

РОЗДІЛ 5: ІННОВАЦІЙНІ МЕТОДИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

УДК 620:311

Федоренко А.О., магістрантка
Вижанов О.С., магістрант
Бєлоха Г.С., к.т.н., доц. кафедри електропостачання
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ОГЛЯД СИСТЕМ ЗАРЯДЖАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Вступ. Електромобілі представляють собою зміну парадигми як для транспортного, так і для енергетичного секторів, з потенціалом для просування декарбонізації обох секторів шляхом їх об'єднання. Незважаючи на те, що транспортний сектор зараз має дуже низьку частку відновлюваної енергії, він зазнає фундаментальних змін, особливо в сегменті легкових транспортних засобів, де з'являються електромобілі.

Однією з головних проблем, пов'язаних з електромобілями, є розробка та розгортання відповідних зарядних станцій для електромобілів. Відсутність належних зарядних станцій зменшує впровадження електромобілів [1]. Було доведено, що проектування зарядної станції для електромобілів з достатньою кількістю паркувальних місць є необхідним для покращення громадського сприйняття електромобіля [2].

Мета роботи. Ця публікація має на меті надати чіткі визначення та пояснення щодо відповідних аспектів заряджання електромобілів

Матеріал і результати дослідження.

Сьогодні ми можемо зустріти різні типи електромобілів, залежно від технології двигунів. Загалом вони поділяються на п'ять типів (рис. 1):

— Електромобілі на акумуляторах (BEV): транспортні засоби на 100% працюють за допомогою електричної енергії. BEVs не мають двигуна внутрішнього згоряння і не використовують жодного виду рідкого палива. BEV зазвичай використовують великі блоки акумуляторів, щоб надати транспортному засобу прийнятну автономність. Типовий BEV досягає від 160 до 250 км, хоча деякі з них можуть проїхати до 500 км лише на одній зарядці. Прикладом цього типу транспортного засобу є Nissan Leaf, який є на 100% електричним і наразі має батарею ємністю 62 кВт/год, що дозволяє користувачам мати автономність 360 км.

— Гібридні електричні транспортні засоби, що підключаються до електромережі (PHEV): гібридні транспортні засоби приводяться в рух звичайним горючим двигуном і електричним двигуном, який заряджається зовнішнім джерелом електроенергії. PHEV можуть накопичувати достатньо електроенергії з мережі, щоб значно зменшити споживання палива в звичайних умовах водіння. Mitsubishi Outlander PHEV має акумулятор ємністю 12 кВт/год, що дозволяє йому проїхати близько 50 км лише з електродвигуном.

— Гібридні електричні транспортні засоби (HEV): гібридні транспортні засоби приводяться в рух за допомогою комбінації традиційного двигуна внутрішнього згоряння та електричного двигуна. Різниця з PHEV полягає в тому, що HEV не можна підключати до мережі. Насправді акумулятор, який забезпечує енергією електричний двигун, заряджається завдяки потужності, виробленій двигуном внутрішнього згоряння автомобіля. У сучасних моделях батареї також можна заряджати завдяки енергії, що утворюється при гальмуванні, перетворюючи кінетичну енергію в електричну. Toyota Prius у своїй гібридній моделі (4-го покоління) оснащена акумулятором ємністю 1,3 кВт/год, що теоретично дозволяло йому проїхати до 25 км на повністю електричному двигуні.

— Електромобілі на паливних елементах (FCEV): ці транспортні засоби оснащені електричним двигуном, який використовує суміш стисненого водню та кисню, отримані з повітря, з водою як єдиним відходом у результаті цього процесу. Незважаючи на те, що такі транспортні засоби вважаються «нульовими викидами», варто підкреслити це є зелений водень, більшість використовуваного водню видобувається з природного газу. Hyundai Nexo FCEV є прикладом такого типу транспортних засобів, здатних проїхати 650 км без дозаправки.

— EV з подовженим запасом ходу (ER-EV): ці транспортні засоби дуже схожі на транспортні засоби категорії BEV. Однак електромобілі ER-EV також оснащені додатковим двигуном внутрішнього згоряння, який за потреби заряджає акумулятори автомобіля. Цей тип двигуна, на відміну від двигунів PHEV і HEV, використовується лише для зарядки, тому він не під'єднаний до коліс автомобіля. Прикладом такого типу транспортних засобів є BMW i3, який має батарею ємністю 42,2 кВт/год, що забезпечує автономність 260 км в електричному режимі, а користувачі можуть проїхати додаткові 130 км у режимі збільшеного запасу ходу.

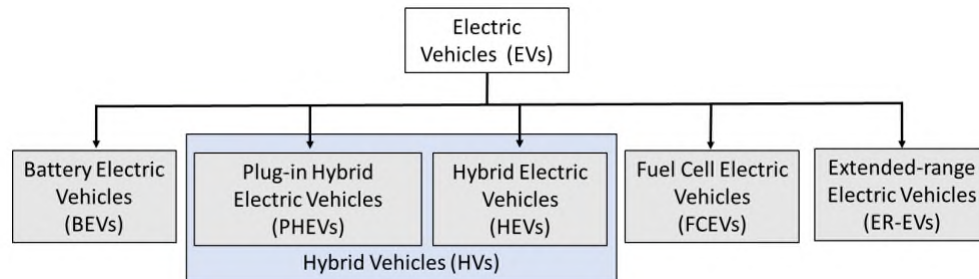


Рисунок 1 Класифікація електромобілів за технологіями та налаштуваннями двигунів

Категорії заряджання електромобілів. Є три категорії заряджання електромобілів, тобто громадське заряджання (наприклад, у пункті призначення чи на узбіччі), напівприватне (наприклад, на робочому місці) та приватне стягнення (наприклад, за місцем проживання).

Зарядка електромобілів. Нижче наведено різні стандарти або правила які створені для технології зарядки електромобілів. Зокрема, докладно описано різні режими зарядки, які визначені в поточних стандартах, а також роз'єми.

Під час зарядки електромобілів можна знайти різні стандарти, які визначаються, головним чином, регіоном, у якому вони використовуються або застосовуються. Зокрема, у Північній Америці та в тихоокеанській зоні використовується стандарт SAE-J1772 для зарядки електромобілів. Однак у Китаї використовується стандарт GB/T 20234, тоді як у Європі введено стандарт IEC-62196. Основна відмінність між цими трьома стандартами полягає в тому, що в той час як два перших класифікують режими заряджання відповідно до типу живлення (постійний або змінний струм), останній класифікує такі режими за потужністю заряджання.

Режим SAE-J1772 [3] — це північноамериканський стандарт електричних роз'ємів для електромобілів, створений у 1996 році та підтримується SAE International. Цей стандарт поширений у США та Японії та встановлює наступні режими зарядки (табл. 1):

- Рівень змінного струму 1. Стандартна електрична розетка, яка забезпечує напругу змінного струму 120 В з максимальною інтенсивністю 16 А, що забезпечує максимальну потужність 1,9 кВт.
- Рівень змінного струму 2. Стандартна електрична розетка з напругою 240 В змінного струму та максимальною інтенсивністю 80 А, тому вона забезпечує максимальну потужність 19,2 кВт.
- Рівень постійного струму 1. Зовнішній зарядний пристрій, який за допомогою максимальної напруги 500 В постійного струму з максимальною інтенсивністю 80 А забезпечує максимальну потужність 40 кВт.
- Рівень постійного струму 2. Зовнішній зарядний пристрій, який за допомогою максимальної напруги 500 В постійного струму з максимальною інтенсивністю 200 А забезпечує максимальну потужність 100 кВт.

Charge Method	Volts	Maximum Current (Amps-Continuous)	Maximum Power
AC Level 1	120 V AC	16 A	1.9 kW
AC Level 2	240 V AC	80 A	19.2 kW
DC Level 1	200 to 500 V DC maximum	80 A	40 kW
DC Level 2	200 to 500 V DC maximum	200 A	100 kW

Таблиця 1 Показники заряду SAE-J1772

Режими заряджання Стандарт IEC-62196 [4] — це міжнародний стандарт, створений

Міжнародною електротехнічною комісією (IEC) у 2001 році для заряджання електромобілів у Європі та Китаї. IEC-62196 встановлює загальні характеристики процесу заряджання, а також спосіб подачі енергії. Ця норма походить від IEC-61851 і забезпечує першу класифікацію типу заряджання відповідно до його номінальної потужності та, таким чином, часу заряджання [4,5]. Для заряджання транспортних засобів користувачам надається чотири режими (табл. 2).

- Режим 1 (Повільна зарядка). Він визначається як домашній режим зарядки з максимальною інтенсивністю 16 А, і він використовує стандартну однофазну або трифазну розетку з фазою(ами), нейтраллю та захисним заземленням. Цей режим є найбільш використовуваним в наших будинках.

- Режим 2 (Напівшвидка зарядка). Цей режим можна використовувати вдома чи в громадських місцях, його визначена максимальна інтенсивність становить 32 А, і, подібно до попереднього режиму, він використовує стандартизовані розетки з фазою(ами), нульовим проводом і захисним заземленням.

- Режим 3 (Швидка зарядка). Він забезпечує інтенсивність від 32 до 250А. Цей режим заряджання вимагає використання EV Supply Equipment (EVSE), спеціального джерела живлення для заряджання електромобілів. Цей пристрій (тобто EVSE) забезпечує зв'язок із транспортними засобами, контролює процес заряджання, містить системи захисту, і зупиняє потік енергії, коли з'єднання з транспортним засобом не виявлено.

- Режим 4 (Надшвидка зарядка). Опублікований у стандарті IEC-62196-3, він визначає пряме підключення електромобіля до мережі постійного струму з потужністю до 400 А та максимальною напругою 1000 В, що забезпечує максимальну потужність зарядки до 400 кВт. Для цих режимів також потрібен зовнішній зарядний пристрій, який забезпечує зв'язок між транспортним засобом і точкою зарядки, а також захист і контроль.

Charge Method	Phase	Maximum Current	Voltage (max)	Maximum Power	Specific Connector
Mode 1	AC Single	16 A	230–240 V	3.8 kW	No
	AC Three		480 V	7.6 kW	
Mode 2	AC Single	32 A	230–240 V	7.6 kW	No
	AC Three		480 V	15.3 kW	
Mode 3	AC Single	32–250 A	230–240 V	60 kW	Yes
	AC Three		480 V	120 kW	
Mode 4	DC	250–400 A	600–1000 V	400 kW	Yes

Таблиця 2 Оцінка заряду згідно IEC-62196

Guobiao Standards (GB) створив стандарт GB/T-20234 для інфраструктури зарядки електромобілів у Китаї. Хоча Китай спочатку прийняв європейський стандарт IEC-62196, просувається використання його власного стандарту, наприклад GB/T-20234. Цей стандарт класифікує режими заряджання між змінним і постійним струмом, як показано в таблиці 3.

Mode	Standard	Rated Voltage	Rated Current	Maximum Power
AC Charging	GB/T-20234.2-2015	250 V	10 A	27.7 kW
			16 A	
		440 V	32 A	
			16 A	
		750–1000 V	32 A	250 kW
			63 A	
DC Charging	GB/T-20234.3-2015	750–1000 V	80 A	250 kW
			125 A	
			200 A	
			250 A	

Таблиця 3 — Класифікація зарядки згідно GB/T-20234

Інфраструктура зарядних станцій. Електричні транспортні засоби стають популярними завдяки меншій кількості викидів і меншій залежності від викопного палива [6]. Відновлювані джерела енергії, що використовуються в розподільчих мережах, у зв'язку з електрифікацією зарядних станцій розумних мереж, забезпечують вибір для високої ефективності перетворення електроенергії та зменшення викидів [7]. Мікромережа складається з групи розподілених джерел енергії та блоків

накопичення енергії, які використовуються локально різними типами навантажень і працюють у режимі підключення до мережі або в режимі автономної роботи [8]. Типова зарядна станція для електромобілів, як частина інфраструктури мікромережі, показана на рис 3. Однак широке поширення зарядних станцій для електромобілів збільшує попит на зарядну інфраструктуру; цей вплив підвищує попит на комунальну мережу [9]. Для пом'якшення проблем, пов'язаних із попитом на електроенергію, електроенергія, що виробляється локально з ВДЕ, об'єднується з відповідними топологіями перетворювача електроенергії [10]. Зарядні станції надають виробники електромобілів як частину своєї зарядної інфраструктури; наприклад, Tesla створив сонячне місто, а Nissan Leaf – сонячну енергію [11]. Однак зарядні станції розроблені з використанням відновлюваної енергії інтеграція додатково зменшує вартість зарядки та викидів, а також покращує координацію комунальної мережі [11,12].

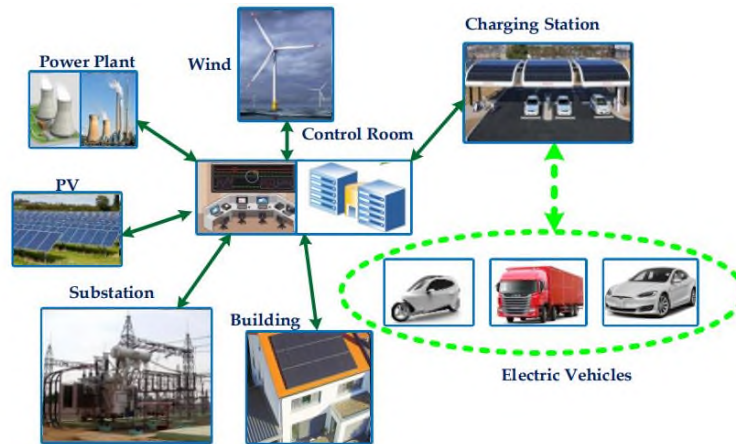


Рисунок 3 Станція зарядки електромобілів як частина інфраструктури мікромережі

Інфраструктуру зарядних станцій електромобілів можна розділити на 3 типи, як це показано на рис.4.



Рисунок 4 — Варіанти розвитку зарядних станцій

Мікромережі постійного струму популярні завдяки простому регулюванню напруги та керування в режимі реального часу, також використовується в будинках і промислових додатках з живленням від постійного струму. Мікромережі постійного струму розроблені та експлуатуються з використанням нової топології з комбінацією гібридних джерел [10,11]. Перша мікромережа низької напруги була запропонована в 2002 році в даний час зазнає багатьох змін покращення через розподілену генерацію [12]. Це система мікромережі низької напруги складається з різних розсіяних джерел енергії з різними типами навантажень змінного або постійного струму. Такий самий розвиток спостерігався в мікромережі змінного струму в 2004 році, розроблений з потужністю 10 кВт, кращою надійністю, високою ефективністю та простим керуванням. Так само декілька мікромереж постійного струму були розроблені та використані для різних застосувань, наприклад системи зв'язку та ЕСУ з розподіленими відновлюваними джерелами [13].

Фотоелектричні інтегровані мікромережі безпосередньо підключаються до зарядних станцій для електромобілів, використовуючи відновлювані джерела енергії без ESU через перетворювач EV-

PV. Як правило, потужність PV генерації має змінний характер і її регулювання здійснюється через підключення до мережі. Це також має ряд переваг, таких як якісне безперебійне живлення навантаження, автоматичне відключення від електромережі під час несправності та забезпечення живлення енергомережі при дефіциті. Різні класифікації microgrid, що використовуються для EV заряджання показано на рисунку 5.

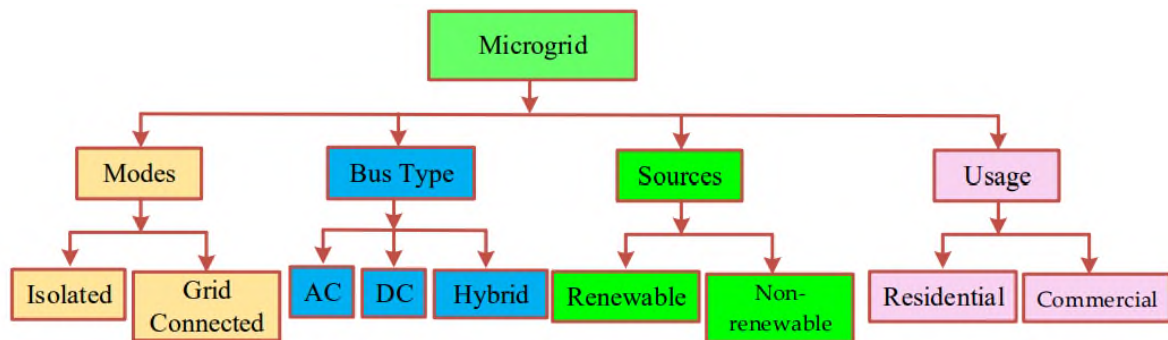


Рисунок 5 — Типи microgrid

Висновки. У цій статті було розглянуто топології зарядки електромобілів, конфігурації та архітектури зарядних станцій. Стан і вимоги до систем зарядки електромобілів оцінюються з урахуванням стандартів, рівнів зарядки, режимів і обладнанням для живлення. Майбутні тенденції та виклики оцінюються з точки зору технічних обмежень, можливостей зарядки та інтеграції в мережу. У цій публікації представлений опис технологій систем зарядки електромобілів, класифікація електромобілів, категорії заряджання, рівні потужності та режими роботи.

Список використаної літератури

- [1] H.A. Bonges III, A.C. Lusk, Addressing electric vehicle (EV) sales and range anxiety through parking layout, policy and regulation, *Transport. Res. Part A* 83 (2016) 63–73.
- [2] H. Mehrjerdi, Off-grid solar powered charging station for electric and hydrogen vehicles including fuel cell and hydrogen storage, *Int. J. Hydrog. Energy* 44 (23) (2019) 11574–11583.
- [3] SAE International. Vehicle Architecture for Data Communications Standards—Class B Data Communications Network Interface; Standard; SAE International: Warrendale, PA, USA, 2009.
- [4] International Electrotechnical Commission. Plugs, Socket-Outlets, Vehicle Couplers and Vehicle Inlets—Conductive Charging of Electric Vehicles—Part 1: General Requirements; Standard; IEC: Geneva, Switzerland, 2014.
- [5] Sbordone, D.; Bertini, I.; Di Pietra, B.; Falvo, M.C.; Genovese, A.; Martirano, L. EV fast charging stations and energy storage technologies: A real implementation in the smart micro grid paradigm. *Electr. Power Syst. Res.* 2015, 120, 96–108. [CrossRef]
- [6] Woodcock, J.; Edwards, P.; Tonne, C.; Armstrong, B.G.; Ashiru, O.; Banister, D.; Beever, S.; Chalabi, Z.; Chowdhury, Z.; Cohen, A.; et al. Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: Urban land transport. *Lancet* 2009, 374, 1930–1943.
- [7] Pepermans, G.; Driesen, J.; Haeseldonckx, D.; Belmans, R.; D’Haeseleer, W. Distributed generation: Definition, benefits and issues. *Energy Policy* 2005, 33, 787–798.
- [8] Lasseter, R.; Paigi, P. Microgrid: A conceptual solution. In Proceedings of the 2004 IEEE 35th Annual Power Electronics Specialists Conference (IEEE Cat. No.04CH37551), Aachen, Germany, 20–25 June 2004; Volume 6, pp. 4285–4290.
- [9] Schroeder, A.; Traber, T. The economics of fast charging infrastructure for electric vehicles. *Energy Policy* 2012, 43, 136–144.
- [10] Richardson, P.; Flynn, D.; Keane, A. Local Versus Centralized Charging Strategies for Electric Vehicles in Low Voltage Distribution Systems. *IEEE Trans. Smart Grid* 2012, 3, 1020–1028.
- [11] Liu, L.; Kong, F.; Liu, X.; Peng, Y.; Wang, Q. A review on electric vehicles interacting with renewable energy in smart grid. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2015, 51, 648–661.
- [12] Clement-Nyns, K.; Haesen, E.; Driesen, J. The Impact of Charging Plug-In Hybrid Electric Vehicles on a Residential Distribution Grid. *IEEE Trans. Power Syst.* 2009, 25, 371–380. [CrossRef]
- [13] Kempton, W.; Tomić, J. Vehicle-to-grid power implementation: From stabilizing the grid to supporting large-scale renewable energy. *J. Power Sources* 2005, 144, 280–294.
- [14] Guerrero, J.; Vasquez, J.C.; Matas, J.; de Vicuña, L.G.; Castilla, M. Hierarchical Control of Droop-Controlled AC and DC Microgrids—A General Approach Toward Standardization. *IEEE Trans. Ind. Electron.* 2011, 58, 158–172.