

Київ 2024

**ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**
Навчально-науковий інститут інформаційних технологій

Кафедра Інформаційні системи та технології

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 126 Інформаційні системи та технології

Освітньо-професійна програма Інформаційні системи та технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедру

Інформаційних систем та технологій

_____ Каміла Сторчак

“ ____ ” _____ 2024 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Зеленському Олександру Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові здобувача)

1. Тема роботи: «Система автоматичного пошуку найближчих зарядних станцій для автомобілів на базі технології IoT»

Керівник кваліфікаційної роботи Срібна Ірина Миколаївна професор кафедри, доктор технічних наук, доцент.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом Державного університету інформаційно-комунікаційних технологій від «15» жовтня 2024 р. № 320

2. Строк подання кваліфікаційної роботи «27» грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

технологія IoT;

інтелектуальна система для зарядки електромобілів;

протокол групової маршрутизації транспортного засобу на відстані DVMRP.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити).

1. Роль інтернету речей у зростанні зарядки електромобілів.

2. Аналіз інфраструктури зарядних станцій для електромобілів.
3. Розумна ідентифікація зарядної станції для транспортних засобів на основі IoT.
5. Перелік ілюстративного матеріалу: *презентації*
 1. Рівні системи IoT.
 2. Типи зв'язку від автомобіля до всього (V2X).
 3. Зарядка електромобілів IoT.
 4. IoT у зарядці електромобілів.
 5. Види живлення: а) Управління живленням, б) Керування живленням пріоритету прибуття, в) Живлення на виходах зарядної станції.
 6. Комунікаційна мережа для систем зарядки електромобілів.
 7. Алгоритм пересилання та зберігання даних, пов'язаних із відповідями на маршрут (RREP) і запитами на маршрут (RREQ) у мережі.
 8. Графік залежності швидкості від ефективності.
 9. Порівняння пропускної здатності.
 10. Висновки, апробації.
6. Дата видачі завдання: «15» жовтня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів бакалаврської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Опрацювання літературних джерел	15.10 – 27.10.24	Виконано
2	IoT для автономних транспортних засобів	28.10 – 15.11.24	Виконано
3	Інфраструктура зарядки електромобілів	16.11 – 25.11.24	Виконано
4	Розроблення алгоритму для роботи з мережею, який обслуговує електричні транспортні засоби (EVs)	26.11 – 08.12.24	Виконано
5	Оформлення роботи вступ, висновки, реферат	9.12 – 14.12.24	Виконано
6	Розробка демонстраційних матеріалів	15.12 – 20.12.24	Виконано
7	Попередній захист роботи	25.12.24	Виконано

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Олександр ЗЕЛЕНСЬКИЙ

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

Ірина СРІБНА

(Ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Текстова частина кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня магістра:
97 с., 12 табл., 31 рис., 30 джерел.

Метою магістерської роботи є розробка та впровадження інноваційної системи, яка за допомогою технології Інтернету речей (IoT) забезпечить зручний та ефективний пошук найближчих зарядних станцій для електромобілів. Така система має на меті сприяти популяризації електротранспорту, вирішуючи одну з ключових проблем – відсутність достатньої кількості зарядних станцій та труднощі з їх пошуком.

Об'єктом дослідження: є процес пошуку найближчих зарядних станцій для електромобілів з використанням технології Інтернету речей (IoT). Це складний процес, який включає в себе збір даних про розташування зарядних станцій, визначення оптимального маршруту до найближчої станції та надання користувачеві відповідної інформації.

Предмет дослідження: протокол дистанційної векторної багатоадресної маршрутизації (DVMP) для покращення процесу збору інформації для зарядних станцій через Інтернет речей (IoT).

Короткий зміст роботи: У роботі проведено детальний аналіз сучасного стану інфраструктури зарядних станцій, розглянуто різні типи зарядних пристроїв та технології зарядки. Приділена увага ролі IoT у створенні "розумних" зарядних станцій, які здатні самостійно керувати процесом зарядки, оптимізувати використання енергії та забезпечувати зручний користувацький досвід.

Розроблений алгоритм для роботи з мережею, який обслуговує електричні транспортні засоби (EVs). Він орієнтований на обробку та передачу інформації, пов'язаної з: маршрутними відповідями (RREP) — відповіді на запити маршрутів, а також з маршрутними запитами (RREQ) — запити для знаходження маршруту до найближчої зарядної станції. Запропонований IoT Framework для електромобілів, який дозволяє ефективно керувати процесом зарядки.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ІОТ, ЕЛЕКТРОМОБІЛЬ, ПУНКТ ЗАРЯДКИ, ХМАРА, ВАРТІСТЬ, СПОСІБ ПЕРЕДАВАННЯ, ЗАРЯДКА СТАНЦІЯ, ЖИВЛЕННЯ, ЗАРЯДНИЙ БЛОК ЖИВЛЕННЯ

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	9
ВСТУП.....	10
1 РОЛЬ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ У ЗРОСТАННІ ЗАРЯДКИ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ	12
1.1 Екосистема IoT для автономних транспортних засобів	12
1.2 Розширення технології IoT.....	16
1.3 IoT у зарядці електромобілів.....	19
1.4 Використання прикладів того, як IoT може змінити досвід зарядки електромобілів.....	25
2 АНАЛІЗ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ДЛЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ.....	27
2.1 Огляд зарядної інфраструктури для електромобілів (EV)	27
2.2 Тип зарядної станції для електромобілів (EVCS)	30
2.3 Технологія зарядки електромобілів.....	32
2.4 Способи зарядки електромобілів.....	36
2.5 Інфраструктура зарядки електромобілів.....	39
2.6 Електромобілі та мережа: режими інтерфейсу живлення.....	50
2.7 Політика та стимули	59
3 РОЗУМНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ ЗАРЯДНОЇ СТАНЦІЇ ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ОСНОВІ IOT	62
3.1 Аналіз інфраструктури	62
3.2 Розподіл живлення змінного та постійного струму	66
3.3 Двонаправлені перетворювачі змінного/постійного струму.....	70
3.4 Додаток зарядки	72
3.5 Маршрутизація	75
3.6 Оцінка заряду та підключення модуля.....	79
3.7 Математична модель, IOT Framework для EV	81
3.8 Чисельні результати та їх обговорення.....	84
3.9 Аналіз ефективності та потужності.....	86
3.10 Результати.....	88
ВИСНОВКИ.....	94
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	96
ДЕМОНСТРАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ (Презентація).....	99

ABSTRACT

Text part of the master's qualification work:

97 pages, 31 pictures, 12 tables , 30 sources.

The aim of the master's thesis is to develop and implement an innovative system that, using Internet of Things (IoT) technology, will provide a convenient and effective search for the nearest charging stations for electric vehicles. Such a system aims to promote the popularization of electric transport by solving one of the key problems - the lack of a sufficient number of charging stations and the difficulties in finding them.

Object of research is the process of finding the nearest charging stations for electric vehicles using Internet of Things (IoT) technology. It is a complex process that involves collecting data about the location of charging stations, determining the optimal route to the nearest station, and providing the user with relevant information.

Research subject: Distance Vector Multicast Routing Protocol (DVMRP) to improve the information collection process for charging stations via the Internet of Things (IoT).

Summary of the work: The paper provides a detailed analysis of the current state of the charging station infrastructure, considers different types of chargers and charging technologies. Attention is paid to the role of IoT in creating "smart" charging stations that are able to independently manage the charging process, optimize energy use and provide a convenient user experience.

An algorithm has been developed to work with a network serving electric vehicles (EVs). It is focused on processing and transmitting information related to: route responses (RREP) - responses to route requests, as well as route requests (RREQ) - requests to find a route to the nearest charging station. An IoT Framework for electric vehicles is proposed, which allows for effective management of the charging process.

KEYWORDS: IoT, ELECTRIC CAR, CHARGING POINT, CLOUD, COST, TRANSMISSION METHOD, CHARGING STATION, POWER SUPPLY, CHARGING POWER SUPPLY UNIT

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

EVs	Electric vehicles - електромобіль
CPU	Each Charging Power Unit – зарядний блок живлення
SQL	Structured Query Language - мова структурованих запитів
CSs	charging stations – зарядні станції
DVMRP	Distance Vector Multicast Routing Protocol - протокол багатоадресної маршрутизації з вектором відстані
IoT	Internet of Things - Інтернет речей
M2M	Machine to Machine - машина до машини
ICE	internal combustion engine - двигун внутрішнього згоряння
SOC	State of Charge – стан заряду
HEV	hybrid electric vehicles – гібридний електромобіль
RES	renewable energy sources - відновлювані джерела енергії
EC	Extreme Charging - екстремальне заряджання
ШІМ	широтно-імпульсна модуляція
PF	power factor - коефіцієнт потужності
THD	Total harmonic distortion - повне гармонійне спотворення
RFI	Radio Frequency Identification - радіочастотна ідентифікація
DSO	distribution system operator - оператор системи розподілу

ВСТУП

Актуальність роботи. Розвиток електромобільного транспорту в Україні неможливий без надійної та розвиненої інфраструктури зарядних станцій. З кожним роком кількість електромобілів на дорогах зростає, що стимулює розвиток нових технологій для швидкісної зарядки та розширення мережі зарядних пунктів.

Одним із ключових аспектів інфраструктури електромобілів є наявність швидкісних зарядних станцій, які дозволяють зарядити батарею до 80% ємності за 30-40 хвилин. Це значно скорочує час, який водії змушені витратити на зарядку під час подорожей. Швидкісні зарядні пристрої особливо важливі для міжміських маршрутів та основних трас, де водії потребують швидкої зарядки для продовження руху.

В Україні вже активно впроваджуються станції зарядки з підтримкою технологій швидкісної зарядки, таких як CHAdeMO, CCS та інші. Це дозволяє електромобілям різних моделей користуватися інфраструктурою без обмежень.

Швидке зростання електронної мобільності призвело до збільшення попиту на зарядну інфраструктуру, що вимагає інноваційних рішень для оптимізації та адаптації існуючої зарядної інфраструктури. Сучасна зарядна інфраструктура стикається з такими проблемами, як обмежена доступність, недостатня зарядна ємність і негнучкість використання відновлюваних джерел енергії для мобільності. Щоб подолати ці проблеми, очікується, що платформа Інтернету речей (IoT) з інтелектуальними сервісними додатками забезпечить адаптивну інфраструктуру зарядки для ефективного та сталого використання ресурсів. Крім того, цей документ закладає основу для розробки та впровадження платформи IoT із сервісними програмами для зарядних станцій, які можна використовувати незалежно від основних постачальників магазинів мобільних додатків, тим самим сприяючи розвитку електронної мобільності та суверенітету зарядна інфраструктура.

Головною метою магістерської роботи є розробка та впровадження інноваційної системи, яка за допомогою технології Інтернету речей (IoT)

забезпечить зручний та ефективний пошук найближчих зарядних станцій для електромобілів. Така система має на меті сприяти популяризації електротранспорту, вирішуючи одну з ключових проблем – відсутність достатньої кількості зарядних станцій та труднощі з їх пошуком.

Об'єктом дослідження: є процес пошуку найближчих зарядних станцій для електромобілів з використанням технології Інтернету речей (IoT). Це складний процес, який включає в себе збір даних про розташування зарядних станцій, визначення оптимального маршруту до найближчої станції та надання користувачеві відповідної інформації.

Предмет дослідження: протокол дистанційної векторної багатоадресної маршрутизації (DVMP) для покращення процесу збору інформації для зарядних станцій через Інтернет речей (IoT).

Накова новизна роботи: Запропонований підхід передбачає розширену маршрутизацію за допомогою алгоритму DVMP, який може бути використаний для визначення найкоротшого шляху від електромобіля до найближчої вільної зарядної станції.

Практичне значення: Це дослідження представляє серверну програму спрямовану на досягнення оптимізації планування для мінімізації часу очікування та надання рекомендацій щодо зарядних станцій у реальному часі для електромобілів, які поєднують доступність і швидку зарядку.

Апробація результатів роботи. Зеленський О.В. Зарядна станція електромобіля на основі Інтернету речей. II Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні аспекти діджиталізації та інформатизації в програмній та комп'ютерній інженерії». Збірник тез. – К.: ДУІКТ, 2024.

1 РОЛЬ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ У ЗРОСТАННІ ЗАРЯДКИ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

1.1 Екосистема IoT для автономних транспортних засобів

Зараз існує багато шуму навколо технічного терміну «Інтернет речей» (IoT), який, як кажуть, був запропонований Кевіном Ештоном ще в 1999 році. За останні кілька років з'явилося багато різноманітних визначень IoT, які використовуються всюди. Наприклад, Міжнародний союз телекомунікацій визначає Інтернет речей як «глобальну інфраструктуру для інформаційного суспільства, що забезпечує розширені послуги шляхом взаємозв'язку (фізичних і віртуальних) речей на основі існуючих і розвиваються сумісних інформаційних і комунікаційних технологій». У двох словах, IoT — це гігантська мережа взаємопов'язаних речей і людей, які збирають і обмінюються даними про те, як вони використовуються, і про середовище навколо них. Хоча значення терміну «речі» значно змінилося за останнє десятиліття, головна мета пристрою, щоб зрозуміти інформацію без втручання людини, залишається в основному незмінною.

Взаємодія «машина-машина» (M2M) з'єднує ізольовані системи датчиків із серверами з невеликим або без взаємодії людини. IoT використовує підключення M2M, інтегрується з веб-додатками та підключається до системи хмарних обчислень. Фізичні речі та ІТ поєднуються в IoT у формі апаратного та програмного забезпечення, щоб впровадити інновації в ідеї та існуючі моделі. Таким чином, первинні характеристики фізичної «речі» посилюються додатковими цифровими послугами на базі ІТ, до яких можна отримати доступ локально та глобально. Сфери застосування IoT різноманітні та численні. У найближчому майбутньому вони також можуть поширитися практично на всі кордони повсякденного життя. Наприклад, під час Четвертої промислової революції (Індустрія 4.0) розумні галузі більше стурбовані розвитком інтелектуальних виробничих систем і підключених виробничих майданчиків. Розумні будинки, розумні транспортні системи та розумні системи охорони здоров'я — це деякі інші основні сфери застосування IoT.

Системи, в яких обчислювальні, комунікаційні та технології керування тісно пов'язані, відомі як кіберфізичні системи (CPS). CPS, які збирають дані з сенсорних мереж для обробки в режимі реального часу, кардинально змінять наше майбутнє. З них народяться інтелектуальні транспортні системи, у яких більшість завдань (навігація, прийняття рішень тощо) будуть контролюватись самими транспортними засобами без втручання людини. Рішення Інтернету речей, які полегшують зв'язок між транспортними засобами, є будівельними блоками ІТС. Система ITS–IoT утворює екосистему із сенсорними системами, системами моніторингу та системами відображення.

На рисунку 1.1 показано, що платформа IoT має чотири основні рівні:

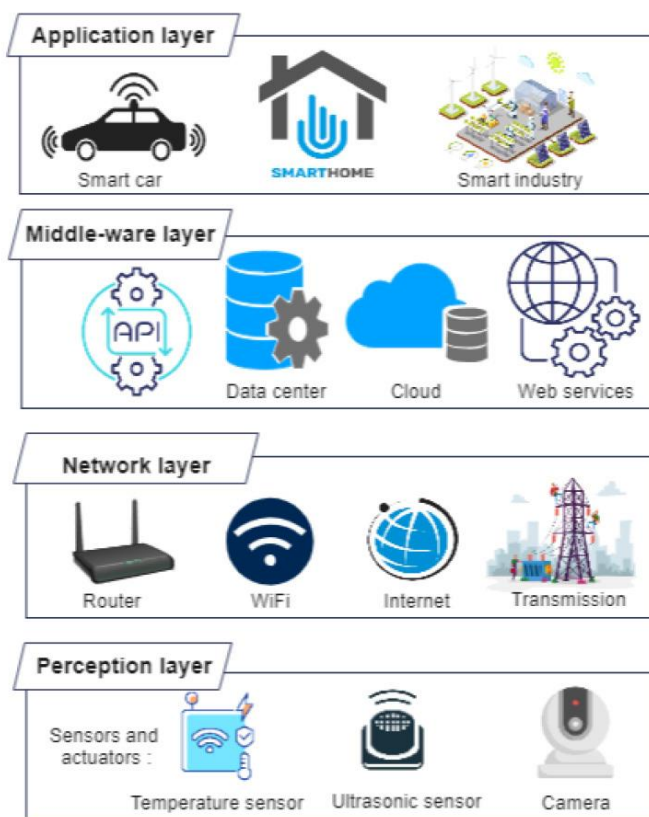


Рис. 1.1. Рівні системи IoT

- Рівень сприйняття: також відомий як рівень речей або пристроїв, він містить усі необхідні апаратні засоби, включаючи датчики, виконавчі механізми, процесори та вбудоване програмне забезпечення, які збирають різноманітні дані з фізичного світу.

- Мережевий рівень: рівень з'єднання або комунікаційний рівень мережі має маршрутизатори та шлюзи. Він включає в себе всі бездротові технології, такі як Wi-Fi і стільникові технології, включаючи 4G або 5G, 6G, і протоколи зв'язку, такі як MQTT, які полегшують зв'язок між рівнем пристроїв і хмарним рівнем.

- Рівень обробки: діючи як проміжне програмне забезпечення, цей рівень відповідає за обробку даних, отриманих від його попередніх рівнів. Для додатків, які не працюють у реальному часі, дані в реальному часі збираються за допомогою API і припиняються. Цей рівень важливий, оскільки він визначає корисність оброблених даних з точки зору вимог користувача та те, де їх слід розмістити далі. Він сортує дані без категорій і займається їх доступністю для інших рівнів, пристроїв або систем. Таким чином, він покращує сумісність пристроїв IoT.

- Рівень додатків: також званий хмарним рівнем IoT, це найвищий рівень, який містить важливі сервери або хмари для зберігання та аналізу даних. Крім того, програмне забезпечення для зв'язку та керування пристроєм використовується для спілкування з людьми, системами та речами, таким чином керуючи «пов'язаними речами». Воно діє як централізована система керування та відповідає на важливі бізнес-питання.

Окрім вищезазначених основних шарів, існують два додаткових шари, які охоплюють їх. Це:

- Рівень периферійних або туманних обчислень: цей додатковий рівень допомагає пристроям IoT відповідати вимогам затримки, швидкості та точності 5G та інших мереж зв'язку 5G. Обробка та зберігання інформації на ранній стадії та поблизу її джерела (вузли країв або туману) допомагає зберегти обчислювальні ресурси, заощадити час і підвищити продуктивність системи.

- Рівень безпеки: він діє як кришка над усіма попередніми шарами, щоб запобігти порушенням безпеки. Безпека може бути порушена зловмисниками на будь-якому з вищезгаданих рівнів, під час передачі через мережу або на кінцевих пристроях. Таким чином, він займається безпекою пристрою, безпекою підключення та безпекою хмари.

Екосистема IoT складається з шести компонентів, які взаємодіють між собою: транспортний засіб, людина, персональний пристрій, мережева інфраструктура, сенсорний пристрій і придорожній пристрій. Їхнє значення полягає в наступному:

- По сусідству буде підключена структура автономних транспортних засобів, які спілкуватимуться між собою, щоб обмінюватися відповідною інформацією, такою як стан доріг, сповіщення та інші фізичні параметри.

- Особа включає будь-кого, хто запитує доступ до послуги в екосистемі IoT. Це може бути попутник, пішохід або люди, які живуть по сусідству.

- Персональний пристрій належить до будь-якої з вищезазначених категорій людей і використовує або надає послуги.

- Пристрої мережевої інфраструктури в циклі зв'язку – це ті, які використовуються для передачі даних в екосистему.

- Сенсорні пристрої – це вбудовані датчики та виконавчі механізми в AV, які збирають і передають інформацію про параметри транспортного засобу (температуру, тиск у шинах, витрачене паливо та залишок палива), здоров'я людини (кров'яний тиск, частота серцевих скорочень) та фактори навколишнього середовища (рівень шуму, погода). умови, забруднення тощо).

- Придорожні пристрої формують транспортне середовище (інформаційні екрани, світлофори або радары), які вловлюють і поширюють в екосистему необхідну інформацію про дорожні умови, можливі об'їзди, аварії тощо.

У такій обширній і комплексній екосистемі IoT існує багаторівневий обмін даними між усіма підключеними пристроями, які є її частиною. Такі взаємодії між пристроями (D2D) можуть включати пристрої всередині та поза транспортним засобом, які збирають дані, зберігають, обробляють, передають їх і приймають рішення на їх основі без втручання людини. Шість типів взаємодії D2D, це взаємодія транспортного засобу з транспортним засобом (V2V), транспортний засіб і персональний пристрій (V2P) (або пристрої між транспортним засобом і людиною, V2H), транспортний засіб і узбіччя (V2R), транспортний засіб і датчик (V2S), транспортний засіб та інфраструктура (V2I), а також придорожні та

персональні пристрої (R2P). Ще дві взаємодії, а саме узбіччя до узбіччя (R2R) і датчики та виконавчі механізми (S2A), також можна включити до наведеного вище списку.

1.2. Розширення технології IoT

Зростання та подальше розширення технології IoT призвели до широких досліджень у конкретних сферах застосування. Автомобільні спеціальні мережі (VANET) є однією з них, яка проливає світло на зв'язок між автомобілями та зв'язок з інфраструктурою. З часом VANET перетворився на IoV, пряме відгалуження IoT, і буде розвиватися в Інтернет автономних транспортних засобів (IoAV). Як випливає з самої назви, IoV — це збір даних із бортових датчиків транспортних засобів і придорожніх пристроїв, таких як модулі GPS, радіолокаційні гіроскопи наближення, LiDAR та різноманітні інші модулі продуктивності та керування, наявні у бортовому пристрої. бортовий блок (OBU). Після цього зібрані дані обробляються та можуть бути використані разом із подібними даними (місцезнаходження, швидкість, трафік, можливі об'їзди) про транспортні засоби з OBU інших транспортних засобів, щоб надати реальну картину дорожнього руху для місцевості, яка може краще керувати автопарком. транспортних засобів.

Широко прийнята архітектура IoAV складається з трьох рівнів: сенсорного рівня (поєднання фізичного рівня та рівня каналу передачі даних, який зосереджується на зборі інформації за допомогою доступних датчиків), мережевого рівня, як показано на рисунку 1.2 (обробка всіх типів зв'язку, наприклад V2V), V2I, V2P/V2H, V2S, V2R і обробка даних за допомогою мережевих технологій, таких як LAN і середовище передачі, таке як Wi-Fi або Bluetooth), і додаток рівень (керування даними, зберігання, обробка, прийняття рішень, забезпечення підтримки аналізу великих даних, WSN, хмарні обчислення тощо).

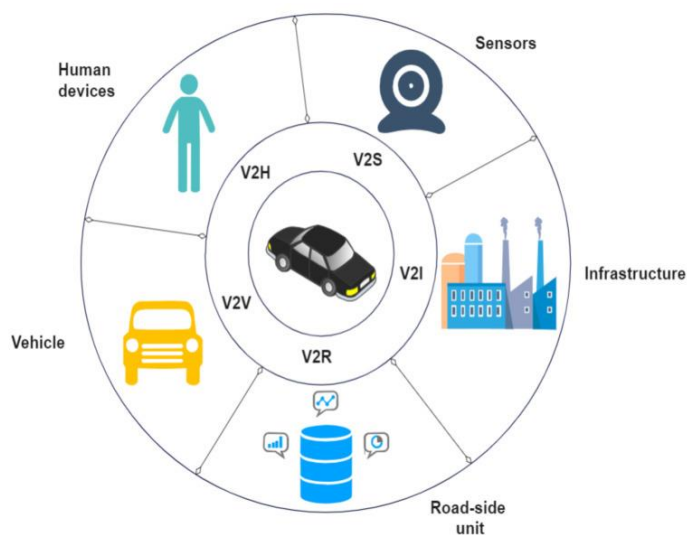


Рис. 1.2 Типи зв'язку від автомобіля до всього (V2X)

Виклики. Оскільки IoV та IoAV еволюціонували з IoT, вони стикаються з тими ж загрозами, що й звичайна мережа IoT, і стикаються з кількома додатковими загрозами, класифікованими приблизно на загрози між транспортними засобами та загрози всередині транспортних засобів, наприклад:

- Безпека та конфіденційність: IoAV передбачає передачу особистої інформації користувача, такої як місцезнаходження та ідентифікаційні дані, для отримання точних результатів. Транспортні засоби в мережі IoAV також обмінюються між собою інформацією, яка може потрапити в чужі руки або бути маніпульованою зловмисниками. Оскільки IoV має доступ до багатьох пристроїв, він містить різні технології та служби, які роблять його вразливим до атак DDoS та інших зловмисних ризиків. До різних частин AV, таких як камери, GPS, датчики, гальма, сигналізація, кермо та акселератор, можна отримати віддалений доступ, що загрожує конфіденційності користувачів і навіть може бути фатальним.

- Відповідь у режимі реального часу: однією з головних умов безпроблемного функціонування мережі IoAV є отримання необхідної інформації та прийняття відповідних рішень за допомогою найшвидшого доступного зв'язку, який все ще відстає через поточні рамки безпеки, які створюють затримку в мережі через інтенсивний процес аутентифікації.

- Перевірка даних: гігантський обсяг даних, створених мережею IoAV, потрібно ефективно збирати, обробляти та перевіряти, щоб запобігти хибно-

позитивним звітам. Зловмисники (користувачі або транспортні засоби) можуть надсилати в мережу неправдиві дані про трафік або аварії, що призводить до непотрібної плутанини та безпричинного перенаправлення трафіку.

- Надійність: для ефективного зв'язку IoT з автономними транспортними засобами наявність стабільного з'єднання є основною передумовою. Таким чином, мережеві вузькі місця, DoS-атаки та збої в комунікації можуть значно перешкоджати роботі інфраструктури. Проблеми мобільності повинні бути викорінені, і всі вузли повинні мати можливість передавати та отримувати інформацію на будь-якій швидкості та в будь-якому місці. Апаратне забезпечення, що не працює або не реагує, також може погіршити надійність.

- Перешкоди: Мережа IoAV вразлива до атак, що викликають перешкоди, наприклад, перешкод даних, сигналу та GPS. Передача великих обсягів даних до придорожніх пристроїв через непередбачену подію або зловмисники, які навмисно заповнюють їх сміттєвою інформацією, може призвести до блокування даних через надмірне навантаження на їх обчислювальну потужність.

- Величезні обсяги інформації для обробки: підключені транспортні засоби генерують приблизно 1 ГБ даних за секунду, яка буде збільшуватися, оскільки все більше інфраструктури та пристроїв виходять в Інтернет і вимагають підключення. Незважаючи на те, що великі дані є перевагою технології IoV, керування постійним потоком даних може бути складним для постачальників. Таким чином, недостатній обсяг пам'яті та тривалі затримки мережі можуть перешкоджати хмарним обчисленням і завдати шкоди системі.

- Довгий виробничий цикл: з доступною наразі інфраструктурою Інтернету речей виробникам потрібно багато часу, щоб створити та вивести на ринок підключений автомобіль. Незважаючи на те, що цей довгий виробничий цикл скорочується з подальшим прогресом у технології IoT/IoV, для виходу розумного автомобіля на ринок знадобляться місяці. Це гальмування може змусити виробників пропустити тенденції розвитку та не реалізувати їх у продуктах.

1.3 IoT у зарядці електромобілів

Мобільність електромобілів іноді обмежена. Як наслідок, він потребує регулярної підзарядки. Населення зростає в геометричній прогресії, що призводить до збільшення заторів. Оскільки відомо, що запаси палива на нашій планеті обмежені, настав час переходити на інший вид транспорту, а електрика є найкращою альтернативою для цього, з електромобілями бути прикладом. Заряджання від розетки – це найпоширеніший спосіб заряджання електромобілів, який складається з розетки, яку потрібно приєднати до автомобіля, щоб почати зарядку. Під час використання бездротової зарядки не потрібно вмикати та вимикати розетку. У результаті втручання людини буде меншим, а небезпека ураження електричним струмом від підключених з'єднань буде зменшена. Асортимент зарядних електрокарів обмежений, і вони потребують величезних і важких акумуляторів. Основні переваги технології бездротової зарядки полягають у тому, що вона покращує радіус дії автомобіля та зменшує розмір батареї. Це також зменшує вартість зарядки та час, необхідний для зарядки автомобіля. Це призводить до збільшення екологічних і фінансових переваг електромобілів, а також їх швидкого визнання.

Електромобілі, як і сучасні бензинові автомобілі, потребують зарядної станції. Є два типи методів заряджання для акумуляторів EV на основі бездротової передачі енергії (WPT): статичне та динамічне заряджання. Електромобілі зі статичним зарядом називають електромобілями з акумулятором (BEV), тоді як електромобілі з динамічним зарядом називають онлайн-електричними транспортними засобами (OLEV). BEV можна заряджати вдома або на роботі. Однак великий розмір батареї EV є її головним недоліком. Система зберігання має бути достатньо великою, щоб утримувати значну кількість заряду, що вимагає більшої батареї та важчого електромобіля. У OLEV основне місце з'єднаних котушок, які використовуються для електромагнітного заряджання батареї електромобіля, розташоване на дорозі, тоді як вторинна сторона розміщена на днищі автомобіля, що дозволяє заряджати один або кілька

транспортних засобів одночасно, коли вони на ньому. дорога. Якщо порівнювати з BEV, OLEV мають менший акумулятор, що покращує ефективність автомобіля.

Через час, який займає зарядка, економніше заряджати автомобіль, коли він стоїть. У результаті економічно вигідно поєднувати системи зарядки та паркування, які використовують технологію IoT і є зручними для користувача. Інформацію можна завантажувати в хмару і на смартфони одночасно. (Інтернет речей) є найкращою платформою для моніторингу стану бездротової передачі електроенергії) WPT (система, оскільки вона забезпечує більш високий рівень з'єднання, налаштоване зондування, обробку інформації та адаптивність [3]. Електричні транспортні засоби (EV) швидко зростають завдяки до п'яти основних глобальних тем: 1) Вичерпання запасів викопного палива та пов'язане з цим підвищення цін на паливо; 2) Обізнаність населення про зміну клімату та бажання боротися з нею; 3) прогрес у технологіях відновлюваної енергії та комерційна ефективність; 4) удосконалення електродвигунів та електронних систем керування, які безпосередньо керують тягою EV; 5) прогрес у підтримці електромобілів, таких як Grid-to-Vehicle (G2V) і Vehicle-to-Grid (V2G) [4]. Запас ходу електромобілів визначається ємністю батареї, але складність трансмісії також важлива. Метою останніх досліджень було розширення асортименту електромобілів [5]. У зв'язку з цим потрібні рішення для керування батареєю та моніторингу. Ретельний аналіз літій-іонних акумуляторів, які використовуються для електромобілів, описано в [6]. Для акумуляторів великої ємності, яким потрібен механізм швидкого заряджання, пояснюється та пропонується багато різновидів фундаментальних ідей роботи, складання та продуктивності літійових батарей. (SOC) є одним з найбільш важливих критично важливих засоби для визначення стану ємності батареї, щоб її можна було безпечно заряджати та розряджати, продовжуючи термін її служби. Співвідношення балансу батареї та її номінальної ємності можна виразити таким чином. Як наслідок, SOC допомагає керувати акумулятором [7]. Стан заряду (SOC), який відноситься до доступної ємності батареї, є одним із найважливіших показників батареї. Кілька факторів

впливають на SOC, включаючи хімічний склад батареї, вік, температуру, характеристики навантаження тощо [9].

SoC — це відсоток залишкової ємності заряду батареї від максимально можливої ємності батареї. SoC батареї служить для тієї ж мети, що й датчик палива бензину, який використовується в автомобілях з бензиновим двигуном, вказуючи, скільки енергії залишилося в батареї для живлення електромобіля. Правильний розрахунок SoC батареї не тільки допомагає отримати інформацію в реальному часі про видатну ємність і енергію батареї, але й забезпечує надійну та безпечну роботу автомобіля. Однак визначити SoC акумуляторів складно, оскільки вони є складними електрохімічними пристроями з нелінійною продуктивністю, яка коливається залежно від внутрішніх і зовнішніх входів. Однак, щоб задовольнити потреби електромобілів, через низьку напругу та енергії однієї клітини. В електромобілях використовуються чотири різні типи акумуляторів: літій-іонні (Li-Ion), розплавлені солі (Na-NiCl₂), нікель-металогідридні (Ni-MH) і літієво-сірчані (Li-S), усі з яких мають однакову ємність накопичувача електроенергії. Завдяки високій щільності енергії та збільшеній потужності на одиницю маси літій-іонні батареї зараз є найбільш широко використовуваною технологією в електричних автомобілях, що дозволяє створювати різні типи батарей із зменшеною вагою та розмірами за конкурентоспроможними цінами. Недоліком літій-іонних акумуляторів є їхня висока робоча температура, яка може мати вплив на енергетичні характеристики, а також на термін служби та безпеку під час використання [10].

SOC батареї можна визначити різними методами. Ці методи можна розділити на три групи: три категорії: електрохімічні, адаптивні та електричні. Електрохімічні методи надзвичайно точні, але вони потребують електроенергії. Через хімічний склад батареї програмне забезпечення є складним. Для адаптивних батарейних процесів потрібні аналогічна модель схеми та підхід до рішення [11]. Точність адаптивних методик визначається ефективністю відповідної моделі. З іншого боку, такі спостережувані фактори, як струм заряду/розряду, напруга на клеммах і внутрішній опір, необхідні для електричних методів. Завдяки своїй

простоті та легкості реалізації, кулонівський (електричний) підхід є одним із найбільш часто використовуваних підходів для оцінки SOC [12]. Рівень заряду акумулятора є важливим показником оцінки BMS (SOC). SOC означає кількість заряду, що залишився в елементах батареї щодо її ємності. Наразі не існує прямої методики визначення SOC літій-іонної батареї. У результаті він може лише вгадувати SOC, дивлячись на такі показники батареї, як струм, напруга, температура тощо [13]. SOC визначається математично.

На відміну від мережевих бензинових заправних станцій, зарядні станції для електромобілів є підключеними пристроями та інтегровані з різними сторонніми постачальниками послуг, такими як постачальники електроенергії, e-MSP та оператори пунктів зарядки. Вони використовують різні протоколи та параметри підключення та серверну хмарну інфраструктуру для забезпечення безперебійних операцій стягнення плати, таких як обробка платежів, оновлення програмного забезпечення, планування, прогнозне обслуговування та аналітика використання.

Окрім усіх факторів, що сприяють прийняттю електромобілів, ключ до успіху полягає в розробці надійної зарядної інфраструктури. Справжнім завданням є не встановлення великої кількості зарядних станцій, а можливість дистанційного керування та безперебійної роботи розосереджених пристроїв.

Перш ніж рухатися вперед і обговорювати, як IoT допомагає вирішити цю проблему, давайте розберемося з деякими ключовими проблемами, які стоять перед керуванням інфраструктурою зарядки електромобілів.

- Високі витрати, пов'язані з виїздами на місця для усунення несправностей зарядних точок.
- Кожна хвилина простою призводить до втрати бізнесу та незадоволення клієнтів.
- Відсутність механізмів оптимізації енергоспоживання в години пік.
- Ефективне використання ємності зарядного пристрою та забезпечення високої доступності.

- Регулярні перевірки працездатності та виявлення несправностей для швидкого реагування на критичні збої.
- Сповіщення та сповіщення в реальному часі про важливі події.
- Обробка великого обсягу телеметричних даних, отриманих під час сеансів зарядки.
- Інтеграція різних протоколів і варіантів підключення для безперебійної роботи.

Простими словами, IoT можна розглядати як конвергенцію ОТ (операційних технологій) та ІТ (інформаційних технологій). У той час як ОТ займається операціями фізичних властивостей, таких як пристрої, датчики та підключення, ІТ зосереджується на аспектах цифрової трансформації.

У сфері зарядки електромобілів IoT складається з трьох основних елементів: зарядного обладнання, мобільного додатку та платформи керування зарядкою (рис. 1.3).

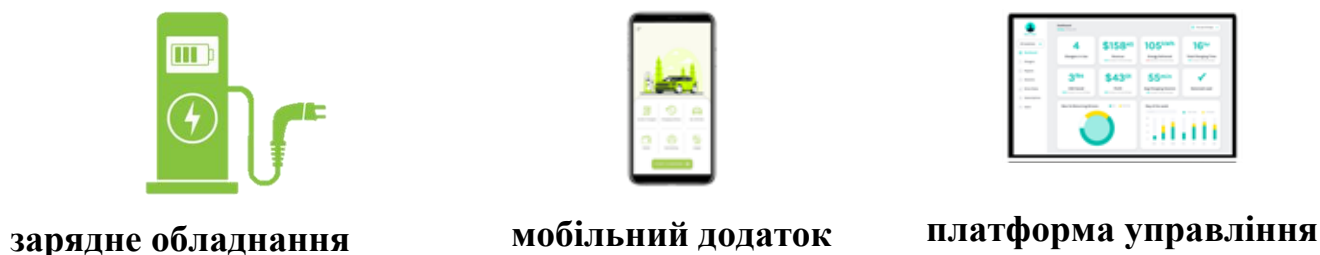


Рис. 1.3 Зарядка електромобілів IoT

Зарядне обладнання: Апаратний блок із різними варіантами підключення, протоколами зарядки, силовою електронікою та датчиками.

Забезпечує фізичний зв'язок між електромобілем та електромережею. Виконує основні операції заряджання, такі як підключення/відключення порту, початок/зупинка заряджання, вимірювання енергії, стан працездатності та виявлення несправностей.

Мобільний додаток: Смартфон або веб-додаток, який з'єднує власників електромобілів із мережею зарядки електромобілів.

Він забезпечує автентифікацію користувача та керування такими функціями зарядки, як навігація зарядною мережею, резервування слота, підключення

зарядного пристрою, запуск/зупинка, запланована зарядка, виставлення рахунків і платежі.

Платформа управління: Хмарна платформа, яка збирає дані з датчиків і кінцевих точок Інтернету речей і виконує аналіз даних.

Відповідає за керування звичайними операціями, такими як віддалений моніторинг, балансування навантаження, інформаційні панелі, керування конфігураціями, оновлення мікропрограми, попередження та сповіщення.

Наступна діаграма є простим представленням IoT у зарядці електромобілів:

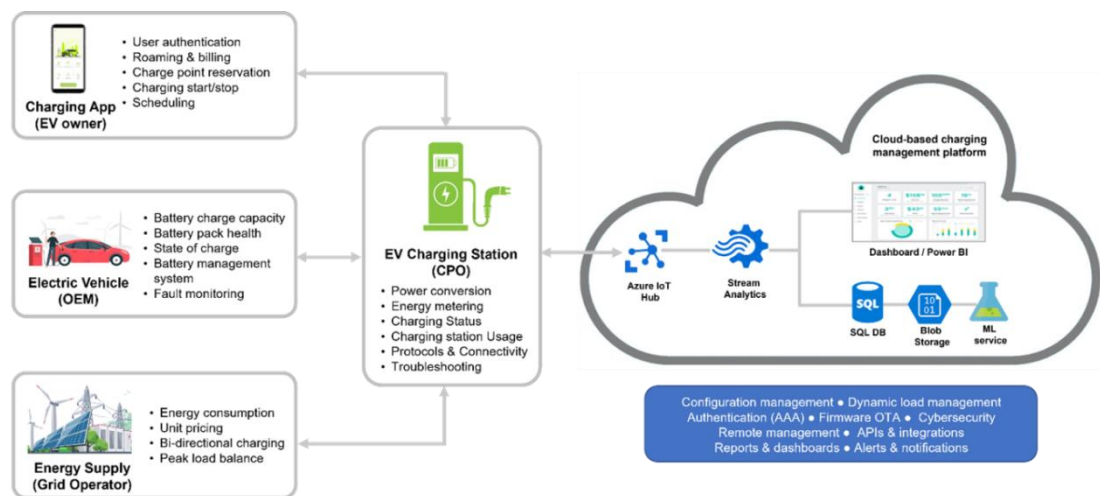


Рис. 1.4 IoT у зарядці електромобілів

Один сеанс зарядки генерує велику кількість телеметричних даних і запитів на обслуговування. Це може бути у формі електромобілів, які надсилають дані про ємність батареї, постачальники електроенергії, що обмінюються доступними лімітами мережі, EVSE обмінюється споживанням електроенергії та даними щодо усунення несправностей.

IoT у зарядці електромобілів забезпечує постійний моніторинг і представлення даних у формі звітів і інформаційних панелей. Це також допомагає сповіщати користувачів у разі критичних збоїв або важливих оновлень. Наприклад, водії електромобілів можуть отримувати інформацію про час і вартість зарядки через мобільний додаток. Оператори зарядних станцій можуть віддалено вирішувати проблеми з пристроями без фізичного відвідування.

Оператори мережі можуть покращити послуги роумінгу для своєї зарядної мережі.

1.4 Використання прикладів того, як IoT може змінити досвід зарядки електромобілів

IoT має величезний потенціал для надання переваг усім зацікавленим сторонам у ланцюжку створення вартості, включаючи водіїв електромобілів, операторів зарядних точок (СРО) і операторів мереж. Ми узагальнили деякі з ключових випадків використання та переваг IoT у зарядці електромобілів.

Автентифікація користувача – як тільки клієнт торкається своєї RFID-картки/мітки або використовує смартфон для доступу, зарядна станція надсилає ці дані на платформу IoT через хмару. Потім платформа IoT перевіряє профіль водія, виконує автентифікацію, авторизацію та обліковий запис, а також забезпечує безпечні транзакції та виставлення рахунків.

Доступність зарядного пристрою. Подібно до бронювання місця в ресторані, додаток для заряджання електромобілів може шукати найближчі станції, перевіряти наявність і резервувати слот на потрібний час залежно від ємності акумулятора. Додаток також може вказувати тарифи зарядки або рекомендувати невисокі години для недорогої зарядки.

Автоматизовані операції – поки електромобіль заряджається, а водія немає, станція може повідомити водіїв про точний час заряджання, що залишився, будь-яку помилку підключення кабелю, автоматичні платежі або навіть викликати екстрену допомогу в разі будь-яких критичних подій, працюючи автономно.

Розумне заряджання – тарифи на електроенергію змінюються протягом сезону, наприклад, літній час із рясним виробництвом сонячної енергії та попитом у години пік протягом дня. Зарядні пристрої можуть автоматично розпочати зарядку, коли знайдуть найнижчі тарифи, доступні в мережі, і навпаки. Це, у свою чергу, заощаджує кошти та допомагає операторам мереж впоратися зі сплеском попиту на енергію.

Віддалене керування – IoT дозволяє операторам пунктів заряджання швидко вирішувати проблеми та дистанційно керувати операціями, показуючи показники в режимі реального часу та статистичні дані про використання та продуктивність пристрою. Такі відомості, як доступність зарядного пристрою, використання, моніторинг несправностей і усунення несправностей, значно допомагають у прогностному обслуговуванні та зменшують час простою.

Контроль EVSE – Платформа IoT збирає дані з різних сенсорних вузлів і аналізує важливі показники, такі як ліміт мережі, тарифи на електроенергію, ємність акумулятора електромобіля та стан заряду. Беручи до уваги ці дані, стає легше контролювати та управляти великим парком зарядної інфраструктури.

Електричні транспортні засоби стають масовими завдяки зниженим цінам на акумулятори, збільшеному запасу ходу та більшій кількості опцій від провідних автовиробників, ніж будь-коли раніше. Надійна зарядна інфраструктура є обов'язковою умовою розвитку електромобілів. Згідно з прогнозом IDTechEx, ринок інфраструктури зарядки електромобілів буде коштувати 40 мільярдів доларів на рік. Наприклад, наш дизайн швидкого зарядного пристрою постійного струму забезпечує надійне рішення для підтримки цього зростаючого ринку.

Хоча ми досягли значних успіхів у технологіях заряджання електромобілів (наприклад, швидкий зарядний пристрій постійного струму, який може повністю зарядити електромобіль протягом 90-120 хвилин). Однак нам потрібна міцна технологічна основа для управління та масштабування зарядної мережі без географічних кордонів.

IoT є не просто віддаленим моніторингом, а фундаментальним блоком для розробки додатків наступного покоління, таких як інтелектуальна зарядка та транспортний засіб до мережі. Не лише для водіїв електромобілів, але й Інтернет речей також є однаково важливим і корисним для всіх, оскільки він допомагає СРО запобігати простоям, постачальникам мереж — керувати енергією та створювати велику мережу роумінгу для безперебійної зарядки.

2 АНАЛІЗ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ ДЛЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

2.1 Огляд зарядної інфраструктури для електромобілів (EV)

Ескалація потреби в традиційних джерелах енергії призвела до багатьох наслідків, які негативно впливають на навколишнє середовище. Ресурси виснажуються, і CO_2 виділяється у великих кількостях, спричиняючи парниковий ефект і небажане глобальне потепління. В результаті Паризької угоди викиди CO_2 були зменшені, а температура планети була контрольована. Для пом'якшення цих проблем були розроблені чисті енергетичні ресурси та відповідні технології. Незважаючи на те, що технологічний прогрес значно скоротив викиди парникових газів від транспорту, приблизно чверть цих викидів походить від цього сектора. Згідно з Outlook (2010), зростання населення та руху вантажів сприятиме збільшенню транспортних перевезень на 77% до 2055 року. З огляду на вищевказані причини, дослідження та впровадження електричних транспортних засобів (EV) заслуговують надзвичайної уваги. Завдяки дуже низьким викидам або повній відсутності вихлопних газів і створенню дуже мало шуму, електромобілі значно зменшують затори на дорогах і сприяють більш здоровому середовищу життя. У результаті цього переходу на транспортні засоби з нульовим рівнем викидів автомобільна промисловість переходить на транспортні засоби з нульовим рівнем викидів. Приблизно 1,5 мільйона нових акумуляторних електромобілів (BEV) було додано до світового парку BEV у 2019 році, з приблизно 4,8 мільйона BEV у використанні в усьому світі.

У оптимальному місці розташування зарядні станції для електромобілів необхідні для забезпечення дешевої та екологічно чистої електроенергії, виробленої мережею, і відновлюваних джерел енергії, що прискорює впровадження електромобілів. Створення відповідної мережі зарядних станцій допоможе зменшити занепокоєння власників щодо електромобілів, дозволяючи електромобілям конкурувати з двигунами внутрішнього згоряння з точки зору продуктивності. Ринкова частка

електромобілів має бути збільшена, щоб підкреслити постійне вдосконалення технології підзарядки. Поточна проблема впровадження електромобілів полягає в теорії «курки чи яйця». Споживачі з нетерпінням чекають належної зарядної інфраструктури, яка гарантує успішне завершення поїздки без або з мінімальними затримками заряджання. Тому інвестори чекають, що на дорогах з'явиться достатньо електромобілів, щоб зробити бізнес із зарядної інфраструктури прибутковим. Зацікавлені сторони не погоджуються щодо того, чи швидка зарядка чи розумна зарядка більше підходять для зарядних станцій електромобілів. Політика уряду також відіграє суттєву роль у вирішенні цих проблем. Відсутність недорогих акумуляторів, які можуть накопичувати достатньо енергії протягом більш тривалого періоду часу для покращення запасу ходу електромобілів, є ще одним важливим фактором, що впливає на впровадження електромобілів.

Крім того, оптимальне розташування EVCS і вплив EV на систему розподілу стали визначними темами досліджень в останні роки.

Зараз у транспортному секторі відбуваються три революції: автономні транспортні засоби, спільна мобільність та електрифікація. Тому розробка зарядної інфраструктури для електромобілів вимагає врахування синергії та взаємодії між цими трьома бурхливими революціями. У відповідь на збільшення кількості електромобілів попит на електроенергію в електромережі значно зростає, що вимагатиме модернізації інфраструктури. Лінії електропередачі не можуть транспортувати стільки енергії, скільки розподільна мережа, що обмежує кількість транспортованої енергії. Щоб задовольнити мінливі вимоги електромобілів, необхідно масштабно переналаштувати розподільчу мережу. Комплексна оцінка є важливою для оцінки потенційних впливів продуктивності мережі на великомасштабні підключені до мережі системи виробництва відновлюваної енергії (REG) і станції зарядки електромобілів (EVCS). Енергетичні підприємства можуть проводити такі аналізи для розробки ефективного обладнання. Рівні зарядки на кожній зарядній станції на рис. 2.1 ілюструють інфраструктуру зарядки для електромобілів. Зарядні станції в

житлових будинках є найпопулярнішим і важливим місцем для зарядки електромобілів з акумуляторами (BEV) і гібридних електромобілів (PHEV). Розробка ефективної зарядної інфраструктури вимагає ефективної комунікаційної мережі для обміну інформацією, блоку оптимізації для скорочення часу заряджання на зарядній станції та блоку прогнозування, який допоможе блоку оптимізації приймати найкращі рішення. Прийняття багатьох електромобілів одночасно є величезним викликом для енергетичного сектору.

Щоб зробити електромобілі конкурентоспроможними на ринку, потрібно розглянути вартість акумуляторів, ефективність стратегій заряджання, сумісність зарядних станцій і вплив інтеграції електромобілів у мережу. Розробка міжнародних стандартів і кодів, універсальних інфраструктур, периферійних пристроїв і зручного програмного забезпечення буде мати вирішальне значення для зростання електромобілів протягом наступного десятиліття. У всьому світі в цих галузях працює величезна кількість дослідників. Щоб розширити ринок електромобілів, необхідно всебічне розуміння розвитку інфраструктури зарядки електромобілів та її впливу на мережу. Швидкий прогрес у цій галузі за останні кілька років зробив ці звіти досить застарілими. .

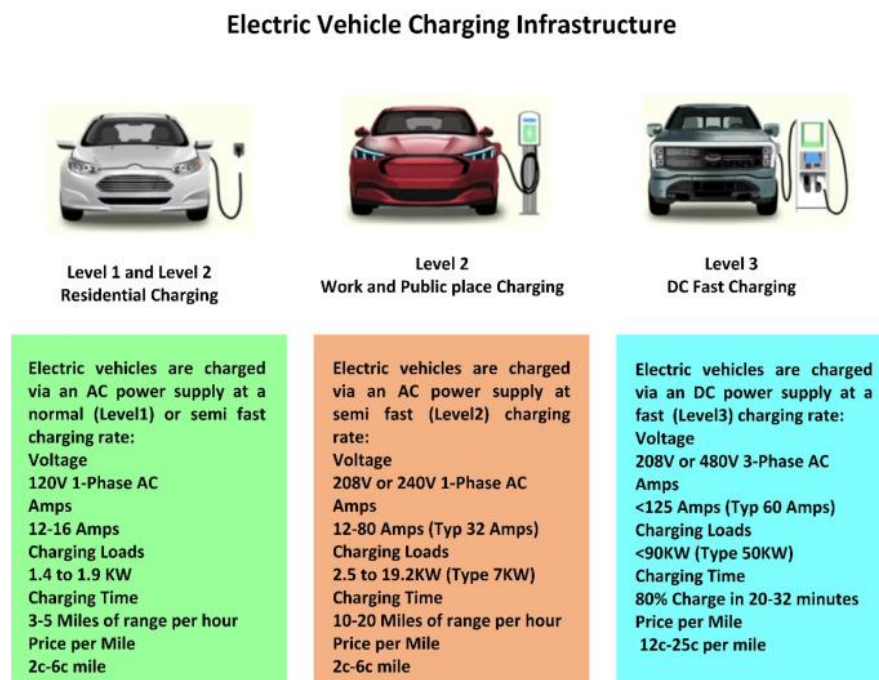


Рис. 2.1 Огляд зарядної інфраструктури для електромобілів (EV)

Мобільні зарядні станції запевняють власників електромобілів, що вони матимуть доступ до зарядної станції, якщо вони не зможуть знайти сусідній зарядний пристрій у рамках планування інфраструктури для заряджання електромобілів. Використовуючи технологію V2G, можна обмінюватися енергією в двох напрямках, а допоміжні послуги надаються в мережу. Зарядна інфраструктура, доступна з мінімальним часом заряджання, має вирішальне значення для впровадження електромобілів. Щоб мінімізувати вплив на первинну електромережу, станції заміни акумуляторів регулювали графік заряджання акумуляторних блоків електромобілів. Крім того, він може служити резервним блоком і забезпечувати енергією первинну мережу в періоди пікового попиту. У міру розвитку електромобілів та їх зарядної інфраструктури, а також використання відновлюваних джерел енергії шкідливі викиди в транспортному секторі можуть бути значно скорочені. На жаль, будь-яка шкода навколишньому середовищу, яку може завдати ця нова інфраструктура, не була оцінена. У майбутніх електромобілях воднева енергія та паливні елементи замінять батареї, які зараз використовуються в системах накопичення енергії.

2.2 Тип зарядної станції для електромобілів (EVCS)

У цьому параграфі ми обговорюємо тип зарядної станції для електромобілів (EVCS), технологію заряджання електромобілів, інфраструктуру для заряджання електромобілів та інтегровані системи живлення для електромобілів.

Електромобілі набули величезної популярності як альтернативна технологія серед різноманітних розвинених технологій, ставши невід'ємною частиною сучасного транспорту. Відповідно до джерела електроенергії для руху транспортного засобу, електромобілі зазвичай класифікуються на три категорії:

Гібридні електромобілі (HEV);

Електромобілі (PEV);

Електромобілі на паливних елементах (FCEV).

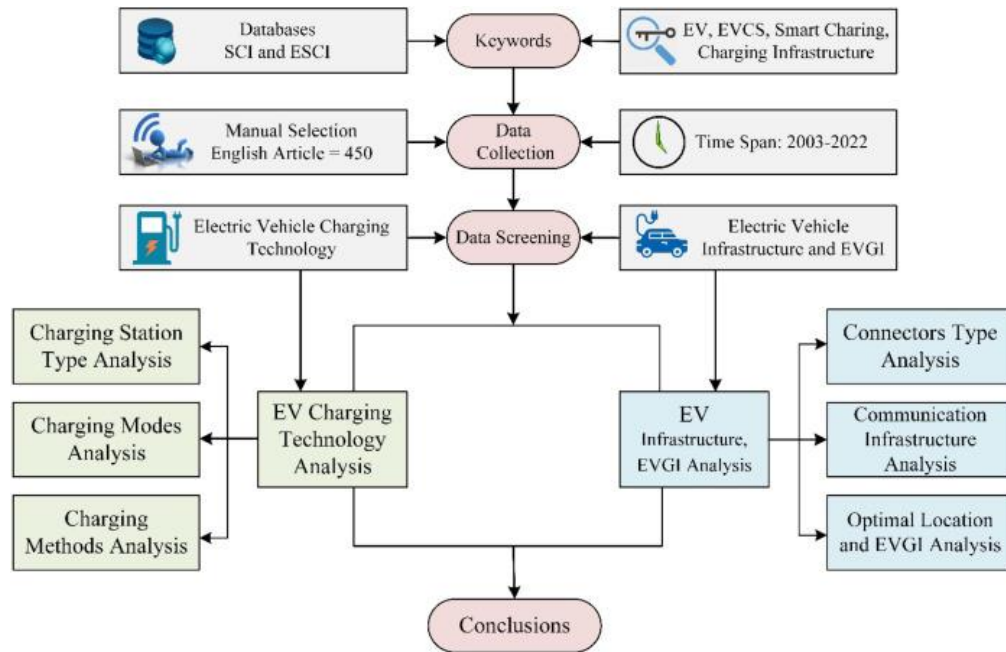


Рис. 2.2 Блок-схема, яка показує, як здійснюється бібліометричний огляд

Електрична силова установка поєднується з двигуном внутрішнього згоряння для живлення гібридних електромобілів. Порівняно зі звичайними автомобілями з двигуном внутрішнього згоряння це дозволяє транспортним засобам бути більш економними, мати менші викиди, мати більший запас ходу тощо. Типи PEV включають BEV і PHEV. BEV, що працюють від акумуляторів, приводяться в рух електродвигунами та живляться від акумуляторних батарей. Коли акумулятор розряджається, резервне живлення забезпечує бензиновий двигун. Електрична силова установка зазвичай приводить в дію PHEV, але може бути оснащена бензиновим двигуном. Транспортні засоби, що працюють на основі технології паливних елементів, мають силову систему, яка використовує паливні елементи замість батарей або батарею та суперконденсатор — класифікація типів електромобілів представлена на рис. 2.3.

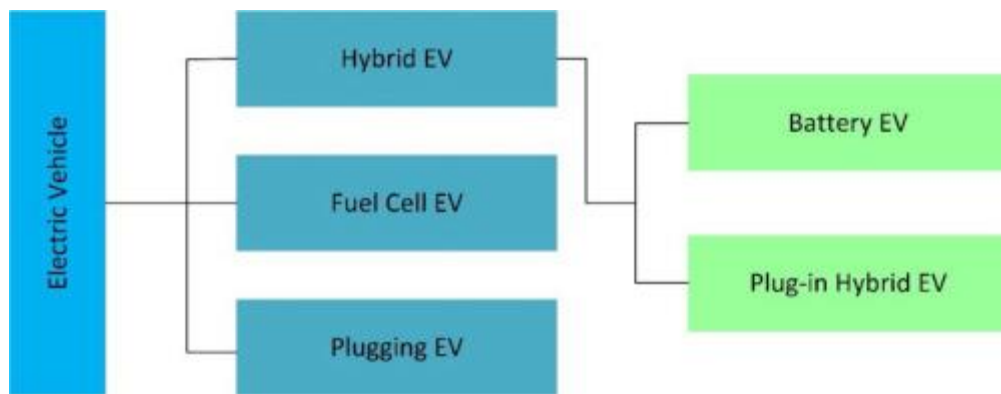


Рис. 2.3. Різні види електромобілів

2.3 Технологія зарядки електромобілів

У цьому розділі надається інформація про різні рівні заряджання електромобілів, режими заряджання та схеми заряджання, а також кілька міжнародних стандартів, які слід враховувати під час створення EVCS, як показано на рис. 2.4.

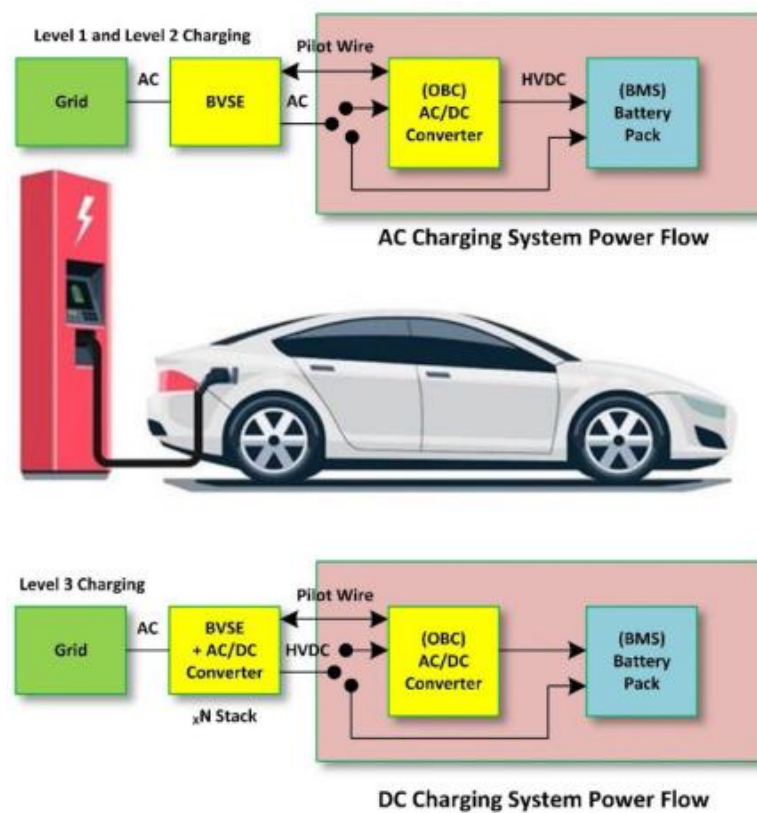


Рис. 2.4 Режими зарядки на різних рівнях

EVCS – це в основному заправні станції, які постачають електроенергію для зарядки електромобілів. Точка зарядного пристрою інтегрована в кабель, порт зарядки та панель інтерфейсу. Залежно від конфігурації мережі різні параметри, такі як номінальна напруга, номінальна частота та стандарти передачі, визначають конфігурацію розетки. Інститут дослідження електроенергії (EPRI), Товариство автомобільних інженерів (SAE) і Міжнародна електротехнічна комісія (IEC) відіграють значну роль у класифікації режимів і рівнів заряджання в кожній країні, а також у врегулюванні відмінностей у стандартах безпеки. У встановлених стандартах описано різні типи заряджання, зокрема змінний струм (AC) рівня 1, змінний струм (AC) рівня 2 і швидке заряджання постійним струмом (DCFC). Новий регламент визначає DC рівня 1 і DC рівня 2. Інфраструктура зарядки в житлових приміщеннях є найпоширенішим методом зарядки електромобілів, причому найпопулярнішими є Рівень 1 і Рівень 2. Існує багато типів методів заряджання, як показано в Таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Огляд техніки заряджання

	Використання індуктивної зарядки	Використання кондуктивної зарядки	Заміна батарейок
Аспекти	Крапельна зарядка	Швидка громадська зарядка постійним струмом і публічна зарядка змінним струмом	Автозарядка
	Бездротова зарядка	Дротова зарядка	Мінімальна втрата потужності
	Низька ефективність	Високоєфективний Мінімальні втрати потужності	Надзвичайно ефективний
	Втрати потужності великі	Бортова система зарядки	Швидка зміна
	Найдорожча інфраструктура	Можливість зарядки поза бортом	Мінімальна вартість управління

Зарядка 1 рівня

Зарядні кабелі рівня 1 (L1) входять до кожного електромобіля. Пристрій є універсально сумісним, не потребує плати за встановлення та підключається до будь-якої стандартної розетки 120 В із заземленням. Залежно від ціни на електроенергію та рейтингу ефективності вашого електромобіля зарядка L1 може коштувати від двох до шести доларів за км. З максимальною потужністю 2,4 кВт зарядний пристрій L1 може заряджатися зі швидкістю приблизно 40 миль за вісім годин зі швидкістю 8 км на годину. Для багатьох людей це добре працює, оскільки середній водій проїжджає 60 км за день.

Крім того, зарядні пристрої L1 корисні людям, чий робочі місця та школи пропонують зарядні точки рівня L1, оскільки вони можуть заряджати свої електромобілі протягом дня. Оскільки зарядний кабель L1 не встигає за довгими поїздками на роботу чи поїздками у вихідні, водії електромобілів часто називають його аварійним зарядним пристроєм або зарядним пристроєм. Типові побутові розетки працюють на 120 В для зарядки L1. Максимальна сила струму, що проходить через ці зарядні пристрої, становить 16 ампер. Ця зарядна точка забезпечує максимальну вихідну потужність 1,9 кВт і займає від 8 до 16 годин, щоб повністю зарядити акумулятор відповідно до його ємності. Для підключення електромобіля до зарядної колони використовується роз'єм SAE J1772. Зарядження таким способом є найдешевшим, але найповільнішим з усіх методів зарядження. Оплата L1 може ще більше знизити витрати на зарядку в поєднанні з системою тарифікації. На рис. 2.3 ви можете побачити, як працює зарядка L1.

2 рівень зарядки

Зарядні станції рівня 2 (L2) найчастіше використовуються в громадських і житлових місцях. Щоб відповідати вимогам L2 для електромобілів, зарядні станції повинні використовувати однофазне джерело живлення 240 В з максимальною пропускну здатністю струму 40 А для житлових і комерційних установок і трифазне джерело живлення змінного струму 400 В з максимальна пропускну здатність струму 80 А для громадських станцій. Залежно від марки, номінальної потужності та вимог до встановлення зарядний пристрій рівня 2

може коштувати від 500 до 2000 доларів США за одиницю. Виходячи з тарифу на електроенергію та ефективності транспортного засобу, вартість зарядки L2 коливається від 2 до 6 доларів за км. На додаток до загальнодоступних зарядних станцій L2 у гаражах, зарядні станції знаходяться біля входів до підприємств, шкіл і коледжів, де ними користуються студенти та працівники. Електромобілі з галузевим стандартом J-розетки універсально сумісні із зарядними станціями SAE J1772. Максимальна зарядна потужність на станціях L2 становить близько 12 кВт, що відповідає приблизно 161 км підзарядки кожні вісім годин. Для середнього водія, який проїжджає 60 км на день, час зарядки становить близько 3 годин. Зарядка L2 може забезпечити швидку зарядку в дорозі, якщо ви подорожуєте далі, ніж ваш автомобіль. Крім того, зарядка L2 також є перевагою для швидкої зарядки. У системи зарядки L2 вбудовано перенапругу та захист від надструму. Як показано на рис. 2.3, можна побачити схему зарядного пристрою L2.

3 рівень зарядки

Найшвидший спосіб заряджання електромобілів – рівень 3 (L3). Зарядна станція L3 в основному заряджає електромобілі в громадських і комерційних зонах. Завдяки можливості швидкої заправки транспортні засоби можна швидко заряджати в місцях інтенсивного руху, таких як зупинки відпочинку, торгові центри та розважальні райони. Може бути можливим стягувати плату на основі погодинної або за кВт-год. Плата за зарядку L3 може коливатися від 12 до 25 доларів за км залежно від членських внесків та інших факторів. Крім того, зарядні пристрої L3 не відповідають промисловим стандартам і не є універсальними. Використовуючи технологію заряджання постійним струмом, ці станції створені для того, щоб забезпечити користування подібним до традиційних АЗС. Час зарядки батареї від 0 до 80% зазвичай становить 15-20 хвилин зі швидкою зарядкою постійним струмом. Усі 20% акумулятора, що залишився, завжди заряджатимуться в повільному режимі, незалежно від рівня заряду. Постійний струм подається в електромобіль шляхом перетворення змінного струму від бортового зарядного пристрою. Напруга зарядки для L3 зазвичай коливається від 200 до 600 В, а вихідна потужність – від 36 до 240 кВт. DCFC можна розділити на

дві категорії на основі стандартів SAE: DC Level 1 і DC Level 2. Окрім вихідної потужності 36 кВт, зарядні станції DC L1 також мають пропускну здатність струму 80 А. Зарядні пристрої з вихідною потужністю DC L2 мають силу струму 200 А і вихідну потужність 90 кВт. Більшість зарядних станцій постійного струму розташовані в торгових центрах, урядових будівлях, кінотеатрах, аеропортах і на заправних станціях (Mayfield and Ohio, 2012). Роз'єми зарядного пристрою постійного струму, що відповідають стандарту SAE/IEC J1772/IEC 62196-3, рекомендовані SAE та IEC. Станції швидкої зарядки постійного струму мають істотний недолік через високу вартість встановлення (Див. рис. 2.3) для візуального представлення рівнів заряджання 1–3. Основні стандарти та протоколи для зарядки електромобілів описані нижче в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Стандарти та протоколи зарядки електромобілів

Топологія зарядного пристрою для електромобілів	Роз'єм зарядки	Зарядний зв'язок	Якість зарядки	Безпека зарядки
IEC 61851-1	IEC 62196-1	ISO 15118/IEC 61850	IEEE 1547	IEC 60529
IEC 61851-21	IEC 62196-2	SAE J2847/SAE J2836	SAE J2894	IEC 60364-7-722
IEC 61851-22	IEC 62196-3	SAE J2293-2/OCPP	IEC 1000-3-2	ISO 6469-3
IEC 61851-23	SAE J1772	OCPI/OSCP/	NEC 690	SAE J1766
IEC 61851-24	IEEE 1901	OpenADR	SAE J2380	SAE J2464

2.4 Способи зарядки електромобілів

Існують різні способи заряджання акумулятора та контролю його струму. Електричні транспортні засоби використовують випрямлячі для перетворення змінного струму в постійний для зарядки акумуляторів. Кілька механізмів можна використовувати для передачі заряду, включаючи індуктивне заряджання,

кондуктивне заряджання та заміну батареї. Порівняння зарядів різних зарядних станцій показано в таблиці 2.2. Відповідно до рис. 2.5, кондуктивне заряджання можна класифікувати як заряджання пантографом (повне та знизу вгору) і нічне заряджання.

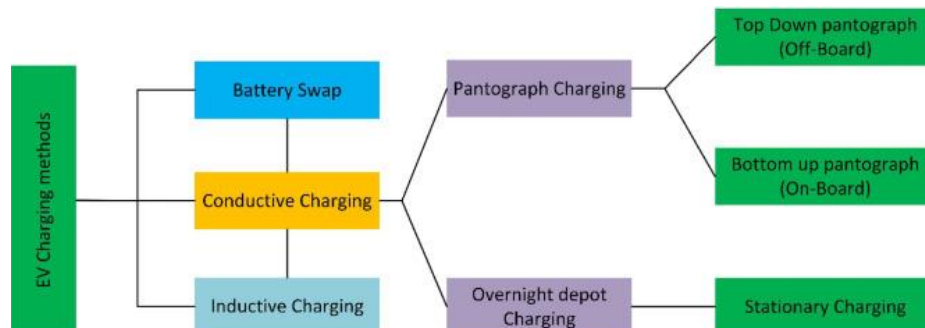


Рис. 2.5. Способи зарядки електромобілів

Провідний заряд (CC)

Перевагами кондуктивної зарядки є її економічність, можливість швидкої зарядки, простота експлуатації та висока ефективність. Окрім бортових і позабортових систем зарядки, кондуктивну зарядку також класифікують. Зарядні пристрої, встановлені на борту електромобіля, наприклад перетворювачі змінного струму в постійний, зазвичай є повільними зарядними пристроями, які повністю заряджають автомобіль усередині. З іншого боку, зовнішні зарядні пристрої забезпечують швидку зарядку. Запас ходу електромобіля також можна збільшити, зменшивши вагу автомобіля за допомогою автономних зарядних пристроїв.

Зарядка в нічному депо: об'єкт, який забезпечує зарядку в нічному депо, пропонує варіанти швидкої та повільної зарядки. Точка заряду зазвичай розташована в кінці ліній. Використовується для зарядки вночі. Через низький вплив зарядки на розподільчу мережу повільна зарядка є найбільш вигідним варіантом. Проте техніка заряджання за допомогою пантографа найбільше підходить для застосувань із високою ємністю акумулятора та вимогами до швидкої зарядки.

Заряджання пантографа: за допомогою цього методу заряджання доступні різні варіанти заряджання. Як правило, ця зарядна інфраструктура використовується для додатків, які вимагають більшої ємності акумулятора та

більшої потужності, наприклад автобусів і вантажівок. Завдяки цій технології заряджання батареї автобусів вимагають менше інвестицій, тому інвестиційні витрати зменшуються, але витрати на зарядну інфраструктуру зростають. Заряджання пантографа можна додатково класифікувати наступним чином:

1. Пантограф «зверху вниз». Установка для зарядки розташована на верхній частині автобусної зупинки, тому її зазвичай називають зовнішнім пантографом «зверху вниз». Цей метод використовує постійний струм для отримання високої потужності (Carrilero та ін., 2018), що вже було продемонстровано в Німеччині , Сінгапурі та США

2. Пантограф «знизу вгору»: автобуси вже обладнані зарядним обладнанням, тому цей метод заряджання підходить, якщо автобус уже має зарядне обладнання. Крім того, пантограф знизу вгору називається бортовим пантографом.

Індуктивна/бездротова передача енергії (WPT)

У цій технології використовується двоспіральна система на основі електромагнітної індукції. Після завершення монтажу приймальна котушка встановлюється в транспортний засіб, а зарядна котушка розміщується на поверхні дороги. Останні досягнення в технології WPT привернули інтерес до застосувань електромобілів, оскільки вони дозволяють безпечно та зручно заряджати автомобіль. Стандартний роз'єм для зарядного пристрою не потрібен (але потрібна стандартна технологія з'єднання), і зарядним пристроєм можна керувати під час водіння. Незважаючи на це, індукційна передача енергії не дуже ефективна. Між котушками передавача та приймача має бути від 20 до 100 см . У WPT втрати на вихрові струми також можуть бути проблемою, якщо котушка передавача не вимкнена. EV і передавач повинні мати можливість обмінюватися інформацією в режимі реального часу, але може бути невелика затримка зв'язку. Рис. 6 показує приклад цього.

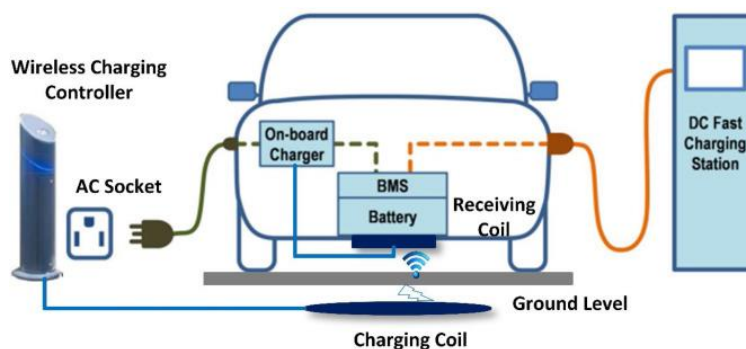


Рис. 2.6 Можливе розміщення схеми зарядки в EV

Станція заміни батарей (BSS)

Батареї замінюються за допомогою методу, що називається «Обмін акумуляторів», який передбачає щомісячну оренду батареї у власника BSS. BSS уповільнює процес заряджання та подовжує життєвий цикл акумуляторів. Сонячна та вітрова енергія, локальні відновлювані джерела енергії можуть бути легко інтегровані в систему BSS. Використовуючи цю техніку, користувачеві не потрібно виходити з автомобіля, а батарею можна швидко замінити. Додатковими перевагами цієї батареї є те, що вона сприяє ініціативі V2G. Оскільки власник BSS володіє акумуляторами для електромобілів, зарядка електромобілів на цій станції дорожча, ніж спалювання палива для двигуна з ДВС, оскільки власник BSS стягує лізингову плату. У результаті використання цієї техніки потрібно придбати кілька батарей і великий простір для їх зберігання, що може бути дорогим у районі з інтенсивним трафіком. Також можливо, що станція має певну модель акумулятора, але транспортні засоби використовують різні стандарти.

2.5 Інфраструктура зарядки електромобілів

Адекватна інфраструктура, що дозволяє клієнтам заряджати свої електромобілі, полегшить впровадження електромобілів. Швидка, надійна та зручна технологія полегшить споживачам вибір електромобілів. Запровадження електромобілів сприяє екологічному транспорту та зменшує нашу залежність від викопного палива. Окрім електромобілів, звичайні електростанції та

інші установки для виробництва електроенергії також вироблятимуть більше викидів. Зростаючий попит на енергію має бути задоволений широкомасштабним розгортанням відновлюваних джерел енергії, а розгортання REG має координуватися зі збільшенням кількості електромобілів. Повна інфраструктура зарядки електромобілів включає інфраструктуру живлення, інфраструктуру управління та зв'язку, а також зарядні порти та роз'єми, що відповідають різним стандартам, як показано на рис. 2.7 і таблиці 2.3. Нижче наведено аспекти, проблеми та останні технологічні досягнення, пов'язані з інфраструктурою зарядних станцій для електромобілів.

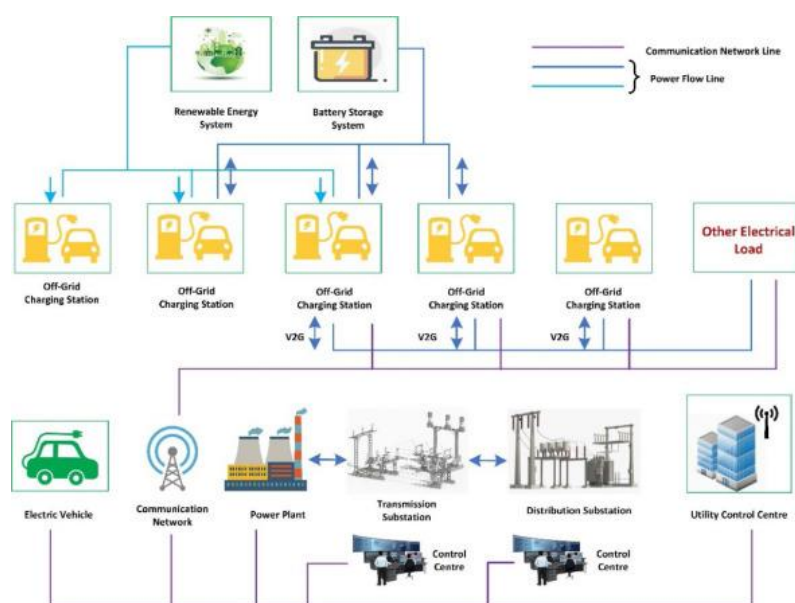


Рис.2.7 Принципова схема зарядної інфраструктури для електромобілів

Роз'єми для зарядки змінним струмом

Універсальний роз'єм змінного струму не було погоджено виробниками електромобілів. Розташування, розмір і форма роз'єму відрізняються залежно від виробника зарядного пристрою, країни та рівня потужності. У різних регіонах напруга та частота мережі змінного струму різна через специфічну напругу та частоту мережі змінного струму. Як стандартний роз'єм змінного

струму, більшість пристроїв із керуванням напругою мають кілька великих контактів для визначення напруги та кілька менших контактів для зв’язку.

Ось чотири типи роз’ємів змінного струму, які зараз використовуються в усьому світі:

Тип роз’єму 1

Використовуючи цей роз’єм, ви можете заряджати свій автомобіль лише від однофазної мережі змінного струму. Роз’єм має круглу конфігурацію, що складається з п’яти контактів, включаючи дві лінії змінного струму, дві сигнальні лінії та один контакт заземлення для захисту. При максимальній напрузі та номінальному струмі 120 В або 240 В пристрій може працювати до 80 А.

Тип роз’єму 2

Цей роз’єм може заряджати ваш пристрій від мережі змінного та постійного струму. Крім того, це 3-фСумісність зі змінним струмом. Однофазний може мати максимальну напругу 230 В і максимальний номінальний струм 80 А; максимальна номінальна напруга для трифазного може становити 400 В при 63 А.

Таблиця 2.3

Схема зарядних портів і роз’ємів за різними стандартами

	GB/T 20234 DC	CHAdeMO	CCS Combo 1	CCS Combo 2
				
Charging Type	AC Charging	AC Charging	DC Fast Charging	DC Fast Charging
No. Of Pins	5	4	7	9
Capacity	Up to 187.5 kW	200 kW to 400 kW	50 kW - 100 kW	200 kW
Voltage	750 V to 1000 V	500 V	600 V	1000 V
Current Rating	250 A	125 A to 400 A	Up to 200 A	Up to 350 A
Compatibility	Yes	Yes	No	Yes
	SAE J1772 Type 1	IEC 62196-2 Type 2	GB/T 20234 C	Tesla Supercharger
				
Charging Type	AC Charging	AC Charging	AC Charging	DC Fast Charging
No. Of Pins	5	7	7	6
Capacity	7.68kW	12.8kW	12.16kW	140kW
Voltage	120V to 240V	400V	380V	480V
Current Rating	Up to 80 A	Up to 63 A	10A	250A
Compatibility	Yes	Yes	Yes	Yes

Роз’єм Tesla США

Цей конектор був розроблений Tesla спеціально для використання в Сполучених Штатах. За допомогою цього роз’єму можна подавати як однофазне

живлення змінного, так і постійного струму. Цей зарядний пристрій може заряджати максимум 17,2 кВт при 240 В змінного струму.

Роз'єми для зарядки постійним струмом

Швидкий зарядний пристрій постійного струму може замінити зарядні пристрої рівня 1 і рівня 2. За даними виробника, їх потужність коливається від 50 кВт до 500 кВт. На додаток до чудових можливостей живлення, перетворення енергії та керування стають дорожчими та громіздкими. Швидкі зарядні пристрої постійного струму зазвичай розгортають поза бортом, щоб уникнути перешкод для ліній електропередач. Ще одна причина – міркування безпеки. У міру збільшення розмірів перетворювачів енергії та компонентів керування енергією безпека пасажирів стає ключовою проблемою. Наразі з'єднувачі постійного струму мають п'ять основних варіантів, які обговорюються наступним чином.

Комбінації CCS 1 і 2

Ініціатива інтерфейсу зарядки електромобілів є зареєстрованою організацією, сформованою Audi, BMW, Daimler, Mennekes, Opel, Phoenix Contact, Porsche, T'UV S'UD і Volkswagen під назвою CharIN eV ChargeIN є організацією, яка контролює роз'єми типу Combo. Роз'єм комбінованої системи заряджання має головну перевагу одночасного заряджання змінним і постійним струмом. З'єднувачі визначені кількома стандартами, зокрема IEC 62196–1, IEC 62196–2 та IEC 62196–3. Їхня максимальна потужність становить 350 кВт, а з'єднувачі витримують напругу від 200 В до 1 кВ і до 350 А.

CHAdeMO

У 2010 році Toyota Motor Corporation заснувала асоціацію CHAdeMO для співпраці з Nissan Motor Co. Ltd., Toyota Motor Corporation, Nissan Motor Co. Ltd., Fuji Heavy Industries Ltd. і Tokyo Electric Power Company. CHAdeMO є частиною стандартів IEEE (стандарт IEEE 2030.1.1TM-2015) і стандартів IEC (61851-23-6), а також галузевих стандартів (61851–23, -24 і 62196–3). CHAdeMO, перший стандарт постійного струму з робочою потужністю від 200 кВт до 400 кВт, підтримує V2X (від автомобіля до X, де «X» може стосуватися автомобіля, мережі, інфраструктури тощо) за допомогою протоколу версії 1.1.

Роз'єм постійного струму Tesla

Нагнітачі Tesla оснащені власним роз'ємом зарядки в США. Унікальна особливість роз'єму Tesla полягає в тому, що зарядка змінним і постійним струмом може здійснюватися через той самий роз'єм і контакти. Крім того, адаптер також може підключати до роз'єму зарядні станції CHAdeMO. Для кожного з цих роз'ємів доступна потужність 120 кВт.

Роз'єм GB/T China

Стандарт 20234.3–2015 визначає зарядний роз'єм постійного струму в Китаї. Протокол мережі доступу контролера (CAN) спілкується з такими роз'ємами. Цей роз'єм має унікальну властивість заряджати дві батареї одночасно; допоміжний акумулятор низької напруги та основний акумулятор високої напруги. Цей продукт може видавати до 250 А струму в діапазоні номінальної напруги від 750 В до 1 кВ.

Актуальні моделі електромобілів

Оскільки виробники представляють електричні версії існуючих транспортних засобів або нові моделі електромобілів, ринок електромобілів і PHEV зростає. Від двомісних інтелектуальних автомобілів з електроприводом до п'ятимісних електричних позашляховиків (SUV) Toyota RAV 4 – комерційно доступні транспортні засоби різних розмірів. На різних ринках доступні різні типи транспортних засобів.

Інфраструктура управління та зв'язку для зарядки електромобілів

Система управління та зв'язку контролює та контролює систему заряджання електромобіля. Заряджання електромобіля збільшує потребу електроенергії в енергосистемі.

Архітектура керування зарядкою електромобіля

На рис. 2.8 показано, як зарядка електромобіля контролюється на основі структур мобільності, координації та контролю. Контроль заряджання електромобілів включає електричну мережу, зарядні станції електромобілів та електромобілі.

Враховуючи мобільність транспортних засобів: для електромобілів можна створити статичну та динамічну зарядну інфраструктуру. Станції, які дозволяють заряджати під час стоянки автомобіля, є статичними зарядними станціями. Навпаки, динамічне або мобільне рішення для заряджання враховуватиме різні види руху, наприклад, час, коли електромобіль прибуває на зарядну станцію, а також незаплановані прибуття та відправлення електромобілів, що було б більш реалістичним через просторово-часові відносини між електромобілями. Однак він більш складний і пов'язаний з більш розвиненою інфраструктурою управління.

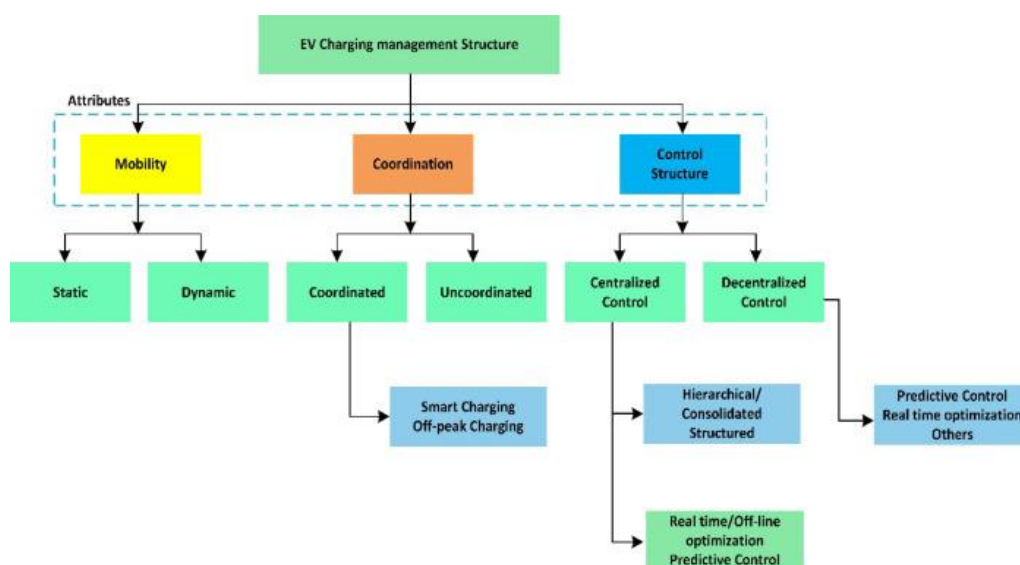


Рис.2.8 Системи зарядки електромобілів класифікуються за різними стратегіями керування

Координація заряджання: електромобілі можна заряджати двома способами: неузгоджене керування заряджанням і координоване керування заряджанням. Акумулятор електромобіля починає заряджатися, щойно його під'єднають, або після фіксованої затримки, яку користувач може регулювати. Він продовжує заряджатися, доки не досягне максимальної потужності. Операції заряджання не координуються, коли вони виконуються в години пік, що збільшує втрати електроенергії, перевантажує розподільчі трансформатори та знижує надійність мережі. Комунальні підприємства іноді пропонують дешеві нічні тарифи (подвійні тарифи) для клієнтів, які володіють електромобілями, щоб зменшити час пікового навантаження. З іншого боку, інтелектуальна зарядка зменшує час

пікового навантаження. Зарядні пристрої, які використовують інтелектуальну зарядку, оптимізують споживання часу та енергії і зменшують витрати на електроенергію, відхилення напруги, струми та перевантаження трансформатора. Узгоджений метод заряджання з використанням позапікової зарядки відбувається в певних точках протягом дня, коли навантаження на мережу є найнижчими, де заряджаються електромобілі. Тим не менш, необхідно зв'язатися з постачальниками комунальних послуг протягом кількох днів, щоб визначити, чи це частково вирішує проблему перевантаження. Заряджання електромобілів також може створювати незручності користувачам електромобілів.

Розгляд структури управління: зарядні станції для електромобілів розподілені в просторі через розподільчу мережу. Поток електроенергії зарядних станцій для електромобілів можна керувати та контролювати за допомогою кількох стратегій, таких як централізована або децентралізована зарядка.

Централізований контроль

Під час централізованої зарядки графіки та тарифи зарядки електромобілів визначаються головним механізмом керування, який отримує інформацію від транспортних засобів. Централізована структура централізовано обробляє інформацію та забезпечує оптимальне глобальне рішення, яке враховує обмеження мережі та переваги користувача. На практиці централізоване стягнення плати обмежується розміром проблеми оптимізації, яка зростає, коли в певній місцевості багато транспортних засобів. Для вирішення цієї проблеми пропонуються ієрархічні архітектури керування, які розділяють навантаження електромобілів відповідно до їхнього географічного розташування. Кожна група має свій локальний контролер, який керує розподілом енергії між окремими електромобілями, тоді як центральний контролер обробляє лише групові вимоги. Вимоги до зв'язку та обчислень покращуються при використанні стратегії ієрархічного керування. Централізовані структури також дозволяють різні інші стратегії контролю, такі як онлайн-контроль і ціноутворення в реальному часі.

Децентралізований контроль

Власники електромобілів визначають графік зарядки за допомогою децентралізованої стратегії, відомої як контроль заряду. Цей метод контролю покладається насамперед на ціну електроенергії та зручність користувача для визначення тарифів. Децентралізоване керування гарантує, що користувачі електромобілів досягнуть своїх цільових показників зарядки під час вибору схеми заряджання. Загальна система має бути оптимізована на глобальному рівні. Однак навантаження на електромобілі можна узгодити з вимогами мережі за допомогою належного впровадження механізмів тарифікації електроенергії та відповідальності користувачів електромобілів, як показано на рис. 2.9.

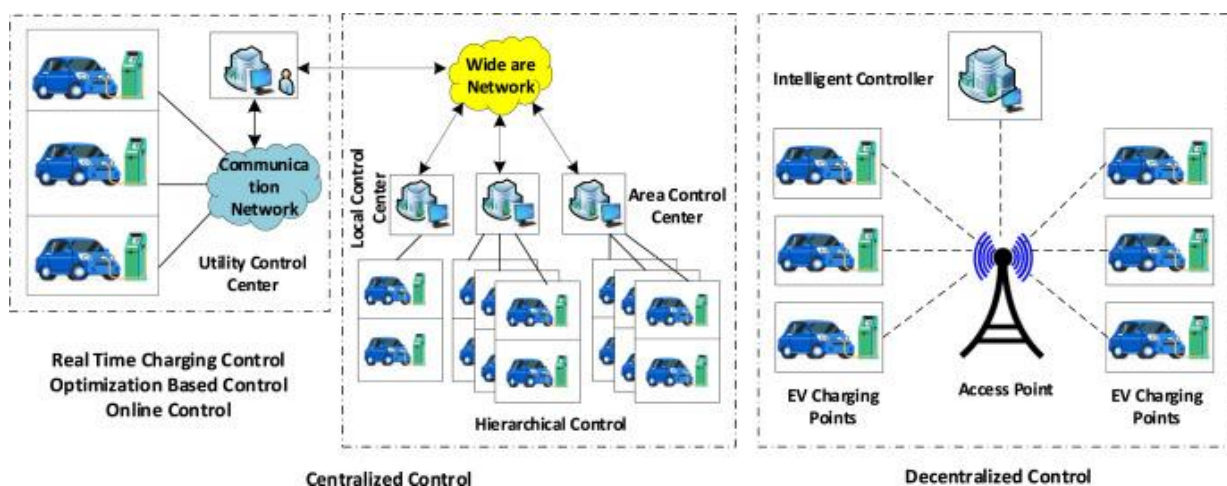


Рис.2.9 Система зарядки електромобілів з децентралізованим і централізованим керуванням

Система зарядки постійного струму та постійної напруги

Схеми пасивного заряджання постійного струму (CC) і постійної напруги (CV) базуються на попередньо встановлених інструкціях. Постійний струм повинен підтримуватися під час заряджання CC. Зарядний струм можна легко визначити, навіть якщо він має обмежений струм, щоб запобігти надмірному струму. Окрім нікель-кадмієвих акумуляторів, метод зазвичай використовується для зарядки літієвих акумуляторів. Незважаючи на це, оцінка стану заряду (SoC) має проблему через сукупні помилки, які призводять до надмірного або недостатнього заряджання, що призводить до скорочення життєвого циклу

аккумулятора. В результаті саморозряду батареї до батареї безперервно застосовується СС-зарядка з низькою швидкістю ($0,01C-0,1C$), яка називається плавною зарядкою. Ремонт і активація аккумулятора зазвичай виконується за допомогою цього методу. У методі CV зарядки зарядний струм контролюється розрахунковим SoC за допомогою джерела живлення постійної напруги. Проте батареї можуть бути пошкоджені сильними струмами під час початкового заряджання. За допомогою СС-CV ви можете отримати переваги обох методів СС і CV, одночасно компенсуючи їхні недоліки шляхом оптимізації СС для початкових і подальших змін CV. За оцінками, до 85% процесу зарядки СС-CV для літій-іонних аккумуляторів здійснюється за допомогою зарядки СС. На додаток до багатьох переваг зарядку СС-CV легко розробити, реалізувати та використовувати, оскільки не потрібно знати модель батареї. Незважаючи на свої переваги, процес CV займає значну кількість часу, тому він непридатний для швидкої зарядки; напруга поляризації батареї зростає, коли вона старіє, і клітини неможливо розрізнити. Такі параметри батареї, як внутрішній опір і температура, не враховуються. Це може призвести до зниження ефективності. Сучасні BMS додали краплинну зарядку СС-CV. Коли батарея глибоко розряджена, на першому етапі зарядки активується крапельна зарядка. Навпаки, наприкінці процесу заряджання батарея заряджається до тих пір, поки зарядний струм не впаде до заздалегідь визначеного порогу, таким чином значно збільшуючи життєвий цикл літій-іонних батарей. Режим CV прискорює процес зарядки на 11 відсотків порівняно з режимом СС, який розділений на п'ять етапів. Режим СС, зокрема, може спричинити стрибок температури, що призведе до зниження енергоефективності після попередньо встановленого заряджання. У режимі СС метод попередньої прискореної зарядки використовується для скорочення часу заряду за допомогою високого струму розгальмування перед СС. Однак контроль температури необхідний для безпеки та ефективності батареї. Режим CV покращено зі змінною траєкторією струму для підвищення ефективності зарядки на 7% шляхом прискорення зарядки на 34%. Однак можна було б передбачити зарядний струм у режимі CV, поєднавши вимірювання внутрішнього опору в

реальному часі з прогнозованим температурним замкнутим циклом. На рис. 2.10 показана форма зміни напруги та струму під час зарядки.

Комунікаційна мережа для зарядки електромобілів

Успішна система керування зарядкою для електромобілів залежить від ефективного зв'язку між електромобілями, електромобілями EVSE та мережею, як показано на рис. 2.11.

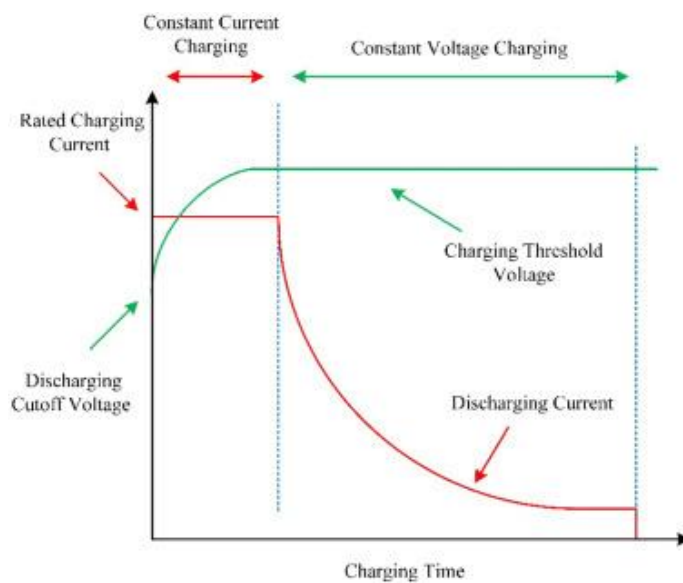


Рис.2.10 Зміна струму та напруги під час зарядки CC-CV

Різні комунікаційні протоколи класифікуються на дротові та бездротові технології. Використання електромобілів (EV) можна інтегрувати в різні приватні зони, включно з домашніми мережами (HAN), мережами промислових зон (IAN), мережами будівельних зон (BAN), мережами сусідніх зон (NAN) або мережами польових зон. Через ці мережі здійснюється контроль і моніторинг зарядки/розрядки електромобілів та іншого домашнього споживання електроенергії. Як описано нижче.

Дротовий зв'язок: у великих містах зарядні станції для електромобілів ідеально підходять для дротових технологій для передачі даних на великі відстані. Одним із найпопулярніших протоколів передачі даних у дротових технологіях є Power Line Communication (PLC). Ця технологія використовує ту саму лінію живлення для передачі та отримання даних. Завдяки міцності та надійності його можна використовувати у разі перешкод. Концепція PLC

використовується в кількох протоколах, включаючи Home Plug 1.0, Home Plug turbo, Home Plug AV, HD-PLC і UPA. У дротовому зв'язку також реалізовані оптичний і DSL протоколи. Значною перевагою оптичних комунікацій є їх значно вищі швидкості передачі даних (до кількох Гбіт/с) і дальності передачі (кілька кілометрів) порівняно з PLC. Оптичний зв'язок також стійкий до електромагнітних перешкод. У результаті за допомогою цієї технології дані можна передавати по лінії високої напруги. Протокол DSL може здійснювати цифровий зв'язок по телефонній лінії; отже, немає потреби створювати окрему інфраструктуру.

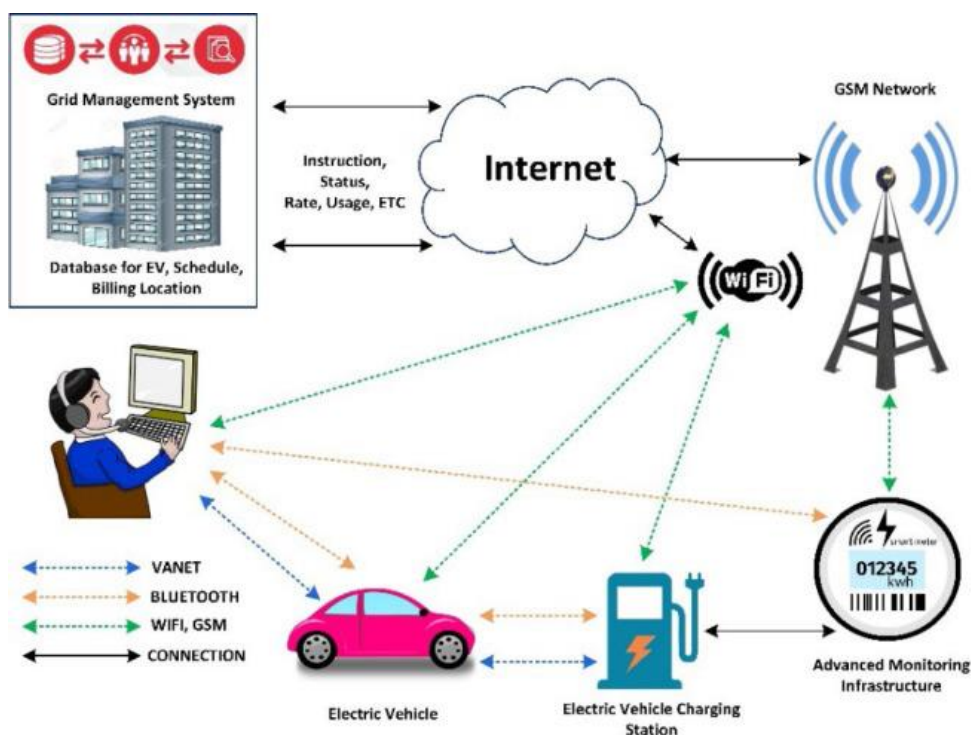


Рис. 2.11 Комунікаційна мережа для систем зарядки електромобілів

Бездротовий зв'язок : для забезпечення обміну даними між транспортними засобами та зарядними станціями необхідний бездротовий зв'язок для завершення структури зв'язку. Електромобілі покладаються на це, щоб надати інформацію про стан свого заряду. У мережах бездротового зв'язку електричні пристрої з'єднуються за допомогою ієрархічних сітчастих структур. Ієрархічна сітчаста структура складається з пристроїв бездротової локальної мережі. Для

підключення електромережі використовуються чотири популярні бездротові технології: Zigbee, стільниковий зв'язок, WIFI та супутникові мережі.

2.6 Електромобілі та мережа: режими інтерфейсу живлення

Взаємодія обміну електроенергією між електромобілями та мережами може бути нескоординованою або синхронізованою залежно від техніки заряджання електромобілів. Багато електромобілів працюють у неузгоджених режимах заряджання незалежно від продуктивності трансмісії та стану використання, що значно впливає на якість і надійність. Координований режим V2G розробляється для керування багатьма електромобілями в існуючій структурі керування. Немає прогресу в розробці адаптивного механізму зарядки/розрядки для електромобілів. На рис. 2.12 показано потік електроенергії між мережею та PEV для режимів неузгодженого заряджання та V2G (тобто від автомобіля до мережі). Навпаки, електроенергія передається двонаправлено, тобто від мережі до PEV і навпаки. Таблиця 2.4 показує, що орієнтація потоку потужності складається з трьох режимів. Подібності та відмінності кожного режиму перераховані.

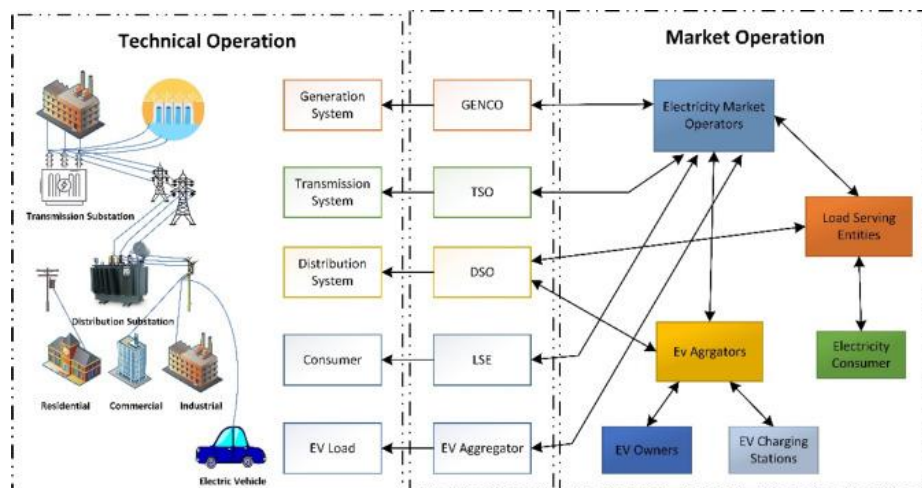


Рис. 2.12 Система конвергенції мережі електромобіля

Таблиця 2.4

Робота потоків електроенергії в трьох режимах

Функціональний режим	Напрямок потоку потужності	Можлива альтернатива
Процес зарядки неконтрольований	Від мережі до електромобіля	Нерегульована зарядка, тупа зарядка і звичайна зарядка.
Односпрямований V2G	Від мережі до електромобіля	Контрольована зарядка, узгоджена зарядка та інтелектуальна зарядка.
Двонаправлений V2G	Від мережі до електромобіля і навпаки	Узгоджене заряджання та розряджання, контрольоване заряджання та розряджання, інтелектуальне заряджання та розряджання

Потреба у відновлюваних джерелах енергії

Викиди вуглекислого газу відбуваються в основному від електростанцій і транспортної галузі. Небезпека для здоров'я та навколишнього середовища зростає до небезпечного рівня. Використання відновлюваної енергії може пом'якшити глобальне потепління, одночасно сприяючи захисту навколишнього середовища. Крім того, відновлювані джерела енергії сильно залежать від природних умов для їх генерації. Головним недоліком зеленої енергії є те, що вона виробляє енергію неузгоджено та непередбачувано. Електромобілі можуть вирішити зазначені вище проблеми, будучи інтегрованими в електромережу. Коли відновлювана енергія генерується непостійно, електромобілі парку дають змогу виправити непостійне використання відновлюваної енергії. Тим часом вони служать джерелом енергії для зберігання надлишку електроенергії, виробленої відновлюваними джерелами, запобігаючи згорянню джерела. Систему живлення можна налаштувати, щоб використовувати переваги чистої енергії, зберігання енергії EV та підключених мереж. Очікується, що електромобілі сприятимуть економіці промисловості чистої енергії. Для того, щоб зробити електромобілі та потенційну енергосистему більш ефективними та безпечними, необхідно буде забезпечити адекватне

зберігання електроенергії між джерелами відновлюваної енергії та електромобілями.

Вплив інтеграції електромобілів на мережу

Можна класифікувати вплив інтеграції електромобіля в мережу на негативні та позитивні аспекти. На рис. 2.13 вони описані більш детально. Електромобілі становлять значні проблеми для енергокомпаній. Надмірна інтеграція електромобілів у розподільчу мережу впливає на стабільність розподільчої мережі. Цей несприятливий ефект спричинений зміною профілю навантаження, дисбалансом напруги та частоти, надмірним введенням гармонік і втратами потужності, Погіршення якості електроенергії, пікові навантаження та проблеми з регулюванням потужності можуть виникати через надмірне проникнення електромобілів у мережу. Ці проблеми можна вирішити за допомогою передових методів керування живленням.

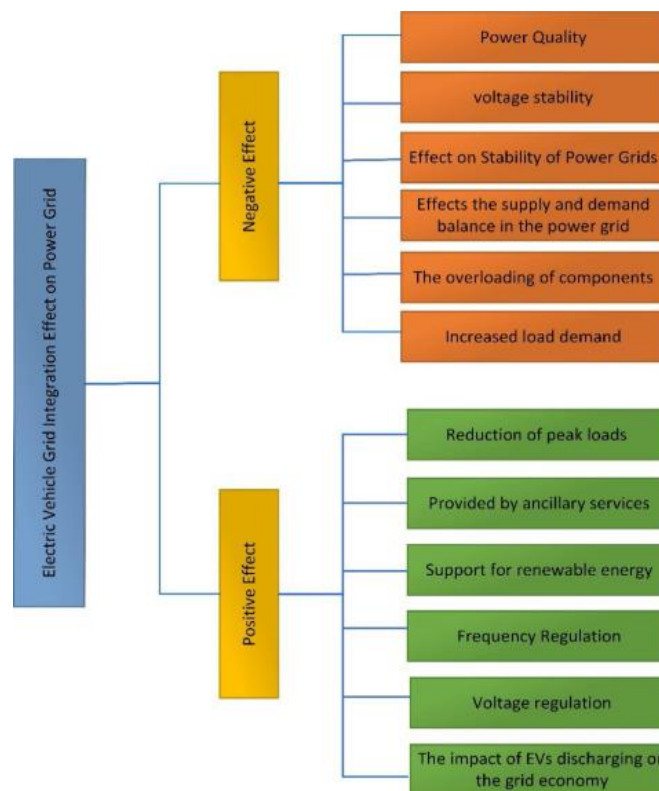


Рис. 2.13 Вплив інтеграції мережі електромобілів на енергомережу

Роль агента в EVGI

Агент є незалежною програмою, яка може контролювати свою дію на основі своїх спостережень за робочим середовищем. Агенти електроенергетики повинні володіти автономією, інтелектом, раціональністю та здатністю навчатися та об'єднуватися. Нерегульований агент — це агент, який діє на оптовому або роздрібному ринку енергії відповідно на оптовому та роздрібному ринках. Інші, такі як TSO та DSO, є регульованими агентами. Хоча регульовані агенти діють у природних монополіях, регулювання на основі стимулів є основою їх регулювання. Окрім цих агентів, EVGI може вимагати інших агентів, зокрема власників електромобілів, постачальників-агрегаторів електромобілів (EVSA) і менеджерів зарядних точок (CPM). У таблиці 2.5 усі ці агенти підсумовано за їхніми ролями.

Таблиця 2.5

Агенти та їх ролі в EVGI

Титул агента	Резюме
CPM	Станціями зарядки та розрядки електромобілів керують менеджери зарядних станцій, які виступають у ролі кінцевих клієнтів.
EVSA/EV	Забезпечує електроенергією власників електромобілів
Агрегатор	Подібно до інших оптових агентів, вони діють так само
Власник EV	Потреба в навантаженні електромобілів визначає, які додаткові послуги електромобілі можуть надавати через V2G, а електромобілі забезпечують енергію для заряджання акумулятора.
DSO	Забезпечує стійку та безпечну мережу розподілу, піклуючись про мережу розподілу. Підтримуйте стабільність і оптимізацію всієї системи, забезпечуйте справедливую та економічно життєздатну розподільчу мережу та сприяйте конкурентному енергетичному ринку.
TSO	Здійснює управління безпекою роботи системи передачі та закупівлю системних послуг, включаючи експлуатаційне обслуговування
LSE	Постачальник або Агент роздрібної торгівлі зобов'язані продавати енергію кінцевим споживачам, а OCP зобов'язаний сплачувати збори OCP, пов'язані з дерегуляцією, та інші збори за послуги.
GENCO	Забезпечує прибуткове виробництво та продаж електроенергії шляхом виставлення цін на електроенергію на ринку електроенергії.

Роль агрегаторів EV в EVGI

Використовуючи інтелектуальні лічильники як інтерфейс, агрегатори електромобілів діють як сполучна ланка між мережею та електромобілями, збираючи інформацію про потребу зарядної енергії та час підключення від водіїв і надсилаючи їх операторам мереж. Крім того, агрегатори електромобілів надають власникам електромобілів інформацію про зарядні станції та ціни на електроенергію. На ринку, де можуть співіснувати кілька агрегаторів, власнику електромобіля краще вибрати агрегатор, який найкраще відповідає його вимогам. У співпраці з DSO агрегатори прогнозують попит на енергію наступного дня та готують ціни купівлі/продажу. Аналіз та оцінка технічної здійсненності прогнозів попиту є відповідальністю DSO. Агрегатор може перейти до ринкових переговорів після отримання прийнятного прогнозу. У такому випадку DSO вимагатиме від агрегатора внести необхідні зміни для забезпечення його безпеки.

Крім того, агрегатор повинен прогнозувати поведінку та переваги власників електромобілів на додаток до прогнозування ринкових цін. Час і відстань відправлення та прибуття є основними джерелами невизначеності, як і переваги (наприклад, коли і скільки зарядити акумулятор). Електроенергія, закуплена агрегаторами з мережі, буде дешевшою, крім того, вони зможуть продавати її в пікові періоди, оскільки вони скористаються перевагами зберігання електромобілів своїх клієнтів. Що стосується придбання/продажу енергії, а також щодо GENCO, агрегатори конкуруватимуть безпосередньо з роздрібними продавцями електроенергії. Завдяки цьому підходу електромобілі також можуть брати участь у вторинному регулюванні частоти через зв'язок між агрегаторами та операторами ГТС. Окрім цього, агрегатори також можуть вести переговори з іншими організаціями, такими як служби паркування та постачальники акумуляторів.

Проблеми та пропозиції EVGI

З появою технології розумних мереж поточна ситуація EVGI може ще покращитися. Було б корисно продовжити вивчення цих питань, щоб запровадити

інтелектуальну мережу, яка взаємодіє між електромобілями, електромережами та транспортними мережами.

EVGI є ефективним лише за наявності ефективного операційного механізму. Незважаючи на поточні зусилля, успіхів у цій сфері не досягнуто. Спеціальні дослідження, які розробляють механізми EVGI, не враховують адекватно мобільність EV.

Електромобілі використовуються як джерела енергії, транспортні засоби, накопичувачі та вузли зв'язку в сучасних мережах. Окрім зв'язку між електричною мережею, мережею трафіку та мережею зв'язку, вони також використовуються для передачі даних. При розробці системи планування зарядки для електромобілів слід враховувати попередні фактори.

У існуючій системі для планування використовується тарифікація в непіковий період. Проблему перевантаження мережі можна вирішити, створивши тарифи для споживачів, що змінюються за часом і потужністю (рівень 2 або рівень 3). Щоб забезпечити надійність і стабільність системи розподілу, найкраще використовувати скоординовану інтелектуальну систему зарядки в поєднанні з агрегатором.

У поточному стані технології бездротової зарядки він призначений лише для операцій G2V. Електрифіковані транспортні засоби, які працюють за допомогою бездротової зарядки, повинні мати можливість надавати різноманітні мережеві послуги завдяки двонаправленому WPT.

Виклик між власниками електромобілів, агрегаторами та дистриб'юторами

Власники EV. Витрати є серйозною проблемою для власників електромобілів. Електричні автомобілі повинні бути здатними утримувати величезну кількість заряду, і для цього батареї потребують дорогих матеріалів, деякі з яких важко отримати, тому для їх виробництва доводиться використовувати дорогі технології. Оскільки виробництво електромобілів дорожче, ніж аналогічні бензинові автомобілі, їх також дорожче купувати. Таким чином, вони з меншою ймовірністю будуть прийняті споживачами. Проблема

курей на вільному вигулі та органічних яєць полягає в тому, що вони не вільні від хімікатів. Економія на масштабах і збільшення обсягів виробництва можуть значно знизити вартість електромобілів. Купівля електромобілів вимагатиме значного падіння цін, чого може не статися, якщо ціни не будуть знижені. Найбільша проблема для виробників електромобілів полягає в тому, щоб переконати споживачів, що вони варті своєї ціни. Деякі люди не впевнені, що електромобілі їм підходять. Тут є цілий ряд тривожних проблем. Серед виробників електромобілів існує занепокоєння, що люди втратять акумулятори, перш ніж проїхати далеко на своїх електромобілях. Ви можете заправити свій бензиновий автомобіль на заправній станції приблизно за п'ять хвилин, якщо у вас закінчився бензин; ви заїжджаєте на заправку, заправляєтесь і знову на дорозі. Зарядити електромобіль не так просто, як здається. Середній електромобіль, коли він надходить на ринок, має запас ходу лише близько 100 миль (160,9 кілометрів). Наприклад, якщо у вас немає доступу до спеціалізованої зарядної станції (наразі її не вистачає), вам доведеться чекати приблизно вісім годин, поки акумулятор повністю зарядиться. Електромобілі залишаються непридатними для подорожей, оскільки більшість людей щодня проїжджають менше 40 миль (64,4 кілометрів) і можуть швидко встановити їх за ніч. Чи не було б дивно, якби ви проїхали 80 миль (128,7 кілометрів) за день, повернулися додому, а потім дізналися, що вам потрібно проїхати ще 30 миль (48,3 кілометри) через надзвичайну ситуацію? Електричним автомобілям важко подолати перешкоди, коли споживачі думають про такі ситуації.

Інша проблема полягає в тому, що зарядні станції можуть полегшити занепокоєння багатьох споживачів щодо електромобілів. З появою електромобілів в інфраструктурі країни відбулися значні зміни. Кілька зарядних станцій (включаючи деякі в Best Buy, які дозволяють споживачам заряджати під час покупок) вийшли на випробування, але більшість людей заряджають вдома у своїх гаражах. Отже, люди, які живуть у спільному житті або паркуються на вулиці, матимуть найбільшу проблему з налаштуванням. Безсумнівно, більше людей купували б електромобілі, якби покращили інфраструктуру та зарядні

станції. Щоб переконати інфраструктуру змінитися, завжди знадобиться значна кількість електрифікованих транспортних засобів.

Агрегатори. Агенти агрегаторів — це постачальники послуг, які долають розрив між електричними транспортними засобами (EV) і системними операторами. Системні оператори вважають агрегатор великою генерацією або джерелом навантаження, що пропонує допоміжні послуги, такі як обертання та регулювання резервів. Неузгоджене заряджання електромобілів може спричинити майбутні проблеми для операторів систем передачі електроенергії та систем передачі електроенергії. Крім того, моделі житлового навантаження можуть суттєво змінюватися від дня до дня. ОСП та ОСР повинні використовувати всі доступні ресурси для вирішення цих проблем. Агрегатори електромобілів виступають обов'язковими партнерами для DSO та TSO, що надають технічні послуги. Агрегатор електромобілів виступатиме посередником між операторами, які, ймовірно, використовуватимуть ринкові механізми для отримання необхідних ресурсів і споживачів електромобілів. Менеджери мереж та інші зацікавлені сторони можуть скористатися гнучкими пакетами попиту, які пропонує цей агент. Користувачі електромобілів можуть використовувати засоби модуляції потужності зарядки, щоб забезпечити цей гнучкий потенціал. На додаток до надання своїх послуг TSO та DSO для роботи з електромережами, агрегатор EV можна запропонувати іншим партнерам з електроенергетики для оптимізації купівлі їхнього енергетичного портфеля. Майбутні TSO та DSO, ймовірно, матимуть агрегатори Demand Response для керування змінними навантаженнями від домогосподарств, підприємств і галузей у своїх зонах роботи, окрім агрегаторів електромобілів. Агрегатор EV використовуватиметься разом із операторами систем передачі та операторами систем розвантаження для вирішення щоденних технічних проблем із переміщенням цього навантаження. Це навантаження розглядатиметься як негнучке, і воно взаємодіятиме з іншими агрегаторами для вирішення щоденних технічних проблем. Врівноважуючи це негнучке навантаження з навантаженням заряджання EV, цей агрегатор EV компенсує негнучке навантаження. Агрегатор модулює криву зарядки для

електромобілів на основі вимог до роботи мережі, щоб запобігти перевищенню максимальної доступної потужності для зарядки електромобілів у будь-який момент доби.

Дистриб'ютори. Є чотири основні проблеми, з якими стикаються DSO. По-перше, це питання старіння активів. Країни з розвинутою економікою, такі як Західна Європа, Північна Америка та Японія, все більше стурбовані цією проблемою. Крім того, децентралізоване виробництво електроенергії є складним завданням — від сонячної енергії на даху до потужних вітрових і фотоелектричних електростанцій. Через обмеження тепла та напруги в своїх мережах DSO не можуть підключити стільки нової енергії, скільки вони хочуть. Управління новим попитом — третє завдання. Як наслідок, його необхідно зміцнити, щоб забезпечити використання ресурсів нового покоління. Саме заряджання електромобілів є рушієм індустрії електромобілів. Існує кілька пунктів заряджання, від побутових зарядних пристроїв змінного струму для одного автомобіля (зазвичай менше 3 кВт) до високошвидкісної зарядки постійним струмом до 350 кВт на громадських зарядних станціях. Nexans Asset Electrical був спеціально розроблений, щоб допомогти операторам DSO впоратися з цими викликами, допомагаючи їм знайти баланс між продуктивністю, експлуатацією та капітальними витратами. Asset Electrical створює цифрових двійників для вашої мережі. У рамках цього плану ви повинні включити всі фізичні активи та свої стратегії ремонту, оновлення та перевірки. Використовуючи цю базову лінію, легко змодельовати різні сценарії. Унікальна модель старіння активів навіть дозволяє розрахувати вплив на різні мережеві активи. Отримати максимальну віддачу від вашої електромережі стає доступніше з Asset Electrical, заощаджуючи понад 10% загальних витрат і збільшуючи рентабельність активів більш ніж на 20%.

2.7 Політика та стимули

Нульові викиди вихлопної труби будуть створені, коли електричні транспортні засоби поєднуються з низьковуглецевою енергією. Крім того, двигуни внутрішнього згоряння викидають значно менше парникових газів, ніж альтернативні джерела енергії. Ці цілі визначають політику підтримки розробки та впровадження електричних силових агрегатів для транспорту в багатьох країнах. 17 країн взяли на себе зобов'язання ліквідувати автомобілі з двигунами внутрішнього згоряння або досягти стандартів нульового викиду вуглецю для автомобільних транспортних засобів до 2050 року. Рішення щодо політики та стимулів щодо на електромобілі сильно впливає поточний стан індустрії електромобілів. Для того, щоб електромобілі швидше запроваджувалися, вимоги до електромобілів і зарядних пристроїв мають бути запроваджені якомога раніше. Публічна демонстрація технології на державних транспортних засобах і громадському транспорті — найкращий спосіб посилити впровадження, дозволяючи підприємствам і організаціям подавати приклад. Більшість урядових стратегій і стимулів спрямовані на звільнення від податків і кредитів, зниження собівартості одиниці продукції та доступ до гарячих точок для паркування. Норми та фінансові стимули, ймовірно, прискорять впровадження електромобілів, встановлюючи чіткі цілі та завдання для галузі. У відповідь на багато з цих правил багато виробників зобов'язані випускати гібридні автомобілі та автомобілі з вищою паливною ефективністю. Згадуються стандарти Європейського Союзу щодо викидів CO₂ або вимоги щодо транспортних засобів з нульовим рівнем викидів у Сполучених Штатах і деяких провінціях Канади. У відповідь на нові правила ЄС щодо викидів транспортні засоби повинні викидати 95 грамів CO₂ на кілометр, що збільшує продажі гібридних автомобілів по всій Європі.

Доступ до громадських паркувальних місць і бронювання паркувальних місць. Стимули, такі як зарезервовані паркувальні місця та громадські зарядні станції, зазвичай введені на місцевому чи муніципальному рівні, найкраще

застосовувати на місцевому чи регіональному рівні (можливо, через державні стимули та правила).

Доріжки та доріжки для автобусів і транспортних засобів великої місткості (HOV). Електромобілі видаються більш цінними в короткостроковій перспективі (оскільки вони мають більше можливостей), але вжиття заходів щодо сприяння їх використанню замість двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) на дорожній мережі також може вплинути на їх довгострокові фінанси. З огляду на заборону на пересування транспортних засобів, що забруднюють навколишнє середовище, електромобілі будуть значно привабливішими на вторинному ринку, ніж їхні конкуренти сьогодні.

Структура ринку електромобілів

Протягом 2022–2030 років очікується, що загальна кількість електромобілів зросте з 8151 тис. одиниць до 39 208 тис. одиниць із загальним річним темпом зростання на 21,7%. Державні субсидії та податкові знижки спонукали виробників розробляти транспортні засоби великої дальності з нульовим рівнем викидів у всьому світі через зростаючий попит на поїздки з низьким рівнем викидів. В результаті електромобілі стали більш популярними. Цілі скорочення викидів були встановлені в країнах по всьому світу на основі їхньої здатності скорочувати викиди. OEM-виробники зможуть розширити свій потік доходів і географічну присутність, оскільки уряди збільшать свої інвестиції в зарядні станції для електромобілів і водневі заправні станції по всьому світу. Очікується, що світовий ринок електромобілів зростатиме помірними темпами через відносно невелику кількість зарядних станцій для електромобілів і водневих паливних станцій. Високі початкові інвестиційні витрати та обмеження продуктивності також можуть перешкоджати цьому зростанню.

Відсутність інфраструктури для зарядки електромобілів. У різних країнах зарядних станцій для електромобілів дуже мало. Через це стає менше громадських зарядних пристроїв для електромобілів, що зменшує впровадження. Незважаючи на те, що інфраструктура для зарядки електромобілів встановлюється в багатьох країнах, більшість країн не змогли встановити необхідну кількість станцій для

зарядки електромобілів. У міру розвитку мереж зарядних станцій для електромобілів у всьому світі очікується, що попит на електромобілі зросте. У більшості країн такі зарядні мережі ще не розроблені.

Ключові гравці на ринку

На ринку електромобілів є кілька визнаних гравців, зокрема Tesla (США), Volkswagen AG (Німеччина), SAIC Motors (Китай), BYD (Китай) і Stellantis (Нідерланди). Продажі електромобілів враховуються разом із певним відсотком сегментного доходу для кожної компанії, перерахованої вище, для визначення рейтингу ринку електромобілів. Крім продуктів і рішень для автомобільної промисловості, ці компанії також пропонують широкий спектр послуг і рішень. Ці компанії вкладають значні кошти в науково-дослідні розробки для розробки нових продуктів і мають потужні дистриб'юторські мережі по всьому світу.

З РОЗУМНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ ЗАРЯДНОЇ СТАНЦІЇ ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА ОСНОВІ ІОТ

3.1 Аналіз інфраструктури

Нещодавно країни в усьому світі запровадили регулятивні заходи для вирішення проблем у транспортній галузі, включаючи зростаючий попит на викопне паливо та проблеми із забрудненням у містах. Екологічно чисті електромобілі викликали великий інтерес через занепокоєння щодо наявності викопного палива, навколишнього середовища та обмежень на викиди. Численні країни встановили важливі правила для сприяння розвитку та впровадження електромобілів [1]. Електромобілі надають багато переваг з точки зору ціни та зручності. Електромобіль (EV) не потребує жодного технічного обслуговування, такого як витрати на мастило, вихлопну систему, стартерну батарею або охолоджувальні рідини, на відміну від автомобіля з двигуном внутрішнього згоряння (ICE) [2]. Запас ходу електромобілів також розширюється швидше, ніж у минулому. З номінальною потужністю 16 кВт-год маленький автомобіль Mahindra Reva може проїхати 80 км на одному заряді. Автомобілі Tesla Model X (SUV) з акумулятором ємністю 94 кВт/год мають запас ходу 400–450 км.

На рисунку 3.1 зображено типову зарядну станцію (charging stations (CS)) для електромобілів, а на рисунку 3.2 — блок-схему зарядної станції для електромобілів, яка включає випрямляч для перетворення змінного струму на постійний, підключений перетворювач DC/DC підключається для підвищення напруги відповідно до потужності зарядної станції для забезпечення ефективної зарядки електромобілів.

Для додаткової безпеки система також включає механізм контролю захисту в транспортному засобі та контролер заряду на зарядній станції. Розмір їхніх акумуляторів головним чином визначає запас ходу електромобілів, але складність двигуна також відіграє важливу роль. Оскільки останні дослідження були зосереджені на збільшенні запасу ходу електромобілів, необхідні технології

моніторингу й керування акумулятором, вони пропонують детальний опис літій-іонних акумуляторів, які є в електромобілях.



Рисунок 3.1 Типова зарядна станція для електромобілів

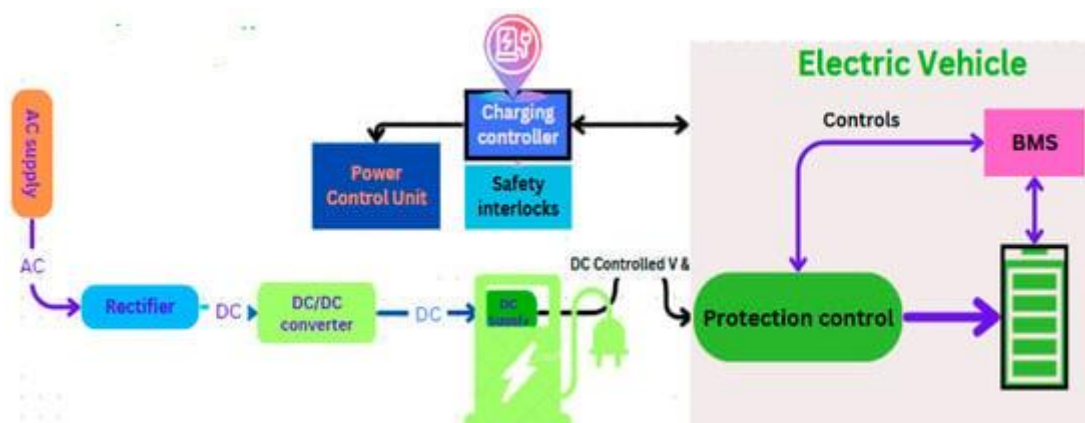


Рисунок 3.2 Блок-схема зарядної станції для електромобілів

Для акумуляторів великої ємності, які вимагають системи швидкого заряджання, розглянуто та рекомендовано основні принципи роботи, збірку та продуктивність кількох типів Li акумуляторів. Швидкі CS можуть зарядити батарею від 20% стану заряду (state of charge - SOC) до приблизно 80% за 30 хвилин, відповідно до [3]. З іншого боку, рівень II і рівень I вимагають розширеного процесу зарядки. Загальнодоступна CS є кращим варіантом для зарядки для власників електромобілів, які не мають доступу до своїх зарядних пристроїв. Електромобілі (electric vehicle - EV) та гібридні електромобілі (hybrid

electric vehicles - HEV) [4] оцінили ідеальний режим зарядного пристрою, що забезпечує ефективність і найшвидший час зарядки.

SOC є одним із вирішальних факторів, який забезпечує належне заряджання та розряджання батареї, подовжуючи термін служби батареї. Це слово відноситься до номінального співвідношення ємності акумулятора та можливостей балансування. Таким чином, SOC допомагає керувати акумулятором. Різні методи оцінки SOC представлені в [5]. Для нових систем зв'язку в автомобільній промисловості існує три категорії: транспортний засіб – водій (charging pattern V2D), транспортний засіб – транспортний засіб (rious locales usin - V2V) [6] та транспортний засіб до інфраструктури (V2I). Уряди зробили значні інвестиції, тому комунікаційні технології, такі як V2V і V2I, пройшли широкі дослідження. Ці комунікаційні технології в першу чергу призначені для зменшення заторів, підвищення безпеки дорожнього руху та запобігання зіткненням транспортних засобів. Тим не менш, лише деякі дослідження підтримують системи від автомобіля до пристрою для електромобілів [7]; необхідні подальші дослідження в цій галузі. Передача даних навмисно допомагає користувачеві EV і CS з ефективним плануванням керування живленням. Найближча CS отримує оцінену інформацію про SOC і виділяє слот відповідно до потреб електроенергії мережі [8].

Прогнозування навантаження на електромобілі має вирішальне значення для ефективної роботи комунальних компаній. Профілі зарядки базуються на щоденній зарядці транспортного засобу, починаючи з 17:00, 18:00 або 19:00 год. Однак на фактичні навантаження зарядки електромобілів суттєво впливатимуть режими подорожей, які значно відрізняються від водія до водія та від дня до дня. Плагін автопарків складається з 50% м'якого гібридного заряджання електромобілів, 20% повністю електромобілів і 30% повністю гібридного заряджання електромобілів [11]. Відповідно до терміну паркування змоделювали попит на зарядку електромобілів, враховуючи просторовий і часовий розподіл.

Надійна метрика оцінки для прогнозів електричного навантаження в плануванні V2G враховує статистичні особливості заряджання електромобілів.

Для короткострокового прогнозування було використано кілька методів, включаючи метод схожих днів, аналіз часових рядів, регресійні моделі, експертні системи, нейронні мережі, статистичне навчання та алгоритми нечіткої логіки. Розвиток, удосконалення та наукове дослідження відповідних математичних інструментів може полегшити формулювання більш точних методів прогнозування навантаження. На сьогодні виникає потреба в додатку в режимі реального часу для збору транспортних даних, стану батареї електромобіля та статусу CS, щоб оцінити потенційне навантаження на CS і уникнути покладення на агрегатори. Це дослідження представляє серверну програму прогнозування в реальному часі, спрямовану на досягнення двох основних цілей: (1) оптимізація планування для мінімізації часу очікування та (2) надання рекомендацій щодо зарядних станцій у реальному часі для електромобілів, які поєднують доступність і швидку зарядку [16 , 17]. Нижче наведено основні внески цієї запропонованої ініціативи:

- Розробленій програмі для електромобілів потрібні найближчі CS з іменами, позиціями та географічними координатами маршруту та резервується слот для зарядки електромобіля до прибуття в пункт призначення. Алгоритм не потребує складного обміну даними. Щоб водій міг знайти CS, усе може бути автоматично отримано за допомогою Протоколу групової маршрутизації транспортного засобу на відстані (Distance Vehicle Multicast Routing Protocol - DVMRP) та Інтернет-системи через веб-сайти з відкритим доступом.

- Запропонована програма має бути достатньо інтелектуальною, щоб надати водієві відповідні знання про CS, одночасно знижуючи ризик розташування станції з іншими транспортними засобами, все з мінімальним введенням даних від водія.

- У цій роботі пропонується гнучка онлайн-схема планування зарядки в режимі реального часу, де кожен рухомий EV може вибрати замість того, щоб залежати від вибору з агрегатора. Ця гнучка онлайн-схема планування оплати в режимі реального часу враховує доступні ефективність, коефіцієнт доставки пакетів, затримку та пропускну здатність.

Згідно з цією точкою зору, запропонована нами система є бажаною, оскільки користувач приймає виключно рішення, а конфіденційність електромобілів не буде розкрита через жодний канал. Крім того, схема пропонує інформацію про доступність слотів на найближчих CSs, а також вартість і відстань на основі параметрів акумулятора. Відповідно до SOC автомобіля та точки зору постачальника, керівництво енергетичної системи може реагувати на основі статусу CS, який повідомляється через веб-сайти. Веб-сторінка створюється за допомогою гіпертекстового препроцесора, щоб користувач міг переглянути необхідну інформацію. Таким чином, користувачі можуть вибрати CS на основі відстані та вартості за одиницю. База даних створена за допомогою хмарного SQL. Відповідні дані, такі як ціна, SOC, середній курс і так далі, будуть у базі даних. Ця база даних пов'язана з веб-сторінкою та використовує Інтернет для надання користувачеві інформації. Додаток у режимі реального часу, який збирає транспортні дані, стан батареї електромобіля та стан CS (вартість/кВт-год, діапазон, загальна кількість слотів і доступність опції швидкого заряджання), створено для точного прогнозування потенційних навантажень на CS. Підсумовуючи, сучасні зацікавлені сторони, такі як користувачі технологій і розробники, які очікують цієї можливості у своїх автомобілях, можуть бути дуже зацікавлені у впровадженні інтелектуальної системи між автомобілями та водіями. Очікується, що ці технології сприятимуть поширенню електромобілів в автомобільному секторі, особливо в країнах, що розвиваються.

3.2 Розподіл живлення змінного та постійного струму

Розподільча мережа може включати накопичувачі енергії, місцеві відновлювані джерела енергії (renewable energy sources RES) і кілька зарядних пристроїв. Вона також може працювати в конфігурації змінного або постійного струму. Далі розглянемо перешкоди та перспективи, а також методи, які використовуються для розгортання певних типів зарядних станцій. Виявлено та порівняно різні перетворювачі силової електроніки для використання в цих

програмах. У цій роботі розглядаються як переваги, так і недоліки цих підходів. Крім того, у цій роботі досліджуються запропоновані модифікації топології та вдосконалення керування з існуючої літератури для кращого узгодження з вимогами екстремального заряджання (Extreme Charging - EC). Основним предметом цієї роботи є топології перетворювачів, що підходять для додатків EC.

Знижуючі трансформатори діють як канал між розподільною мережею та трифазними шинами змінного струму в системах, підключених до мережі змінного струму. Ці шини працюють між мережами від 250 до 480 вольт. Кожен зарядний пристрій на станції живиться від шини змінного струму та має власний незалежний каскад змінного/постійного струму. Кількість ступенів перетворення між портом постійного струму RES або EV, як акумулятор або фотоелектрична система, і розподільною мережею значно збільшується за допомогою цього методу [15,20]. У системах, підключених до мережі змінного струму, більша кількість ступенів перетворення може призвести до зниження ефективності системи, збільшення системних витрат і підвищеної складності системи [14]. Прийняття шини змінного струму має численні переваги, такі як кращі та легші для доступу технології випрямляча та інвертора, доступні комутаційні та захисні пристрої, встановлені стандарти та протоколи для систем розподілу електроенергії змінного струму та багато іншого.

На рисунку 3.3 показано блок-схему зарядного пристрою змінного струму, де в електромобілях відбувається перетворення змінного струму на постійний. На рисунку 3.4 показана блок-схема зарядного пристрою постійного струму, де перетворення відбувається на зарядному пристрої, у якому підключені до постійного струму пристрої з накопиченням енергії та RES можуть працювати з більшою енергією, оскільки шину постійного струму можна побудувати лише з одним центральним інтерфейсом перетворювачем змінного/постійного струму (AC/DC). Твердотільний трансформатор (Solid-State Transformer - SST), який іноді називають низькочастотним (250–480 В) випрямним каскадом, стоїть після низькочастотного трансформатора на передньому кінці. SST інтегрують процеси ізоляції, зниження напруги та випрямлення в одному пристрої. Щоб бути

сумісним із поточним діапазоном напруги батареї приблизно 400 В, напруга шини постійного струму зазвичай залишається нижче 1000 В.

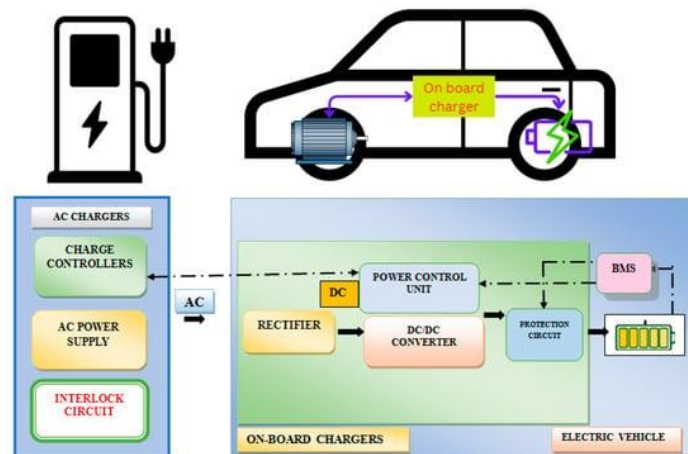


Рисунок 3.3 Блок-схема зарядного пристрою змінного струму

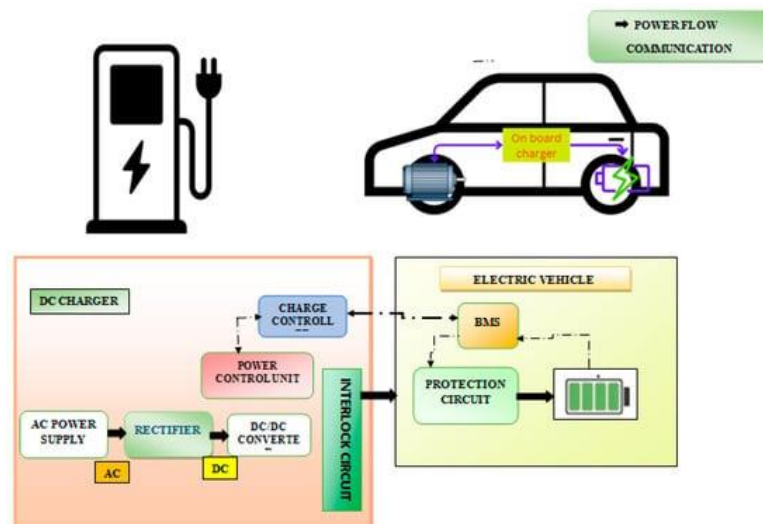


Рисунок 3.4 Блок-схема зарядного пристрою постійного струму

Вимоги до конструкції електростанцій з шинами постійного та змінного струму повинні бути однаковими на цьому рівні напруги. Підключення кожного зарядного пристрою до шини постійного струму через перетворювач DC/DC зменшує кількість кроків перетворення порівняно з системами, підключеними до мережі змінного струму [30]. Це усуває потребу в окремих перетворювачах змінного/постійного струму. Перевага підходу «розподілення постійного струму» полягає в тому, що потрібно лише єдине центральне зовнішнє підключення до комунального підприємства. Крім того, використовуючи цю техніку, можна значно знизити паспортну таблицю підключення до мережі та перетворювача

змінного/постійного струму, що в кінцевому підсумку призведе до зменшення загальних витрат на встановлення системи. Це досягається шляхом використання переваг диверсифікації навантаження, створеної зміною ємності батареї електромобіля та відхиленнями в прийнятті заряду батареї, скоригованими за SOC.

Крім того, ще однією перевагою систем постійного струму є їхня менша потреба в управлінні, оскільки вони не включають міркувань реактивної потужності. Простіше підключитися до острівної системи від первинної мережі через пряме підключення одного інвертора до мережі. Завдяки частковим перетворювачам потужності системи розподілу постійного струму можуть полегшити зв'язок між автомобілем і шиною постійного струму. Ці часткові перетворювачі потужності обробляють лише частину потужності, що подається на транспортний засіб, що знижує рейтинги перетворювача та підвищує ефективність перетворення. Наприклад, рекомендується використання кількох перетворювачів DC/DC часткової потужності для зв'язку із загальною шиною постійного струму станції ЕС [25]. Ці перетворювачі запобігають гальванічній розв'язці між автомобілями, надсилаючи частину своєї керуючої потужності прямо від шини постійного струму до автомобіля. Оскільки «кожна вихідна схема має бути повністю ізольована одна від одної» для зарядної станції для електромобілів, ця техніка повинна подолати кілька значних технологічних проблем, щоб відповідати поточним правилам заряджання.

Системи, підключені до постійного струму, пропонують певні переваги, але мають унікальні проблеми, зокрема вимірювання постійного струму та проблеми із захистом. Для систем постійного струму низької напруги доступні різні пристрої безпеки, включаючи захисні реле, твердотільні вимикачі, запобіжники та автоматичні вимикачі. Ще немає встановлених критеріїв для захисної координації для зарядних станцій для електромобілів, підключених до мережі постійного струму. Численні комплексні фактори, такі як тип несправності, топологія системи, конфігурація заземлення, специфікації компонентів, розмір тощо, впливають на координацію захисту в системах, підключених постійним струмом.

При роботі з двонаправленими зарядними пристроями проблема значно ускладнюється. З мінімальною інерцією підключена до постійного струму система сприйнятлива до збоїв і може стати нестабільною, якщо помилки не будуть негайно виправлені.

Таким чином, критичним фактором у відновленні системи є швидкість виявлення та усунення проблем. Вивчення поточних систем розподілу електроенергії постійного струму, включаючи мікромережі постійного струму низької напруги, може допомогти зрозуміти, як підключені до мережі постійного струму зарядні станції захищені одна від одної. Наприклад, модель описує план захисту мікромережі постійного струму низької напруги, який координує кілька запобіжних заходів. Описано альтернативний метод захисту систем постійного струму за допомогою шини циклічного типу. Ізольовані несправності можна розпізнати, а запропонований план зберігає джерело живлення непошкодженим. У системі, підключеній до мережі постійного струму, важливо встановити лічильники постійного струму для вимірювання генерації та споживання енергії, пов'язаної із зарядними пристроями для електромобілів, накопичувачем енергії акумулятора та RES [10]. Крім того, що ці дані є корисними для майбутнього розвитку станцій, ці дані є важливими для належного виставлення рахунків споживачам електростанцій. Незважаючи на те, що лічильники постійного струму є доступними, вони потребують стандартизованої точності, калібрування та протоколів тестування, які дозволяють використовувати їх у вимірювальних програмах. Для систем, підключених до постійного струму, необхідна розробка таких стандартизованих і затверджених лічильників постійного струму.

3.3 Двонаправлені перетворювачі змінного/постійного струму

На рисунку 3.5 показано двонаправлений перетворювач змінного/постійного струму, у якому суперконденсатор забезпечує швидке вивільнення енергії, отже, швидке прискорення, тоді як батарея забезпечує більший накопичувач і, отже, великий радіус дії. Найпопулярнішим варіантом

мережевого перетворювача змінного/постійного струму є трифазний активний перетворювач із широтно-імпульсною модуляцією (ШІМ) із фільтром LCL. Пікова напруга між лініями вхідного сигналу менша за вихідну напругу цього підвищувального перетворювача. На додаток до забезпечення двонаправленого потоку потужності та генерації низьких гармонійних вхідних струмів ШІМ-перетворювач із шістьма перемикачами дозволяє змінювати будь-який коефіцієнт потужності (power factor - PF). Найсучасніші швидкі зарядні пристрої постійного струму часто використовують цю архітектуру через простоту компонування, легкість керування та доступність пристроїв IGBT за розумною ціною з відповідними номінальними напругою та струмом. Відображений перетворювач із закріпленням нейтральної точки (neutral point-clamped - NPC) є додатковою ілюстрацією реалізації перетворювача підвищувального типу.

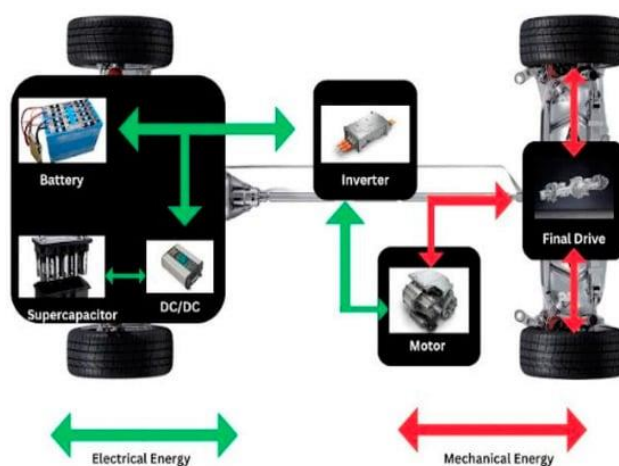


Рисунок 3.5 Зберігання та потік енергії в електричному транспортному засобі

Використовуючи компоненти з нижчою номінальною напругою, трирівневий перетворювач може ефективно зменшити втрати при перемиканні й економічно вигідно. Крім того, він генерує трирівневий сигнал напруги, який знижує dv/dt і гармоніки вхідного струму. Прототип зарядного пристрою EV потужністю 30 кВт із передньою частиною NPC створює мінімальне повне гармонійне спотворення (total harmonic distortion - THD) вхідного струму, використовуючи індуктивність витоку вхідного трансформатора як фільтр на стороні змінного струму [18]. Явне створення біполярної шини постійного струму з перетворювачем NPC як інтерфейсу AC/DC має додаткові переваги. Біполярна

шина постійного струму може створити зарядну станцію для електромобілів, оскільки перетворювачі постійного/постійного струму можуть підключатися до половини напруги шини постійного струму. Біполярна шина постійного струму є іншим способом включення перетворювачів часткової потужності в каскад DC/DC [26].

3.4 Додаток зарядки

Система зарядної мережі складається з електричних зарядних пристроїв, де кожен зарядний пристрій має зарядний блок живлення (CPU) [7]. Кожна шафа ЦП забезпечує до 200 кВт зарядної потужності від чотирьох модулів живлення в один або до восьми зарядних розеток на стовпах Satellite. Зарядні станції є географічно розосереджені, що робить складним і дорогим управління «на місці». IoT дає СРО можливість дистанційно контролювати та керувати операціями та швидко вирішувати проблеми, надаючи статистичні дані про використання та продуктивність пристрою в режимі реального часу, включаючи доступність зарядного пристрою, моніторинг несправностей та усунення несправностей – усе це надзвичайно допомагає коли йдеться про прогнозне технічне обслуговування та скорочення часу простою.

Крім того, у міру збільшення кількості зарядних станцій дані про існуючі розгортання допоможуть операторам точніше планувати розташування нових станцій. Дані також можна використовувати для оптимізації використання зарядних пристроїв, визначення областей для покращення та відстеження тенденцій з часом.

Кожен зарядний блок живлення (CPU) складається з 1-12 модулів живлення, з 2 незалежними каналами живлення на кожному модулі та додатковим динамічним модулем, який може направляти канали живлення в будь-якому порядку до максимум восьми виходів заряджання. Для повного використання потенціалу кожного зарядного пристрою постійного струму одним із ключових є динамічне керування живленням елементи на адаптивній зарядці EV.

Порівняно з традиційним статичним заряджанням, адаптивне заряджання EV може отримати переваги від перенаправлення каналів живлення навіть під час кожного сеансу заряджання. Це забезпечує справжню гнучкість для заряджання постійним струмом і покращує OPEX, оскільки рівні потужності заряджання також можна регулювати відповідно до рівня цін на енергію в реальному часі, а також для усунення можливі піки потужності заздалегідь. У демократичному управлінні живленням, показаному на рис. 3.6, кожному зарядному виходу надається 25 або 50 кВт від початку кожного сеансу заряджання, таким чином на порожній зарядній ділянці перший автомобіль отримує максимум живлення, доки наступний автомобіль не почне заряджатися. Початковий рівень потужності залежить від кількості модулів живлення, кількості зарядних виходів і розмірів їх зарядних кабелів.

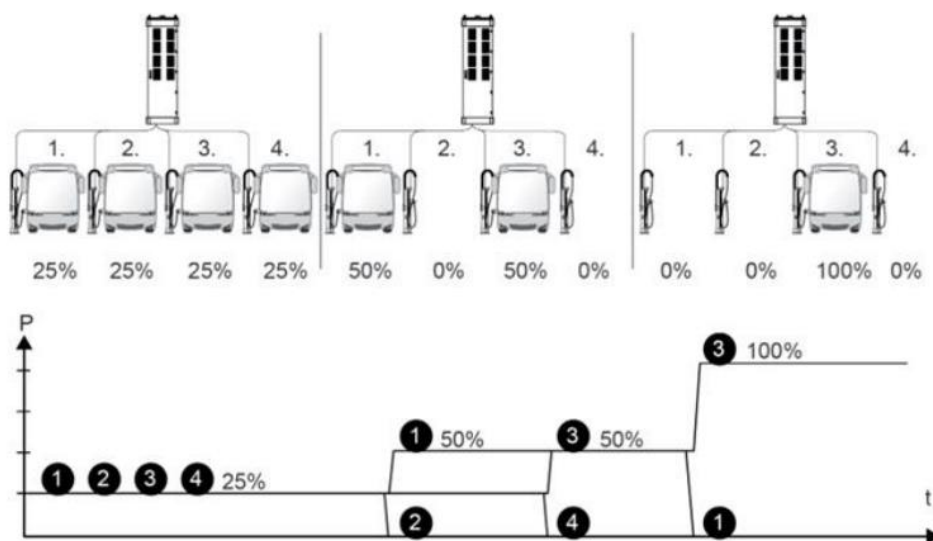


Рис. 3.6 Керування живленням

У простому випадку: на початку, оскільки всі електромобілі заряджаються на виходах 1-4, кожен електромобіль отримує 25% зарядної потужності шафи. Коли електромобілі на виходах 2 і 4 закінчують заряджання, залишається доступна зарядна потужність 50% і направляється на електромобілі на виходах 1 і 3 (обидва отримують +25%). Коли EV на виході 1 закінчується, зарядка майнінгу закінчується потужність (50%) направляється до EV на виході 3, якщо він може

прийняти більше енергії, він отримає 100%. Залежно від програми заряджання динамічне керування живленням – маршрутизація зарядної потужності працює в обох напрямках.

Потужність заряджання також зменшується, коли для заряджання підключено більше транспортних засобів. При такому демократичному управлінні живленням, коли центральний процесор має максимальну потужність 200 кВт і чотири виходи, начебто перший EV здатний отримати заряд на рівні потужності 150 кВт, він починає з цього рівня. Як ніби наступний EV також вимагає 150 кВт, які отримують тільки обидва EV 100 кВт. А коли приходить третій, потужність ділиться на три рівні частини до 3 x 50 кВт, де 50 кВт зарезервовано. А коли прибуде четвертий електромобіль, він отримає решту 50 кВт зарядної потужності. Під час керування живленням пріоритету прибуття, показаного на рисунку 3.7, першому прибулому EV надається максимальна потужність заряджання від початку до кінця його сеансу. Керування енергоспоживанням пріоритету прибуття, у свою чергу, націлене на те, щоб якнайшвидше підготувати перший транспортний засіб, щоб звільнити ємність для наступних транспортних засобів, що прибувають, і мінімізувати черги зарядки. Найвищий початковий рівень потужності залежить від вихідної потужності зарядних точок і максимального рівня зарядної потужності, який може прийняти EV, а також від потужності системи заряджання.

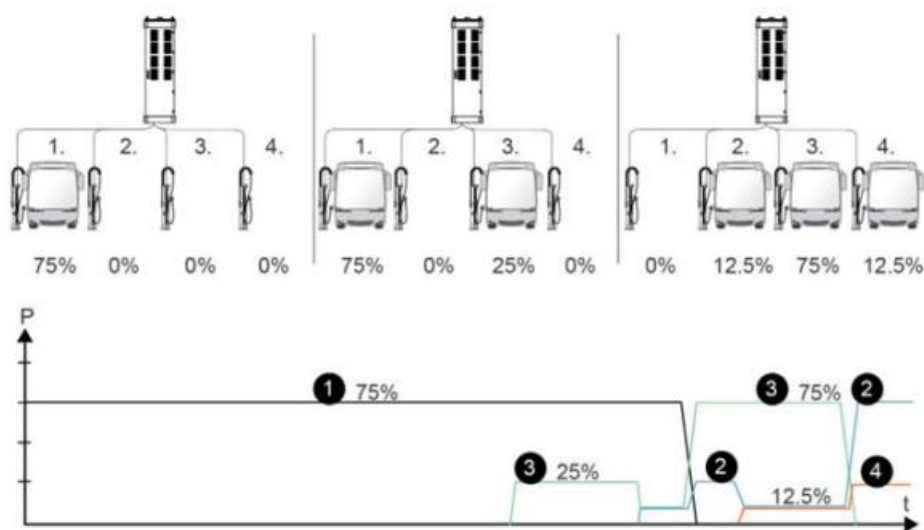


Рис.3.7 Керування живленням пріоритету прибуття

У простому випадку, показаному на рис. 3.8 на початку, коли перший EV починає заряджатися на 75% (150 кВт), коли наступний EV починає заряджатися на виході 3, він отримує 25% (50 кВт). Оскільки третій драйвер починає заряджатися на виході 2, перший прибулий все ще отримує 75%, а другий і третій отримують лише 12,5% (25 кВт кожен). До того часу перші EV завершує сеанс заряджання, ця потужність спочатку направляється на вихід 3, а решта 25% (50 кВт) — на вихід 2. Коли четвертий EV починає заряджатися, потужність заряджання розподіляється на половину або два окремі канали (25 кВт) для обох 2. і 4 виходи. І коли EV на виході 3 завершує свій сеанс, це живлення направляється на EV на виходах 2 (75%) і 4 (25%).

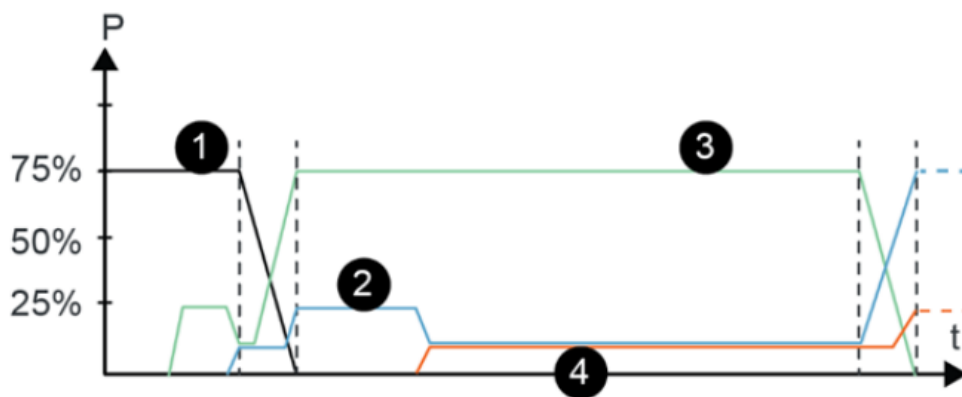


Рис. 3.8 Живлення на виходах зарядної станції

В обох випадках керування живленням, демократичному та пріоритетному прибуття, коли доступна вільна потужність для зарядки, ЦП спілкується з кожним транспортним засобом і пропонує додаткову потужність. Під час цього зв'язку BMS кожного електромобіля підтверджує, чи прийнятний додатковий рівень потужності. Після цієї асинхронної розмови вибраний номер каналів живлення перенаправляються на певні електромобілі.

3.5. Маршрутизація

Використовуючи інформацію про вектор відстані, запропонований оновлений DVMRP (протокол дистанційної векторної багатоадресної

маршрутизації - Distance Vector Multicast Routing Protocol) він розподіляє дані про електромобілі у мережі, включаючи їх місцезнаходження, ідентифікатор транспортного засобу, відстань і стан заряду. Для порівняння, вбудовані сенсорні вузли електромобілів, що беруть участь, використовують цю інформацію для зв'язку з іншими електромобілями через підрахунок стрибків і BS, обмінюючись даними, які вони зібрали під час роботи в мережі. Крім того, адміністратор допомагає стежити за Інтернетом на відстані [29]. Запропонований DVMRP (Distance Vector Multicast Routing Protocol) складається з різноманітних компонентів, включаючи протоколи маршрутизації, вузли датчиків, алгоритми прогнозування та перетворювачі. Ця концепція маршрутизації створює топологічну інфраструктуру мережі, у якій усі електромобілі обмінюються інформацією. Це дозволяє водіям обробляти запити маршрутизації та ціноутворення в мережі. Однак існуючий механізм маршрутизації передає дані від джерела до пункту призначення залежно від кількості переходів. Хоча цей метод дозволяє роумінг залежно від вибору кількості переходів, він не забезпечує ефективного зв'язку всередині мережевої інфраструктури. У традиційному підході до маршрутизації передача даних від джерела до пункту призначення залежатиме від інформації про кількість переходів. Незважаючи на те, що це дозволяє роумінг, воно часто не забезпечує ефективного зв'язку в межах мережевої інфраструктури [22].

Модернізований DVMRP для електромобілів спрямований на вирішення цих проблем шляхом: (1) використання передових методів маршрутизації для оптимізації маршрутів даних; (2) удосконалення методів прогнозування та обробки даних для кращого прогнозування та контролю мережевого трафіку; і (3) для забезпечення безпеки та надійності реалізовано надійний захист і методи контролю заряду. Ці вдосконалення призначені для покращення терміну служби мережі, мінімізації затримок у передачі даних і підвищення загальної продуктивності та використання ресурсів.

Для покращення маршрутизації використовується протокол дистанційної векторної багатоадресної маршрутизації (DVMRP). Спочатку DVMRP

встановлено на нуль, що вказує на відсутність шляхів. Потім послідовність транспортного засобу скидається на нуль, щоб підготуватися до обробки електромобілів (EV). Наступним кроком є проходження кожного EV у мережі, де n – загальна кількість EV. Кожен EV, позначений унікальним ідентифікатором, паркується на зарядній станції M . Для кожного EV протокол повторює ті самі кроки. Якщо EV відсутній, DVMRP залишається нульовим, що вказує на відсутність доступного шляху. Якщо електромобіль не знаходиться на зарядній станції, він переходить до наступного стану в послідовності, і його кількість збільшується на одиницю. Згодом встановлюється зв'язок із найближчими зарядними станціями, щоб дослідити численні маршрути. Коли послідовність EV збільшується на одиницю, послідовність оновлюється на основі поточного стану EV.

Оскільки віддалений адміністратор має вирішальне значення для підтримки показників надійності мережі, адміністратор має важливе значення в запропонованому нами підході. Нижче наведено більш детальне пояснення того, як розширений протокол маршрутизації DVMRP реалізований у запропонованій моделі — він спочатку підключається до сусідніх EV для оновлення таблиці маршрутизації [28]. Тут EV, які є учасниками мережі, з'єднуються з іншими EV через базові станції (BS) і спілкуються з близькими одноранговими вузлами на основі кількості переходів. Крім того, наш удосконалений протокол DVMRP дозволить електромобілям, які беруть участь, оновлювати свої маршрутні дані, коли змінюються їхні позиції, зберігаючи при цьому той самий рівень узгодженості параметрів, як-от дані про кількість стрибків на відстані. Таким чином, EV гарантує безперервне підключення протягом усього процесу зв'язку, навіть якщо він переміщується на іншу базову станцію. Це досягається шляхом підтримки точного та постійного зв'язку в мережі. Алгоритм 1, всебічно пояснює пересилання та зберігання даних, пов'язаних із відповідями на маршрут (RREP) і запитом на маршрут (RREQ) у мережі.

Algorithm 1. Forwarding and storing data related to route replies (RREP) and route requests (RREQ) within the network.

Input: EV with minimal distance
Output: Shortest distances of EV with ID
Set $DVMRP \rightarrow 0$
Initiate $\rightarrow 0$
Initiate the vehicle sequence $\rightarrow 0$
For $i \rightarrow 0; i < n; i++$
Do
For $i \rightarrow i \in EV$ with ID with charging station M
Do
For $j \rightarrow$ successive sequence
If $EV \rightarrow 0$ then
 $DVMRP \rightarrow 0$ //no path
Elseif $EV \neq Charging\ station$ then **return**,
 $EV \rightarrow$ successive state; // $j + 1$
 $EV\ counts \rightarrow j + 1$
Establish communication with other nearby stations; //multiple routes.
End if
End for
If the sequence is $EV + 1$
Then
Update sequence based on EV

Давайте розглянемо сценарій, де два EV, A_i та B_i , належать до групи $N_{(n-1)}$. EV A_i і EV B_i починають запит на обмін електроенергією в цій мережі. Після отримання RREQ від A_i B_i відповідає прийнятним повідомленням для ручного керування. Примітка. A_i повторно передаватиме пакет RREQ у мережу, доки B_i не відповість на RREQ A_i' . Крім того, віддалений адміністратор отримує RREQ A_i' . Коли B_i запитує обмін електроенергією через мережу від AI, віддалений адміністратор просить B_i відповісти безпосередньо. Так само віддалений адміністратор попросить B_i задовольнити запит A_i' на живлення та призначити плату A_i [21]. Таким чином, EV, які беруть участь у розширеному протоколі DVMRP, можуть взаємодіяти один з одним і обробляти запити на передачу потужності в мережі. Потік запропонованої моделі базується на швидкості прибуття EV, швидкості зарядки та продуктивності маршруту. Вартість і наявність послідовних транспортних засобів також періодично оновлюються, як показано на блок-схемі на рисунку 3.5.

3.6 Оцінка заряду та підключення модуля

Кожен EV, що бере участь, використовує оцінювач стану заряду (charge state estimator - CSE), щоб визначити кількість виконаного заряду. Запропонована схема батареї моделі була побудована на послідовному з'єднанні, тобто всі батареї мають однаковий рейтинг і зарядну ємність [29]. Подібним чином вбудовування бездротових вузлів було додатково пов'язано з даними машинного навчання, які зібрав CSE. Розширений протокол маршрутизації DVMRP підключає електромобілі з вбудованими бездротовими вузлами до топологічної конструкції мережі [19]. Водії цих електромобілів, що беруть участь, можуть стежити за місцевими дорожніми умовами за допомогою екранів приладової панелі (DBC). Крім того, якщо поруч електромобіль, водій може ініціювати та керувати запитами на передачу потужності через інтерфейс DBC. Передача потужності передбачає миттєвий спільний доступ до мережевих ресурсів, у тому числі донорів і акцепторів EV(s), а CSE використовує алгоритми машинного навчання для фіксації поточної ситуації. Отже, кожен EV використовує генератор (G_c) для створення магнітних полів (MF) для активації магнітного зв'язку (MC). Зокрема, G_c спрощує виділення струму з EV донора та перенесення заряду шляхом збільшення потоку струму до 50% від початкового значення. Це прискорює процес заряджання та зменшує витрати енергії в конфігурації DWC. У цьому дослідженні блоки живлення від різних електромобілів заряджаються один від одного.

У запропонованому нами методі використовується послідовне підключення акумулятора. Однак заряд кожного модуля (батареї) автоматично балансується. Коли встановлюється магнітне з'єднання між парними електромобілями, відбувається передача потужності. Потім електромобіль проходить процес заряджання, щоб переключитися з високого SOC на знижений SOC. Крім того, враховуючи, що батарея EV (A_i) розташована ліворуч, батарея EV (B_i) розташована праворуч на рисунку. Модуль B_i EV заряджається плавніше, що узгоджується з нашим припущенням. Система штучного інтелекту (ШІ)

просить B_i обміняти потужність, і B_i задовольняє запит. Завдяки послідовному з'єднанню батарей модулі B_i та AI продовжуватимуть заряджати один одного, доки їхні рівні потужності не зрівняються. Кожен модуль батареї також має CSE, який відстежує стан зарядки SC_l встановленої батареї. Послідовне з'єднання акумулятора рекомендованого підходу вирівнює умови заряджання. Крім того, система, яка може передбачати з'єднання батарей послідовно для збереження максимального рівня потужності кожного модуля, використовується для вирівнювання модулів $M_{(n-1)}$, кожен з яких має стан заряду SC_l (де « M » означає акумулятор модуль).

Крім того, робота запропонованої моделі пояснює ідею динамічної бездротової зарядки або dynamic wireless charging DWC. EV, що наближаються паралельно, вмикають свій G_c , щоб створити MF для MC, ініціюючи процес передачі потужності. Процес передачі потужності починається, коли спарені електромобілі встановлюють з'єднання MC_c . Зазвичай цей процес закінчується EV у стані низького заряду (LC_l) і починається з EV у високому стані заряду (HC_l). Завдяки властивості подвоєння G_c , яка збільшує початковий електричний струм на 50%, донор EV розряджає заряд на 50% швидше. Швидка та енергоефективна передача заряду між парними електромобілями стає можливою завдяки тому, що приймаюча електромобілі приймає розряджений заряд з однаковою швидкістю. Модуль малої потужності M_l отримує заряд R_c від модуля високої потужності M_h в один повний блок, коли M_h передає керування R_c до M_l . Стан заряду модуля M_h зменшується під час передачі потужності, оскільки R_c вивільняється від M_h до M_l . Крім того, стан зарядки модуля M_l приймача EV підвищується на $(1-l_c)R_c$. Для цього дослідження було обрано систему заряджання модуля акумуляторних елементів B_i для електромобілів, де B – i – й елемент акумулятора, а $S \in M$ – модуль i -го В. Комірка n В отримує заряд від свого сусіднього елемента B_i . Механізм передачі заряду між елементами батареї в електромобілі вказано в рівняннях (3.1) і (3.2). Розсіювана потужність, яка впливає на спосіб передачі заряду між елементами, представлена терміном « $smgl$ ». Стан комірки враховується рівняннями, які показують, як переноситься

заряд залежно від того, знаходиться індекс комірки в межах або поза заданими межами.

$$T_i^{cl}(n) = \{smgl((-Δ)(n-1), L_{m_n})r_{m_n}, (\frac{i}{cell}) - 1 > 0\} \quad (3.1)$$

$$T_i^{cl}(n) = \{smgl((-Δ)(n-1), L_{m_n})r_{m_n}, (\frac{i}{cell}) + 1 \leq (M)\} \quad (3.2)$$

Рівняння (3.3) обчислює різницю в заряді між станом високого заряду (H_c) і станом низького заряду (L_c) протягом часу, представлену $\Delta_{H_c}^M$. Це допомагає вимірювати зміну стану заряду елементів під час передачі енергії.

$$(C_l)_{H_c}^{(M)}(n-1) = \Delta_{H_c}^M \quad (3.3)$$

З'єднання нашої схеми показано разом із зображенням генератора та двох з'єднаних котушок для забезпечення M_F для M_C . Передавальна котушка заряджає приймальне кільце після встановлення з'єднання. Це спосіб, за допомогою якого два електромобілі обмінюються електроенергією в запропонованому нами методі.

3.7 Математична модель, IOT Framework для EV

Інтегрована котушка в кожному електромобілі в запропонованій моделі створює магнітне поле. Коли ви переходите з одного електромобіля на інший для зарядки, G_c увімкнеться. Магнітне поле створюється при включенні вбудованої котушки для DWC. Подібним чином, другий EV, який ділиться електроенергією, вмикає свій G_c , щоб створити магнітне поле. У запропонованій моделі існує інтерференція між MF двох паралельних EV. Парні EV передають потужність один одному після встановлення перешкод MC. Припустимо поки що між двома котушками існує така взаємна індуктивність:

$$Mutual\ inductance = \frac{N_1 * N_2 * \mu_0 * \mu_r * A}{l} \quad (3.4)$$

Рівняння (3.4) показує розрахунок взаємної індуктивності між двома котушками (N_1 і N_2), де N_1 та N_2 – кількість витків у кожній котушці, (l) – довжина котушки, (A) – площа поперечного перерізу, а параметри μ_0 та μ_r – проникність залізного сердечника та доступний простір, відповідно.

Рівняння (3.5) визначає взаємну індуктивність (M_{12}) між двома котушками за допомогою магнітного потоку, (Φ_{21}) через другу котушку та її кількість витків (N_2), де l_2 являє собою довжину другої котушки. Це рівняння показує, наскільки добре магнітне поле однієї котушки індуктує напругу в іншій котушці.

$$M_{12} = \frac{\Phi_{21} * N_2}{l_2} \quad (3.5)$$

$$k = \frac{M}{\sqrt{coil_1 * coil_2}} \quad (3.6)$$

З іншого боку, k у рівнянні (3.6) представляє коефіцієнт зв'язку між двома котушками. Коефіцієнт зв'язку вимірює ефективність, з якою магнітні поля двох котушок з'єднані разом. Це безрозмірне ціле число в діапазоні від 0 до 1. Так само самоіндуктивність окремої котушки можна знайти за допомогою рівнянь (3.7) і (3.8). Це допомагає визначити, як кожна котушка накопичує енергію у своєму магнітному полі. Щоб визначити самоіндуктивність і взаємну індуктивність між двома котушками, збільште обидві в рівнянні (3.8). Рівняння (3.9) дає взаємну індуктивність M , у якій коефіцієнт H використовується для коригування розрахунку взаємної індуктивності на основі взаємодії між котушками.

$$coil_1 = \frac{N_1^2 * \mu_0 * \mu_r * A}{l} \quad (3.7)$$

$$coil_2 = \frac{N_2^2 * \mu_0 * \mu_r * A}{l} \quad (3.8)$$

$$M = H \sqrt{coil_1 * coil_2} \quad (3.9)$$

Автомобільний сектор має потенціал для трансформації завдяки інтеграції технологій Інтернету речей (IoT) у системи електромобілів (EV). Обробка даних у реальному часі, ефективні протоколи зв'язку, заходи безпеки та масштабованість

– це деякі з питань, які слід враховувати при розробці фреймворку IoT (Інтернет речей) для електромобілів (EV). Розглядаючи підхід IoT спеціально для електромобілів (EV), основна увага зазвичай зосереджується на оптимізації продуктивності автомобіля, покращенні взаємодії з користувачем, забезпеченні безпеки та забезпеченні ефективного управління автопарком. Моніторинг продуктивності та телеметрія: установіть датчики в електромобіль для збору даних у режимі реального часу про різноманітні характеристики, включаючи швидкість, споживання енергії, умови навколишнього середовища, температуру та стан батареї. Протоколи IoT можуть надсилати ці дані до централізованої системи для моніторингу та аналізу. Віддалене обслуговування та усунення несправностей: забезпечте підключення до Інтернету речей для полегшення пошуку несправностей, прогнозованого технічного обслуговування та віддаленої діагностики компонентів електромобіля. Потенційні проблеми можна виявити на ранній стадії шляхом постійного моніторингу даних автомобіля, що мінімізує витрати на технічне обслуговування та простої. Плати за управління інфраструктурою з урахуванням таких функцій, як автоматичне виставлення рахунків, інтелектуальне планування заряджання і віддалений моніторинг зарядних станцій, інтегрують можливості Інтернету речей (IoT) в інфраструктуру зарядки електромобілів. Це оптимізує сеанси заряджання відповідно до потреб мережі, тарифів на електроенергію та конкретних потреб транспортного засобу.

Функції безпеки встановлюють заходи безпеки на основі Інтернету речей для захисту електромобілів від крадіжки, незаконного доступу та кіберзагроз. Це включає в себе надійні методи шифрування та автентифікації, а також такі функції, як геозонування, дистанційне блокування та розблокування автомобіля та виявлення несанкціонованого доступу. Впровадження рішень Інтернету речей для моніторингу поведінки водіїв, відстеження автопарку, оптимізації маршрутів і аналізу продуктивності для парків комерційних електромобілів. Керівники автопарків отримують вигоду від підвищення ефективності роботи, скорочення витрат і гарантії дотримання нормативних вимог.

3.8 Чисельні результати та їх обговорення

У таблиці 3.1 представлено налаштування параметрів, що використовуються для моделювання. У цьому розділі детально описано результати апаратного моделювання електромобіля з двома, трьома, чотирма та шістьма фазами під різними вхідними напругами, а саме 20 В та 200 В. Основна увага приділяється обчисленням ефективності та втрат потужності на різних етапах, зокрема вихідної напруги під час падіння фаз запропонованої моделі на вході 20 В.

У таблиці 3.2 наведено значення вихідних параметрів, таких як напруга, струм і потужність для вхідної напруги 20 В), а в таблиці 3.3 представлено значення вихідних параметрів, таких як напруга, струм і потужність для вхідної напруги 20 В. У випадку двофазної моделі вихідна напруга стабілізується на 38,74 В протягом 0,2 с, як вказують дані форми сигналу. Наведено порівняльний аналіз вихідного струму та потужності при вхідній напрузі 20 В, який показує вихідну потужність 46,914 Вт і вихідний струм 1,211 А. Переходячи до три-, чотири- та шестифазної конфігурації, відповідний вихід напруги встановлюються на рівні 38 В, 39 В і 40 В в різних часових інтервалах 0,15, 0,11 і 0,05 с. Відповідні значення потужності та вихідного струму для третьої, четвертої та шостої фаз становлять 47 Вт, 48 Вт, 47,5 Вт і 1,215 А, 1,218 А, 1,22 А.

Таблиця 3.1

Налаштування параметрів

Типи	Опис
Навколишнє середовище	Симуляція
Електромобілі	10–50
Генератор (GcГенератор (Гв)	1 на EV
Бездротові вузли	На основі загальної кількості EV
Шлюз	20 м
Базові станції	5
Зарядні станції	На основі загальної кількості EV
Акумулятори	На основі модулів
Протокол маршрутизації	DVMRP
Діапазон передачі	1000 м
Зарядне середовище	Стан зарядки
ПК	1
Розмір пакета	128 кб

Таблиця 3.2 Значення вихідного параметра (напруга і/р 20 В)

Кількість фаз	Напруга (В)	Струм (А)	Потужність (Вт)
2	39	1.2	47
3	39	1.3	47.1
4	39.1	1.4	47.5
6	39	1.3	47.8

Таблиця 3.3 Значення вихідного параметра (напруга і/р 200 В)

Кількість фаз	Напруга (В)	Струм (А)	Потужність (Вт)
2	435	13.8	5.9
3	436	13.5	6
4	437	14	6.2
6	438	14.8	6

На додаток до показників продуктивності, показники надійності оцінюються за допомогою очікуваної моделі під час експериментальних результатів. Це включає оцінку ефективності зарядки, втрати пакетів, наскрізної затримки та пропускну здатності. Зокрема, для оцінки ефективності оновленого протоколу DVMRP використовується коефіцієнт втрат пакетів. У процесі зв'язку електромобілі використовують підрахунок стрибків і прямий зв'язок, коли задіяна базова станція. Надійність роботи мережі в реальному часі перевіряється шляхом відстеження пропускну здатності розширеного протоколу DVMRP і статистики наскрізних затримок. Ці параметри підсумовано в таблиці 3.1.

Вихідні параметри, отримані в результаті моделювання MATLAB 2020a на різних етапах, представлені в таблиці 3.2 і таблиці 2.3. Результати в таблицях 3.2 і 3.3 показують, що зі збільшенням кількості фаз змінюються вихідні характеристики — напруга, струм і потужність.

Цю спостережувану закономірність можна віднести до зменшення напруги перемикавання в результаті одночасного зменшення індукційного струму. Зі збільшенням кількості фаз зниження індукційного струму сприяє зменшенню напруги перемикавання. Отже, результати моделювання показують відповідне

зменшення втрат потужності та підвищення ефективності розглянутих моделей. Це розуміння підкреслює позитивний вплив більшої кількості фаз на загальну продуктивність, припускаючи покращену ефективність і зменшені втрати потужності в змодельованих моделях.

3.9 Аналіз ефективності та потужності

Рівняння (3.10) дає рівняння вхідної потужності P_{input} у якому P_{output} позначає вихідну потужність, а втрати потужності, пов'язані з діодом, конденсатором і індуктором, представлені P_{diode} , $P_{capacitor}$ і $P_{inductor}$ відповідно.

З таблиць 3.2 і 3.3 видно покращення ефективності та зменшення втрат потужності, що підкреслює позитивний вплив збільшення кількості фаз на загальну продуктивність. Ефективність моделей розраховується за допомогою рівняння (3.11). Таблиці 3.4 та 3.5 надають детальну інформацію про загальні втрати потужності та ККД, що відповідають вхідній напрузі 20 В і 200 В відповідно. Очевидно, що коли фаза збільшується, відбувається зменшення втрат потужності та підвищення % ефективності. З меншими втратами потужності, ніж чотири фази моделі, шестифазна модель досягає ККД 94% і 96% відповідно, незалежно від того, чи вхідна напруга становить 20 В або 200 В. Це супроводжується меншими втратами потужності порівняно з чотирифазною моделлю. Рівняння (3.11) показує, що збільшення фаз зменшує значення конденсатора та котушки індуктивності. У порівнянні з трифазними, чотирифазними та двофазними підвищуючими перетворювачами з перемежуванням (Interleaved Boost Converters - IBC), шестифазний IBC демонструє значно менші значення індуктивності та конденсатора. Отже, це створює істотно менший фізичний розмір для обох компонентів індуктивності та конденсатора.

$$P_{input} = P_{output} + P_{diode} + P_{capacitor} + P_{inductor} + P_{diode} \quad (3.10)$$

$$E_{ККД}\eta(\%) = \left(\frac{P_{output}}{P_{input}} \right) * 100 \quad (3.11)$$

Таблиця 3.4

Загальні втрати потужності та ККД (і/п напруга 20 В)

Кількість фаз	Втрата потужності (Вт)	Вхідна потужність (кВт)	Вихідна потужність (кВт)	ККД (%)
2	3.2	51	47	94
3	3.5	50	48	94.5
4	3.6	50	48.5	94
6	3.1	50.3	47.5	94.5

Таблиця 3.5

Загальні втрати потужності та ККД (і/р напруга 200 В)

Кількість фаз	Втрата потужності (Вт)	Вхідна потужність (кВт)	Вихідна потужність (кВт)	ККД (%)
2	268	6.2	5.9	96
3	266	6.3	6	96.5
4	267	6.3	6.5	96.7
6	270	6.5	6.8	96.78

Порівняння з поточними перетворювачами, такими як ВС та ІВС, виконується для перевірки результатів, отриманих моделлю. Пасивні частини, такі як конденсатор і котушка індуктивності, створені для роботи з усіма перетворювачами, які використовуються як еталонні. Шестифазний перетворювач порівнюється зі стандартними параметрами ВС і ІВС. Таблиця 3.5 наочно показує, як модель забезпечує вищу вихідну напругу та потужність. Вихідна напруга і потужність 500 В і 34,38 кВт відповідно. Відбувається зменшення струму індуктора на 26,92%. При застосуванні запропонованої моделі досягаються значно менші значення конденсаторів і котушок індуктивності. Для шестифазної моделі значення індуктивності та конденсатора становлять 168 F і 66,67 Н відповідно. В результаті зроблено висновок, що шестифазна модель краща за існуючий перетворювач. Пропонований перетворювач відрізняється від того, який зараз використовується для перевірки шести фаз. Порівняльний результат показує, що ККД запропонованого перетворювача перевищує ефективність

поточного перетворювача на 98,6%. У таблиці 3.6 представлено це порівняння повністю разом із додатковими факторами.

Таблиця 3.6

Порівняння існуючих підходів

Параметри	Модель стандартного конвертера	Традиційна модель конвертера	Запропонована модель із протоколом маршрутизації
Напруга (I/P) (V)	200	200	200
Напруга (O/P) (V)	300	300	600
Загальна кількість фаз	1	5	7
Потужність (O/P) (kW)	20	25	35
Частота (kHz)	30	15	25
Струм (A)	200	200	185
Індуктор (μ H) Inductor (μ H)	350	50	70
Конденсатор (μ H) Capacitor (μ H)	750	190	170
Робочий цикл	0.5	0.6	0.5
Пульсація струму (A)	13	13	10

3.10 Результати

Ефективність запропонованої моделі була підтверджена шляхом створення та збирання прототипу моделювання, розробленого явно для двофазної роботи з частотами перемикавання 5 кГц і 10 кГц. Цей прототип працює в діапазоні напруг живлення від 0 до 5 В, використовуючи номінальну напругу 5 В для керування перетворювачем. Розглядаються вихідні напруги на частотах перемикавання 5 і 10 кГц при різних коефіцієнтах заповнення. Примітно, що зі збільшенням напруги навантаження коефіцієнт заповнення також відчуває відповідне зростання. Оцінка вихідного струму, напруги та потужності на цих двох частотах перемикавання показує, що напруга навантаження досягає вищих 13,2 В при частоті перемикавання 5 кГц. Вихідна напруга на частоті 10 кГц у 0,94 рази нижча за це вихідне значення. Спостерігається, що зі збільшенням напруги живлення вихідний струм також зростає, що призводить до більшої вихідної потужності на частоті перемикавання 5 кГц порівняно з частотою перемикавання 10 кГц.

У таблиці 3.7 наведено порівняння показників ефективності з іншими пов'язаними показниками, які запропоновані для традиційних методів підсилення та повернення. На підставі порівняння показано, що ефективність запропонованої моделі становить 99%, що вище, ніж у бак-буста з 96% і 97% для зворотних підходів відповідно, де вхідна напруга становить 25 В, кількість фаз 6, частота перемикачів 25 кГц і шпаруватість 0,6. На рисунку 3.9 зображено очікуваний показник ефективності запропонованої моделі електромобіля на трьох послідовних дистанціях: 25 км, 40 км і 60 км. ККД зображено на графіку залежності швидкості. На рисунку показано, що краща ефективність досягається, коли відстань і швидкість вищі. Електромобіль працює в більш стабільному та оптимізованому діапазоні на вищих швидкостях і на більших відстанях, що зменшує втрати енергії та покращує загальну ефективність. Подібним чином на рисунку 3.10 показано показники ефективності через передачу потужності. Передана потужність плюс прийнята потужність і ефективність аналізуються по відношенню до швидкості в діапазоні від 80 до 150 км/год. Це може бути помітим, що ефективність перетворення потужності зменшується зі швидкістю.

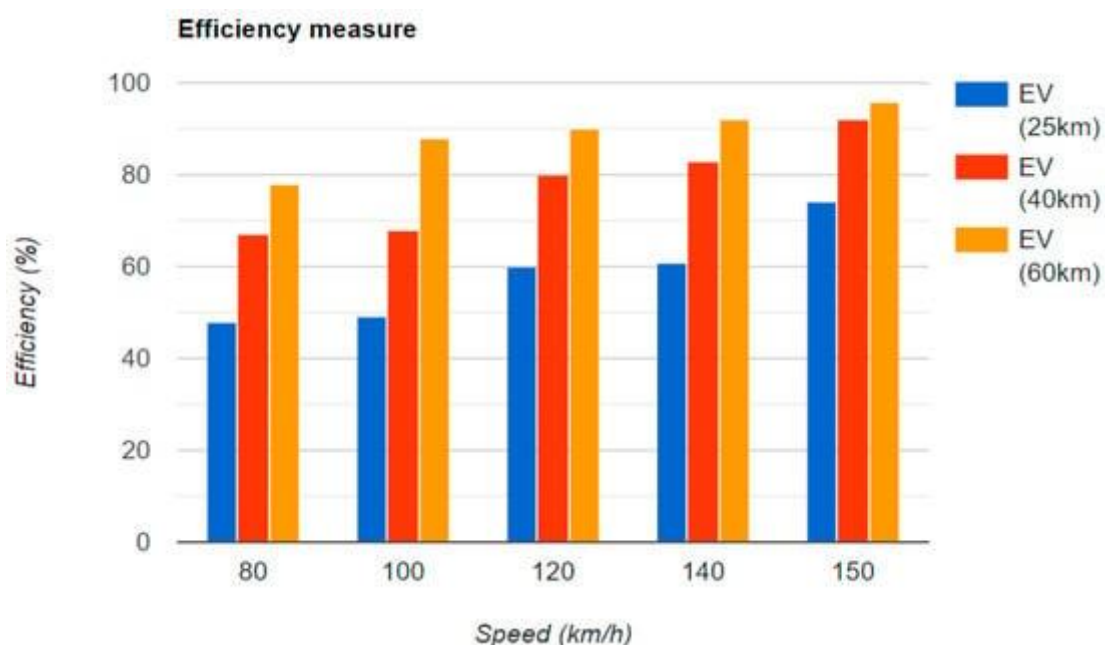


Рисунок 3.9 Графік залежності швидкості від ефективності

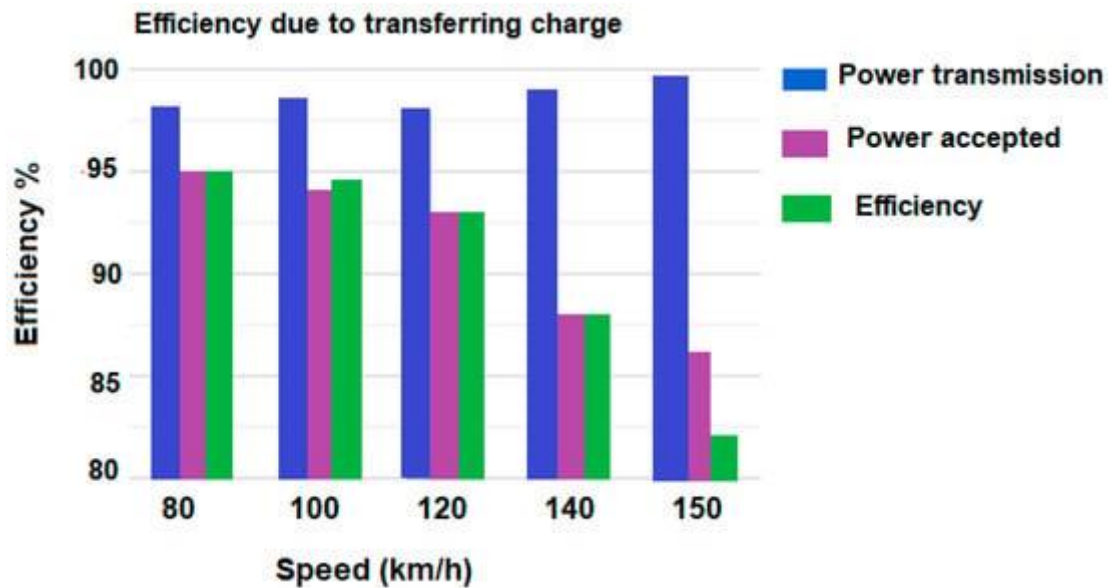


Рис. 3.10 ККД за рахунок перенесення заряду

На рисунку 3.11 показано коефіцієнт доставки пакетів (PDR) системи від загальної кількості повідомлень. Можна побачити, що PDR є кращим при вищій швидкості передачі. На рисунку 3.12 показано, що пропускна здатність зростає залежно від кількості електромобілів. Запропонована методологія незмінно перевершує традиційні та стандартні методи DVMRP з точки зору PDR.

Таблиця 3.7 Порівняння існуючих із запропонованими підходами

Параметри	Підвищувальний конвертер	Підхід Buck-Boost	Підвищувальний перетворювач із чергуванням	Зворотний підхід	Запропонована модель
Вхідна напруга (В)	25	25	25	25	25
Кількість фаз	1	6	2	6	6
Частота перемикання (кГц)	25	25	25	25	25
Робочий цикл	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6
Вихідна напруга (В)	200	208	205	213.5	500
Вихідна потужність (Вт)	450	453	460	487,6	343
% ККД	95	96	96	97	99

Це показує, що запропонований метод більш ефективний у забезпеченні доставки пакетів за різних видів мережевих проблем, що призводить до підвищення надійності зв'язку. У порівнянні зі стандартними та звичайними протоколами DVMRP, запропонована модель спочатку показує більшу затримку E2E при надсиланні 500 пакетів. Завдяки додатковій обробці та накладним витратам на контроль покращених функцій у запропонованій моделі відбулося збільшення затримки. Однак запропонована модель працює краще з точки зору затримок, коли умови мережі змінюються. Запропонований підхід поступово перевершує звичайні методи за інших обставин, доводячи свою здатність до кращої маршрутизації та мінімізації затримки з часом.

На рисунку 3.13 показано наскрізну затримку запропонованої та існуючої систем. Можна побачити, що хоча затримка збільшується із загальною кількістю пакетів, запропонована система пропонує найменшу затримку. Нарешті, на рисунку 3.14 порівнюються очікувані ефективності бак-буст, зворотного польоту та запропонованих моделей, де запропонована система обіцяє найвищу ефективність.

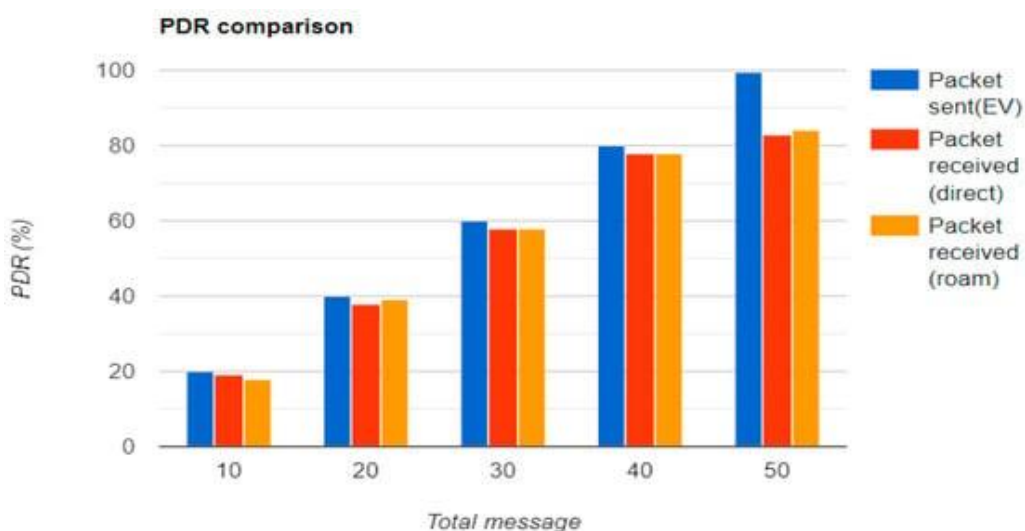


Рис. 3.11 Порівняння коефіцієнта доставки пакетів (PDR)

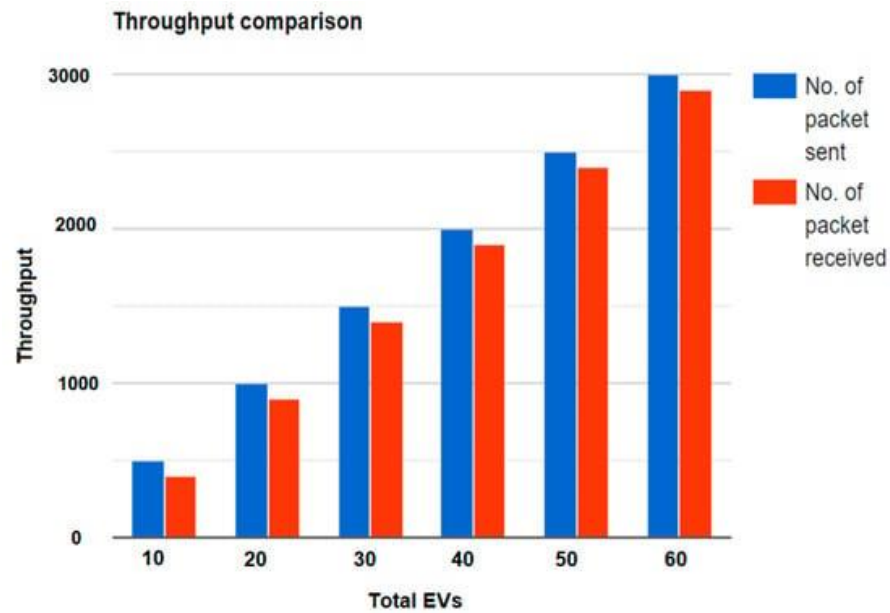


Рис. 3.12 Порівняння пропускної здатності

За певних ситуацій запропонований розширений протокол DVMRP спочатку може мати вищі затримки; однак у довгостроковій перспективі він пропонує більш ефективний PDR та продуктивність. Коли система стає стабільною, вона також досягає зменшення затримок у різних ситуаціях, демонструючи свою ефективність у максимізації ефективності мережі та зв'язку.

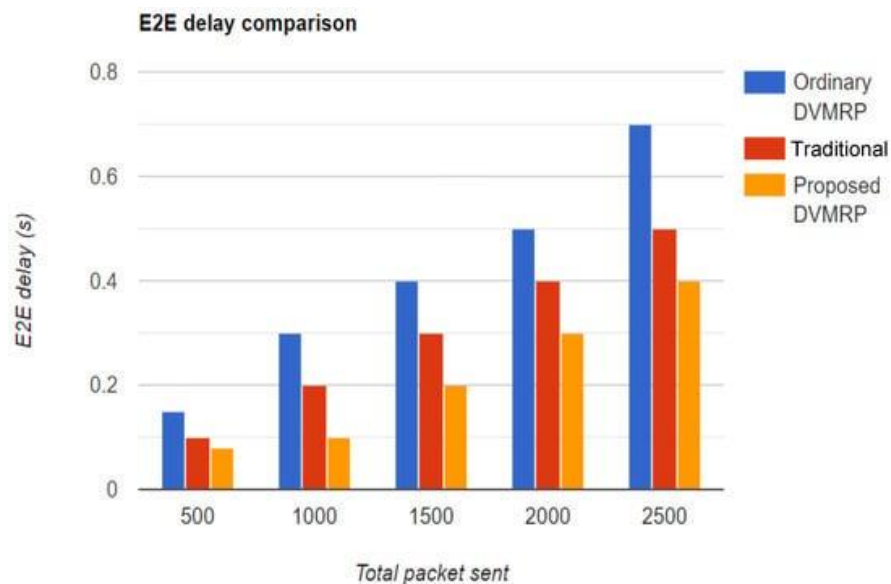


Рис. 3.13 Порівняння наскрізної затримки (E2E)

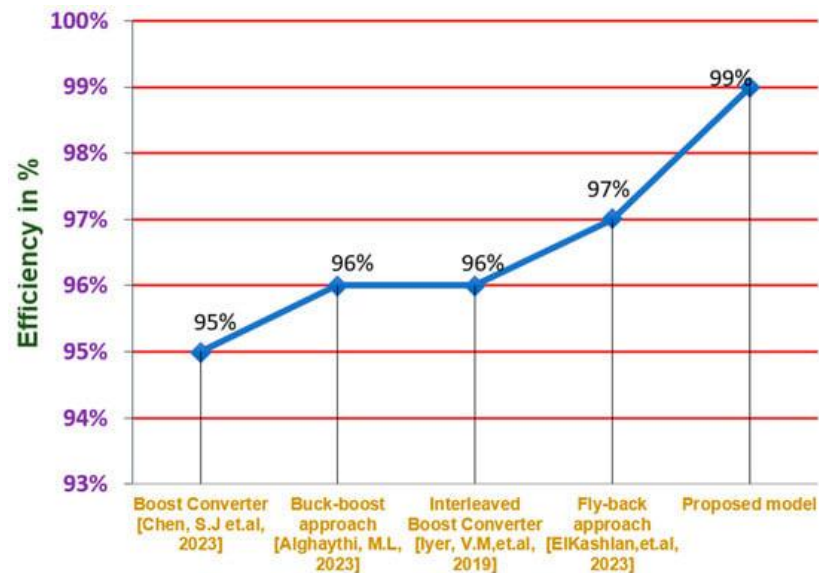


Рис. 3.14 Порівняльна ефективність різних перетворювачів

Запропонована модель не тільки підвищує ефективність роботи, але й допомагає зменшити загальний вуглецевий слід. Ця техніка допомагає зменшити кількість енергії, необхідної для заряджання та роботи, оптимізуючи споживання енергії та підвищуючи ефективність передачі енергії. Це скорочення споживання енергії безпосередньо призводить до зниження викидів вуглекислого газу, особливо коли електроенергія, яка використовується для заряджання, отримується з відновлюваних джерел.

ВИСНОВКИ

Для виробництва електромобілів потрібно менше природних ресурсів, що відкриває двері для використання відновлюваних матеріалів і скорочення виснаження ресурсів. Якщо електромобілі заряджаються електроенергією з відновлюваних джерел, це може значно зменшити викиди газів та їхній вплив на зміну клімату. Інженери постійно використовують нові технології для вдосконалення систем живлення, зосереджуючись на інтеграції Інтернету речей (IoT) у практичні програми, особливо в енергетичній галузі.

У роботі пропонується рішення в режимі реального часу, яке використовує вдосконалений зв'язок між транспортним засобом і зарядною станцією (CS) за допомогою сучасних технологій для оптимізації графіків заряджання електромобілів (EV). Запропонований підхід передбачає розширену маршрутизацію за допомогою DVMRP, пропонуючи такі переваги, як обмежений доступ агрегатора до інформації кінцевого користувача, запобігання непотрібним заторам на зарядних станціях, зручні інтерфейси, доступ до вичерпних даних про найближчі базові станції та гнучкість вибору часу або вартості заряджання, які відповідають їхнім уподобанням. Цей надійний інструмент не тільки допомагає CS передбачати майбутні навантаження, запобігати перевантаженням і оптимізувати споживання енергії, але також сприяє балансуванню навантаження для клієнтів електромобілів. Система дозволяє в режимі реального часу відстежувати стан зарядних станцій та направляти користувачів до вільних зарядних пристроїв.

Запропонований метод має вражаючу ефективність 99%, що на 2% вище, ніж у існуючих моделей перетворювачів, суттєво зменшуючи втрати енергії та роблячи запропоновану конструкцію високоефективною для додатків EV. Цей підхід перевершує традиційні перетворювачі, такі як підвищувальні перетворювачі, понижувально-підвищувальні перетворювачі, перетворювачі з перемежуванням і зворотні моделі, забезпечуючи плавне керування швидкістю, що стає важливим для підтримки оптимальних умов водіння в електромобілях. Збільшуючи ефективність і мінімізуючи втрати енергії, запропонований

перетворювач допомагає подовжити термін служби батареї, роблячи електромобілі більш надійними та економічно ефективними з часом.

Можливість інтеграції запропонованого перетворювача з відновлюваними джерелами енергії розширює його корисність у системах зеленої енергії. Цей перетворювач забезпечує кращу продуктивність, плавне регулювання швидкості та довший термін служби батареї. Завдяки інтелектуальному управлінню процесом зарядки можна зменшити навантаження на електромережу та підвищити ефективність використання енергії.

Запропоноване рішення може бути масштабовано і застосовано для різних типів зарядних станцій. Результати проведеного дослідження можуть бути використані для подальшого розвитку інфраструктури зарядки електромобілів та сприяння переходу на більш екологічний транспорт.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Zahira, R.; Hussain, M.I.; Suresh, S.; Bharanigha, V.; Pramila, V. Photovoltaic Charging Dock for Electric Mobility with G2V and V2G Technology. *Int. J. Veh. Struct. Syst.* 2023, 15, 171–175. [\[CrossRef\]](#).
2. Negarestani, S.; Fotuhi-Firuzabad, M.; Rastegar, M.; Rajabi-Ghahnavieh, A. Optimal storage system sizing in a fast charging station for plug-in hybrid electric vehicles. *IEEE Trans. Transp. Electrification*. 2016, 2, 443–453. [\[CrossRef\]](#)
3. Cao, Y.; Wang, N.; Kamel, G.; Kim, Y.J. An electric vehicle charging management scheme based on a publish/subscribe communication framework. *IEEE Syst. J.* 2015, 11, 1822–1835. [\[CrossRef\]](#)
4. Zhang, H.; Hu, Z.; Song, Y.; Xu, Z.; Jia, L. A prediction method for electric vehicle charging load considering spatial and temporal distribution. *Autom. Electr. Power Syst.* 2012, 38, 13–20.
5. Dong, X.; Mu, Y.; Jia, H.; Wu, J.; Yu, X. Planning fast EV charging stations on a round freeway. *IEEE Trans. Sustain. Energy* 2016, 7, 1452–1461. [\[CrossRef\]](#)
6. Iyer, V.M.; Gulur, S.; Gohil, G.; Bhattacharya, S. An approach towards extreme fast charging station power delivery for electric vehicles with partial power processing. *IEEE Trans. Ind. Electron.* 2019, 67, 8076–8087. [\[CrossRef\]](#)
7. Sampath, S.; Rahman, Z.; Kalavai, S.A.; Veerasamy, B.; Mekhilef, S. Heuristic design and modelling of modified interleaved boost converter for E-mobility control. *Int. J. Comput. Math. Electr. Electron. Eng.* 2022, 42, 1285–1310. [\[CrossRef\]](#)
8. Sadiq, M.; Aragon, C.A.; Terriche, Y.; Ali, S.W.; Su, C.L.; Buzna, L'; Elsis, M.; Lee, C.H. Continuous-control-set model predictive control for three-level DC-DC converter with unbalanced loads in bipolar electric vehicle charging stations. *Mathematics* 2022, 10, 3444. [\[CrossRef\]](#)
9. Zhang, F.; Wang, P.; Yi, M. Design optimization of forced air-cooled lithium-ion battery module based on multi-vents. *J. Energy Storage* 2021, 40, 102781. [\[CrossRef\]](#)
10. Suresh, S.; Zahira, R. Hardware Implementation of Two Stage Interleaved

Boost Converter for Electric Vehicle Application. *Int. J. Veh. Struct. Syst. (IJVSS)* 2021, 13, 373–377. [\[CrossRef\]](#)

11. Lei, J.; Feng, S.; Zhao, J.; Chen, W.; Wheeler, P.; Shi, M. An improved three-phase buck rectifier topology with reduced voltage stress on transistors. *IEEE Trans. Power Electron.* 2019, 35, 2458–2466. [\[CrossRef\]](#)

12. Wang, L.; Jiao, H.; Yang, G.; Li, J.; Zhang, Y. Current sharing compensation control method for interleaved current source isolated bidirectional DC/DC converters. *J. Power Electron.* 2022, 1–9. [\[CrossRef\]](#)

13. Sampath, S.; Rahman, Z.; Chenniappan, S.; Sundaram, E.; Subramaniam, U.; Padmanaban, S. Efficient Multi-Phase Converter for E-Mobility. *World Electr. Veh. J.* 2022, 13, 67. [\[CrossRef\]](#)

14. Zhang, Z.; Xie, S.; Shang, X.; Qian, Q.; Xu, J. Modeling and controller optimization for current-fed isolated bidirectional DC-DC converters. *J. Power Electron.* 2020, 20, 1592–1603. [\[CrossRef\]](#)

15. Geetha, E.; Maddah, M.; Khosravi, M.M.; Kokabi, A.; Samavatian, V. Dynamic enhancement of interleaved step-up/step-down DC-DC converters using passive damping networks. *J. Power Electron.* 2020, 20, 657–663. [\[CrossRef\]](#)

16. Meraj, M.; Bhaskar, M.S.; Iqbal, A.; Al-Emadi, N.; Rahman, S. Interleaved multilevel boost converter with minimal voltage multiplier components for high-voltage step-up applications. *IEEE Trans. Power Electron.* 2020, 35, 12816–12833. [\[CrossRef\]](#)

17. Lipu, M.S.; Faisal, M.; Ansari, S.; Hannan, M.A.; Karim, T.F.; Ayob, A.; Hussain, A.; Miah, M.S.; Saad, M.H. Review of electric vehicle converter configurations, control schemes and optimizations: Challenges and suggestions. *Electronics* 2021, 10, 477. [\[CrossRef\]](#)

18. Schäfer, J.; Kolar, J.W. Three-port series-resonant DC/DC converter for automotive charging applications. *Electronics* 2021, 10, 2543. [\[CrossRef\]](#)

19. Chen, S.J.; Yang, S.P.; Huang, C.M.; Huang, P.S. Analysis and Design of a New High Voltage Gain Interleaved DC-DC Converter with Three-Winding Coupled Inductors for Renewable Energy Systems. *Energies* 2023, 16, 3958. [\[CrossRef\]](#)

20. Alghaythi, M.L. A Non-Isolated High Voltage Gain DC-DC Converter

Suitable for Sustainable Energy Systems. Sustainability 2023, 15, 12058. [\[CrossRef\]](#)

21. Zakaria, A.; Marei, M.I.; Mashaly, H.M. A Hybrid Interleaved DC-DC Converter Based on Buck-Boost Topologies for Medium Voltage Applications. E-Prime-Advances in Electrical Engineering. Electron. Energy 2023, 6, 100301.

22. Liu, Y.; Francis, A.; Hollauer, C.; Lawson, M.C.; Shaikh, O.; Cotsman, A.; Bhardwaj, K.; Banboukian, A.; Li, M.; Webb, A.; et al. Reliability of electric vehicle charging infrastructure: A cross-lingual deep learning approach. Commun. Transp. Res. 2023, 3, 100095. [\[CrossRef\]](#)

23. Subashini, M.; Sumathi, V. Smart Charging for Zero Emission Vehicles—A Comprehensive Review. Renew. Energy Focus 2023, 46, 57–67. [\[CrossRef\]](#)

24. Emodi, N.V.; Akuru, U.B.; Dioha, M.O.; Adoba, P.; Kuhudzai, R.J.; Bamisile, O. The Role of Internet of Things on Electric Vehicle Charging Infrastructure and Consumer Experience. Energies 2023, 16, 4248. [\[CrossRef\]](#)

25. ElKashlan, M.; Elsayed, M.S.; Jurcut, A.D.; Azer, M. A Machine Learning-Based Intrusion Detection System for IoT Electric Vehicle Charging Stations (EVCs). Electronics 2023, 12, 1044. [\[CrossRef\]](#)

26. Han, W.; Chau, K.T.; Jiang, C.; Liu, W.; Lam, W.H. Design and analysis of quasi-omnidirectional dynamic wireless power transfer for Flyand-Charge. IEEE Trans. Magn. 2019, 55, 1–9.

27. Devendiran, R.; Kasinathan, P.; Ramachandaramurthy, V.K.; Subramaniam, U.; Govindarajan, U.; Fernando, X. Intelligent optimization for charging scheduling of electric vehicle using exponential Harris Hawks technique. Int. J. Intell. Syst. 2021, 36, 5816–5844. [\[CrossRef\]](#)

28. Zheng, Y.; Shao, Z.; Zhang, Y.; Jian, L. A systematic methodology for mid-and-long term electric vehicle charging load forecasting: The case study of Shenzhen, China. Sustain. Cities Soc. 2020, 56, 102084. [\[CrossRef\]](#)

29. Zhong, J.; Lei, X.; Shao, Z.; Jian, L. A Reliable Evaluation Metric for Electrical Load Forecasts in V2G Scheduling Considering Statistical Features of EV Charging. IEEE Trans. Smart Grid. 2024. [\[CrossRef\]](#)

30. Kempower (2022). ChargeEye for CPO. <https://kempower.com/solution/kempower-chargeeye-for-cpo/>