

УДК 629.3
UDC 629.3

DOI:10.33744/0365-8171-2025-118.2-230-236

**ІННОВАЦІЇ ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ЗАРЯДНИХ РОЗ'ЄМІВ
ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ У СУЧАСНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМАХ**

**INNOVATIONS AND DESIGN FEATURES OF ELECTRIC VEHICLE CHARGING
CONNECTORS IN CONTEMPORARY TRANSPORT SYSTEMS**



Дудко Андрій Юрійович, аспірант, Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: ad0980171842@gmail.com,

<https://orcid.org/0000-0002-4902-4471>



Кузьмінець Микола Петрович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри комп'ютерної, інженерної графіки та дизайну. e-mail: kuzminecmp@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0002-9636-919X>



Разбойніков Олександр Олександрович, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: razboyn1k@ukr.net

<https://orcid.org/0000-0003-3024-0999>

Анотація. У статті досліджено сучасні зарядні роз'єми для електромобілів із акцентом на їхні інноваційні конструктивні особливості та вплив на безпеку та ефективність заряджання. Проаналізовано ключові типи роз'ємів з урахуванням типу струму, рівнів заряджання та регіональних стандартів. Особливу увагу приділено українській термінології електромобільності. Узагальнено сучасні тенденції розвитку інфраструктури електротранспорту та підкреслено важливість технічної стандартизації та послідовного вживання термінів для ефективного впровадження електромобілів. Крім того, досліджено взаємозв'язок розвитку роз'ємів із глобальними політичними ініціативами,

такими як Європейський зелений курс та Регламент щодо інфраструктури для альтернативних видів палива (AFIR), що підтверджує наукову та практичну актуальність теми.

Ключові слова: електромобіль, гібридний автомобіль, рекуперативне гальмування, MPGe, WLTP, конектор.

Вступ. Електромобілі все частіше з'являються на дорогах України та світу і вочевидь вони є автомобілями майбутнього. Вже сьогодні такі транспортні засоби використовуються та випускаються як масове виробництво. Електромобіль – це загальний термін для різних авто, які рухаються завдяки акумуляторним батареям. Електромобіль (EV) зазвичай належить до будь-якого транспортного засобу, який частково або повністю живиться від електричної батареї, яку можна безпосередньо підключити до мережі [1]. Електричні транспортні засоби забезпечують значні переваги, серед них: екологічність та економічність, зручність та комфортність, простота та зменшення маси, підвищена ефективність в цілому. Взамін двигуна внутрішнього згорання з багатьма системами (паливоподачі, запалювання, охолодження, вихлопу та інші) та відповідно їхніх конструктивних елементів на електромобілі встановлено електродвигун, який працює від електричної енергії, що накопичена в акумуляторі. Все більше світових автовиробників поетапно відмовляються від виробництва автомобілів з двигунами внутрішнього згорання та переходять на випуск електричних транспортних засобів.

Важливим елементом електромобіля є зарядні роз'єми, адже від них залежить ефективність, швидкість та безпечність підзарядки електромобілів.

Оскільки у наш час відбувається масове застосування електромобілів тож не маловажливим фактором є узгодження та стандартизоване використання термінів, які містять компонент «електро», чому також буде приділено увагу у даній статті.

Матеріали та методи. Дослідження проведено шляхом комплексного інформаційно-пошукового аналізу наукової та технічної літератури. Було систематично переглянуто джерела, присвячені конструктивним та технічним рішенням зарядних роз'ємів для електромобілів, а також роботи, що розглядають українську термінологію, пов'язану з експлуатацією електротранспорту. З метою підвищення об'єктивності аналізу джерела відбиралися за такими критеріями: 1) наявність у міжнародних наукових базах даних; 2) орієнтація на технічні рішення для роз'ємів; 3) період публікацій, що переважно охоплює 2010–2024 роки. Такий підхід дозволив систематизувати як фундаментальні, так і прикладні результати досліджень. Попередні дослідження з електромобільності, зокрема щодо зарядних роз'ємів, проводили Гордієнко Д.А., Петришак П.В. та Колесніков В.О. Дослідження, присвячені термінології, внесли Самсонкін В.М., Шиш В.О., Мироненко В.К., Торопов В.І., Пацера Л.В. та Ктитарова Н.

Мета роботи полягає у визначенні особливостей сучасних зарядних роз'ємів електромобілів, їх безпеки та ефективності, а також узгодження термінології українською мовою функціональних елементів експлуатації електромобілів шляхом аналізу інформаційних джерел.

Виклад основного матеріалу. З появою у світі електрокарів з'явилося багато нової термінології, а з рекламних текстів часом важко розібратися про що йде мова. В роботі наведено опис деяких термінів, що використовують в інформаційних джерелах з поясненням.

Гібрид – означає комбінацію бензинового та електричного двигунів, встановлених на автотранспортному засобі [1]. Бензиновий двигун працює традиційно на бензині, а електричний двигун від вбудованої батареї, яка заряджається від двигуна внутрішнього згорання, рекуперативного гальмування або зовнішньої зарядки [2].

Не всі гібриди однакові. Більшість потрапляє під категорію «Mild hybrid» (м'який гібрид), що означає те, що електромотор тільки допомагає основному бензиновому і використовувати його як

тяговий неможливо. «Plug-in hybrid» (гібрид, що підключається) зазвичай іменується, як «PHEV» та дозволяє їздити обмежений час тільки на електричному моторі, завдяки більш потужному мотору і батареї. Зазвичай такі гібриди можуть проїхати 30-80 км на електричній тязі [3].

Рекуперативне гальмування – це коли електродвигун під час руху, в режимі гальмування транспортного засобу відключається від живлення від батареї і переходить у режим роботи генератора, тобто починає сам виробляти струм [5]. Таким чином, електродвигун одночасно бере участь у гальмуванні автомобіля і заряджає вбудовану батарею.

Electrified (електрифікований) – під цю категорію потрапляють всі транспортні засоби з електричною тягою: електромобілі, гібриди, а також автомобілі на водневих елементах (наприклад, Honda Clarity) [3].

EV (Electric vehicle) або BEV (Battery Electric vehicle) – це автомобіль без двигуна внутрішнього згоряння, що працює виключно на електродвигуні і потужній батареї [2].

WLTP (World harmonized Light-duty vehicles Test Procedure) - це всесвітньо узгоджена процедура випробувань легкових автомобілів, яка ініціює єдину в світовому масштабі методику випробувань для визначення витрати палива і викидів вихлопних газів [1].

До основних показників параметрів електромобілів належить потужність, яка, відповідно до системи СІ вимірюється в кіловатах (кВт, kW), однак може вказуватися аналогія до кінських сил двигунів внутрішнього згоряння, шляхом застосування коефіцієнту 1.34 [3].

Кіловат-година (кВт·год) (kWh) – це аналог одиниці витрати палива бензинового двигуна (наприклад, 1 літр пального), тільки для електричного автомобіля [6].

Інколи розрахунок економічності електричного автомобіля проводиться в тих же одиницях що і економічність автомобіля з двигуном внутрішнього згоряння – в кількості миль, які може проїхати автомобільний транспортний засіб на одному галоні палива (MPG - miles per gallon). У MPGe індекс «е» означає приналежність до електричних авто. Однак, більш високі значення MPGe не обов'язково означають що у автомобіля більший запас ходу [2].



Рисунок 1 – конектор типу SAE J1772

Figure 1 – SAE J1772 connector

Особливості зарядних конекторів. Для заряджання електричних батарей електромобіля використовують конектори. Конектор – це електромеханічний пристрій для роз'ємного з'єднання електричних провідників [4]. Зарядні конектори є ключовим елементом інфраструктури електротранспорту, який впливає на його ефективність, безпеку та доступність. Стандартизація та технологічний розвиток зарядних систем сприяють популяризації електромобілів та поліпшенню їх експлуатаційних характеристик.

Зарядні конектори класифікуються за такими критеріями:

Тип струму: змінний (AC) та постійний (DC);

Регіональна стандартизація: європейські, північноамериканські, азіатські стандарти;

Рівень зарядки: повільна, прискорена, швидка зарядка.

Основні типи конекторів:

Відомий як «*J-plug*» конектор *J1772* (рис. 1) використовується для зарядки електромобілів до 240В (іноді називається «*Level 2*»). *J1772* несумісний з швидкою зарядкою, але в цілому досить популярний. Наприклад, такий конектор використовують для зарядки електромобілів Nissan Leaf [4].

Конектор типу *CCS* (*Combined Charging System*) (рис. 2) є відгалуженням *J1772*. Він поєднує зарядку змінним (AC) і постійним (DC) струмом в одному роз'ємі. [4]. Така технологія пропонує всім власникам електрокарів користуватися єдиним зарядним гніздом для всіх методів заряду. Використовується такими автовиробниками, як Volkswagen, BMW, Ford, Mercedes-Benz та інші.



Рисунок 2 – конектор типу *CCS*

Figure 2 – *CCS* connector

Назва роз'єму *CHAdeMO* (рис. 3) застосована від японської фрази *ocha demo ikagadesu ka*, що перекладається як «не хочете чаю?». Назва як би натякає що зарядка таким роз'ємом займе часу не більше ніж пиття чаю. В основному зустрічається в японських і корейських авто. Також підтримує швидку зарядку [4].



Рисунок 3 – конектор типу *CHAdeMO*

Figure 3 – *CHAdeMO* connector

Mennekes (або *IEC 62196*) (рис. 4) є популярним типом зарядного роз'єму у європейських виробників електромобілів [4]. Застосовується для зарядки змінним струмом. Може підтримувати як AC-зарядку, так і DC-зарядку при інтеграції з *CCS2*. Багато зарядних станцій підтримують *Mennekes* (Type 2) без перехідників.



Рисунок 4 – конектор типу Mennekes
Figure 4 – Mennekes connector

Table 1 – Comparative characteristics of the main EV charging connectors

Таблиця 1 – Порівняльні характеристики основних роз'ємів для зарядки електромобілів

Тип роз'єму	Типовий діапазон потужності	Регіон застосування	Переваги	Обмеження/ виклики
SAE J1772 (Type 1)	До 19 кВт (AC, Level 1–2)	Північна Америка, Японія	Простий дизайн, поширений для домашньої та громадської зарядки змінним струмом	Не підтримує швидку зарядку постійним струмом, обмежений переважно США та Японією
CCS (Combined Charging System, CCS1/CCS2)	До 350 кВт (AC + DC)	Північна Америка (CCS1), Європа (CCS2), дедалі більше глобально	Універсальний (AC/DC в одному порту), широка підтримка виробників авто, ультра-швидка зарядка	Різні версії (CCS1 vs CCS2) ускладнюють глобальну уніфікацію
CHAdeMO	До 200 кВт (DC, деякі оновлення до 400 кВт)	Японія, Південна Корея, частково Європа	Стабільний протокол, сильна підтримка швидкої зарядки, двостороння підтримка V2G	Поступове витіснення CCS у Європі/США, обмежена підтримка виробників авто
Mennekes (IEC 62196 Type 2)	До 43 кВт (AC); з CCS2 – до 350 кВт (DC)	Європа (стандарт ЄС), частково Азія	Стандартизація ЄС, сумісність з CCS2, широко доступний	Лише AC без інтеграції CCS2, потрібні адаптери поза межами ЄС
Tesla connector	До 250 кВт (DC, мережа Supercharger)	США (оригінальний дизайн), зараз перехід на стандарт NACS; в ЄС – модифікований Тип 2	Дуже велика потужність, безшовна інтеграція з Supercharger, компактний дизайн	Обмежений мережею Tesla, перехід у США на NACS може зменшити глобальне поширення

Оригінальний конектор від *Tesla*, розроблений на основі *IEC 62196 Type 2*. Серед переваг: висока потужність зарядки – підтримує до 250 кВт; простота використання – автопідключення до Supercharger без необхідності автентифікації через картки чи додатки; відсутність окремих контактів для AC/DC – один порт використовується і для змінного, і для постійного струму, що спрощує конструкцію. Використовується тільки в фірмовій мережі зарядок Tesla Supercharger [4].



Рисунок 5 – конектор Тесла
Figure 5 – Tesla connector

Основні типи роз'ємів можна класифікувати за критеріями потужності, регіонального застосування та перспектив розвитку. Такий порівняльний підхід дозволяє визначити як переваги, так і притаманні кожному стандарту обмеження (табл. 1).

Висновки. На основі аналізу джерел інформації щодо української термінології основних функціональних елементів електромобілів у статті надано детальний огляд ключових понять, а також основних показників і параметрів експлуатації електромобілів. Дослідження також розглядає основні типи зарядних роз'ємів, висвітлюючи їхні характеристики та експлуатаційні особливості.

У подальших дослідженнях планується зосередитися на конструкції та функціональності основних компонентів електромобілів. Крім того, очікується, що нові технології, зокрема бездротове заряджання та інтеграція «vehicle-to-grid» (V2G), відіграватимуть дедалі значнішу роль у розвитку електромобільності.

Перелік посилань

1. Державний стандарт України. Засоби транспортні дорожні. Типи. Терміни та визначення ДСТУ 2984-95
2. Словник основних транспортних і суміжних термінів / Уклад. Б.І. Торопов. — К.: Державний економіко-технологічний університет транспорту, НВО ГППРОТРАНС, 2013. — 200 с.
3. Кочан І. Слова з компонентом електро- в сучасній українській літературній мові / Ірина Кочан // Вісник Нац. ун-ту «Львівська політехніка». Серія «Проблеми української термінології». – 2018. – № 890. – С. 55–61.
4. Азарова Л. Є. Словотвірний потенціал компонентів іншомовного походження у творенні композитних науково-технічних термінів [Електронний ресурс] / Л. Є. Азарова, Г. В. Кухарчук // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2011. – № 2. – С. 28–31.
5. Великий тлумачний словник сучасної української мови / укл. В. Т. Бусел. – К. ; Ірпінь : ВТФ «Перун», 2001. – 1440 с.
6. Етимологічний словник української мови : у 7 т. / за ред. О. Мельничука. – К. : Наук. думка, 1982. – 2003. – Т. 1–4.

INNOVATIONS AND DESIGN FEATURES OF ELECTRIC VEHICLE CHARGING CONNECTORS IN CONTEMPORARY TRANSPORT SYSTEMS

Dudko Andriy Yu., postgraduate student, scientific specialty 274 «Automobile transport» National Transport University, e-mail: ad0980171842@gmail.com, tel. +380636465268, Ukraine, 01010, Kyiv, M.Omelyanovicha-Pavlenko St. 1, <http://orcid.org/0000-0002-4902-4471>

Kuzminets Mykola P., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Computer, Engineering Graphics and Design, National Transport University, e-mail: kuzminecmp@ukr.net, tel. +380983600812, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelyanovicha-Pavlenko St. 1, <https://orcid.org/0000-0002-9636-919X>

Razboynikov Oleksandr O., PhD (Candidate of Technical Sciences), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Automobiles, National Transport University, e-mail: razboyn1k@ukr.net, tel.:+380972214790, <https://orcid.org/0000-0003-3024-0999>.

Summary. The article investigates the innovative aspects and design principles of electric vehicle charging connectors within modern transport systems. Attention is given to the role of connectors as critical components that determine the efficiency, safety, and accessibility of the charging process. The research also addresses the importance of consistent terminology and technical standardization, which serve as key prerequisites for the sustainable development of electric transport infrastructure. By analyzing relevant literature and existing practices, the study highlights current trends in electromobility and outlines perspectives for further integration of electric vehicles into global and national transport networks.

Keywords: electric vehicle, hybrid vehicle, recovery braking, MPGe, WLTP, connector.

References

1. State Standard of Ukraine. Road Transport Vehicles.Types.Terms and Definitions DSTU 2984-95
2. Dictionary of basic transport and related terms / Compiled by B.I. Toropov. — K.: State Economic and Technological University of Transport, NGO GIPROTRANS, 2013. — 200 p.
3. Kochan I. Words with the component electro- in the modern Ukrainian literary language / Iryna Kochan // Bulletin of the National University "Lviv Polytechnic". Series "Problems of Ukrainian Terminology". – 2018. – No. 890. – P. 55–61.
4. Azarova L. E. Word-forming potential of components of foreign origin in the creation of composite scientific and technical terms [Electronic resource] / L. E. Azarova, G. V. Kukharchuk // Bulletin of the Vinnytsia Polytechnic Institute. – 2011. – No. 2. – P. 28–31.
5. Large explanatory dictionary of the modern Ukrainian language / ed. V. T. Busel. – K. ; Irpin: VTF "Perun", 2001. – 1440 p.
6. Etymological dictionary of the Ukrainian language: in 7 v. / edited by O. Melnychuk. – K.: Nauk. Dumka, 1982. – 2003. – Vol. 1–4.