілізації та адаптивного гальмування; поєднання ІСГ із технологіями автономного руху для забезпечення ефективного енергоменеджменту на основі прогнозних алгоритмів.

Наукові дослідження також зосереджені на збільшенні ресурсу ІСГ, зниженні маси ротора, підвищенні теплової стабільності та довговічності підшипників.

Для українського автомобілебудування технологія ІСГ є перспективною у процесі переоснащення парку традиційних автомобілів і створення нових гібридних моделей. Її використання може сприяти скороченню викидів CO₂, підвищенню енергоефективності та виконанню міжнародних екологічних стандартів.

Висновки

Інтегрований стартер-генератор є одним із ключових елементів перехідного етапу до повної електрифікації транспортних засобів. Його впровадження забезпечує зниження витрат палива, покращення динаміки автомобіля та підвищення рівня екологічної безпеки.

Подальші дослідження мають бути спрямовані на вдосконалення електромеханічної конструкції ІСГ, оптимізацію систем енергоменеджменту та розширення використання технології у транспортних засобах різних класів.

Література

1. Розпорядження Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року. Документ 430-2018-р. Редакція від 07.04.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#Text> (дата звернення: 14.10.2025).
2. Mercedes-Benz інтегрує стартер-генератор в кожену модель <https://mercedes-benz-kiev.com/e-class-2020-holovni-sekreti-prezentatsiyi-1942> (дата звернення: 14.10.2025).
3. A Guide to the Hybrid Integrated Starter-Generator in Mercedes-Benz Engines <https://www.arrowheadmb.com/clp-a-guide-to-the-hybrid-integrated-starter-generator-in-mercedes-benz-engines> (дата звернення: 14.10.2025).