


Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій
Факультет «Управління енергетичними та економічними процесами»
Кафедра «Електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

 Завідувач кафедри ЕТЕМ
/Андрій МУХА/
(підпис)

Дата _____

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи магістра

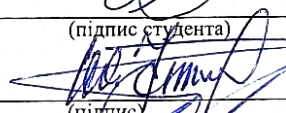
на тему: «Комплексний аналіз інформаційних технологій як фактору розбудови сучасної інфраструктури зарядних станцій електромобілів»
за освітньою програмою: «Енергетичні та електромеханічні системи на транспорті»
зі спеціальності: «141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Виконав: студент
групи «ЕЕ2421»


(підпис студента)

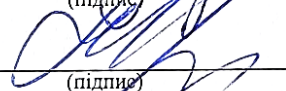
/Максим ЧУМАК/
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник:


(підпис)

/доц. Дмитро УСТИМЕНКО/
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтролер:


(підпис)

/проф., зав.каф. Андрій МУХА/
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Консультанти:

(назва розділу)

(підпис)

// _____
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(назва розділу)

(підпис)

// _____
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(назва розділу)

(підпис)

// _____
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)


(назва розділу)

(підпис)

// _____
(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент


_____ (підпис)

Дніпро – 2026 рік

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies

Faculty «Management of energy and economic processes»

Department «Electrical engineering and electromechanics»

Explanatory Note
to Master's Thesis

on the topic: «Comprehensive analysis of information technology as a factor in the development of modern infrastructure for electric vehicle charging stations»

according to educational curriculum «Energy and electromechanical systems in transport»

in the Speciality: «141 Electrical energetics, electrical engineering and electromechanics»

Done by the student of the group EE2421:

/Maksym CHUMAK/

Scientific Supervisor:

/Dmytro USTYMENKO/

Normative controller:

/Andrii MUKHA/

Supervisors

(Chapter title heading)

//

(position, name, surname)

(Chapter title heading)

//

(position, name, surname)

(Chapter title heading)

//

(position, name, surname)

(Chapter title heading)

//

(position, name, surname)

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: Факультет «Управління енергетичними та економічними процесами»
Кафедра: «Електротехніка та електромеханіка»
Рівень вищої освіти: магістр
Освітня програма: «Енергетичні та електромеханічні системи на транспорті»
Спеціальність: «141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра
студенту Чумак Максим Валерійович

1. Тема роботи: «Комплексний аналіз інформаційних технологій як фактору розбудови сучасної інфраструктури зарядних станцій електромобілів»

Керівник роботи: Устименко Дмитро Володимирович, доцент
затверджені наказом № 1401ст від 02.10.2025 р.

2. Строк подання студентом роботи: 05.01.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи: Актуальні дослідження у сфері інформаційних технологій та протоколів передачі даних.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

4.1 Аналітична частина: Вступ. Аналіз літературних джерел та нормативної документації зі вказаного питання. Вплив електромобільності на економіку країни. Фактори зростання ринку електромобілів в Україні. Вплив інформаційних технологій на розбудову сучасної інфраструктури зарядних станцій електромобілів.

4.2 Основна частина: Порівняння моделей архітектури систем зарядки за критеріями ефективності, гнучкості, вартості впровадження та експлуатаційних витрат. Аналіз протоколів передачі даних та формування рекомендацій щодо вибору оптимального протоколу передачі даних для різних типів зарядних станцій.

4.3 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях: Електробезпека при зарядці електромобіля.

4.4 Економічна частина: –

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1. Сучасний стан та тенденції розвитку ринку електромобілів в Україні (статистична інформація, висновки, прогноз); 2. Порівняння архітектури зарядних станцій; 3. Класифікація протоколів передачі даних у системах зарядних станцій; 4. Рекомендації щодо вибору оптимального протоколу передачі даних для різних типів зарядних станцій.


6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ. Вступ. Аналіз літературних джерел та нормативної документації зі вказаного питання. Вплив електромобільності на економіку країни. Фактори зростання ринку електромобілів в Україні.	20.10.2025 – 02.10.2025	15%
2	Визначення впливу інформаційних технологій на розбудову сучасної інфраструктури зарядних станцій електромобілів.	03.11.2025 – 16.11.2025	15%
3	Порівняння моделей архітектури систем зарядки за критеріями ефективності, гнучкості, вартості впровадження та експлуатаційних витрат.	17.11.2025 – 14.12.2025	30%
4	Аналіз протоколів передачі даних та формування рекомендацій щодо вибору оптимального протоколу передачі даних для різних типів зарядних станцій.	15.12.2025 – 28.12.2025	25%
5	Електробезпека при зарядці електромобіля.	29.12.2025 – 04.01.2026	10%
6	Висновки та рекомендації	05.01.2026 – 11.01.2026	5%
7	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри		-
8	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	11.01.2026 – 25.01.2026	-

Студент


(підпис)

Максим ЧУМАК
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи


(підпис)

доц. Дмитро УСТИМЕНКО
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

№ рядка	Формат	Позначення	Назва	Кільк. арк.	№ екз.	Прим
1			<u>Документація загальна</u>			
2			Заповно розроблена			
3	A4	7.141.240085.ПЗ	Пояснювальна записка	56		
4			Запозичена			
5			<u>Графічна частина</u>			
6			Заново розроблена			
7	A4	7.141.240085.01	Сучасний стан ринку	1		
8			електромобілів та зарядної			
9			інфраструктури в Україні			
10	A4	7.141.240085.02	Фактори зростання ринку	1		
11			електромобілів в Україні			
12	A4	7.141.240085.03	Моделі архітектури системи	1		
13			зарядних станцій			
14	A4	7.141.240085.04	Протоколи передачі даних	1		
15			в системах заряджання			
16			електромобілів			
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23			Запозичена			
24			<u>Електронна частина</u>			

					7.141.240085.ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
Розробив		Чумак М.В.		05.01.20	Стад.	Аркуш	Аркушів			
Осн. керів.		Устименко Д.В.		01.01.20		5	56			
Консульт.					Відомість кваліфікаційної роботи					
Н. контр.		Муха А.М.		05.01.20				МОН України. УДУНТ Кафедра «ЕТЕМ» Група ЕЕ2421		
Зав. кафедр.		Муха А.М.		05.01.20						

РЕФЕРАТ

Дипломна магістерська робота на тему «Комплексний аналіз інформаційних технологій як фактору розбудови сучасної інфраструктури зарядних станцій електромобілів» складається з 4 розділів та містить: 56 сторінок основного тексту, 9 таблиць, 11 рисунків, 17 літературних джерел, додаток.

Мета роботи – формування оптимальної інформаційної конфігурації зарядної мережі, що поєднує передові протоколи передачі даних із механізмами безпеки для забезпечення безперебійної роботи та легкого масштабування системи.

У розділі 1 проведено аналіз сучасного стану ринку акумуляторних електромобілів та наявної інфраструктури зарядних станцій в Україні станом на 2025 рік. Встановлені фактори і їх вплив на зростання ринку електромобілів. Показано, що інформаційні технології є одним з ключових чинників розбудови ефективної та безпечної мережі зарядних станцій.

Розділ 2 присвячений порівнянню моделей архітектури систем заряджання акумуляторних електромобілів з точки зору ефективності роботи, вартості впровадження, гнучкості та експлуатаційних затрат.

У розділі 3 наведено аналіз протоколів передачі даних за критеріями функціональності, масштабованості, безпеки, сумісності. Визначенні області ефективного застосування протоколів та стандартів передачі даних. Виконано порівняльний аналіз механізмів безпеки та автентифікації в системах заряджання акумуляторних електромобілів.


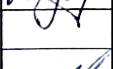
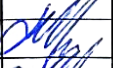

В розділі 4 розкрито питання електробезпеки при зарядці акумуляторного електромобіля. Опрацьовані основні групи захисних функцій в зарядних пристроях для акумуляторних електромобілів та сформульовані базові правила поведіння водія при зарядці транспортного засобу на публічній зарядній станції.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЕЛЕКТРОМОБІЛЬ, ЗАРЯДНА СТАНЦІЯ, КІБЕРНЕТИЧНА БЕЗПЕКА, ПРОТОКОЛ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ, АВТЕНТИФІКАЦІЯ, АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ

					7.141.240085.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОМОБІЛЬНОСТІ НА ЕКОНОМІКУ УКРАЇНИ	10
1.1 Сучасний стан ринку електромобілів в Україні	10
1.2 Наявна інфраструктура зарядних станцій в країні станом на 2025 рік	12
1.3 Фактори зростання ринку електромобілів в Україні	13
1.4 Вплив інформаційних технологій на розбудову сучасної інфраструктури зарядних станцій електромобілів.	20
РОЗДІЛ 2 МОДЕЛІ АРХІТЕКТУРИ СИСТЕМИ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ДЛЯ АКУМУЛЯТОРНИХ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ.....	22
2.1. Модель централізованої архітектури системи зарядних станцій	26
2.2. Модель децентралізованої архітектури системи зарядних станцій	29
2.3. Модель гібридної архітектури системи зарядних станцій	31
2.4. Порівняння моделей архітектур систем зарядних станцій	32
РОЗДІЛ 3 ПРОТОКОЛИ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ ДЛЯ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗАРЯДКИ АКУМУЛЯТОРНИХ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ.....	34
3.1 Протоколи взаємодії між акумуляторним електромобілем і зарядною станцією	35
3.2 Протоколи взаємодії між зарядною станцією і оператором мережі	40
3.3 Протоколи інтерфейсу користувача	46
3.4 Механізми автентифікації і безпеки в зарядних станціях акумуляторних електромобілів.....	47
РОЗДІЛ 4 ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА ПРИ ЗАРЯДЦІ АКУМУЛЯТОРНОГО ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ	50
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	55
СПИСОК ГРАФІЧНИХ РОБІТ	57
ДОДАТОК А	58

					Пояснювальна записка				
					Комплексний аналіз інформаційних технологій як фактору розбудови сучасної інфраструктури зарядних станцій електромобілів	Літ.		Маса	Масштаб
									1:1
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Чумак М.В.		05.01.24					
Перевірив		Устименко Д.В.		01.01.24					
Т. контр.									
Реценз.					7.141.240085.ПЗ				
Н. контр.		Муха А.М.		05.01.24					
Затвердив		Муха А.М.		05.01.24	Арк. 7		Аркушів 56		Український державний університет науки і технологій, група EE2421

ВСТУП

Розвиток науки та техніки за останні півтори сотні років вивели автомобільний транспорт на високий технічний рівень, що забезпечило йому одну з ключових ролей в транспортних системах усіх без виключення країн світу. В 2010 році число автомобілів у світі перевищило мільярд, і основним типом силової установки в цих машинах є двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ) [1]. Автомобілям з ДВЗ притаманні наступні недоліки:

- висока вартість при покупці яка є наслідком складності конструкції транспортного засобу, що у свою чергу зумовлена жорсткими вимогами до безпеки та рівня шкідливих викидів;
- високі експлуатаційні витрати, що в основному обумовлюються вартістю пального та обслуговування;
- негативний вплив на довкілля через значний вуглецевий слід на протязі усього життєвого циклу.

Усі перелічені недоліки автомобільного транспорту так чи інакше мають екологічне підґрунтя масштаб яких на сьогодні носить глобальний характер, а їх вирішення є одним з основних завдань у контексті Концепції Сталого розвитку.

З іншого боку автомобілізація є важливим фактором розвитку економіки країни, тому наявність конкурентоспроможного та сформованого автомобільного ринку є запорукою успішного розвитку суспільства [2]. В цьому контексті одним з перспективних шляхів, щодо розвитку автомобільного транспорту є перехід на електромобілі. Звісно, досі точиться дискусія, щодо визнання електромобіля повністю екологічним видом транспорту, адже викиди вуглецю при виробництві, заряджанні, експлуатації, утилізації є не нульовими [2, 3]. Разом з тим електромобілі продукують на 22% менше викидів вуглекислого газу в порівнянні з автомобілями з ДВЗ (на протязі усього життєвого циклу), а у країнах з декарбонізованою енергетикою цей відсоток суттєво вищий і у перспективі буде сягати 60-70% [2].

До переваг електромобілів, крім екологічності, відносять також більш просту конструкцію силової установки, значно менші затрати на обслуговування, вищу

					7.141.240085.ПЗ	Лист
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

енергоефективність та легкий доступ до зарядної інфраструктури. Так, якщо порівнювати витрати бензину у автомобіля з ДВЗ і витрати електричної енергії у електромобіля, то у грошовому вимірі один кілометр пробігу на електромобілі обходиться в рази дешевше, що цілком пояснюється його вищою енергоефективністю [4].

Зростання кількості електромобілів в країні напряму залежить від створення надійної, а головне зручної та безпечної інфраструктури зарядних станцій. Так у відповідності до Національної транспортної стратегії до 2030 року частка електромобілів та гібридних авто в Україні має складати не менше 7% від загального парку автомобілів [5]. Зарядна станція є критично важливим елементом енергетичної інфраструктури, і саме вона забезпечує безперебійну роботу акумуляторних електромобілів (BEV). Але ефективне функціонування таких складних систем вкрай утруднене без інтеграції сучасних інформаційних технологій, які забезпечують інтелектуальну взаємодію між енергомережами, обмін даними, моніторинг стану обладнання та інше. Інфраструктура зарядних станцій може розвиватись і масштабуватись тільки за умови забезпечення надійного і безпечного обміну інформацією між усіма компонентами такої системи. Таким чином, впровадження сучасних технологій збору, опрацювання і аналізу даних в процесі управління та моніторингу зарядною інфраструктурою є запорукою підвищення ефективності та зручності зарядних рішень для користувачів.

					7.141.240085.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Станом на середину 2025 року в Україні зареєстровано майже 190 тис. акумуляторних електромобілів, при цьому загальна кількість зареєстрованих автомобілів на той же період складає близько 10 млн. шт. [7]. Тобто частка акумуляторних електромобілів коливається на рівні 1,9% від загального легкового автопарку країни, що майже втричі менше від середньоєвропейського показника.

П'ятірка регіонів з найбільшою кількістю зареєстрованих акумуляторних електромобілів:

1. м. Київ – 26230 шт.;
2. Львівська обл. – 22054 шт.;
3. Дніпропетровська обл. – 16184 шт.;
4. Київська обл. – 15073 шт.;
5. Одеська обл. – 13091 шт.

П'ятірка лідерів акумуляторних електромобілів на українському ринку станом на 2020 рік [1]:

1. Nissan Leaf (частка 54%);
2. Tesla Model S (частка близько 6%);
3. Renault Kangoo (частка 4%);
4. Tesla Model 3 (частка майже 4%);
5. BMW i3 (частка трохи більше 3%).

Причому середній вік акумуляторних електромобілів, що були реалізовані в 2020 році склав 5,3 роки [1].

Оцінюючи конкурентоспроможність акумуляторних електромобілів в першу чергу звертають увагу на їх ринкову вартість оскільки, в першу чергу, за цим фактором ведеться порівняння з класичними автомобілями з ДВЗ. Наприклад для Nissan Leaf вартість акумуляторної батареї складала 57,3% від вартості усього електромобіля. Тобто силова електроніка та акумуляторна батарея визначають вартість електромобіля. Разом з тим електромобіль має дешевий електромотор та трансмісію. Компанія Nissan змогла отримати прибуток близький до норми прибутку авто з ДВЗ лише через 6 років після запуску в продаж моделі Leaf і виключно за рахунок зниження вартості батареї.

					7.141.240085.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

національна компанія електрозаправних комплексів ТОКА за останні три роки збільшила кількість зарядних станцій з 62 до 484 [2].

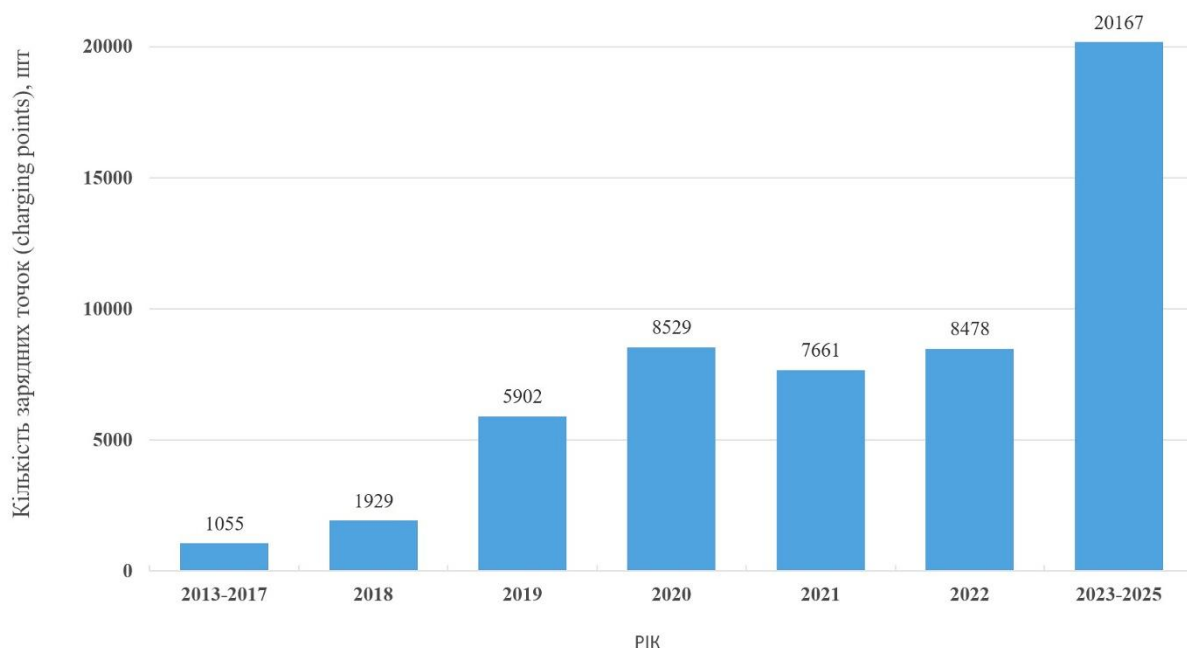


Рисунок 2 – Динаміка зростання зарядної інфраструктури електромобілів в Україні в період 2013...2025 роки

Харківська компанія AutoEnterprise виготовляє комерційні швидкісні зарядні станції та комплекси, а також управляє власною мережею зарядок. Компанія започаткувала декілька цікавих ініціатив в галузі економіки спільної участі, започаткувала програму Charge Sharing (розвиток власної мережі зарядних станцій).

Компанія Go To-U займається формуванням міжнародної партнерської платформи зарядних станцій для електромобілів і має спеціальний додаток To-U. Серед функцій додатку To-U можливість відслідковувати зайнятість зарядної точки та резервувати її на потрібний час.

1.3 Фактори зростання ринку електромобілів в Україні

Перехід до електричної мобільності є глобальним трендом, який обумовлений необхідністю декарбонізації транспортного сектору. Уряди багатьох країн активно стимулюють ринок акумуляторних електромобілів через фінансові пільги та вкладання бюджетних коштів у розвиток інфраструктури.

По суті пільговий режим є ключовим фактором зростання ринку акумуляторних електромобілів в Україні. Причому практика державного стимулу в Україні не є винятковою, а застосовується майже у всіх країнах світу.

Позитивний вплив електромобільності на економіку країни складається з прямого ефекту (direct impact), непрямого ефекту (indirect impact) та стимульованого ефекту (induced impact), детальна класифікація яких наведена на рис. 4.

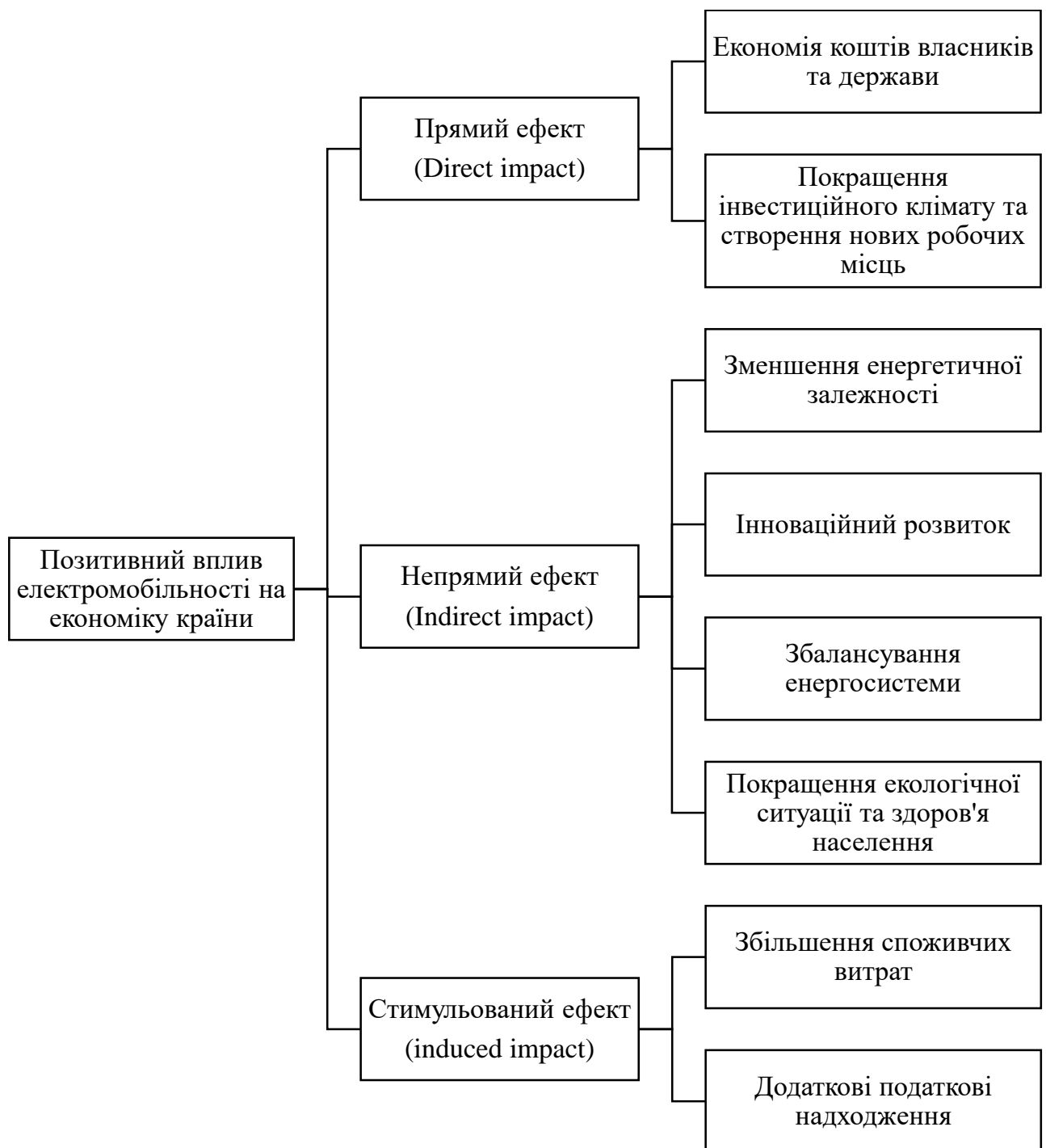


Рисунок 4 – Класифікація позитивних впливів електромобільності на економіку країни

До прямих економічних впливів електромобільності відносяться:

- Економія коштів власників та держави.

За даними Міжнародного енергетичного агентства один автомобіль з ДВЗ за рік в середньому проїжджає 13 тис. км спалюючи 10 літрів пального (бензину чи дизеля) на 100 км пробігу [9]. Тобто річна витрата пального на одне авто з ДВЗ складає 1300 літрів. Враховуючи, що в Україні на теперішній час зареєстровано близько 190 тис. акумуляторних електромобілів, які прийшли на заміну авто з ДВС, можна обрахувати скорочення споживання пального за рахунок такої заміни – $190 \text{ тис.} \times 1300 \approx 247 \text{ млн. літрів пального на рік}$. Середня вартість 1000 літрів палива на ринку України складає 52 тис. грн., таким чином наявний парк електромобілів щороку економить близько 12,8 млрд. гривень.

Звісно акумуляторний електромобіль потребує заряджання батареї. За даними Міжнародного енергетичного агентства середня витрата електромобіля складає 16,6 кВт·год на 100 км пробігу [9]. Вартість 1 кВт·год електричної потужності при заряджанні на публічних швидких зарядках в Україні коливається біля 17 грн, а побутовий безпільговий тариф – 4,32 грн за 1 кВт·год. За статистикою 60% зарядок припадає побутові енергосистеми, а 40% на публічні зарядні станції. Таким чином при тому ж середньому щорічному пробігові в 13 тис. км весь парк акумуляторних електромобілів України витратить на зарядку близько 3,64 млрд. грн. на рік. Результати підрахунків зведені до табл. 3.

Виходячи з результатів розрахунків (табл. 3) річна економія виключно на паливі складе $12,8 \text{ млрд. грн.} - 3,64 \text{ млрд. грн.} = 9,16 \text{ млрд. грн.}$

Також необхідно зазначити, що у випадку з акумуляторними електромобілями сума витрачена на заряджання залишається в економіці країни і не витрачається у вигляді валюти на закупівлю нафтопродуктів за кордоном.

					7.141.240085.ПЗ	Лист
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3 – Аналіз витрати палива/ел. енергії в розрахунку на наявний парк акумуляторних електромобілів в Україні

Тип транспортного засобу	Кількість, шт.	Середній пробіг за рік, км	Середня витрата пального/ел. енергії на 100 км пробігу	Вартість пального/ел. енергії	Витрати за рік на пальне/ел. енергію, млрд. грн.
Автомобіль з ДВЗ	190 000	13 000	10 літрів	52 000 грн. за 1000 літрів	12,8
Акумуляторний електромобіль			16,6 кВт·год	17 грн. 1 кВт·год (40%) 4,32 грн. 1 кВт·год (60%)	3,64

– Покращення інвестиційного клімату та створення нових робочих місць.

Ринок акумуляторних електромобілів, що швидко розвивається, приваблює іноземні та внутрішні інвестиції. Капітал заходить в інфраструктурні проекти, виробництво компонентів (зарядні станції, акумулятори та інше), мережу сервісних станцій тощо. Це, в свою чергу, створює нові робочі місця.

До непрямих економічних впливів електромобільності відносяться переваги, які не є миттєвими фінансовими потоками чи прямими змінами у виробництві, а проявляються поступово через зміни в макроекономічному середовищі, енергетичному балансі країни та технологічному розвитку відповідного сектору економіки.

До непрямих впливів відносять:

– Зменшення енергетичної залежності.

В сьогоденнішніх реаліях Україна не видобуває нафту і не виробляє пальне, що ставить її в критичну залежність від поставок цих продуктів. За даними Митної служби України ми імпортували у 2024 році 7,56 млн. тон

нафти та нафтопродуктів на загальну суму 6,82 млрд. американських доларів (USD), за вісім місяців поточного року ця сума вже склала 6,7 млрд. USD і продовжує зростати [10]. Паливо займає 3 позицію в імпорті, що негативно впливає на торговельний баланс країни.

Акумуляторні електромобілі споживають електричну енергію, що виробляється в Україні (зокрема з відновлювальних джерел), що сприяє зниженню залежності від імпорту нафти та нафтопродуктів (дизель, бензин).

Тобто зменшення енергетичної залежності є макроекономічним ефектом, який впливає на національну безпеку, торговий баланс та геополітичне становище країни в довгостроковій перспективі, опосередковано впливаючи на стабільність економіки.

– Інноваційний розвиток.

В рамках переходу на електромобілі відбувається розвиток супутніх технологій, а саме накопичувачів енергії, «розумних» мереж зарядних станцій, відновлювальна енергетика та інше.

Для розвитку акумуляторних електромобілів надзвичайно важливим є розробка та вдосконалення енергетичних показників акумуляторів. Розробка та виробництво тягових акумуляторів – це багатогалузевий процес, який охоплює низку ключових секторів промисловості та наукових дисциплін. Основні з них: хімічна промисловість, гірничодобувна та металургійна промисловість, машинобудування, електротехнічна та електронна промисловість, переробна промисловість. Експлуатація електромобілів не можлива без надійних, зручних та ефективних мереж зарядних станцій. Створення та експлуатація «розумних» мереж зарядних станцій потребує інновацій у низці напрямків серед яких: інтелектуальне управління енергією (Smart Energy Management), динамічне балансування навантаження, інтеграція з відновлювальними джерелами енергії (ВДЕ), уніфіковані протоколи зв'язку, інтерфейси та мобільні додатки, технології швидкого заряджання тощо.

					7.141.240085.ПЗ	Лист
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Електромобіль зможе по справжньому вважатись екологічно чистим транспортним засобом лише тоді, коли електрична енергія для його заряджання буде братись від чистих, відновлювальних джерел (сонце, вітер, вода). Зростання парку електромобілів створює додатковий попит на електроенергію, що має стимулювати розвиток інфраструктури відновлюваних джерел енергії та робити її більш рентабельною.

Розвиток технологій двосторонньої передачі енергії (Vehicle-to-Grid, V2G) дозволяє електромобілям не тільки споживати електроенергію, але й повертати її назад в мережу в періоди пікового попиту, діючи як мобільні накопичувачі енергії. Це сприяє збалансуванню енергосистеми та ефективнішому використанню нестабільних джерел ВДЕ.

– Збалансування енергосистеми.

Це технічний та системний ефект. Акумуляторні електромобілі як елемент системи зберігання енергії опосередковано впливають на ефективність роботи національної енергомережі, що може призвести до загального зниження тарифів та підвищення надійності енергопостачання для всіх споживачів у майбутньому.

– Покращення екологічної ситуації та здоров'я населення.

Транспортна галузь відповідає приблизно за 24% глобальних викидів двоокису вуглецю (CO₂) в атмосферу планети. Оскільки акумуляторні електромобілі в процесі експлуатації не виділяють в атмосферу шкідливих газів (оксиди азоту, чадний газ, леткі органічні сполуки та тверді частинки), то їх впровадження здатне суттєво покращити екологічну ситуацію, особливо в містах. Також електромобілі сприяють зниженню шумового забруднення, що позитивно відбивається на рівні шуму в містах та робить їх середовище більш комфортним.

Покращення екологічної ситуації автоматично тягне за собою покращення здоров'я населення та покращення якості життя.

Стимульовані (або вторинні) економічні впливи – це результат збільшення особистих доходів населення через прямі та непрямі ефекти запровадження нової

					7.141.240085.ПЗ	Лист
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

економічної діяльності, а саме електромобільності. До таких відносяться: збільшення споживчих витрат та додаткові податкові надходження.

1.4 Вплив інформаційних технологій на розбудову сучасної інфраструктури зарядних станцій електромобілів.

Розвиток зарядної інфраструктури потребує надійного та безпечного обміну інформацією між усіма компонентами системи починаючи з власне зарядних станцій та акумуляторних електромобілів і закінчуючи мережевими сервісами та операторськими платформами.

Ефективність роботи мережі публічних зарядних станцій у значній мірі визначається надійністю та безпечністю застосованих інформаційних технологій. Виходячи з чого інформаційні технології повинні забезпечувати [5]:

- швидку та зручну авторизацію користувача, що полягає в швидких процесах ідентифікації, оплати, доступу до зарядки. При цьому мінімізуються втрати часу на очікування та покращується задоволеність клієнта;
- моніторинг стану та комплексну діагностику зарядної станції, оперативне усунення несправностей. Це підвищує надійність та безвідмовність роботи мережі і сприяє скороченню часу простою обладнання;
- оптимізацію процесу заряджання електромобілів шляхом гнучкого перерозподілу потужності в залежності від попиту/доступності електроенергії, тарифного плану, індивідуальних потреб;
- інтеграцію з суміжними системами (системи керування електроспоживанням, платіжні та навігаційні сервіси, інтелектуальні енергетичні мережі та інше) з метою утворення екосистеми.

Таким чином, інформаційні технології мають вирішальний і трансформаційний вплив на розбудову сучасної інфраструктури зарядних станцій для акумуляторних електромобілів, забезпечуючи її ефективність, масштабованість, надійність та зручність для користувачів.

Розробка і впровадження ефективних інформаційних технологій та протоколів передачі даних в процесі розгортання мережі зарядних станцій неодмінно

					7.141.240085.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

стикатиметься з рядом проблем. До ймовірних проблеми, що потребуватимуть вирішення відносяться:

- проблема нестабільного зв'язку (віддаленість регіону, погане покриття оператором зв'язку, погодні умови тощо). Нестабільний зв'язок чи його відсутність ускладнює віддалене управління, оновлення програмного забезпечення, моніторинг стану зарядної станції;
- проблема сумісності, що виникає через використання обладнання в якому реалізовані різні протоколи передачі даних чи стандарти. Це ускладнює, а інколи унеможлиблює, інтеграцію обладнання в єдину мережу, а також створює умови до нестабільної роботи системи;
- проблема безпеки даних (кібербезпека). Через не достатній рівень захисту даних та в результаті кібератак може статися: витік конфіденційної інформації користувачів, порушення роботи банківських платіжних систем, несанкціонований доступ до обладнання станцій або навіть їх блокування;
- проблема забезпечення безперебійної роботи мережі в умовах пікових навантажень. Вимагає резервування каналів зв'язку, дублювання критично важливих вузлів системи разом з «розумними» механізмами управління потоками зарядки;

Вирішення окреслених проблем вимагатиме впровадження передових технологій, що потребуватиме значних капітальних та експлуатаційних затрат. Таким чином, пошук економічно ефективних рішень є актуальною і важливою задачею при розбудові мережі зарядних станцій.

					7.141.240085.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

РОЗДІЛ 2

МОДЕЛІ АРХІТЕКТУРИ СИСТЕМИ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ДЛЯ АКУМУЛЯТОРНИХ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Технологічна архітектура системи зарядки акумуляторних електромобілів охоплює декілька ключових компонентів і технологій [11]:

- зарядна станція або пристрій включно із засобами захисту обладнання;
- система керування процесом заряду, яка включає зарядний інтерфейс;
- зарядна мережа;
- інтелектуальні системи та оператор зарядних станцій (Charge Point Operator, CPO).

Основою будь-якої зарядної мережі є зарядна станція. Публічна швидка зарядна станція (DC fast charging), як правило має декілька зарядних точок (charging points) і її силова структура може різнитись в залежності від доступних джерел електричної енергії та наявності систем зберігання енергії.

Зарядна станція, яка працює виключно на електричній енергії з мережі (рис. 5).

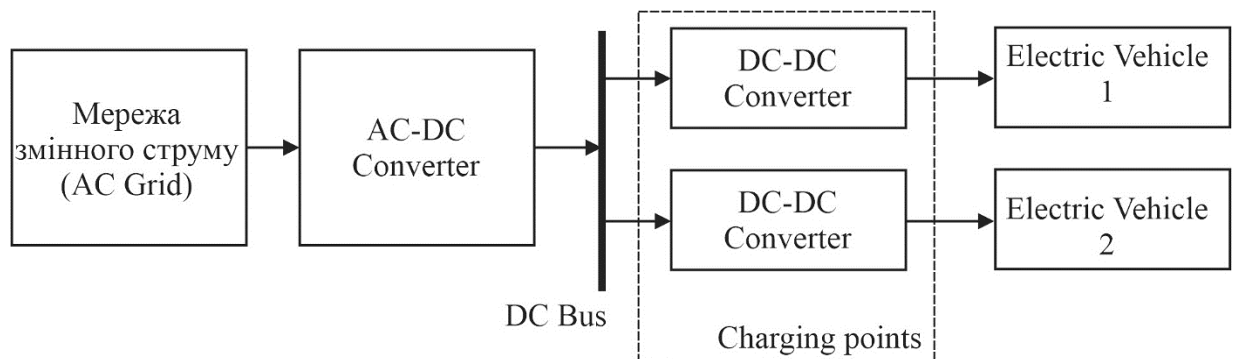


Рисунок 5 – Структурна схема силової частини зарядної станції з живленням від мережі

Електроенергія від мережі змінного струму (AC Grid) надходить до зарядної станції. Оскільки батареї електромобілів зберігають енергію у вигляді постійного струму, першим кроком є перетворення змінного струму в постійний, який здійснюється за допомогою потужного AC-DC перетворювача (AC-DC Converter). Енергія постійного струму з AC-DC Converter надходить на спільну шину постійного струму (DC Bus). Використання спільної шини постійного струму сприяє зниженню втрат на перетворення порівняно з варіантом, де кожна зарядна

точка станції має окремий AC-DC конвертер. Далі DC-DC конвертери (DC-DC Converter) кожної зарядної точки підключаються до шини постійного струму і регулюють напругу та струм, що подається безпосередньо до акумуляторів електромобілів (Electric Vehicle 1 та Electric Vehicle 2). Ці перетворювачі забезпечують стабільну та відповідну потужність, необхідну для ефективного заряджання батарей, оминаючи вбудований зарядний пристрій автомобіля (on-board charger).

Зарядна станція, що працює виключно на електричній енергії з мережі поки що є найбільш розповсюдженим типом такого обладнання.

Зарядна станція, яка працює на електричній енергії з мережі та має систему зберігання енергії (рис. 6).

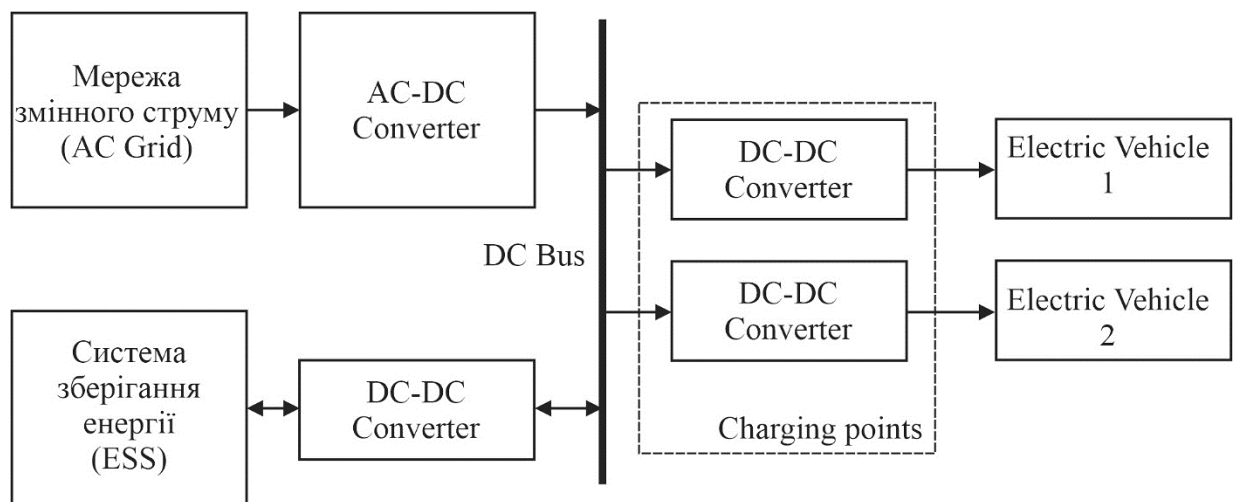


Рисунок 6 – Структурна схема силової частини зарядної станції з живленням від мережі та системою зберігання енергії

При пікових навантаження мережа змінного струму стикається з дефіцитом енергії, що може суттєво обмежувати видачу на зарядних станціях. Для того аби підвищити ефективність роботи розподільчої мережі та покращити економічність зарядної станції в їх структуру додають системи зберігання енергії (Energy Storage System, ESS).

Блок ESS виконує функцію акумуляування та віддачі електричної енергії для підтримки стабільної та ефективної роботи зарядної станції. Основне призначення цього блоку полягає в наступному:

- зберігання енергії. Система накопичує електроенергію, отриману від різних джерел, таких як змінний струм із загальної мережі (AC Grid) або, як часто буває в гібридних системах, із відновлюваних джерел (сонячна фотоелектрична система, вітрогенератор та інше), коли виробництво перевищує поточний попит;
- балансування навантаження (вирівнювання піків в енергосистемі). Зарядна станція може заряджатися в непікові години, коли електроенергія дешевша, і віддавати накопичену енергію під час високого попиту або пікових навантажень на мережу, допомагаючи таким чином стабілізувати енергосистему та зменшити витрати на електроенергію;
- забезпечення високих швидкостей заряду. Наявність буферного запасу енергії дозволяє зарядній станції видавати високу потужність для швидкої зарядки електромобілів навіть у місцях з обмеженою пропускнуою здатністю основної електромережі;
- безперебійне живлення. У випадку відключення основного джерела живлення (AC Grid), система накопичення енергії може забезпечити резервне або безперебійне живлення для продовження процесу зарядки або підтримки роботи критичних систем.

Зарядна станція, яка використовує мережу так і енергію з відновлювальних джерел (рис. 7).

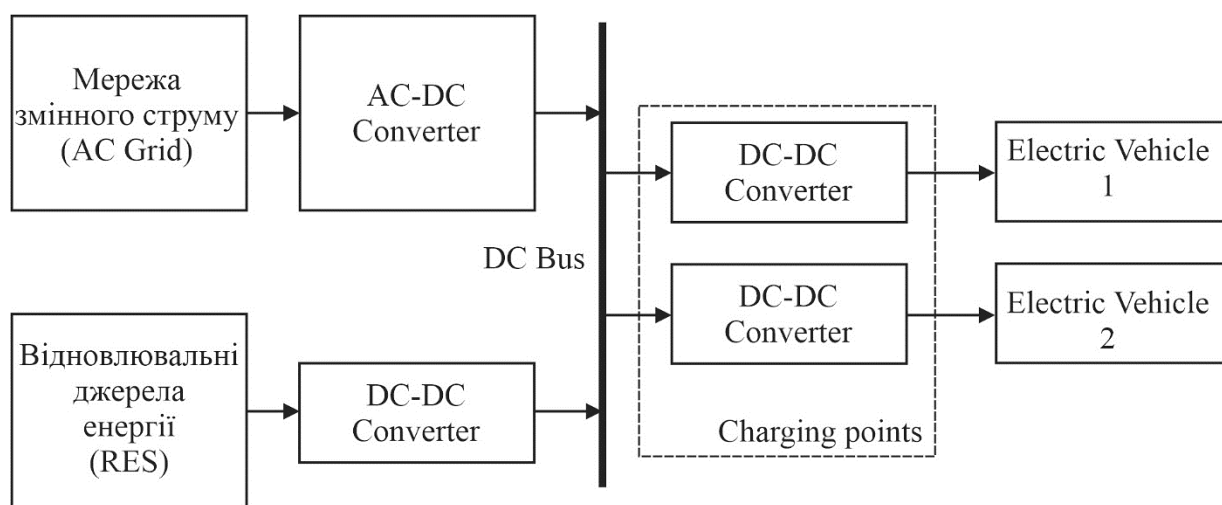


Рисунок 7 – Структурна схема силової частини зарядної станції з живленням від мережі чи від відновлювальних джерел енергії

Попит на електричну енергію в світі щоразу зростає, щоби задовольнити зростаючу енергетичну потребу в структуру мережевої зарядної станції додають відновлювальні джерела енергії (Renewable Energy Sources, RES). Основними видами відновлювальних джерел енергії є енергія вітру (вітроенергетичні системи) та сонця (фотовольтаїчні системи).

Інтегрована зарядна станція в структурі якої (рис. 8) є два джерела електричної енергії – мережа змінного струму і відновлювальні джерела енергії, а також система зберігання енергії.

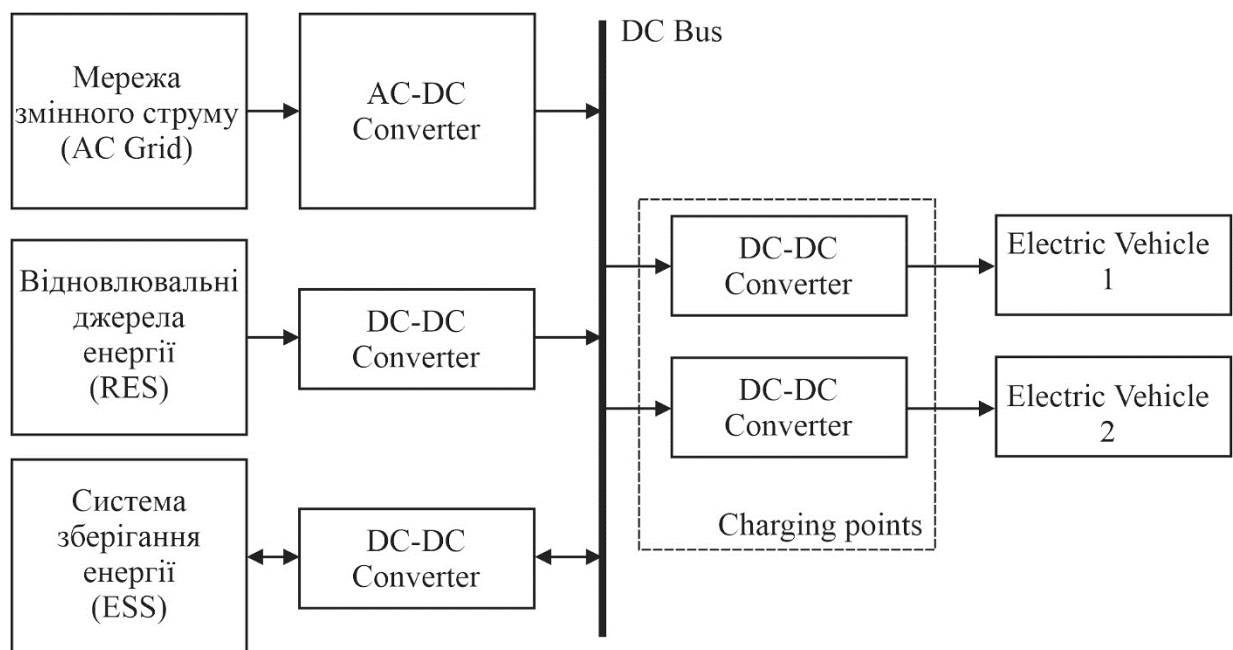


Рисунок 8 – Структурна схема силової частини інтегрованої зарядної станції

Інтегрована зарядна станція поєднує в собі переваги від використання відновлювальних джерел енергії (RES) та систем зберігання енергії (ESS) роблячи її роботу надзвичайно енергоефективною, стабільною та надійною.

Звичайно силова частина зарядної станції є важливим компонентом але не менш важливим є система керування технологічним процесом з відповідними інтерфейсами. Інформаційні технології закладені в роботу мережі зарядних станцій разом із структурою силової частини визначають наступні моделі архітектури системи зарядних станцій:

- модель централізованої архітектури системи зарядних станцій;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

- модель децентралізованої архітектури системи зарядних станцій;
- модель гібридної архітектури зарядки акумуляторних електромобілів.

Загальна архітектура інформаційної системи зарядних станцій є багаторівневою і, щонайменше, включає три рівні:

- фізичний або апаратний рівень, який включає власне зарядні пристрої, трансформатор, контролери, конектори (Type 2, CCS, CHAdeMO тощо), зчитувачі RFID та інше;
- рівень комунікаційної мережі, що забезпечує передачу даних між фізичними компонентами та віртуальним рівнем (наприклад, через Ethernet, Wi-Fi, стільниковий зв'язок);
- віртуальний або програмний рівень, який включає програмне забезпечення станції, бекенд-систему управління, мобільні додатки користувачів та інтеграцію зі сторонніми сервісами (платіжні системи, системи управління енергією).

2.1. Модель централізованої архітектури системи зарядних станцій

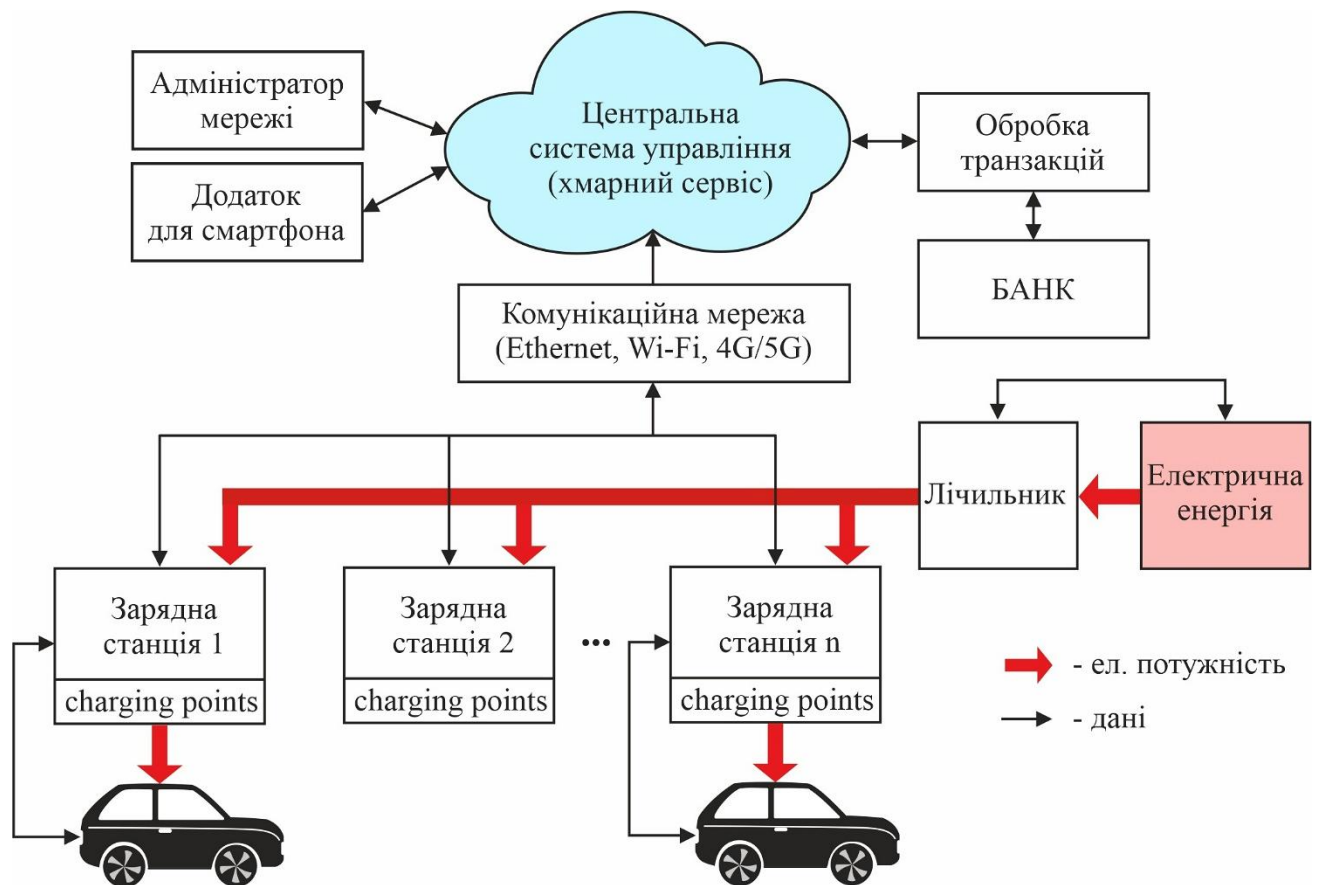


Рисунок 9 – Структура централізованої архітектури системи зарядних станцій

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Структура централізованої архітектури системи зарядних станцій акумуляторних електромобілів (рис. 9) передбачає єдиний центр управління, який взаємодіє з усіма зарядними станціями мережі.

Основні компоненти централізованої архітектури:

- Центральна система управління (SMC). Є «мозком» системи, що розгортається на віддаленому сервері і представляє собою хмарний сервіс. Відповідає за управління, моніторинг, балансування навантаження, планування сеансів зарядки, оновлення програмного забезпечення усіх зарядних станцій та обробку платежів. Для зв'язку із зарядними станціями використовується стандартний протокол, наприклад OCPP (Open Charge Point Protocol).
- Комунікаційна мережа. Забезпечує обмін даними між центральною системою управління та окремими зарядними станціями. Для організації комунікаційної мережі можуть використовуватись технології (протоколи передачі даних): Ethernet, Wi-Fi, стільниковий зв'язок (4G/5G).
- Зарядні станції. Фізичні пристрої, які містять силову електроніку, трансформатор, апаратуру захисту та комутації, контролер заряду. Контролер заряду отримує команди від SMC та керує на локальному рівні процесом зарядки акумуляторного електромобіля (регулює струм, напругу час зарядки, а також відстежує стан електромобіля в реальному часі).
- Електрична мережа чи інше джерело електричної енергії.
- Система оплати та інтерфейс користувача. Система оплати та управління користувачами обробляє платежі, керує обліковими записами користувачів та різними тарифними планами. Інтерфейс користувача включає екран, зчитувач RFID/NFC, або/чи термінал для прийому платежів та взаємодії з користувачем, додаток до смартфона.

Принцип роботи системи зарядки з централізованою інформаційною архітектурою полягає в тому, що центральна система управління (SMC) бере на себе такі завдання, як автентифікація користувачів, керування сеансами заряджання, рахунки та оплата, віддалена діагностика, балансування

					7.141.240085.ПЗ	Лист
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

навантаження. Хмарні системи, наприклад Amazon Web Services реалізують централізований підхід по управлінню різними аспектами інфраструктури мережі зарядних станцій [11].

Переваги моделі централізованої архітектури системи зарядних станцій акумуляторних електромобілів:

- оптимізація енергоспоживання;
- ефективне управління мережею зарядних станцій. Єдиний центр управління і контролю спрощує обслуговування, оновлення програмного забезпечення та усунення несправностей на станціях;
- масштабованість. Просто і легко додавати нові станції до існуючої мережі та керувати великою кількістю зарядних пристроїв;
- покращений досвід користувача/клієнта. Водії мають доступ до актуальної інформації про наявність станцій і їх поточний стан, тарифи та можуть зручно керувати процесом через додаток.

Недоліки моделі централізованої архітектури системи зарядних станцій акумуляторних електромобілів:

- залежність від зв'язку. Збій зв'язку робить неможливим функціонування зарядної станції, оскільки вона не зможе зв'язатися з центральним сервером для авторизації або управління;
- безпека даних. Централізоване зберігання великих обсягів даних про користувачів та транзакції вимагає надійних заходів з кібернетичної безпеки;
- потенційна єдина точка відмови. Вихід з ладу центрального сервера або програмного забезпечення може призвести до тимчасової непрацездатності всієї мережі.

Централізована архітектура є домінуючою моделлю для комерційних мереж зарядних станцій в Україні, завдяки її ефективності в управлінні та оптимізації витрат.

									Лист
									28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	7.141.240085.ПЗ				

2.2. Модель децентралізованої архітектури системи зарядних станцій

Децентралізовані архітектури систем зарядки акумуляторних електромобілів розділяють задачі управління і контролю між багатьма суб'єктами на рівні окремих зарядних станцій або локальних агрегаторів [5, 11].

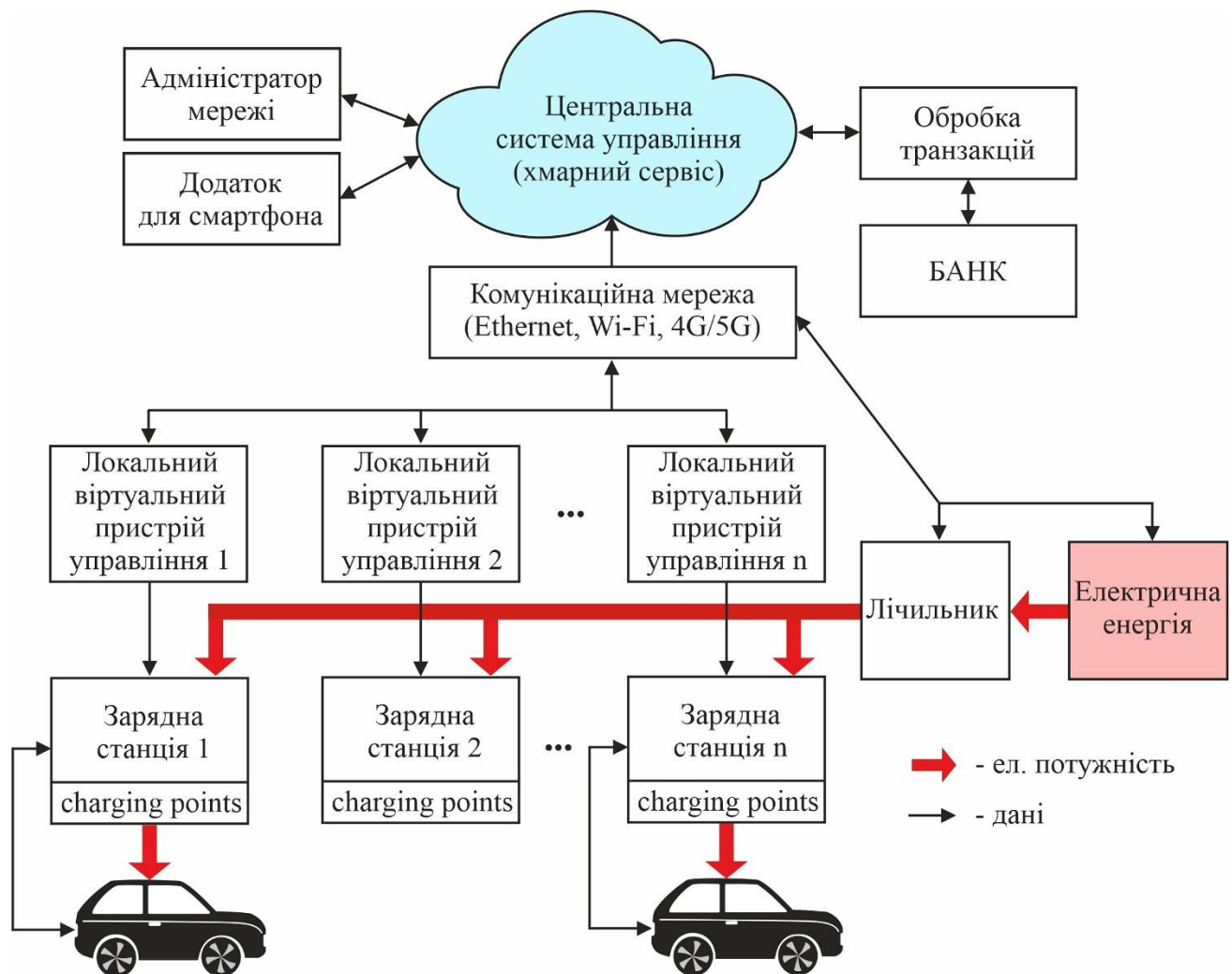


Рисунок 10 – Структура децентралізованої архітектури системи зарядних станцій

Концепція розподіленого управління передбачає дворівневе управління: управління мережею в цілому здійснюється центральною системою управління, обчислювальним інтелектом, що розгортається на хмарному сервері, а автономне управління кожною зарядною станцією здійснюється локальним віртуальним пристроєм управління. На рис. 10 ілюструється архітектура зв'язку за допомогою спрощеної блок-схеми. Окремі зарядні станції з власними локальними віртуальними пристроями управління можуть приймати рішення та координувати роботу локально, без постійного зв'язку з центральною системою управління.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Інтерфейс користувача дозволяє вводити запитувану потужність та час початку сеансу заряджання, ці дані безпосередньо передаються локальному віртуальному пристрою управління відповідної зарядної станції та є основою для розподілу потужності між віртуальними пристроями кластера. Рішення щодо зарядки приймаються на основі локальних умов, переваг користувачів або розподілених алгоритмів.

Розбудова мережі зарядних станцій з використанням децентралізованої моделі дозволяє реалізувати:

- локальне прийняття рішень. Окремі зарядні станції чи їх невеликі кластери в межах невеликої географічної зони можуть автономно управляти процесами заряджання на основі локальної інформації (поточний стан мережі, відновлювального джерела, системи зберігання енергії, потреби користувачів в потужності та інше);
- розширену інтеграцію з технологією Smart Grid (розумна мережа). Децентралізовані системи ефективніше інтегруються з розподіленими енергетичними ресурсами та дозволяють реалізовувати механізми управління попитом і технологію V2G (Vehicle-to-Grid), коли електромобілі можуть віддавати енергію назад у мережу;
- P2P-комунікацію (peer-to-peer). Замість обміну даними через центральний сервер, зарядні станції та електромобілі можуть спілкуватися безпосередньо між собою для координації графіків заряджання, оптимізації розподілу навантаження та навіть для P2P-торгівлі енергією;
- використання технології блокчейн. Блокчейн може забезпечити безпечні та прозорі транзакції між користувачами та станціями без потреби в посередниках, що спрощує процеси оплати та управління доступом;
- підвищену стійкість та надійність. Відсутність єдиної точки відмови робить систему більш стійкою до кібератак або збоїв центрального сервера.

					7.141.240085.ПЗ	Лист
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Переваги моделі децентралізованої архітектури системи зарядних станцій акумуляторних електромобілів:

- масштабованість. Додавання нових зарядних станцій або навіть цілих кластерів не потребує дорогої модернізації центральної інфраструктури;
- зниження витрат. Можливо знизити капітальні затрати на розбудову мережі за рахунок відсутності потреби в дорогому централізованому управлінні та інфраструктурі;
- конфіденційність. Особиста інформація про користувачів та їхні маршрути залишається локальною і не передається третім сторонам.

Недоліки та слабкі сторони моделі децентралізованої архітектури системи зарядних станцій акумуляторних електромобілів:

- стандартизація. Потреба в уніфікованих протоколах зв'язку для забезпечення сумісності різних пристроїв та платформ;
- складність управління навантаженням. Необхідність розробки складних алгоритмів для запобігання перевантаженню локальних електромереж без централізованого контролю.

Децентралізована архітектура вважається перспективним напрямком розвитку інфраструктури зарядних станцій, що сприяє створенню більш гнучкої, ефективної та надійної системи заряджання електромобілів.

2.3. Модель гібридної архітектури системи зарядних станцій

Гібридна архітектура системи зарядних станцій акумуляторних електромобілів поєднує аспекти як централізованої та і децентралізованої систем, намагаючись використовувати сильні сторони кожної. Така модель мережі зарядних станцій, як і модель з децентралізованою архітектурою, має центральну систему управління і локальні блоки управління. Центральна система управління виконує функцію координації дій, а локальні пристрої управління опрацьовують дані для коригування процесу зарядки в реальному часі та комунікують з електромобілями. Локальні пристрої управління приймають автономні рішення в межах параметрів, що встановлюються центральною системою. Шлюзи виступають такими собі посередниками між різними комунікаційними протоколами.

					7.141.240085.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Гібридна архітектура покликана забезпечити баланс між централізованим контролем і локальною автономією наслідком якого є ще більша ефективність та стійкість мережі. Основним стримуючим фактором в провадженні гібридних систем зарядних станцій акумуляторних електромобілів є складність управління, що проявляється в розподілі спектру виконуваних задач між центральною системою управління та локальними пристроями управління, структурі та апаратному забезпеченні цих систем, алгоритмів їх функціонування, що забезпечать максимум ефективності.

2.4. Порівняння моделей архітектур систем зарядних станцій

Різні моделі архітектур систем зарядних станцій для акумуляторних електромобілів різняться за багатьма факторами до яких відносяться:

- масштабованість, що проявляється в здатності системи ефективно обробляти зростаючий обсяг роботи шляхом додавання ресурсів, не втрачаючи продуктивності чи надійності;
- складність управління та придатність до різних сценарії використання (домашня зарядка, зарядна станція автопарку, публічна мережа зарядних станцій та інше);
- надійність – визначає здатність системи та її окремих компонентів працювати без збоїв, зберігаючи параметри протягом терміну служби, технічного обслуговування та транспортування;
- безпека, що включає комплекс заходів для захисту від кібернетичних загроз (несанкціонований доступ, злом), що передбачає використання захищеного програмного забезпечення та відповідного обладнання;
- капітальні та експлуатаційні затрати;

Порівняльна характеристика архітектур систем зарядних станцій акумуляторних електромобілів за вищенаведеними факторами представлена в табл. 4.

Централізовані системи дуже добре піддаються масштабуванню але є найменш надійними через єдину точку відмови.

					7.141.240085.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Децентралізовані системи більш придатні для локального управління потоками енергії та забезпечення високої стійкості до зовнішніх факторів (збурень та несанкціонованих впливів), але мають проблеми з координацією на рівні мережі.

Таблиця 4 – Порівняльна багатофакторна характеристика архітектур систем зарядних станцій акумуляторних електромобілів

Фактор	Модель архітектури системи зарядних станцій		
	Централізована	Децентралізована	Гібридна
Масштабованість	Висока для великих мереж	Обмежена для великих мереж	Визначається реалізацією
Складність управління	Висока	Висока складність координації великої кількості незалежних станцій	Висока складність інтеграції та управління
Надійність	Визначається надійністю центрального сервера	Висока стійкість до локальних відмов	Компроміс між централізацією та розподіленням
Безпека	Централізований контроль, єдина потенційна точка кібератаки	Розподілена, складніше керувати глобальною безпекою	Поєднує підходи визначається реалізацією
Капітальні затрати на створення	Високі	Низька для окремих станцій	Залежить від комбінації компонентів
Експлуатаційні витрати	Середні або низькі	Середні або високі	Середні
Область ефективного використання	Великі громадські мережі, автопарки	Локальні енергетичні системи, приватні зарядні станції	Гнучкі рішення, що вимагають централізованого контролю при локальній автономії

Гібридні системи здатні оптимізувати компроміси попередніх двох архітектур але якість такої оптимізації багато в чому залежить від реалізації та комбінації компонентів.

Вибір тої чи іншої архітектури залежить від конкретних вимог серед яких масштаб мережі, бюджет, гнучкість, параметри безпеки.

РОЗДІЛ 3

ПРОТОКОЛИ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ ДЛЯ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗАРЯДКИ АКУМУЛЯТОРНИХ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Для забезпечення зв'язку між усіма вузлами та компонентами мережі зарядних станцій використовуються різноманітні протоколи передачі даних. В табл. 5 наведено класифікацію протоколів яка систематизує наявні рішення та дозволяє визначити області їх ефективного застосування.

Таблиця 5 – Класифікація протоколів передачі даних в системах зарядних станцій для акумуляторних електромобілів

Категорія	Протоколи
Протоколи взаємодії між акумуляторним електромобілем і зарядною станцією (EV-to-EVSE Communication)	ISO 15118, IEC 61851, CAN
Протоколи взаємодії між зарядною станцією і оператором мережі (EVSE-to-CPO Communication)	OCPP, OCPI, IEC 63110, Modbus, MQTT
Протоколи інтерфейсу користувача	http/https, REST (через http/https), MQTT (для оновлень в реальному часі), власні протоколи (якщо є)

На рис. 11 зображено схематичне представлення протоколів передачі даних, що використовуються обладнанням в процесі заряджання акумуляторного електромобіля.

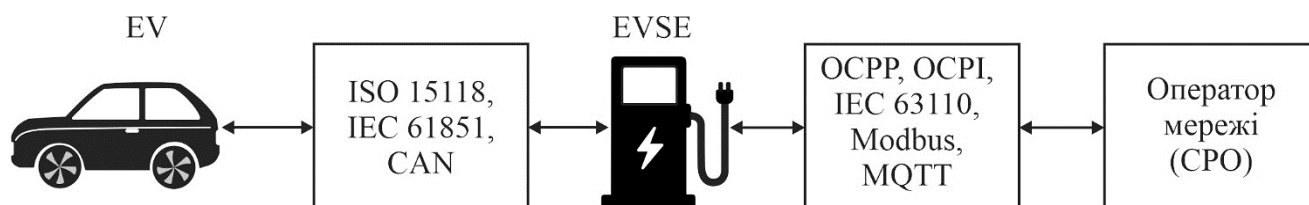


Рисунок 11 – Протоколи передачі даних у процесі заряджання акумуляторного електромобіля

3.1 Протоколи взаємодії між акумуляторним електромобілем і зарядною станцією

Протоколи взаємодії між акумуляторним електромобілем і зарядною станцією (EV-to-EVSE Communication) охоплюють комунікацію, що відбувається саме між авто і системою управління зарядної станції в процесі заряджання. До них належать стандарти, які визначають інформаційний обмін даними і основною метою таких протоколів є створення умов для безпечного та ефективного обміну енергією, а також реалізацію деяких додаткових функцій, наприклад автоматичної автентифікації та оптимізації процесу заряджання.

Простіше кажучи, такі протоколи є «правилами» і «мовою» для «спілкування» пристроїв (електромобіля і зарядної станції) в процесі заряджання, незалежно від типу/форми фізичного інтерфейсу. До найпоширеніших відносять: ISO 15118, IEC 61851, Controller Area Network (CAN).

ISO 15118 (Road vehicles — Vehicle to grid communication interface) – є ключовим міжнародним стандартом, що описує протокол зв'язку між акумуляторним електромобілем (EV) та власне зарядною станцією (EVSE). Вважається «фундаментом» концепції «розумного заряджання».

До основних можливостей, які реалізуються в рамках стандарту ISO 15118 відносяться [12]:

- Plug & Charge (Підключи і заряджай). Передбачає автоматичну ідентифікацію транспортного засобу, авторизує сесію заряджання, дозволяє проводити оплату без використання мобільних застосунків чи RFID-карт (достатньо вставити кабель);
- Vehicle-to-Grid (V2G). Двостороннє заряджання, дозволяє передавати дані про енергію між електромобілем та зарядною станцією для розумного заряджання;
- Smart Charging (Інтелектуальне керування навантаженням). Передбачає узгодження графіків заряджання залежно від стану мережі, потреб власника, тарифів тощо;

- Універсальність. Підтримується дротове заряджання на постійному та змінному струмі, бездротове заряджання, а також автоматичні з'єднувальні пристрої (наприклад, пантограф);
- Високий рівень безпеки. Використовується TLS-шифрування, V2G-PKI (інфраструктура відкритих ключів) та цифрові сертифікати для захисту даних та фінансових транзакцій під час процесу заряджання.

В 2025 році впроваджено найновішу редакцію стандарту ISO 15118-20, яка є другим поколінням мережевого та прикладного рівнів протоколу та усуває обмеження попередньої версії і додає критично важливі функції. Основними нововведеннями ISO 15118-20 є:

- Повноцінна зарядка в обох напрямках (BPT);
- Підтримка нових типів заряджання. Wireless Power Transfer (WPT) – протокол для бездротової індуктивної зарядки та Automatic Connection Device (ACD) – повна підтримка автоматизованих пристроїв підключення;
- Покращена безпека. Досягається за рахунок використання сучасного шифрування (TLS v.1.3) та вдосконаленого керування сертифікатами для Plug & Charge;
- Динамічне керування навантаженням. Дозволяє в реальному часі змінювати параметри заряджання (потужність, графік) залежно від стану мережі, накопичувачів електричної енергії або відновлюваних джерел енергії;
- Підтримка Megawatt Charging System (MCS). Стандарт готує підґрунтя для надпотужної зарядки вантажного транспорту (понад 1 МВт);
- Модульність та масштабованість. На відміну від попередньої версії, повідомлення в ISO 15118-20 структуровані так, що зміни в одному типі зарядки (наприклад, АС) не впливають на сумісність з іншими (наприклад, DC), що полегшує оновлення протоколу в майбутньому.

Згідно з новими правилами ЄС, підтримка ISO 15118-20 є **обов'язковою** для усіх нових зарядних станцій. Це робить його глобальним стандартом, який

					7.141.240085.ПЗ	Лист
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перетворює акумуляторний електромобіль з простого споживача на активний елемент енергомережі.

ІЕС 61851. Це міжнародний стандарт для дротових систем заряджання електричних транспортних засобів, що охоплює характеристики та умови експлуатації обладнання для заряджання електромобілів. Визначає з'єднання між зарядною станцією та транспортним засобом. Застосовується до зарядного обладнання з номінальною напругою живлення до 1000 В змінного струму (АС) або до 1500 В постійного струму (DC).

Стандарт ІЕС 61851 визначає чотири різні режими заряджання, які відрізняються рівнем потужності та заходами безпеки (табл. 6).

Таблиця 6 – Режимы заряджання згідно з ІЕС 61851

Режим	Опис	Струм	Безпека
Режим 1	Зарядка від стандартної побутової розетки без додаткових пристроїв захисту	АС	Мінімальна
Режим 2	Зарядка від стандартної розетки, але з використанням спеціального кабелю з вбудованим пристроєм контролю та захисту (IC-CPD)	АС	Покращена (порівняно з Режимом 1)
Режим 3	Зарядка через спеціалізовану зарядну станцію (EVSE), яка постійно підключена до електромережі та має розширені функції безпеки й комунікації	АС	Висока (найбільш поширений режим для громадських і приватних станцій).
Режим 4	Швидка зарядка постійним струмом за допомогою зовнішнього зарядного пристрою, який подає живлення безпосередньо в батарею, оминаючи вбудований зарядний пристрій електромобіля	DC	Висока (використовує додатковий рівень комунікації)

Основні аспекти, що регулюються стандартом IEC 61851, включають:

- Характеристики та умови експлуатації обладнання для заряджання електромобілів (EVSE);
- Специфікації з'єднання між EVSE та електромобілем. Стандарт використовує широтно-імпульсну модуляцію для низькорівневого зв'язку між акумуляторним електромобілем і станцією, зокрема визначає значення коефіцієнта заповнення сигналу широтно-імпульсної модуляції для індикації доступного струму заряджання [5]. Забезпечує зв'язок з використанням IP-протоколів по лініях електроживлення.
- Вимоги до електробезпеки для зарядного обладнання.

IEC 61851 поєднується з іншими стандартами аби забезпечити повну сумісність та найвищу безпеку:

- IEC 62196 визначає вимоги до вилок, розеток, вхідних/вихідних роз'ємів;
- IEC 61851-23 та IEC 61851-24 деталізують вимоги до швидких зарядок на постійному струмі (Режим 4, табл. 6) та протоколів цифрового зв'язку.

Controller Area Network (CAN) – це надійний та широко використовуваний протокол зв'язку в автомобільній промисловості. На основі цього протоколу забезпечується ефективний та надійний зв'язок між різними електронними блоками керування в автомобілях. На фізичному рівні обмін даними реалізовано через спеціальну CAN-шину, яка відіграє роль «нервової системи» автомобіля.

Станом на 2025 рік CAN залишається базовим протоколом зв'язку між електронними блоками керування (ECU) авто усіх типів. В акумуляторних електромобілях CAN додатково використовується системою BMS (Battery Management System) для передачі даних про напругу/струм/температуру та стан заряду, контролером заряду для координації процесу отримання енергії та захисту акумуляторної батареї від перевантаження чи перегріву, силовою електронікою для моніторингу стану і режиму роботи електродвигунів та перетворювачів.

CAN може застосовуватись в якості інтерфейсу «електромобіль – зарядна станція». На відміну від європейського/американського стандарту CCS (який використовує PLC – Power Line Communication), низка глобальних стандартів базується саме на CAN для зовнішньої комунікації, серед яких:

					7.141.240085.ПЗ	Лист
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- CANDeMO (Японія). Повністю базується на CAN-протоколі і має високу швидкість реакції;
- GB/T (Китай). Використовує CAN-шину на базі протоколу SAE J1939 для заряджання постійним струмом;
- ChaoJi (Глобальний проект). Китай спільно з Японією впроваджує нове покоління високошвидкісної зарядки (до 1,2 МВт) на CAN-протоколі;
- Tesla (NACS). Оригінальний протокол від Tesla використовував CAN, його сучасна версія (SAE J3400) інтегрує підтримку ISO 15118 для сумісності з іншими мережами.

CAN забезпечує високу стійкість до електромагнітних перешкод, що критично при високих струмах зарядки. Мінімальна затримка (латентність) дозволяє миттєво реагувати на зміну умов заряджання. CAN також має низьку вартість впровадження у порівнянні з PLC-модемами, оскільки більшість мікроконтролерів вже мають вбудовану підтримку CAN.

Коротка порівняльна оцінка протоколів взаємодії між акумуляторним електромобілем і зарядною станцією наведена в табл. 7.

Таблиця 7 – Порівняльна характеристика протоколів взаємодії між акумуляторним електромобілем і зарядною станцією

Характеристика	IEC 61851	ISO 15118	CAN
Тип сигналу	Аналоговий (PWM)	Цифровий (IP/PLC)	Цифровий (Bus)
«Інтелектуальні» функції	Низький рівень	Високий рівень (PNC, V2G)	Середній рівень (контроль DC)
Рівень безпеки	Базовий	Криптографічний (TLS)	Апаратна надійність
Переваги	Простота, низька вартість, універсальність	Висока безпека, підтримка енергоменеджменту	Висока надійність, стійкість до завад, real-time
Обмеження	Відсутній обмін даними	Складність впровадження, вартість	Відсутнє вбудоване шифрування, обмежена гнучкість

Хоча ISO 15118 (PLC) витісняє CAN у сегменті легких авто в Європі через складніші функції Plug & Charge, CAN залишається домінуючим у Китаї, Японії та у сфері важкого електротранспорту.

ISO 15118 в порівнянні з CAN більш орієнтований на користувача, в основному, через здатність акумуляторних електромобілів автоматично авторизувати заряджання без втручання користувача.

Фундаментальна роль IEC 61851 полягає в забезпеченні стандартів безпеки для дротових зарядних інтерфейсів з розмежуванням за сценаріями заряджання та необхідної потужності. Еволюція технології спрямована на ускладнення комунікаційних процесів, що сприяє впровадженню інтелектуальних рішень у взаємодію акумуляторного електромобіля із зарядною інфраструктурою.

3.2 Протоколи взаємодії між зарядною станцією і оператором мережі

Протоколи EVSE-to-CPO Communication фокусуються на комунікації між зарядною станцією і центральним сервером. Такі протоколи мають забезпечувати управління мережею зарядних станцій, авторизацію користувачів, опрацювання платежів, інтеграцію з іншими суміжними сервісами, моніторингом стану обладнання. Основними є: Open Charge Point Protocol (OCPP), Open Charge Point Interface (OCPI), IEC 63110, Modbus, Message Queuing Telemetry Transport (MQTT).

Open Charge Point Protocol (OCPP) – це відкритий міжнародний стандарт зв'язку між зарядною станцією для електромобілів та центральною системою управління (Back-office або CSMS). Розроблений організацією Open Charge Alliance (OCA), він є «спільною мовою» для всієї індустрії. Відкрита архітектура та широкий функціонал роблять його універсальним рішенням для операторів зарядних мереж.

OCPP забезпечує широкий спектр функцій та можливостей, серед основних:

- Операційна сумісність (Interoperability). Це одна з основних переваг протоколу, полягає в можливості поєднувати зарядне обладнання одного виробника з програмним забезпеченням іншого. Що позбавляє власників інфраструктури залежності від конкретного постачальника – якщо «софт» не подобається, його можна змінити, не замінюючи станції;

										Лист
										40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

- Дистанційне керування та моніторинг. OCPP дозволяє оператору виконувати всі ключові операції віддалено: запуск/зупинка сесій заряджання, авторизація користувачів, діагностика несправностей та оновлення прошивки по «повітряю», збір даних про споживання енергії в режимі реального часу;
- Розумне заряджання (Smart Charging). Протокол підтримує алгоритми балансування навантаження;
- Безпека. Безпека в OCPP реалізується за допомогою TLS шифрування та автентифікації на основі сертифікатів;
- Технологічний розвиток. Протокол розроблений для високої масштабованості, дозволяючи керувати великими мережами станцій.

Актуальні версії стандарту:

- OCPP v. 1.6. На сьогодні залишається наймасовішою версією завдяки простоті впровадження;
- OCPP v. 2.0.1. Сучасний стандарт, що став основою для IEC 63584. Він пропонує вищий рівень кібернетичної безпеки, покращену діагностику та повну підтримку стандарту ISO 15118 (зокрема функції Plug & Charge);
- OCPP v. 2.1 (від 2025 року). Ця версія сфокусована на інтеграції з «розумними мережами» (Smart Grids), містить розширену підтримку функції повернення енергії з батареї електромобіля в мережу або будинок.

Загалом OCPP – це фундамент для побудови масштабних мереж зарядних станцій, покликаний забезпечити гнучкість бізнесу, надійність з'єднання та готовність інфраструктури до майбутніх технологій енергообміну.

Open Charge Point Interface (OCPI) – це відкритий протокол для обміну даними між операторами зарядних станцій (CPO) та постачальниками послуг мобільності (eMSP). Якщо OCPP з'єднує станцію з сервером, то OCPI з'єднує сервери різних компаній між собою, забезпечуючи роумінг. Він дозволяє операторам обмінюватися необхідною інформацією для забезпечення доступу до зарядних послуг для користувачів різних мереж, включаючи дані про доступність станцій, ціни та деталі сесій [5].

										Лист
										41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Основні можливості та особливості ОСРІ:

- Роумінг. Користувачі можуть використовувати один додаток або RFID-картку свого основного оператора для зарядки в мережах інших компаній по всьому світу;
- Протокол передбачає передачу критично важливої інформації між системами: статус станції (вільний/зайнятий роз'єм), тарифікація (актуальна вартість заряджання), локація (точні координати, типи роз'ємів, потужність);
- Модульна архітектура. ОСРІ складається з окремих модулів, що дозволяє компаніям впроваджувати тільки необхідний функціонал: Tokens (передача даних про ідентифікатори), Commands (дистанційне керування через сторонній додаток), Charge Detail Records (автоматична передача детальних звітів про сесії для розрахунків);
- Гнучкість підключення. Протокол підтримує два типи взаємодії: Peer-to-Peer (пряме з'єднання між двома компаніями), Hub-based (підключення через центральний хаб, що забезпечує доступ до сотень мереж через одну інтеграцію);
- Додаткові сервіси в оновленнях 2025 року: бронювання (можливість зарезервувати зарядку заздалегідь), робота з вантажним транспортом, доступність (інформація про придатність станцій для осіб з інвалідністю).

ОСРІ дозволяє зробити ринок зарядних станцій/мереж відкритим. Для водія це означає зручність, а для бізнесу – можливість залучати клієнтів з інших мереж без додаткових витрат на маркетинг.

ІЕС 63110 – це міжнародний стандарт, що розробляється для уніфікації протоколу управління інфраструктурою заряджання/розряджання акумуляторних електромобілів і спрямований на створення єдиної екосистеми, що забезпечує взаємодію між зарядними станціями (EVSE), операторами зарядних систем (CPO) та енергомережою.

Стандарт має три частини:

- ІЕС 63110-1 (опублікований у 2022 році). Основні визначення, сценарії використання та архітектура;

					7.141.240085.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

- IEC 63110-2. Технічні специфікації протоколу та вимоги;
- IEC 63110-3. Вимоги до тестів на відповідність.

IEC 63110 охоплює широкий спектр процесів для забезпечення «розумного» заряджання:

- Управління енергією. Обмін даними про потреби в енергії, використання мережі та вимірювання споживання;
- Двостороннє передавання енергії;
- Управління активами. Моніторинг стану обладнання, дистанційне оновлення прошивок та конфігурування;
- Кібербезпека, автентифікація та оплата.

IEC 63110 часто порівнюють з протоколом OCPP, хоча між ними існують суттєві відмінності:

- OCPP є галузевим стандартом «де-факто», тоді як IEC 63110 — офіційний міжнародний стандарт від IEC;
- IEC 63110 розроблявся «з чистого аркуша», що дозволило уникнути обмежень сумісності старих версій, які притаманні OCPP;
- IEC 63110 має глибшу інтеграцію з сервісами енергосистеми (Smart Grid), що критично для масштабного розгортання EV-інфраструктури.

У 2025 році спостерігається посилення регуляторних вимог (зокрема в ЄС), які вимагають обов'язкової інтегрованої передачі даних та підтримки «розумного» заряджання поза піковими годинами. IEC 63110 стає технологічною основою для великих мереж, перетворюючи зарядні станції з простої точки продажу на керований актив енергосистеми.

Modbus – це протокол зв'язку, який розроблявся для програмованих логічних контролерів і широко використовується у промислових електронних пристроях [13]. В системах заряджання акумуляторних електромобілів використовується для моніторингу та керування процесом заряджання в межах зарядної станції. Виконує роль «локального моста» між силовими компонентами та системами управління. На відміну від OCPP, який фокусується на хмарному управлінні, Modbus забезпечує стійкість і швидкість локальних процесів.

					7.141.240085.ПЗ	Лист
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні сфери застосування протоколу Modbus в EV-індустрії:

- Локальне управління навантаженням (Smart Charging). Modbus використовується для зв'язку зарядної станції з лічильниками енергії та датчиками на об'єкті, дозволяє регулювати потужність заряджання, щоб уникнути перевантаження мережі;
- Внутрішня комунікація компонентів. Через Modbus взаємодіють контролери, модулі живлення (перетворювачі), RFID-зчитувачі та системи моніторингу температури;
- Інтеграція з системами керування будівлями (BMS/EMS). Протокол Modbus є галузевим стандартом для BMS. Через спеціальні шлюзи (наприклад, Intesis) зарядні станції інтегруються в загальну енергосистему готелів чи промислових об'єктів для комплексного енергетичного менеджменту.

Порівняльна характеристика основних типів Modbus для електрзарядних систем наведена в табл. 8.

Таблиця 8 – Порівняльна характеристика основних типів Modbus

Характеристика	Modbus RTU (Serial)	Modbus TCP (Ethernet)
Фізичне середовище	RS-485/RS-232	Ethernet (RJ45, Wi-Fi)
Переваги	Низька ціна, стійкість до промислових шумів	Висока швидкість, легка масштабованість
Область застосування	Внутрішні датчики, лічильники енергії	Зв'язок між групами станцій та локальними серверами

Modbus доповнює ОСРР (стандарт для зовнішньої комунікації з білінговими системами) за наступними сценаріями:

- Автономність. Modbus продовжує керувати балансуванням навантаження навіть у разі зникнення інтернету, тоді як ОСРР-рішення часто залежать від хмари;

- Дистанційна діагностика та обслуговування. Виробники використовують MQTT для віддаленого виявлення помилок та оновлення прошивок без виїзду майстра на об'єкт.

MQTT все частіше стає транспортним рівнем для ОСРР. Якщо стандартний ОСРР працює через Web Sockets, то використання MQTT як «підкладки» дозволяє стабільніше працювати в умовах нестабільного 4G/5G зв'язку завдяки вбудованим механізмам черги повідомлень та повторних спроб відправки.

Таким чином MQTT є «нервовою системою» мереж зарядних станцій, забезпечуючи їхню масштабованість та здатність працювати як частина Smart Grid.

Узагальнюючи, можна відмітити наступне. Сьогодні ОСРР є загальноприйнятим стандартом для віддаленого керування зарядними станціями, що забезпечує масштабованість мереж. Водночас зростає роль ОСРР, який вирішує питання роумінгу між різними операторами.

Ключові технологічні тренди в взаємодії між зарядною станцією і оператором мережі:

- Глобальна стандартизація. Розробка стандарту IEC 63110 має на меті об'єднати існуючі протоколи в єдину міжнародну систему «автомобіль – мережа»;
- Локальна інтеграція. Протокол Modbus залишається незамінним для внутрішньої роботи компонентів станції та зв'язку з системами управління будівлями (BMS);
- Ефективність даних. Використання MQTT у поєднанні з ОСРР стає стандартом для передачі даних у реальному часі завдяки його високій швидкості та масштабованості.

3.3 Протоколи інтерфейсу користувача

Протоколи користувацького інтерфейсу є фундаментальними для створення зручного середовища взаємодії між водієм та зарядною мережею. Вони регламентують роботу всіх точок контакту: від візуалізації даних на терміналах станцій до сервісів у мобільних програмах, інтерфейсах браузерів та системах безконтактної ідентифікації користувача.

					7.141.240085.ПЗ	Лист
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До основних протоколів та технологій, що реалізують інтерфейс користувача відносять: http/https, REST (через http/https), MQTT, власні протоколи (за наявності).

Основним інструментом доступу до сервісів заряджання акумуляторних електромобілів є стандартні веб-технології – http/https та REST (Representational State Transfer) API, що пояснюється їхньою універсальною сумісністю з мобільними та веб-інтерфейсами. Проте для покращення взаємодії з користувачем дедалі частіше впроваджується протокол MQTT. На відміну від традиційних методів, що потребують постійних запитів для оновлення даних, архітектура MQTT «публікація-підписка» забезпечує миттєву передачу інформації. Це дозволяє водіям відстежувати статус заряджання або вільні конектори в режимі реального часу без затримок.

3.4 Механізми автентифікації і безпеки в зарядних станціях акумуляторних електромобілів

Безпека є надважливим аспектом функціонування мережі зарядних станцій і вимагає особливої уваги для захисту даних та запобігання несанкціонованому використанню. Безпека та автентифікація в екосистемі зарядки електромобілів базуються на поєднанні апаратних захистів, криптографічних протоколів та міжнародних стандартів зв'язку.

Шифрування дієвий засіб для захисту конфіденційних даних (облікові дані користувачів, платіжна інформація, інформація про транспортний засіб тощо), що передаються в процесі заряджання електромобіля, а також цілісності команд керування енергією.

Основні напрямки застосування шифрування:

- Шифрування каналу зв'язку (TLS). Стандарт OCPP вимагає використання протоколу TLS 1.2 або 1.3 для обміну даними між зарядною станцією та хмарною системою управління. Весь трафік (дані про спожиту енергію, статус станції, команди запуску) шифрується симетричними ключами, які генеруються для кожної сесії;

- Інфраструктура відкритих ключів (PKI) та цифрові сертифікати. Для реалізації технології Plug & Charge (ISO 15118) використовується складна система ієрархії сертифікатів: V2G Root CA, контрактні сертифікати;
- Наскрізне шифрування платіжних даних. Згідно з вимогами PCI DSS (стандарт безпеки платіжних карт), дані про оплату, що вводяться через термінал або додаток, шифруються на рівні пристрою введення. Замість передачі реальних номерів карток система використовує одноразові зашифровані токени. Навіть у разі злому бази даних оператора, зловмисники не зможуть скористатися цими токенами;
- Захист на рівні апаратного забезпечення (HSM). Сучасні зарядні контролери оснащуються Hardware Security Modules (HSM) – спеціальними захищеними мікросхемами. Вони зберігають криптографічні ключі в ізольованому середовищі. Навіть при фізичному доступі до станції та спробі зчитати пам'ять контролера, ключі шифрування залишаються недоступними, оскільки вони захищені від фізичного розтину;
- Шифрування на рівні Power Line Communication (PLC). Зв'язок між електромобілем та станцією по зарядному кабелю (Home Plug Green PHY) також підлягає шифруванню. Використовується алгоритм AES-128, який захищає обмін даними про стан батареї та параметри напруги від прослуховування через сусідні зарядні порти або електромережу будівлі.

Фактично механізм шифрування перетворює зарядну станцію з простої «розетки» на захищений IT-вузол. Без належного шифрування сучасні мережі швидкої зарядки не змогли б безпечно масштабуватися через високі ризики кібератак на енергосистему.

Для управління доступом до інфраструктури зарядної мережі акумуляторних електромобілів з забезпеченням безпеки транзакцій застосовується декілька методів автентифікації та авторизації користувача. В табл. 9 наведено порівняння найпоширеніших методів автентифікації та авторизації.

					7.141.240085.ПЗ	Лист
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 9 – Порівняльна характеристика методів автентифікації та авторизації в зарядних станціях для акумуляторних електромобілів

Метод	Рівень безпеки	Складність впровадження	Зручність користування	Сумісність
MAC-адреса	Низький	Низька	Висока	Обмежена, через низьку безпеку
RFID	Середній	Низька	Висока	Широка
Plug & Charge (ISO 15118)	Високий	Висока	Дуже висока	Обмежена підтримкою стандарту
Єдиний вхід (SSO)	Високий	Середня	Дуже висока	Залежить від провайдера
Мобільний застосунок	Середній	Середня	Висока	Залежить від мережі
Платіжна система	Високий	Середня	Середня	Широка
Віддалена авторизація	Середній	Середня	Висока	Залежить від мережі
Біометрична автентифікація	Високий	Висока	Середня	Залежить від провайдера

Попри розвиток технологій, існують вразливості, над якими працює індустрія:

- Relay-атаки. Можливість перехоплення та ретрансляції сигналу сертифіката від одного електромобіля до іншого для незаконної оплати;
- Вразливості SLAC. Протокол узгодження сигналу (Signal Level Attenuation Characterization) може бути вразливим до прослуховування через незашифровані пакети даних.

РОЗДІЛ 4

ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА ПРИ ЗАРЯДЦІ АКУМУЛЯТОРНОГО ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

Електрифікація будь-якої сфери людської діяльності ставить на перший план питання захисту користувачів і обслуговуючого персоналу. Небезпека електротравматизму має особливий статус, оскільки електричний струм неможливо виявити ні за зовнішнім виглядом, ні за звуком, ні за запахом [14, 15]. Дія електричного струму на людину носить різносторонній характер і суттєво відрізняється від дії інших матеріальних чинників. Електричний струм, протікаючи через тіло людини, спричиняє хімічну, термічну, механічну, біологічну та світлову дію. Часто наслідком ураження електричним струмом є летальний випадок.

Згідно правил улаштування електроустановок (ПУЕ) всі виробничі умови за рівнем небезпеки ураження електричним струмом поділяються на три категорії: з підвищеною небезпекою, особливо небезпечні та без підвищеної небезпеки [16]. Виходячи з наведеної класифікації публічні зарядні станції для акумуляторних електромобілів відносяться до категорії особливо небезпечних, оскільки представляють собою зовнішні установки, не захищені спорудою від атмосферного впливу і можуть експлуатуватись при значній відносній вологості повітря (понад 75%), температурі вище 35°C та за наявності опадів (дощ, сніг) [17]. Виходячи з цього, впровадження комплексного набору функцій захисту є важливим для забезпечення стабільної роботи систем заряджання, захисту користувачів від будь-яких загроз безпеці, подовження терміну експлуатації зарядного пристрою та акумуляторної батареї транспортного засобу.

Основні групи захисних функцій в зарядних пристроях для акумуляторних електромобілів: електрична безпека та захист від ураження, захист обладнання станції та акумуляторної батареї електромобіля, надійність експлуатації.

Електрична безпека та захист від ураження:

- Захист від витoku струму (RCD). Пристрій захисного відключення миттєво знеструмлює систему, якщо фіксується витік струму на землю.

					7.141.240085.ПЗ	Лист
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Це запобігає ураженню користувача електричним струмом у разі пошкодження ізоляції або кабелів;

- Заземлення (Grounding Protection). Гарантує, що корпус електромобіля та зарядної станції безпечно заземлені, що мінімізує ризики при несправності обладнання та захищає від статичних розрядів;
- Control Pilot. Постійний моніторинг сигналу між зарядною станцією та електромобілем забезпечує передачу енергії лише після підтвердження надійного з'єднання. Під час заряджання роз'єм блокується в електромобілі електромагнітним замком. Це унеможливорює випадкове витягування кабелю під навантаженням, що могло б спричинити електричну дугу;
- Гальванічна розв'язка. Забезпечує фізичне розділення вхідної мережі та вихідного контуру, що живить автомобіль, мінімізуючи ризик ураження високою напругою.

Захист обладнання станції та акумуляторної батареї електромобіля:

- Захист від перенапруги та імпульсних стрибків. Спеціальні обмежувачі (наприклад, з варисторами) поглинають надлишкову енергію під час грози або аварій у мережі, захищаючи систему керування батареєю (BMS) та електроніку зарядної станції від вигорання;
- Захист від надструму. Автоматичні вимикачі запобігають перевантаженню мережі та перегріву кабелів, що знижує ризик займання;
- Термомоніторинг. Датчики температури на роз'ємах та всередині станції автоматично знижують потужність або зупиняють процес при перегріві, запобігаючи оплавленню контактів та пожежам;

Надійність експлуатації:

- Захист від погодних умов. Корпуси з високим рівнем захисту (наприклад, IP54/IP65) дозволяють безпечно заряджати авто під дощем та снігом, запобігаючи потраплянню вологи до струмопровідних частин;
- Адаптивні механізми. Сучасні зарядні станції можуть регулювати напругу відповідно до стабільності мережі, що подовжує термін служби як самої станції, так і акумулятора електромобіля.

					7.141.240085.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Впровадження вище зазначених комплексних заходів згідно зі стандартами (зокрема ІЕС 61851) є обов'язковим для сертифікованого обладнання.

Електробезпека водія при заряджанні електромобіля на публічних станціях базується на поєднанні автоматизованих систем захисту самої станції та дотриманні базових правил експлуатації. До таких базових правил відносяться:

- Візуальний огляд. Перед заряджанням акумуляторного електромобіля користувач повинен переконатись, що зарядний кабель не має видимих пошкоджень, а його вилка не оплавлена та не забита брудом чи льодом;
- Уникнення перехідників. Використання несертифікованих перехідників (особливо кустарного виробництва) є головною причиною іскріння та збоїв систем захисту;
- Користування сертифікованими мережами. Користувачі мають обирати операторів, які підтримують обладнання згідно з міжнародним стандартом ІЕС 61851.

					7.141.240085.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Електромобільність є одним з перспективних шляхів розвитку автомобільної індустрії. Зростання кількості акумуляторних електромобілів на ринку неможливе без наявності надійної та безпечної інфраструктури зарядних станцій. Ефективне функціонування системи зарядних мереж і станцій вкрай утруднене без інтеграції сучасних інформаційних технологій, які здатні забезпечити інтелектуальну взаємодію між енергомережами, обмін даними, моніторинг стану обладнання та багато іншого.

Інформаційні технології закладені в роботу мережі зарядних станцій разом із структурою силової частини визначають модель архітектури системи зарядних станцій: централізована, децентралізована та гібридна. Загальна архітектура інформаційної системи зарядних станцій є багаторівневою і має три рівні: апаратний, рівень комунікаційної мережі, віртуальний або програмний рівень. Для забезпечення зв'язку між усіма вузлами та компонентами мережі зарядних станцій використовуються різноманітні протоколи передачі даних.

Аналіз протоколів передачі даних підтвердив, що OCPP є основним для організації взаємодії між зарядною станцією та оператором мережі. Встановлено надважливу роль ISO 15118 в рамках розширеної взаємодії між зарядною станцією та акумуляторним електромобілем (Plug & Charge, Vehicle-to-Grid, Smart Charging).

Визначено, що оптимальним для внутрішньостанційного обміну даними є протокол Modbus, а використання MQTT у поєднанні з OCPP стає стандартом для передачі даних у реальному часі завдяки його високій швидкості та масштабованості.

Аналіз систем безпеки підтвердив, що основою захисту (зокрема за стандартом ISO 15118) є шифрування TLS та інфраструктура PKI (відкриті ключі). Поряд із класичними методами (RFID, додатки), пріоритет зміщується в бік автоматизованих рішень на кшталт Plug & Charge (підключив зарядив) та SSO (єдиний вхід), які є безпечнішими, проте вимагають оновлення інфраструктури.

Ключові рекомендації для різних учасників ринку послуг з заряджання акумуляторних електромобілів.

									Лист
									53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	7.141.240085.ПЗ				

Операторам мереж зарядних станцій (СРО):

- Поєднувати MQTT з ОСРР для покращення зв'язку в реальному часі та масштабованості IoT;
- Впроваджувати надійні протоколи роумінгу, зокрема ОСРІ, для забезпечення безпроблемного заряджання акумуляторних електромобілів у різних мережах;
- Відстежувати розвиток нових стандартів та вчасно впроваджувати їх в своїх системах.

Виробникам електромобілів (ОЕМ):

- Гарантувати підтримку ключових протоколів: CAN, ISO 15118 та IEC 61851 для сумісності з наявною зарядною інфраструктурою;
- Розглянути використання MQTT для розширення функцій користувацького інтерфейсу.

Розробникам технологій:

- Створювати масштабовані, безпечні платформи, що підтримують кілька протоколів;
- Підвищувати продуктивність та сумісність комунікаційних рішень.

					7.141.240085.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

СПИСОК ГРАФІЧНИХ РОБІТ

- 1) Сучасний стан ринку електромобілів та зарядної інфраструктури в Україні;
- 2) Фактори зростання ринку електромобілів в Україні;
- 3) Моделі архітектури системи зарядних станцій;
- 4) Протоколи передачі даних в системах заряджання електромобілів.

					7.141.240085.ПЗ	Лист
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

ДОДАТОК А

Графічні роботи

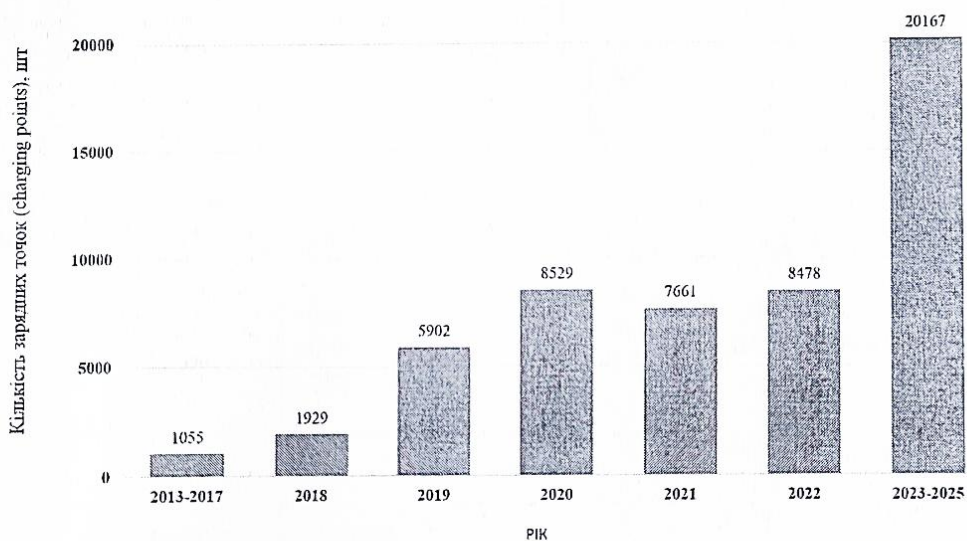
					7.141.240085.ПЗ	Лист
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість зареєстрованих електромобілів в Україні за період 2015...2025 р.



Рік	2015-2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025 (за 6 місяців)	Разом
Кількість зареєстрованих електромобілів, шт.	4354	5503	7486	7961	8996	14740	38707	51934	42700	Приблизно 190 тисяч
Частка нових, %	8,3	8	8	10	13,1	14	17,6	18,4	22	-

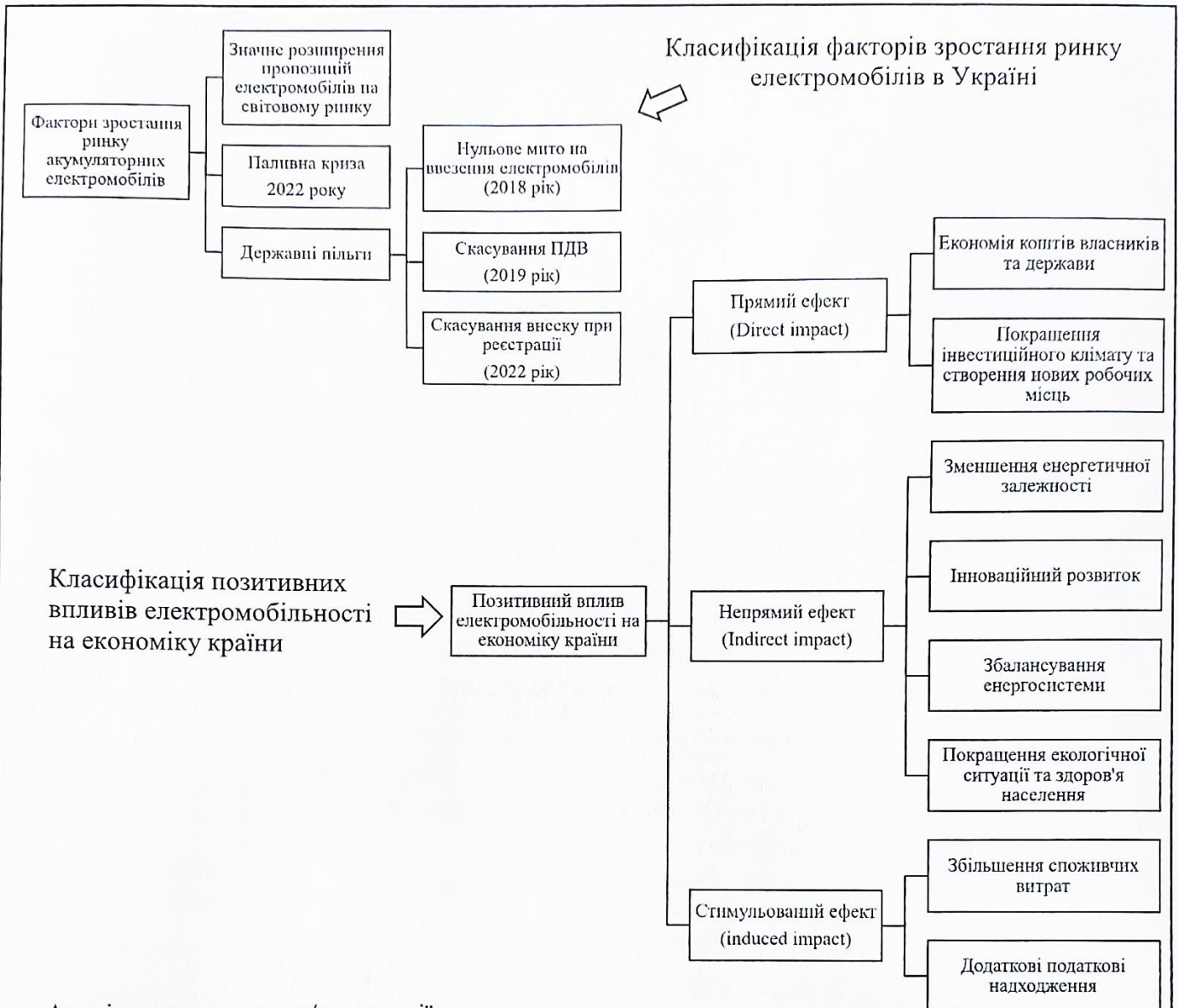
Динаміка зростання зарядної інфраструктури електромобілів в Україні в період 2013...2025 роки



Рік	2013-2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023-2025
Загальна кількість зарядних точок (charging points), шт.	1055	1929	5902	8529	7661	8478	20167

Сучасний стан ринку електромобілів та зарядної інфраструктури в Україні

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
					Додаток А 7.141.240085.01		
Зав. кафедр.		Муха А.М.	<i>[Signature]</i>	05.01.2025			
Н. контр.		Муха А.М.	<i>[Signature]</i>	05.01.2025		59	62
Осн. керів.		Устименко Д.В.	<i>[Signature]</i>	05.01.2025	Український державний університет науки і технологій, група EE2421		
Розробив		Чумак М.В.	<i>[Signature]</i>	05.01.2025			



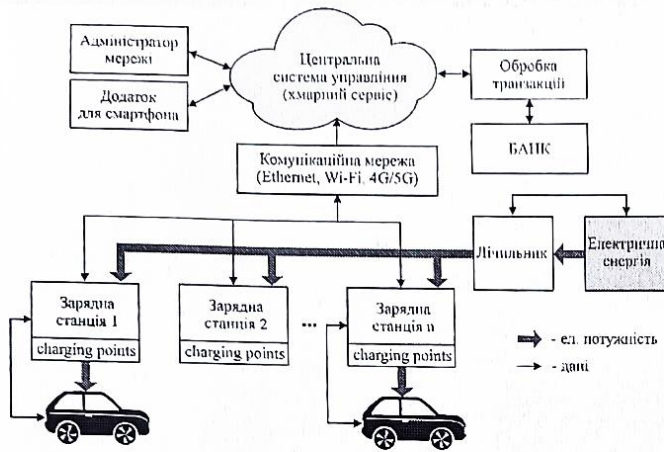
Аналіз витрати палива/ел. енергії в розрахунку на наявний парк акумуляторних електромобілів в Україні

Тип транспортного засобу	Кількість, шт.	Середній пробіг за рік, км	Середня витрата пального/ел. енергії на 100 км пробігу	Вартість пального/ел. енергії	Витрати за рік на паливо/ел. енергію, млрд. грн.
Автомобіль з ДВЗ	190 000	13 000	10 літрів	52 000 грн. за 1000 літрів	12,8
Акумуляторний електромобіль			16,6 кВт·год	17 грн. 1 кВт·год (40%) 4,32 грн. 1 кВт·год (60%)	3,64

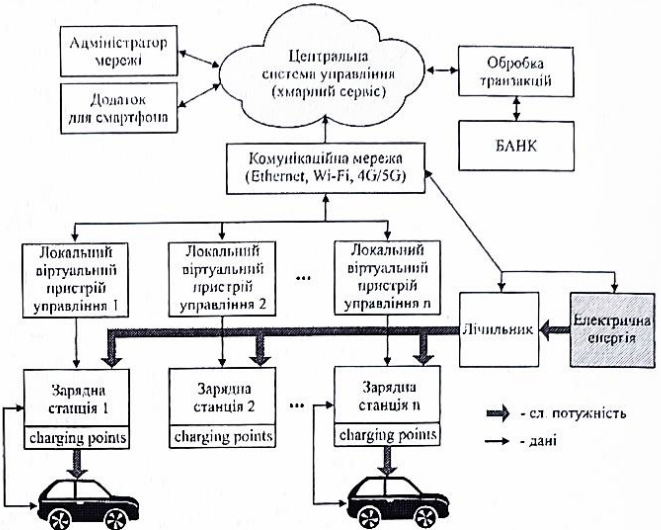
Річна економія виключно на паливі складе 12,8 млрд. грн.-3,64 млрд. грн.=9,16 млрд. грн.

Фактори зростання ринку електромобілів в Україні				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Зав. кафед.	Муха А.М.			05.01.2026
Н. контр.	Муха А.М.			05.01.2026
Осн. керів.	Устименко Д.В.			05.01.2026
Розробив	Чумак М.В.			05.01.2026
Додаток А 7.141.240085.02				
		Стад.	Аркуш	Аркушів
			60	62
Український державний університет науки і технологій, група EE2421				

Модель централізованої архітектури системи зарядних станцій



Модель децентралізованої архітектури системи зарядних станцій



Порівняльна багаточинна характеристика архітектур систем зарядних станцій акумуляторних електромобілів

Фактор	Модель архітектури системи зарядних станцій		
	Централізована	Децентралізована	Гібридна
Масштабованість	Висока для великих мереж	Обмежена для великих мереж	Визначається реалізацією
Складність управління	Висока	Висока складність координації великої кількості незалежних станцій	Висока складність інтеграції та управління
Надійність	Визначається надійністю центрального сервера	Висока стійкість до локальних відмов	Компроміс між централізацією та розподіленням
Безпека	Централізований контроль, єдина потенційна точка кібератаки	Розподілена, складніше керувати глобальною безпекою	Поєднує підходи визначається реалізацією
Капітальні затрати на створення	Високі	Низька для окремих станцій	Залежить від комбінації компонентів
Експлуатаційні витрати	Середні або низькі	Середні або високі	Середні
Область ефективного використання	Великі громадські мережі, автопарки	Локальні енергетичні системи, приватні зарядні станції	Гнучкі рішення, що вимагають централізованого контролю при локальній автономії

Моделі архітектури системи зарядних станцій

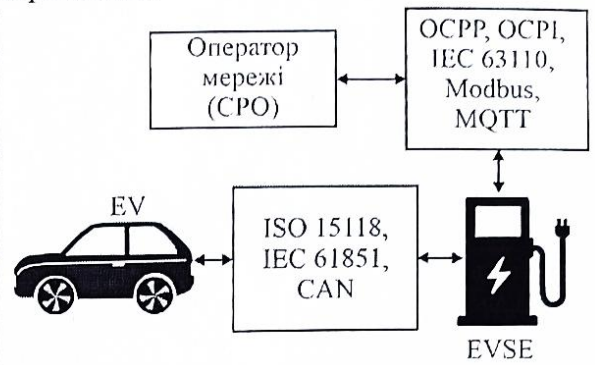
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Зав. кафедр.		Муха А.М.		05.01.2026
Н. контр.		Муха А.М.		05.01.2026
Осн. керів.		Устименко Д.В.		05.01.2026
Розробив		Чумак М.В.		05.01.2026

Додаток А
7.141.240085.03

Стад.	Аркуш	Аркушів
	61	62
Український державний університет науки і технологій, група EE2421		

Класифікація протоколів передачі даних в системах зарядних станцій для акумуляторних електромобілів

Категорія	Протоколи
Протоколи взаємодії між акумуляторним електромобілем і зарядною станцією (EV-to-EVSE Communication)	ISO 15118, IEC 61851, CAN
Протоколи взаємодії між зарядною станцією і оператором мережі (EVSE-to-CPO Communication)	OCPP, OCPI, IEC 63110, Modbus, MQTT
Протоколи інтерфейсу користувача	http/https, REST (через http/https), MQTT (для оновлень в реальному часі), власні протоколи (якщо є)



Порівняльна характеристика протоколів взаємодії між акумуляторним електромобілем і зарядною станцією (EV-to-EVSE Communication)

Характеристика	IEC 61851	ISO 15118	CAN
Тип сигналу	Аналоговий (PWM)	Цифровий (IP/PLC)	Цифровий (Bus)
«Інтелектуальні» функції	Низький рівень	Високий рівень (PNC, V2G)	Середній рівень (контроль DC)
Рівень безпеки	Базовий	Криптографічний (TLS)	Апаратна надійність
Переваги	Простота, низька вартість, універсальність	Висока безпека, підтримка енергоменеджменту	Висока надійність, стійкість до завад, real-time
Обмеження	Відсутній обмін даними	Складність впровадження, вартість	Відсутнє вбудоване шифрування, обмежена гнучкість

Протоколи взаємодії між зарядною станцією і оператором мережі (EVSE-to-CPO Communication): Open Charge Point Protocol (OCPP), Open Charge Point Interface (OCPI), IEC 63110, Modbus, Message Queuing Telemetry Transport (MQTT).

Порівняльна характеристика методів автентифікації та авторизації в зарядних станціях для акумуляторних електромобілів

Метод	Рівень безпеки	Складність впровадження	Зручність користування	Сумісність
MAC-адреса	Низький	Низька	Висока	Обмежена, через низьку безпеку
RFID	Середній	Низька	Висока	Широка
Plug & Charge (ISO 15118)	Високий	Висока	Дуже висока	Обмежена підтримкою стандарту
Єдиний вхід (SSO)	Високий	Середня	Дуже висока	Залежить від провайдера
Мобільний застосунок	Середній	Середня	Висока	Залежить від мережі
Платіжна система	Високий	Середня	Середня	Широка
Віддалена авторизація	Середній	Середня	Висока	Залежить від мережі
Біометрична автентифікація	Високий	Висока	Середня	Залежить від провайдера

Протоколи передачі даних в системах заряджання електромобілів				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Зав. кафедр.	Муха А.М.			
Н. контр.	Муха А.М.			
Осн. керів.	Устименко Д.В.			05.01.2024
Розробив	Чумак М.В.			05.01.24

Додаток А
7.141.240085.04

Стад.	Аркуш	Аркушів
	62	62

Український державний університет науки і технологій, група EE2421