

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розробка технічних рішень для організації мережі
зарядних станцій електро- і гібридних транспортних засобів

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МАс-41
спеціальності 274

«Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

	(підпис)	Гудз Я.М. (прізвище та ініціали)
Керівник	(підпис)	Міронов Д.В. (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	(підпис)	Левкович М.Г. (прізвище та ініціали)
Зав. кафедри	(підпис)	Цьонь О.П. (прізвище та ініціали)
Рецензент	(підпис)	Дубиняк Т.С. (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Цьонь О.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«29» січня 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)
студенту Гудзу Ярославу Михайловичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка технічних рішень для організації мережі зарядних станцій електро- і гібридних транспортних засобів

Керівник роботи Міронов Дмитро Вікторович, к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 29 » січня 2024 року № 4/7-74

2. Термін подання студентом завершеної роботи 23 червня 2024

3. Вихідні дані до роботи Технічні параметри зарядних пристроїв та технічні параметри АКБ для електро- і гібридних автомобілів.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

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

Кількість реєстрацій електромобілів в Україні та технічні характеристики розповсюджених електромобілів – 1А1.

Основні стандарти зарядок АКБ електро- і гібридних автомобілів та параметри режимів заряджання – 1А1.

Параметри основних типів АКБ електро- і гібридних автомобілів – 1А1.

Виконання зарядних пристроїв для АКБ електро- і гібридних автомобілів – 2А1.

Концептуальна схема розміщення зарядних станцій в м. Тернопіль – 2А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці			

7. Дата видачі
завдання

29.01.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	09.02.2024	
2	Технологічний розділ	07.06.2024	
3	Конструкторський розділ	14.06.2024	
4	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	20.06.2024	
5	Оформлення графічної частини	20.06.2024	
6	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	24.06.2024	

Студент

(підпис)

Гудз Я.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Міронов Д.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної роботи бакалавра на тему: «Розробка технічних рішень для організації мережі зарядних станцій електро- і гібридних транспортних засобів».

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є розробка технічних рішень щодо інтеграції електричного автомобіля в енергомережу, а також визначення найкращих режимів заряду та розряду та їх графіків.

Електромобіль і його інтеграція в енергосистему є об'єктом детальної розробки.

Розглядаються існуючі технічні рішення зарядних пристроїв, які дозволяють заряджати батареї електричного автомобіля та генерувати електричну енергію для енергомережі. Було визначено найкращі графіки та режими заряду та розряду для електричної батареї, а також визначено необхідну потужність зарядних станцій і кількість точок підключення. Виконано розрахунок оптимального розташування зарядної станції. Розраховано економічний ефект використання електромобілів як системи зберігання енергії, коли пікові навантаження на енергомережу виростають.

Пояснювальна записка складається з чотирьох розділів і 61 сторінки формату А4 та 7 аркушів формату А1 графічної частини і 7 сторінок додатків.

Ключові слова: електричний автомобіль, акумуляторна батарея, когенерація, двонаправлений зарядний пристрій.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	4
ВСТУП	6
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	7
1.1 Сучасні електричні автомобілі та їх параметри	7
1.2 Режими заряджання тягових АКБ електромобілів та способи приєднання до мережі	13
1.3 Взаємодія електричних автомобілів з електричною мережею	16
1.4 Технологія V2G	18
1.5 Постановка задач дослідження	19
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	20
2.1 Технічні рішення зарядних станцій	20
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	36
3.1 Вибір оптимального розміщення зарядних станцій для електромобілів	36
3.2 Використання багатозонного диференційованого тарифу для зарядки електромобілів	44
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	50
4.1 Основні принципи та функції управління охороною праці на виробництві	50
4.2 Концепція захисту населення і території у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій	54
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	59
БІБЛІОГРАФІЯ	60
ДОДАТКИ	62

ВСТУП

Сучасний світ переживає енергетичну трансформацію, де електрифікація колісного транспорту стає одним із ключових напрямків розвитку. Основні причини цього бурхливого зростання пов'язані з необхідністю зменшення викидів парникових газів, боротьбою зі зміною клімату та прагненням до енергетичної незалежності. Технологічний прогрес у галузі акумуляторних батарей та електродвигунів робить електромобілі більш доступними та ефективними, що стимулює їх масове впровадження.

Інтеграція електромобілів в енергомережу є перспективним напрямком, оскільки вона дозволяє не лише заряджати транспортні засоби, але й використовувати їх як мобільні накопичувачі енергії. Це впливає на стабільність енергосистеми, сприяє балансуванню навантаження та підвищує ефективність використання відновлюваних джерел енергії. Технологія Vehicle-to-Grid (V2G) [1] відкриває нові можливості для взаємодії між електромобілями та енергомережами.

Враховуючи вищезазначене, вибір теми щодо розробки технічних рішень для організації мережі зарядних станцій електро- та гібридних автомобілів є актуальним та своєчасним. Структура роботи дозволяє поетапно дослідити всі аспекти цієї проблематики, від теоретичних основ до практичних рішень з оптимального розміщення станцій у міських умовах.

Метою роботи є розробка технічних рішень для створення ефективної мережі зарядних станцій електричних та гібридних автомобілів з оптимальним розміщенням в межах міста.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

1. Проаналізувати сучасні електричні автомобілі та їх технічні параметри.
2. Дослідити режими заряджання тягових акумуляторних батарей та способи приєднання до мережі.
3. Вивчити взаємодію електричних автомобілів з електричною мережею та розглянути технологію V2G.
4. Сформулювати задачі дослідження для подальшого розроблення технічних рішень.

5. Розробити технічні рішення для зарядних станцій та вибрати їх оптимальне розміщення в межах міста.
6. Розглянути можливості використання багатозонного диференційованого тарифу для зарядки електромобілів.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Сучасні електричні автомобілі та їх параметри

Ринок електромобілів стрімко розвивається з кількох ключових причин. По-перше, глобальна потреба у зменшенні викидів парникових газів та боротьбі зі зміною клімату стимулює перехід від традиційних автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння до електричних. Електромобілі не викидають шкідливих речовин під час експлуатації, що сприяє покращенню якості повітря в містах.

По-друге, технологічний прогрес у виробництві акумуляторних батарей призводить до зниження їх вартості та збільшення ємності, що робить електромобілі більш доступними та практичними для споживачів. По-третє, уряди багатьох країн вводять стимули, такі як податкові пільги, субсидії та інвестиції в інфраструктуру зарядних станцій, щоб заохотити громадян переходити на електричний транспорт.

Станом на 2023 рік світовий ринок електромобілів демонструє значне зростання. Кількість зареєстрованих електричних автомобілів перевищила 10 мільйонів одиниць. Лідерами у впровадженні електротранспорту є Китай, Європейський Союз та Сполучені Штати Америки. У Європі країни такі, як Норвегія, Німеччина та Франція, активно підтримують електромобільність через державні програми та інвестиції в інфраструктуру. Багато провідних автовиробників оголосили про плани повної або часткової електрифікації свого модельного ряду в найближчі десятиліття. Технології швидкої зарядки та збільшення запасу ходу роблять електромобілі все більш привабливими для широкого кола споживачів.

В Україні ринок електромобілів демонструє позитивну динаміку зростання. Станом на 2024 рік кількість електричних автомобілів на дорогах України перевищує 40 тисяч одиниць [2, 3]. Цьому сприяють як глобальні тенденції, так і внутрішні фактори, зокрема державні стимули та законодавча підтримка.

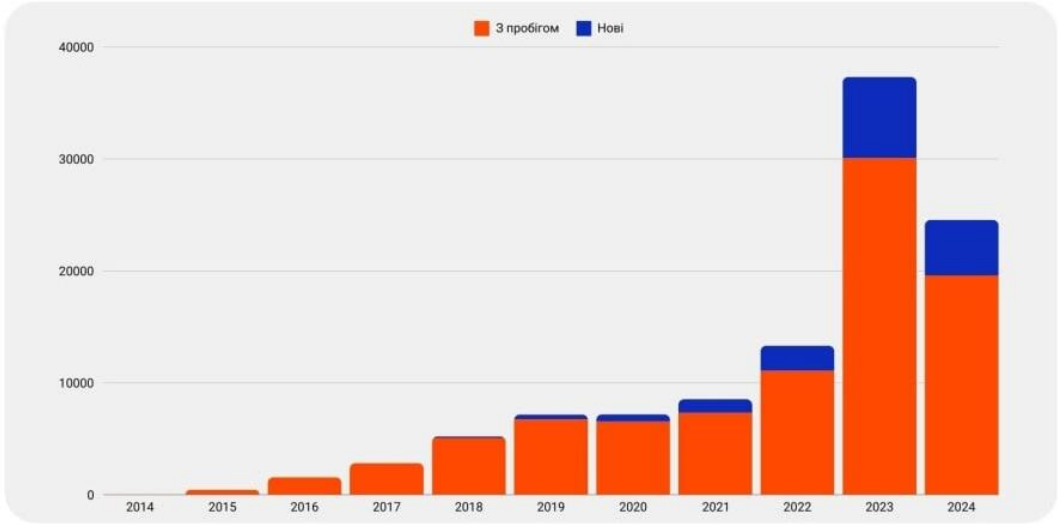


Рисунок 1.1. Кількість реєстрацій електромобілів в Україні на 2024 рік

Таблиця 1.1 Кількість зареєстрованих електромобілей в Україні станом по областях на 2024 рік

№	Область	од.
1	Київська	9 464
2	Одеська	4 114
3	Харківська	2 715
4	Дніпропетровська	2 302
5	Львівська	1 805
6	Вінницька	860
7	Запорізька	753
8	Житомирська	677
9	Рівненська	557
10	Полтавська	522
11	Чернівецька	426
12	Миколаївська	421
13	Хмельницька	407
14	Івано-Франківська	406
15	Донецька	404
16	Тернопільська	381
17	Волинська	369
18	Черкаська	362

19	Закарпатська	321
20	Херсонська	196
21	Сумська	186
22	Кіровоградська	186
23	Чернігівська	129
24	Луганська	39
25	АРК	3

Таблиця 1.2. Технічні характеристики розповсюджених електромобілів в Україні

	BMW i3 (2016)	Chevy Bolt (2017)	Hyundai Ioniq (2017)	Kia Soul (2014)	Nissan Leaf (2015)	Renault Zoe (2017)	Tesla X P90D (2016)	VW e-Golf (2017)
Battery Capacity [kWh]	33	60	28	27	30	41	90	35
Battery Mass [kg]	240	485	260	270	290	300	610	310
Power (Peak/Contin.) [kW]	125/75	150/?	88/?	81/?	80/?	65/43	396/?	100/50
0 – 100 km/h [s]	7,3	< 7	9,9	11,5	11,3	13,5	3,9	9,6
Top Speed [km/h]	150	150	165	145	144	135	250	150
Torque [Nm]	250	360	295	285	254	220	658	290
Consumption NEDC [kWh/100km]	12,6	~13	11,5	14,7	14,7	13,3 ¹	17,3 ²	12,7
Range NEDC [km]	300	~ 400	250	210	250	400	467	282
Mass [kg]	1.245	~ 1.600	1.495	1.565	1.533	1.577	2.468	1.585

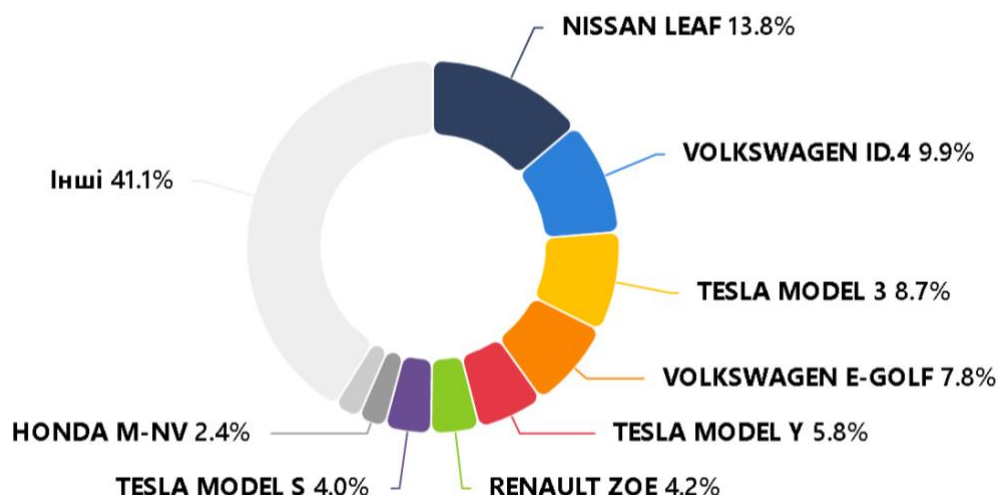


Рисунок 1.2. Найбільш поширені виробники електромобілів та їх частка на ринку України

Український уряд запровадив низку законодавчих актів [4], спрямованих на стимулювання розвитку електротранспорту:

1. Звільнення від ПДВ та акцизного податку при імпорті електромобілів:

Закон України №2628-VIII від 23.11.2018 року *“Про внесення змін до Податкового кодексу України щодо звільнення від оподаткування електромобілів”*. Цей закон звільняє операції з ввезення електромобілів на митну територію України від сплати податку на додану вартість та акцизного податку на період до 31 грудня 2022 року.

2. Скасування ввізного мита на електромобілі:

Закон України №2744-VIII від 06.06.2019 року *“Про внесення змін до Митного тарифу України щодо ввізного мита на електромобілі”*. Відповідно до цього закону, ввізне мито на електромобілі було знижено до 0%, що зменшує вартість імпортованих електромобілів.

3. Стимулювання розвитку інфраструктури зарядних станцій:

Закон України №2756-VIII від 06.06.2019 року *“Про внесення змін до деяких законів України щодо створення доступу до інфраструктури зарядних станцій для електромобілів”*. Цей закон сприяє розвитку інфраструктури зарядних станцій, спрощує процедури їх встановлення та регулює питання підключення до електромереж.

4. Пільги на паркування та доступ до окремих зон:

Закон України №10405 від 09.07.2019 року *“Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо створення умов для поширення електромобілів в Україні”*. Закон надає місцевим органам влади можливість встановлювати пільги на паркування для власників електромобілів та забезпечувати доступ до окремих зон у містах.

5. Розробка національної стратегії електромобільності:

Розпорядження Кабінету Міністрів України №430-р від 14.06.2017 року *“Про затвердження Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року”*. Стратегія передбачає розвиток електротранспорту як одного з пріоритетних напрямків транспортної галузі.

Завдяки зазначеним законодавчим ініціативам, ринок електромобілів в Україні отримав значний імпульс для розвитку. Зростання попиту на електричні транспортні засоби сприяє зменшенню викидів шкідливих речовин, покращенню екологічної ситуації та підвищенню енергетичної незалежності країни.

1.2. Режими заряджання тягових АКБ електромобілів та способи приєднання до мережі

Заряджання електромобіля є ключовим процесом, що полягає у відновленні енергії в його тяговій акумуляторній батареї (АКБ) шляхом підключення до зовнішнього джерела електроенергії. Цей процес контролюється бортовими системами електромобіля та зарядним обладнанням, забезпечуючи безпеку та ефективність. Заряджання включає кілька етапів: підключення, ідентифікація параметрів, саме заряджання та завершення процесу. Безпека під час заряджання досягається через комунікацію між автомобілем і зарядною станцією, використання стандартів та протоколів передачі даних.

Існують чотири основні режими заряджання електромобілів, визначені міжнародним стандартом IEC 61851, які відрізняються за потужністю, швидкістю заряджання, типом струму та способами підключення [5].

Режим 1 (Mode 1) передбачає заряджання змінним струмом від стандартної побутової розетки без додаткових засобів захисту. Електромобіль підключається безпосередньо до розетки 220 В, 16 А, без використання спеціалізованих зарядних пристроїв або кабелів з вбудованими засобами захисту. Потужність заряджання обмежена до 3,7 кВт, що забезпечує повну зарядку АКБ за 8-12

годин. Перевагою цього режиму є його простота та доступність, оскільки не потребує спеціального обладнання. Однак, основними недоліками є низький рівень безпеки через відсутність контролю та захисту, а також ризик перегріву або перевантаження електромережі. Через ці ризики режим 1 практично не використовується в сучасних умовах і не рекомендується для заряджання сучасних електромобілів.

Режим 2 (Mode 2) також використовує змінний струм від побутової розетки, але з кабелем, що має вбудовані засоби захисту (IC-CPD). Це підвищує безпеку процесу заряджання, забезпечуючи захист від перенапруг, струму витоку та перегріву. Потужність заряджання може досягати 3,7 кВт при однофазному підключенні або до 7,4 кВт при трифазному підключенні до мережі 400 В, що дозволяє зарядити АКБ за 6-12 годин. Перевагами цього режиму є доступність та підвищена безпека порівняно з режимом 1, що робить його підходящим для домашнього використання або в місцях без спеціалізованих зарядних станцій. Недоліками є тривалий час заряджання та обмеження потужності через характеристики побутової мережі.

Режим 3 (Mode 3) передбачає заряджання змінним струмом від спеціалізованої зарядної станції, оснащеної засобами контролю та комунікації з електромобілем. Підключення здійснюється через стандартні роз'єми Type 2 (Mennekes) або Type 1, що дозволяє досягати потужності заряджання від 3,7 кВт до 22 кВт при одно- та трифазному струмі. Час заряджання скорочується до 1-6 годин. Основними перевагами цього режиму є високий рівень безпеки, швидше заряджання порівняно з режимами 1 та 2, а також можливість інтеграції з системами управління енергоспоживанням. Це робить його оптимальним для використання в громадських місцях, на паркінгах, в офісах та торгових центрах. Недоліком є необхідність встановлення спеціалізованих зарядних станцій, що може вимагати значних інвестицій.

Режим 4 (Mode 4) — це швидке заряджання постійним струмом від спеціалізованої зарядної станції, при якому струм подається безпосередньо до АКБ, обходячи бортовий зарядний пристрій. Використовуються спеціальні конектори, такі як CCS, CHAdeMO або GB/T. Потужність заряджання в цьому режимі становить від 50 кВт до 350 кВт і більше, що дозволяє зарядити АКБ до 80% за 20-40 хвилин. Перевагами є дуже швидке заряджання, зручне для

тривалих поїздок або в умовах обмеженого часу. Недоліками виступають висока вартість зарядних станцій, підвищені вимоги до електромережі та потенційний вплив на ресурс АКБ при частому використанні. Режим 4 ідеально підходить для швидкої підзарядки на автозаправних станціях, магістральних дорогах та в місцях з великим потоком електромобілів.

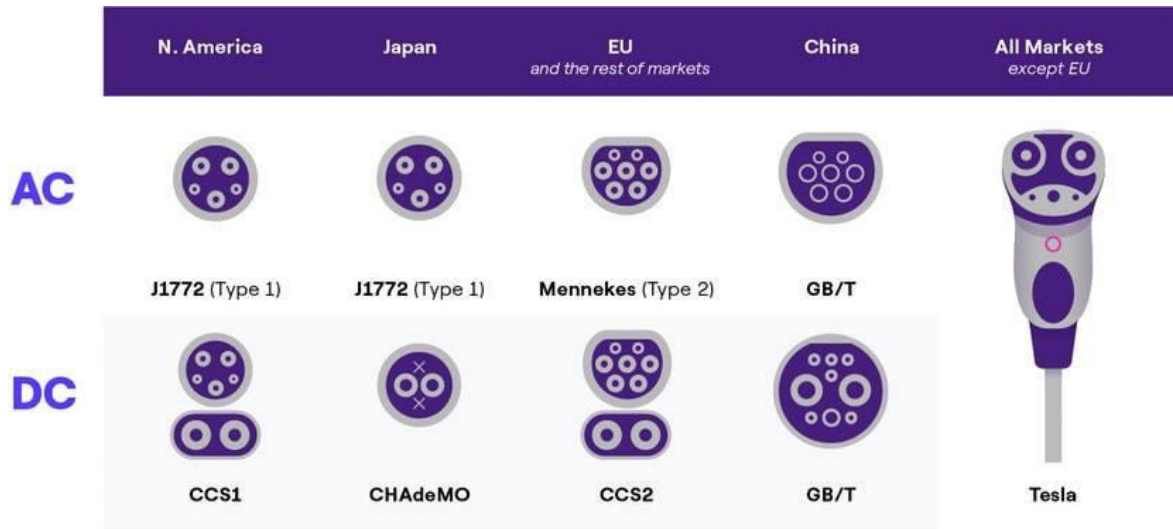


Рисунок 1.3. Основні стандарти зарядок АКБ електро- і гібридних автомобілів у Європі

Підключення електромобілів до мережі здійснюється за допомогою різних стандартів роз'ємів та конекторів, які забезпечують сумісність та безпеку процесу заряджання. Важливою складовою є комунікація між електромобілем та зарядною станцією, що дозволяє контролювати процес заряджання, встановлювати параметри та забезпечувати аварійне відключення в разі необхідності. Сучасні стандарти роз'ємів, такі як Type 1, Type 2, CCS, CHAdeMO та GB/T, забезпечують надійне та ефективне підключення в різних режимах заряджання. Безпека при заряджанні досягається через використання автоматичних вимикачів, захисних пристроїв та моніторинг параметрів процесу, що запобігає перевантаженням, коротким замиканням та іншим небезпечним ситуаціям.

Таблиця 1.3. Параметри режимів заряджання АКБ електромобілів

Тип роз'єму	Дизайн	Вихідна потужність	Країна
Type 1 (SAE J1772)		до 7,4 кВт	Японія Північна Америка Європа
Type 2 (Mennekes)		3,5 кВт, 7 кВт (1-фаза) 11 кВт, 22 кВт (3-фази) 43 кВт (Mode 3)	Європа та решта країн світу
GB/T (AC)		до 7,4 кВт	Китай
Tesla (AC)		11 кВт, 16,5 кВт, 22 кВт залежно від моделі / конфігурації	Європа та решта країн світу

1.3. Взаємодія електричних автомобілів з електричною мережею

Електричні автомобілі стають невід'ємною частиною сучасних енергетичних систем, оскільки вони не лише споживають електроенергію для заряджання, але й можуть активно взаємодіяти з електричною мережею. Ця взаємодія відкриває нові можливості для оптимізації енергоспоживання, стабілізації мережі та інтеграції відновлюваних джерел енергії.

Однією з ключових концепцій взаємодії є “Vehicle-to-Grid” (V2G) [1], яка передбачає двосторонній обмін енергією між електромобілем та електричною мережею. У режимі V2G електромобіль може не лише заряджатися від мережі, але й повертати надлишкову енергію назад, допомагаючи балансувати навантаження та компенсувати пікові споживання. Це особливо актуально в умовах зростаючої частки відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні та вітрові електростанції, які мають нестабільний характер генерації. Електромобілі діють як мобільні накопичувачі енергії, що можуть швидко реагувати на зміни в мережі, забезпечуючи гнучкість та стабільність.

“Vehicle-to-Home” (V2H) — це концепція, де електромобіль використовується як резервне джерело живлення для домашнього господарства. У разі відключення електроенергії або в години пікового навантаження електромобіль може забезпечувати енергією домашні прилади, знижуючи споживання з мережі та зменшуючи витрати на електроенергію. Це підвищує енергетичну автономність домогосподарства та сприяє більш ефективному використанню енергії, зокрема при інтеграції з домашніми сонячними панелями.

“Vehicle-to-Building” (V2B) розширює ідею V2H на будівлі та офіси. Електромобілі співробітників або відвідувачів можуть бути інтегровані в систему енергоменеджменту будівлі. Це дозволяє використовувати накопичену в батареях енергію для покриття пікових навантажень, зменшення витрат на електроенергію та покращення загальної енергоефективності будівлі. V2B може також сприяти зниженню навантаження на мережу в годині пік, що важливо для міських районів з високою концентрацією споживачів.

“Vehicle-to-Load” (V2L) — це концепція, яка дозволяє електромобілю безпосередньо живити зовнішні пристрої та обладнання. Це може бути корисним у віддалених місцях, де немає доступу до електромережі, або в екстрених ситуаціях, таких як стихійні лиха. Електромобіль може слугувати мобільним генератором, забезпечуючи електроенергією медичне обладнання, освітлення або інші критично важливі пристрої.

Важливою складовою взаємодії є інтелектуальні системи керування заряджанням, відомі як “смарт-чарджинг”. Ці системи дозволяють оптимізувати процес заряджання з урахуванням різних факторів: тарифів на електроенергію, стану мережі, доступності відновлюваних джерел та індивідуальних потреб користувача. Смарт-чарджинг може автоматично регулювати потужність заряджання, час початку та завершення процесу, що сприяє зменшенню витрат та підвищенню стабільності мережі.

“Peer-to-Peer” (P2P) енергетичні обміни — це концепція, яка дозволяє власникам електромобілів та інших енергетичних ресурсів обмінюватися енергією між собою безпосередньо, використовуючи децентралізовані платформи та блокчейн-технології. Це сприяє створенню більш гнучкої та стійкої енергосистеми, де споживачі можуть стати активними учасниками ринку енергії, продаючи надлишки або купуючи енергію за вигідними тарифами.

Інтеграція електромобілів з електричною мережею також включає використання електромобілів для допоміжних послуг. Електромобілі можуть надавати такі послуги, як регулювання частоти та напруги, реактивна потужність, що допомагає підтримувати стабільність та якість електроенергії в мережі. Це можливо завдяки швидкому реагуванню акумуляторних систем на сигнали від операторів мережі.

Однак взаємодія електромобілів з мережею має й виклики. Масове заряджання електромобілів може призвести до підвищеного навантаження на електромережі, особливо в годині пік, що вимагає модернізації інфраструктури та впровадження розумних систем управління. Необхідна стандартизація протоколів комунікації між електромобілями, зарядними станціями та енергосистемою для забезпечення сумісності та безпеки. Також важливо вирішити питання кібербезпеки, щоб захистити системи від потенційних загроз.

У цілому, електричні автомобілі стають активними учасниками енергетичної екосистеми, сприяючи переходу до більш стійких та ефективних моделей споживання та виробництва енергії. Їх взаємодія з електричною мережею має потенціал революціонізувати традиційні підходи до управління енергосистемами, відкриваючи нові можливості для споживачів, операторів та суспільства в цілому.

Таблиця 1.4. Найбільш поширені концепції взаємодії електричних автомобілів та електричної мережі

Концепція	Опис	Мета та переваги
Vehicle-to-Grid (V2G)	Двосторонній обмін енергією між електромобілем та електричною мережею. Електромобіль може як споживати, так і віддавати енергію назад у мережу.	Балансування навантаження мережі, підтримка стабільності, інтеграція відновлюваних джерел енергії, можливість отримання доходу від продажу електроенергії в мережу.

Vehicle-to-Home (V2H)	Використання електромобіля як резервного джерела живлення для домашнього господарства.	Енергетична автономність, зниження витрат на електроенергію, резервне живлення під час відключень або пікових навантажень, інтеграція з домашніми ВДЕ (сонячні панелі).
Vehicle-to-Building (V2B)	Інтеграція електромобілів у систему енергоменеджменту будівлі для забезпечення енергетичних потреб будівлі.	Зменшення пікових навантажень, економія витрат на електроенергію, підвищення енергоефективності будівлі, підтримка стабільності мережі на рівні підприємств або офісних центрів.
Vehicle-to-Load (V2L)	Пряме живлення зовнішніх пристроїв та обладнання від електромобіля без підключення до мережі.	Забезпечення електроенергією в віддалених місцях, під час подорожей або в екстрених ситуаціях, мобільне живлення для електроінструментів або побутових приладів.
Смарт-чарджинг	Інтелектуальне керування процесом заряджання з урахуванням тарифів, стану мережі,	Оптимізація витрат на заряджання, зменшення навантаження на мережу в години пік, підвищення ефективності

	відновлюваних джерел та потреб користувача.	використання електроенергії, сприяння стабільності мережі.
Peer-to-Peer (P2P)	Децентралізований обмін енергією між власниками електромобілів та іншими учасниками через спеціальні платформи або технології блокчейн.	Створення гнучкої та стійкої енергосистеми, можливість продажу надлишкової енергії, вигідні тарифи, залучення споживачів як активних учасників ринку електроенергії.

1.4. Технологія V2G

Технологія Vehicle-to-Grid (V2G) [1] є інноваційним підходом до інтеграції електричних транспортних засобів в енергетичну систему. Вона передбачає двонаправлений обмін електроенергією між електромобілем та електричною мережею, де електромобіль може не лише споживати енергію для заряджання, але й віддавати її назад у мережу.

Основна ідея V2G полягає в тому, що коли електромобіль підключений до зарядної станції, він може використовуватися як мобільний накопичувач енергії. У періоди, коли попит на електроенергію високий або коли виникають коливання у генерації електроенергії від відновлюваних джерел (наприклад, сонячних чи вітрових електростанцій), електромобілі можуть повертати накопичену в їхніх батареях енергію назад у мережу. Це сприяє балансуванню навантаження, підвищенню стабільності енергосистеми та більш ефективному використанню ресурсів.

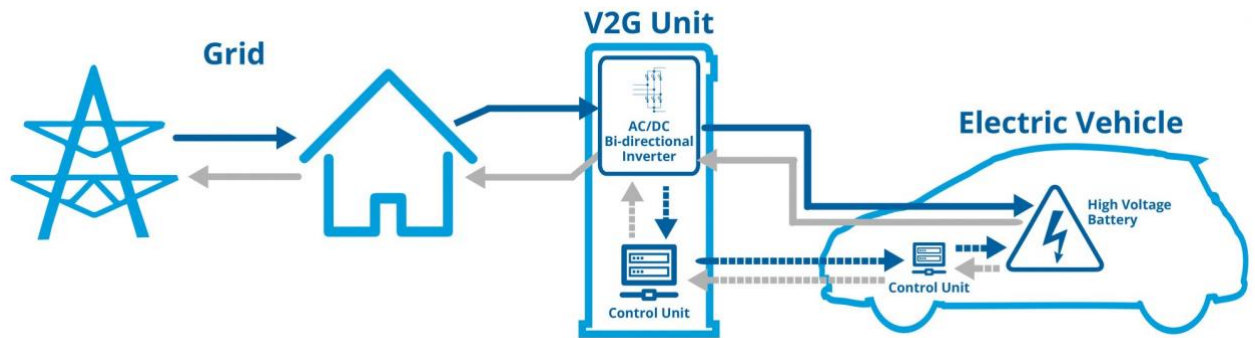


Рисунок 1.4. Загальний вигляд системи V2G

Технологія V2G базується на використанні інтелектуальних зарядних станцій та систем керування, які можуть комунікувати з електромобілями та операторами мережі. Це дозволяє визначати оптимальні моменти для заряджання та розряджання батарей, враховуючи поточний стан мережі, тарифи на електроенергію, потреби власника автомобіля та інші фактори.

Однією з ключових переваг V2G є можливість надання допоміжних послуг операторам мережі. Електромобілі можуть забезпечувати регулювання частоти та напруги, що особливо важливо в умовах зростаючої частки відновлюваних джерел енергії з нестабільною генерацією. Це допомагає підтримувати якість електроенергії та запобігати аварійним ситуаціям.

Для власників електромобілів технологія V2G може стати додатковим джерелом доходу. Вони можуть отримувати компенсацію за надання енергії та допоміжних послуг мережі, що зменшує загальні витрати на експлуатацію автомобіля.

Реалізація V2G вимагає вирішення ряду технічних та регуляторних питань. Потрібна стандартизація протоколів зв'язку та сумісність обладнання різних виробників. Необхідно також забезпечити захист батарей електромобілів від надмірного зносу внаслідок частих циклів заряджання-розряджання, для чого використовуються спеціальні алгоритми керування та обмеження глибини розряду.

Питання кібербезпеки є критичним, оскільки V2G передбачає обмін даними між численними учасниками. Забезпечення конфіденційності та захисту від несанкціонованого доступу є важливим для довіри користувачів та безпеки енергосистеми.

Деякі країни та регіони вже впроваджують пілотні проекти V2G. Наприклад, у Данії та Нідерландах існують програми, де електромобілі інтегровані в енергомережу та надають допоміжні послуги. Ці проекти демонструють практичну реалізацію технології та її потенціал для масштабування.

Впровадження V2G також має екологічний аспект. Використання електромобілів для балансування мережі може зменшити потребу в традиційних газових або вугільних електростанціях, які зазвичай використовуються для покриття пікових навантажень. Це сприяє зменшенню викидів парникових газів та покращенню екологічної ситуації.

1.5. Постановка задач дослідження

Сучасний розвиток електромобільності є одним із ключових напрямків трансформації транспортної галузі та енергетичної системи. Збільшення кількості електричних автомобілів як у світі, так і в Україні, обумовлено необхідністю зменшення викидів парникових газів, покращенням екологічної ситуації та прагненням до енергетичної незалежності. Однак, швидке зростання парку електромобілів вимагає відповідного розвитку інфраструктури зарядних станцій, що забезпечить зручність та ефективність їх експлуатації. В Україні розвиток ринку електромобілів стимулюється державними пільгами та законодавчими ініціативами, проте інфраструктура зарядних станцій ще недостатньо розвинена. Це створює потребу в розробці технічних рішень для організації ефективної мережі зарядних станцій з оптимальним розміщенням, що враховує специфіку міської інфраструктури та можливості електричної мережі. Виходячи з цього, дипломна робота розгляне наступні питання:

- Проаналізувати сучасні електричні автомобілі та їх технічні параметри.
- Дослідити режими заряджання тягових акумуляторних батарей та способи приєднання до мережі.
- Вивчити взаємодію електричних автомобілів з електричною мережею та розглянути технологію V2G.

- Сформулювати задачі дослідження для подальшого розроблення технічних рішень.
- Розробити технічні рішення для зарядних станцій та вибрати їх оптимальне розміщення в межах міста.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Технічні рішення зарядних станцій

Існуючі технічні рішення для зарядних станцій електромобілів охоплюють широкий спектр технологій, які відповідають різним потребам користувачів та вимогам інфраструктури. Основні типи зарядних станцій включають повільні змінного струму (AC), швидкі постійного струму (DC) та ультрашвидкі зарядні пристрої [5].

Повільні зарядні станції змінного струму зазвичай встановлюються в домашніх умовах або на паркувальних майданчиках, де автомобіль може залишатися підключеним протягом тривалого часу. Вони забезпечують потужність від 3,7 до 22 кВт і підходять для нічного заряджання або довготривалого паркування. Ці станції використовують стандартні роз'єми, такі як Type 2 (Mennekes), і підтримують інтелектуальні функції керування енергоспоживанням.

Швидкі зарядні станції постійного струму призначені для швидкого відновлення енергії в акумуляторі електромобіля. Вони забезпечують потужність від 50 до 150 кВт, що дозволяє зарядити батарею до 80% за 30-60 хвилин. Ці станції встановлюються на громадських заправних комплексах, вздовж магістралей та в місцях з високим трафіком електромобілів. Вони використовують стандарти заряджання CCS (Combined Charging System) або CHAdeMO, забезпечуючи сумісність з більшістю сучасних електромобілів.

Ультрашвидкі зарядні станції є новітнім технічним рішенням, що забезпечує потужність заряджання понад 150 кВт, інколи до 350 кВт і більше. Це дозволяє значно скоротити час заряджання до 15-20 хвилин. Впровадження таких станцій вимагає модернізації електричної інфраструктури та відповідних технічних характеристик від самих електромобілів.

Сучасні технічні рішення також включають інтеграцію зарядних станцій з відновлюваними джерелами енергії, такими як сонячні та вітрові електростанції. Це дозволяє зменшити навантаження на електромережу та сприяє екологічній стійкості. Крім того, розвиваються технології бездротового заряджання

(індуктивне заряджання), що надають можливість заряджати електромобіль без фізичного підключення кабелем.

2.1.1. Графік заряду/розряду АКБ та вибір оптимального режиму

Акумуляторні батареї є ключовим компонентом електромобілів, що визначає їхню ефективність, запас ходу та загальні експлуатаційні характеристики. Сучасні електромобілі використовують різні типи акумуляторних батарей, кожен з яких має свої переваги та недоліки [5].

Літій-іонні батареї є найпоширенішим типом акумуляторів в електромобілях. Вони відзначаються високою енергетичною щільністю, що дозволяє зберігати більше енергії при менших розмірах та вазі. Це сприяє збільшенню запасу ходу автомобіля без значного збільшення його маси. Літій-іонні батареї також мають низький рівень саморозряду та високий ККД. Однак вони чутливі до високих температур і можуть бути схильні до теплового розгону, що вимагає складних систем управління температурою. Висока вартість виробництва та використання рідкісних матеріалів також є недоліками цього типу батарей.

Літій-залізо-фосфатні (LiFePO_4) батареї відрізняються підвищеною термічною стабільністю та безпекою. Вони менш схильні до теплового розгону та мають довший термін служби завдяки стійкості до циклічних навантажень. Ці батареї також менш токсичні та більш екологічно безпечні у виробництві та утилізації. Проте їх енергетична щільність нижча порівняно з літій-іонними батареями, що може обмежувати запас ходу електромобіля або вимагати встановлення більшої батареї.

Літій-титанатні (LTO) батареї відомі своєю можливістю дуже швидкого заряджання та високою кількістю циклів заряд/розряд. Вони можуть працювати при низьких температурах і мають тривалий термін служби. Недоліком є дуже низька енергетична щільність, що робить їх менш придатними для легкових автомобілів, але вони можуть бути використані в комерційному та громадському транспорті, де швидкість заряджання є критичною.

Нікель-метал-гідридні (NiMH) батареї раніше широко використовувалися в гібридних автомобілях. Вони мають більший термін

служби порівняно з нікель-кадмієвими батареями та менш схильні до ефекту пам'яті. Однак вони поступаються літій-іонним батареям за енергетичною щільністю та вагою. Крім того, NiMH батареї мають вищий рівень саморозряду та менш ефективні при високих струмах розряду.

Твердотільні батареї є перспективною технологією, яка використовує твердий електроліт замість рідкого. Це підвищує безпеку, оскільки зменшується ризик займання. Твердотільні батареї потенційно можуть мати вищу енергетичну щільність та швидкість заряджання. Проте ця технологія все ще перебуває на стадії досліджень і не є широко комерціалізованою через високі витрати та технологічні складнощі виробництва.

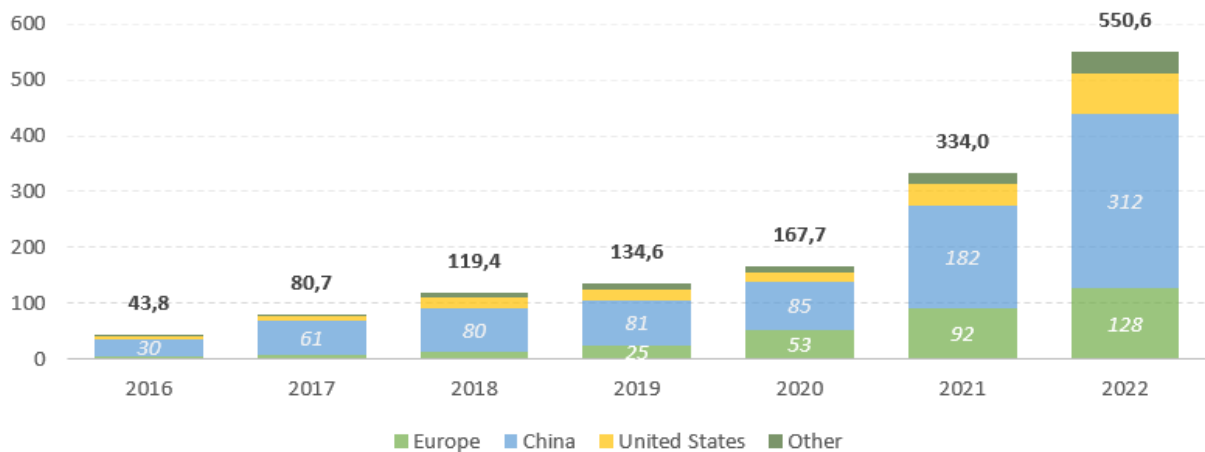


Рисунок 2.1. Частка Li-іон акумуляторів на ринку електричних автомобілів

Вибір акумуляторної батареї для електромобіля залежить від багатьох факторів, включаючи вартість, безпеку, енергетичну щільність, термін служби та специфічні вимоги до експлуатації. Літій-іонні батареї залишаються основним вибором для більшості виробників завдяки збалансованим характеристикам, але розвиток альтернативних технологій може змінити цю ситуацію в майбутньому.

Основні фактори, що впливають на старіння літій-іонних батарей, включають кількість циклів (N), температуру експлуатації та зберігання (T), швидкість заряду/розряду та глибину розряду. Детальний опис цих факторів наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Фактори, які впливають на тривалість експлуатації акумулятора

Фактор	Опис
Температура	Екстремальні температури (високі або низькі) негативно впливають на хімічні процеси в акумуляторі, що може призвести до зниження ємності та скорочення терміну служби. Оптимальною є робоча температура в межах 20-25°C.
Глибина розряду (DoD)	Часті глибокі розряди (до 100% DoD) прискорюють деградацію батареї. Обмеження глибини розряду допомагає збільшити кількість циклів заряд/розряд і продовжити термін служби акумулятора.
Швидкість заряджання/розряджання	Високі струми при швидкому заряджанні або розряджанні можуть викликати підвищення температури та стрес для електродів, що прискорює знос акумулятора. Помірні режими заряджання сприяють довшому терміну експлуатації.
Кількість циклів заряд/розряд	Кожен цикл заряджання та розряджання впливає на деградацію акумулятора. Батареї мають обмежену кількість циклів, після яких їх ємність значно знижується.
Режим зберігання	Довготривале зберігання акумулятора в повністю зарядженому або повністю розрядженому стані може призвести до незворотних змін. Рекомендовано зберігати при рівні заряду близько 50% і в прохолодних умовах.
Перезаряд та глибокий розряд	Перезаряд (заряд понад 100%) або глибокий розряд (нижче мінімальної напруги) можуть викликати пошкодження електродів і зниження ємності. Системи управління батареєю запобігають таким станам.

Щоб мінімізувати негативні впливи на тривалість експлуатації акумуляторних батарей, важливо підтримувати оптимальну температуру роботи (20-25°C), уникати глибоких розрядів і перезаряджання, застосовувати помірні режими заряджання та розряджання, використовувати якісні батареї від надійних виробників, забезпечувати балансування елементів за допомогою систем управління батареєю (BMS), дотримуватися рекомендацій щодо правильного зберігання, підтримувати помірний стиль водіння, захищати батарею від екстремальних умов навколишнього середовища та проводити регулярне обслуговування і діагностику для своєчасного виявлення та усунення потенційних проблем.

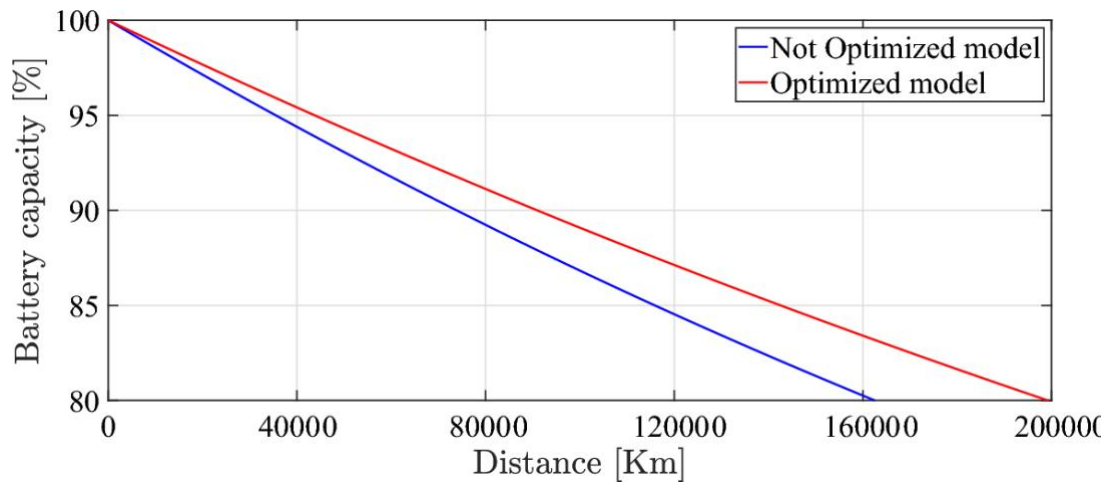


Рисунок 2.2. Залежність зменшення ємності акумулятора від пройденого шляху

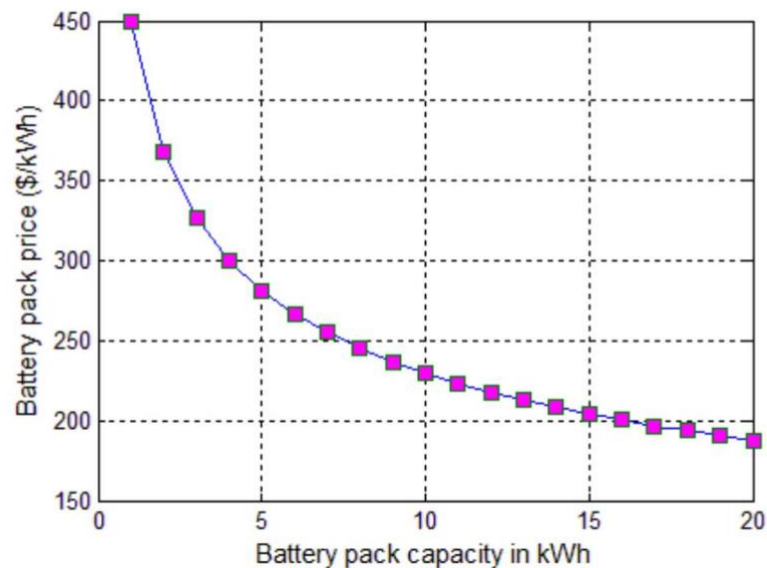


Рисунок 2.3. Вартість батареї та їх ємності

Протягом звичайного дня електромобіль проходить через кілька ключових етапів експлуатації, які включають поїздки та періоди заряджання. Зранку власник електромобіля вирушає з дому до місця роботи. Ця поїздка може займати різний час залежно від відстані та дорожніх умов, але зазвичай становить від 20 до 60 хвилин. Під час руху електромобіль споживає енергію з акумуляторної батареї, при цьому рівень заряду поступово знижується.

Після прибуття на роботу автомобіль залишається на парковці протягом робочого дня. Якщо на місці роботи встановлені зарядні станції, водій має

можливість підключити електромобіль до мережі для відновлення заряду. Це дозволяє поповнити запас енергії в батареї та підготуватися до подальших поїздки. Якщо зарядних станцій немає, акумулятор залишається в тому ж стані, що і після ранкової поїздки.

По завершенні робочого дня власник може здійснювати додаткові поїздки, наприклад, заїхати в магазин, відвідати спортзал або забрати дітей зі школи. Ці короткі переміщення також витрачають енергію, але зазвичай менш інтенсивно, ніж основний маршрут. У процесі цих поїздки рівень заряду акумулятора знижується далі.

Наприкінці дня електромобіль повертається додому. Тут він зазвичай підключається до домашньої зарядної станції для нічного заряджання. Нічний період є оптимальним для повільного заряджання, оскільки автомобіль не використовується, а тарифи на електроенергію можуть бути нижчими в нічний час. До ранку акумуляторна батарея повністю відновлює свій заряд, готуючи автомобіль до наступного дня експлуатації.

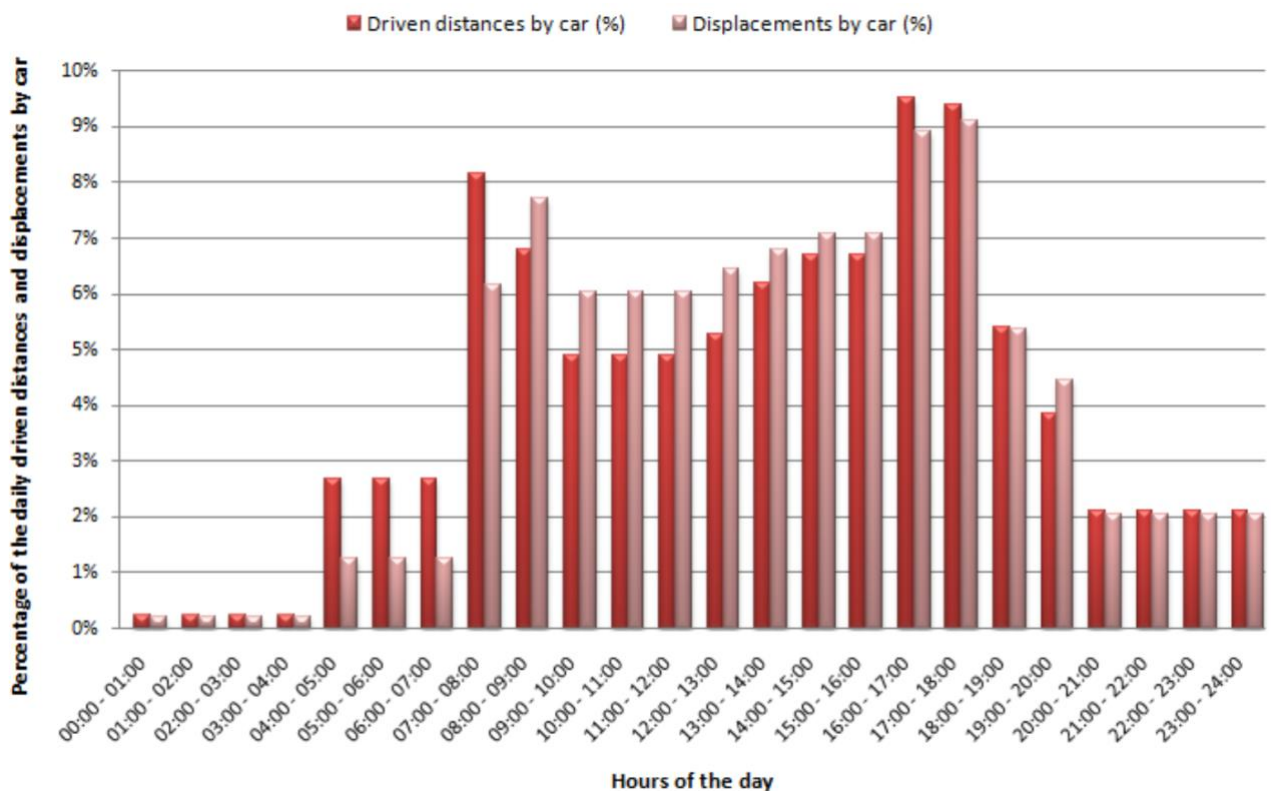


Рисунок 2.4. Графік поїздки протягом дня

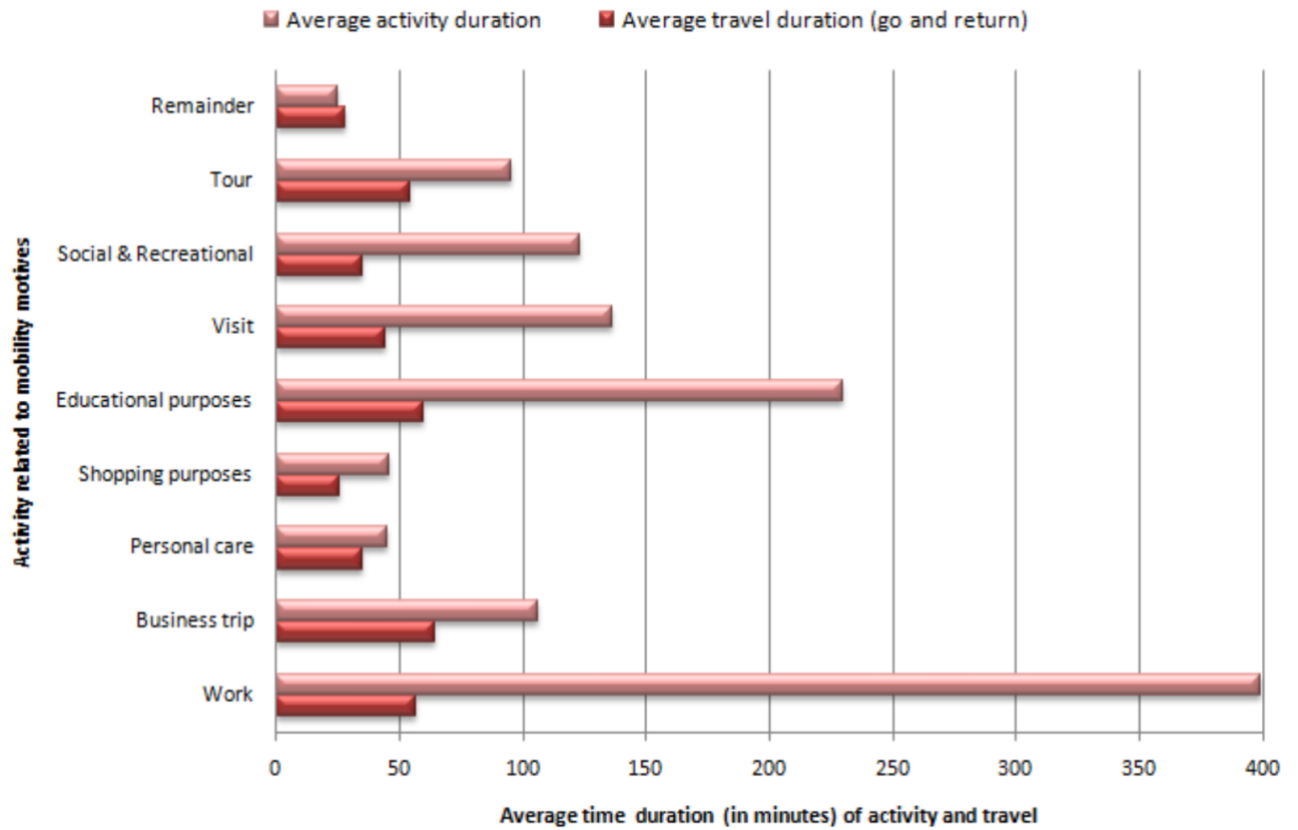


Рисунок 2.5. Розподіл активностей водія впродовж дня

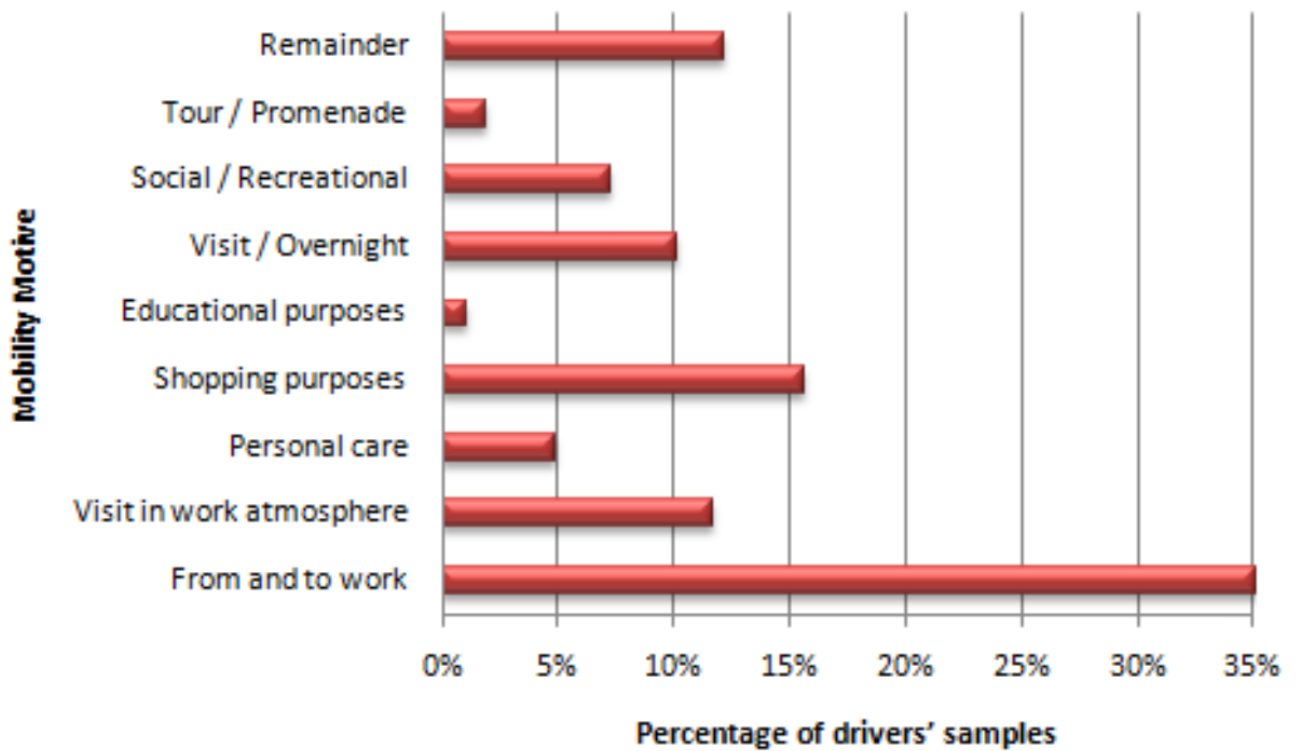


Рисунок 2.6. Відсоток вибірок водіїв за типом мобільності

Аналіз графіків показує, що автомобіль більшу частину дня залишається на стоянці. Таким чином, існують два сценарії участі електромобіля в енергосистемі: без V2G і з V2G. У сценарії без використання технології V2G електромобіль діє виключно як споживач електроенергії. Після завершення денних поїздок він підключається до мережі для заряджання, зазвичай у нічний час, коли тарифи на електроенергію нижчі. Електромобіль споживає електроенергію для поповнення свого акумулятора, але не має можливості повертати енергію назад у мережу. Взаємодія з енергосистемою є односторонньою: від мережі до транспортного засобу. Це може створювати додаткове навантаження на мережу, особливо якщо багато автомобілів заряджаються одночасно під час пікових годин. Коли електромобіль бере участь у технології V2G, він стає активним елементом енергосистеми з двонаправленим обміном енергією. У цьому сценарії електромобіль не лише заряджається від мережі, але й може повертати надлишкову енергію назад у мережу в періоди пікового споживання або за високих тарифів на електроенергію. Це допомагає балансувати навантаження на мережу, зменшувати пікові навантаження та сприяє більш ефективному використанню відновлюваних джерел енергії. Власник електромобіля може отримувати додатковий дохід за надання енергії в мережу, а також сприяє стабільності та надійності енергосистеми.

Таблиця 2.2. Графік заряду розряду для автомобіля без участі в V2G

Година	Тип участі	Короткий опис процесу
00:00–06:00	Споживач	Нічне заряджання електромобіля від мережі до повного заряду акумулятора.
06:00–08:00	Транспортний засіб	Поїздка на роботу; використання енергії з акумулятора для руху.
08:00–17:00	Паркування	Електромобіль припаркований на стоянці без заряджання; немає взаємодії з мережею.
17:00–18:00	Транспортний засіб	Поїздка додому або за особистими справами; подальше використання енергії з акумулятора.
18:00–24:00	Паркування	Електромобіль припаркований вдома, очікує на нічне заряджання; відсутня взаємодія з мережею.

Таблиця 2.3. Графік заряду розряду для автомобіля з участю в V2G

Година	Тип участі	Короткий опис процесу
00:00–06:00	Споживач	Нічне заряджання електромобіля від мережі до повного заряду акумулятора за нижчим тарифом.
06:00–08:00	Транспортний засіб	Поїздка на роботу; використання енергії з акумулятора для руху.
08:00–12:00	Постачальник	Під час пікового навантаження електромобіль віддає частину енергії в мережу, допомагаючи балансувати її.
12:00–13:00	Споживач	Підзарядка акумулятора під час обідньої перерви за оптимальним тарифом.
13:00–17:00	Постачальник	Продовження віддачі енергії в мережу при необхідності, підтримуючи стабільність енергосистеми.
17:00–18:00	Транспортний засіб	Поїздка додому або за особистими справами; використання енергії з акумулятора.
18:00–22:00	Постачальник	Вдома електромобіль підключений до мережі та віддає енергію під час вечірнього піку споживання.
22:00–24:00	Споживач	Початок нічного заряджання для підготовки до наступного дня.

2.1.2. Виконання зарядних пристроїв для тягової АКБ

Зарядні пристрої для тягових акумуляторних батарей (АКБ) електромобілів є критичними компонентами інфраструктури електромобільності. Вони забезпечують ефективне та безпечне відновлення енергії в батареях, що впливає на загальну продуктивність і зручність використання електричних транспортних засобів. Існують різні способи та методи виконання цих зарядних пристроїв, які відрізняються за матеріальною базою, схемотехнічними рішеннями, а також мають свої переваги і недоліки.

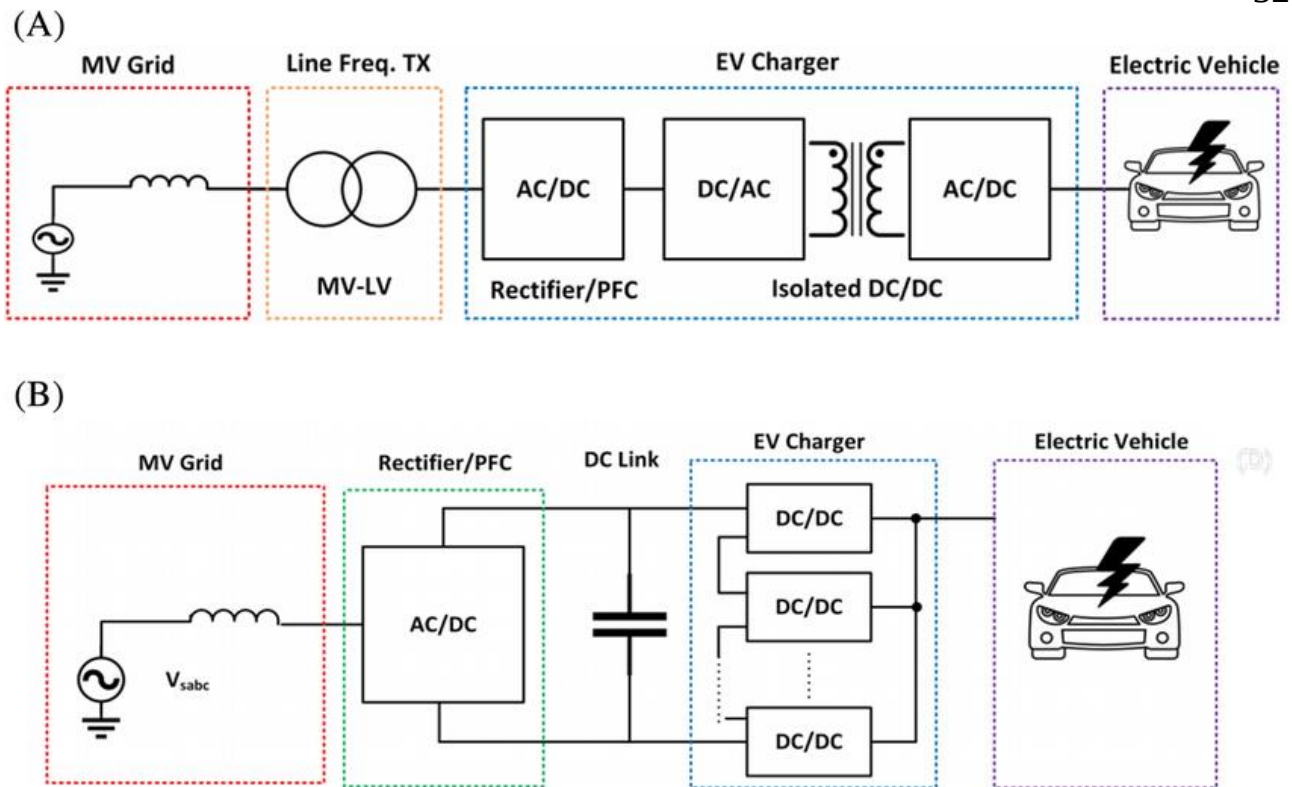


Рисунок 2.7. Головні схемотехнічні рішення для зарядних пристроїв електромобілів

Основою зарядних пристроїв є силова електроніка, яка використовує напівпровідникові компоненти для перетворення та регулювання електричної енергії. Ключовими компонентами є:

- Напівпровідникові прилади:

MOSFET, IGBT, діоди Шотткі, які забезпечують високі швидкості перемикання та ефективність.

- Магнітні компоненти:

Трансформатори та дроселі, виготовлені з високоякісних магнітних матеріалів для зменшення втрат і покращення ефективності.

- Конденсатори:

Високовольтні та високочастотні конденсатори для фільтрації та зберігання енергії.

- Мікроконтролери та процесори:

Використовуються для керування процесом заряджання, моніторингу параметрів та забезпечення безпеки.

Схемотехнічні рішення зарядних пристроїв включають:

1. AC/DC перетворювачі – приймають змінний струм з електромережі та перетворюють його в постійний струм, необхідний для заряджання АКБ. Можуть бути однофазними або трифазними, залежно від потужності та вимог.

2. Інвертори та DC/DC перетворювачі – використовуються для регулювання напруги та струму заряджання, забезпечуючи оптимальні умови для АКБ.

3. Імпульсні та резонансні перетворювачі – забезпечують високу ефективність при компактних розмірах, використовуючи високочастотні перемикання та резонансні явища для зменшення втрат.

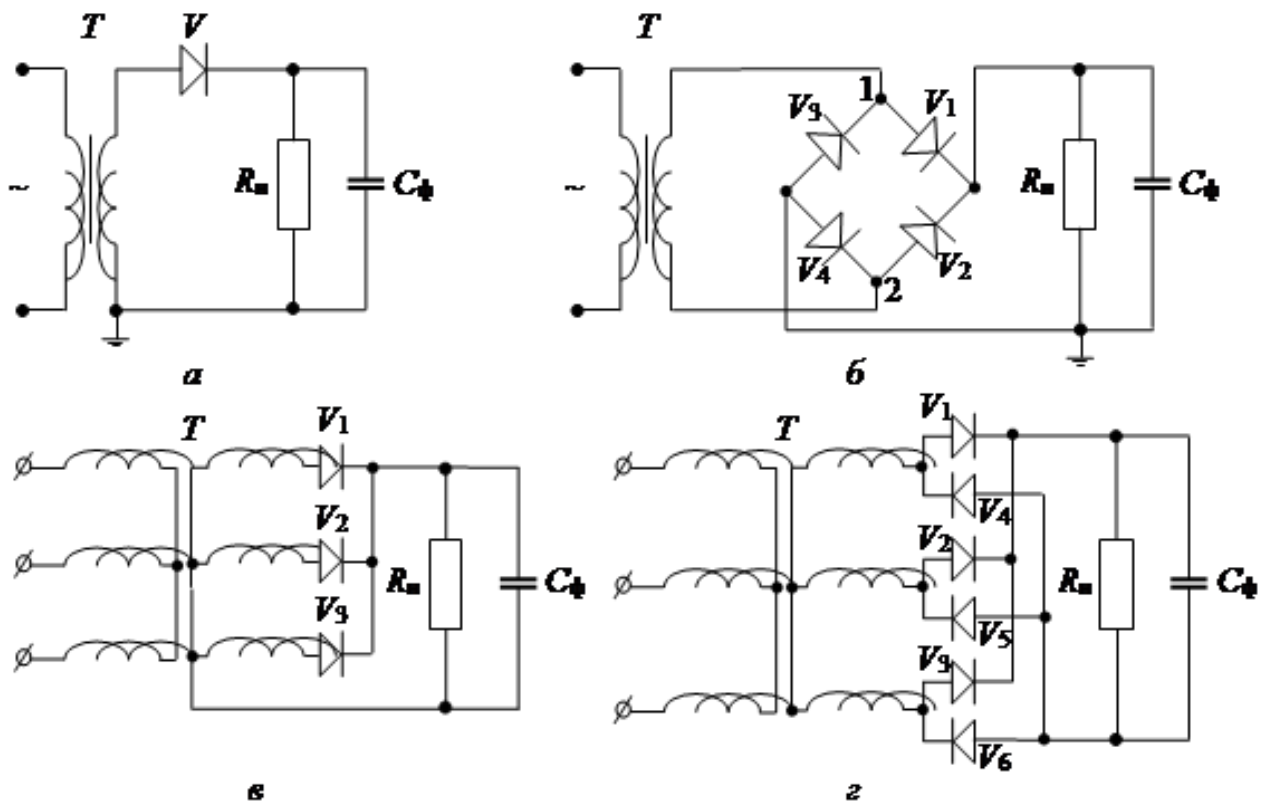


Рисунок 2.8 – Схеми перетворювачів змінного струму для зарядки електромобілів

Стационарні зарядні станції постійного струму (DC) є ключовим рішенням для забезпечення швидкого та ефективного заряджання електромобілів, особливо в умовах зростаючого попиту та розвитку електромобільності. Їхні переваги у високій швидкості заряджання та можливості обслуговувати великий потік транспортних засобів роблять їх необхідними для громадської та

комерційної інфраструктури. Однак, високі витрати на встановлення та експлуатацію, а також технічні вимоги до електромережі є недоліками, які слід враховувати при плануванні та впровадженні таких станцій. Існують наступні топології виконання зарядних станцій:

1. Стаціонарні зарядні станції змінного струму (АС)

Ці станції підключаються до електромережі та забезпечують заряджання електромобілів за допомогою змінного струму. Вони можуть мати потужність від 3,7 кВт до 22 кВт. Зарядний пристрій електромобіля (бортовий зарядний пристрій) перетворює змінний струм у постійний для заряджання АКБ.

Переваги: простота встановлення, нижча вартість порівняно з DC-станціями, сумісність із більшістю електромобілів.

Недоліки: тривалий час заряджання, обмежена потужність через можливості бортового зарядного пристрою.

2. Стаціонарні зарядні станції постійного струму (DC)

Ці станції мають вбудовані потужні перетворювачі, які перетворюють змінний струм з мережі в постійний струм високої потужності та безпосередньо заряджають АКБ, мінаючи бортовий зарядний пристрій. Потужність може сягати від 50 кВт до 350 кВт.

Переваги: значно швидше заряджання, підходять для комерційних та громадських місць з високим трафіком.

Недоліки: висока вартість обладнання та встановлення, потреба в потужному електропостачанні, складність технічного обслуговування.

3. Бездротові зарядні пристрої

Використовують принцип електромагнітної індукції для передачі енергії без фізичного контакту. Система складається з передавальної котушки в землі або на поверхні та приймальної котушки в електромобілі.

Переваги: зручність, відсутність зносу роз'ємів, автоматизація процесу заряджання.

Недоліки: нижча ефективність передачі енергії, висока вартість, потреба в точному позиціонуванні, обмежена потужність.

4. Мобільні зарядні пристрої

Переносні або автомобільні зарядні системи, які можуть бути використані для аварійного підзарядження або в місцях без стаціонарних станцій. Можуть працювати від генераторів або інших джерел енергії.

Переваги: гнучкість використання, можливість заряджання в віддалених місцях.

Недоліки: обмежена потужність, тривалий час заряджання, залежність від наявності альтернативних джерел енергії.

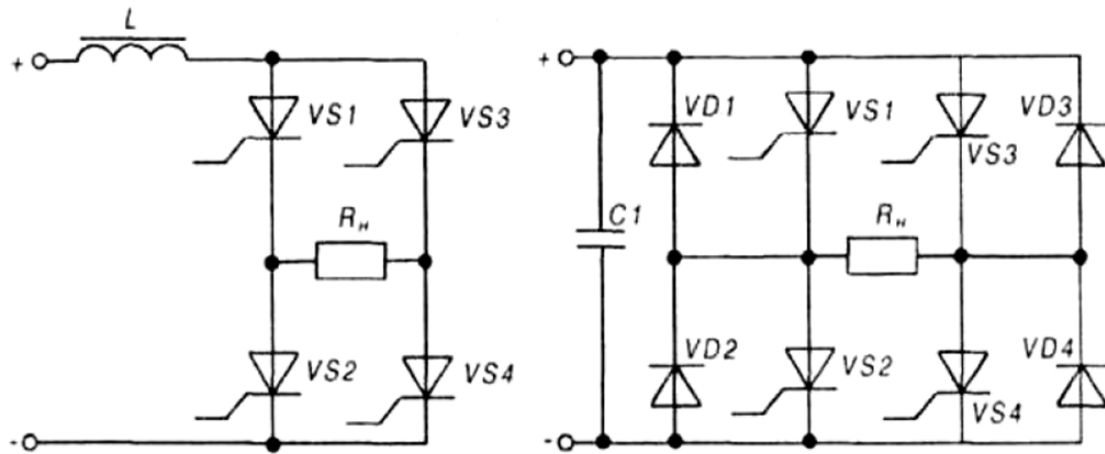


Рисунок 2.9 – Схеми інвертування постійного струму

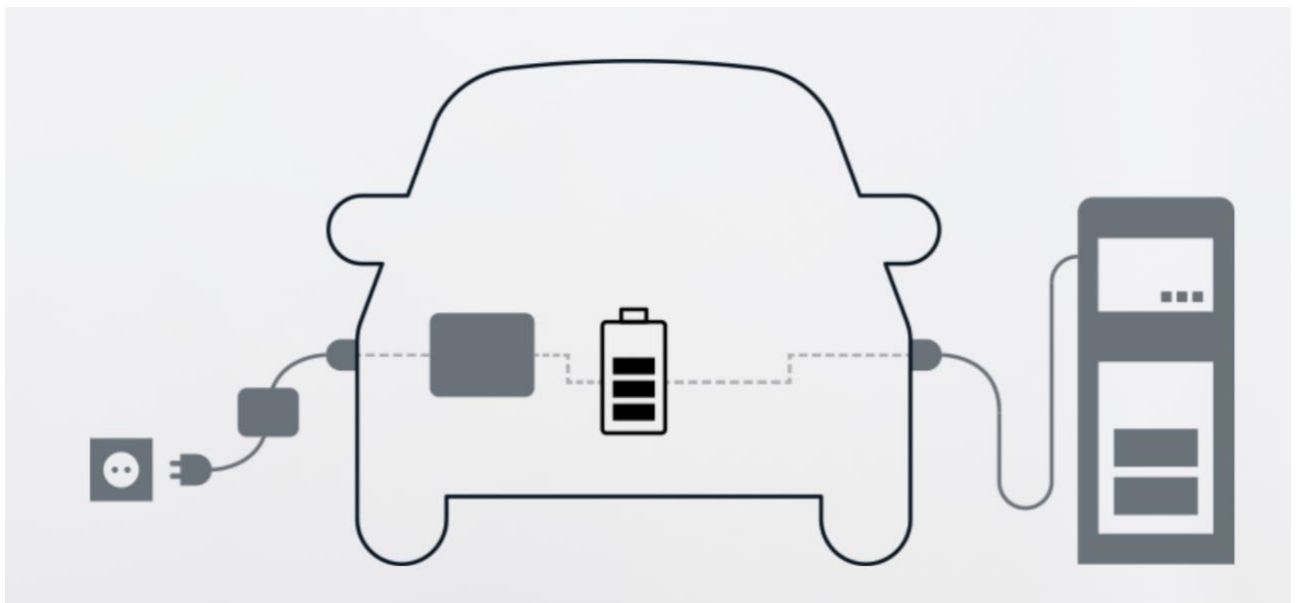


Рисунок 2.10. Структура зарядної системи батареї електричного автомобіля

2.1.3. Розрахунок потужності зарядних станцій та точок підключення

Для ефективного планування мережі зарядних станцій у місті Тернопіль необхідно виконати ряд розрахунків, враховуючи прогнозовану кількість електромобілів до кінця 2026 року. Згідно з наданими даними, очікується, що до цього часу в Тернополі буде приблизно 11 200 електромобілів при населенні 337 000 осіб.

Перш за все, визначимо середню кількість електромобілів на 1000 жителів міста [6]. Це показник важливий для оцінки рівня електромобільності та планування інфраструктури. Розрахунок виконується за формулою:

$$\left(\frac{11\,200}{337\,000} \right) \times 1000 \approx 33,23 \quad (2.1)$$

Отже, у 2026 році в Тернополі буде приблизно 33 електромобілі на кожну тисячу жителів.

Далі розглянемо середню площу стоянки для автомобілів. Стандартне паркувальне місце займає площу близько 2,5 метрів у ширину та 5 метрів у довжину, що становить 12,5 квадратних метрів. Проте з урахуванням проїздів та маневрових зон загальна площа на одне паркомісце збільшується до приблизно 25 квадратних метрів. Це враховує необхідний простір для безпечного руху автомобілів на стоянці.

Наступним кроком є визначення необхідної кількості точок підключення та кількості електромобілів на одній стоянці [7]. Припустимо, що одночасно потребують заряджання близько 15% від загальної кількості електромобілів:

$$11\,200 \times 0,15 = 1\,680 \quad (2.2)$$

Таким чином, для задоволення попиту необхідно забезпечити 1 680 точок підключення в місті.

Якщо прийняти, що середня стоянка може обслуговувати близько 50 електромобілів, тоді кількість таких стоянок буде:

$$\frac{1\,680}{50} = 33,6 \quad (2.3)$$

Округлюючи до найближчого цілого числа, отримуємо 34 стоянки з необхідною інфраструктурою для заряджання.

Щодо потужності зарядної станції в режимі Mode 2 [8], цей режим передбачає заряджання змінним струмом від побутової мережі з використанням спеціального кабелю з вбудованими засобами захисту. Максимальна потужність в цьому режимі зазвичай становить 3,7 кВт (при напрузі 230 В і струмі 16 А). Для розрахунку загальної необхідної потужності використовуємо цю величину:

$$1\,680 \times 3,7 \text{ кВт} = 6\,216 \text{ кВт} \quad (2.4)$$

Тобто сумарна потужність, необхідна для одночасного заряджання 1 680 електромобілів у режимі Mode 2, становить 6 216 кВт або 6,216 МВт.

Для забезпечення такої потужності може знадобитися модернізація існуючої електромережі або впровадження системи керування навантаженням, яка дозволить рівномірно розподілити споживання електроенергії та уникнути пікових навантажень.

При виборі моделі зарядної станції слід враховувати її відповідність вимогам режиму Mode 2 [9], надійність, безпеку та можливість інтеграції з системами управління енергоспоживанням. Одним із можливих варіантів є зарядні станції типу Wallbox Pulsar Plus [10], які підтримують заряджання в режимі Mode 2 з потужністю до 7,4 кВт, оснащені інтелектуальними функціями та вбудованими засобами захисту.

Вибір такої моделі обумовлений її компактністю, простотою встановлення та можливістю віддаленого керування через мобільний додаток. Це дозволяє користувачам контролювати процес заряджання, а операторам стоянок ефективно керувати інфраструктурою.

Таблиця 2.4. Технічні характеристики зарядних пристроїв «Wallbox Pulsar Plus»

Характеристика	Опис
Модель	Wallbox Pulsar Plus
Режим заряджання	Mode 3 (змінний струм, AC)
Максимальна потужність	- До 7,4 кВт (однофазний струм, 230 В) - До 22 кВт (трифазний струм, 400 В)
Напруга живлення	110–240 В (однофазний) або 400 В (трифазний)
Максимальний струм	Регульований від 6 А до 32 А
Тип роз'єму	- Type 1 (SAE J1772) - Type 2 (IEC 62196-2)
Комунікація	Вбудований Wi-Fi та Bluetooth
Розміри (Ш x В x Г)	Приблизно 166 x 163 x 82 мм
Вага	Близько 1 кг
Монтаж	Настінний або на стійці (з використанням додаткових аксесуарів)
Клас захисту	IP54 / IK08 (захист від пилу, бризок води та механічних впливів)
Температурний діапазон	Від -25°C до +40°C
Безпека	- Вбудований захист від струму витоку (DC 6 мА) - Захист від перенапруги та перегріву - Відповідність стандартам безпеки

Таким чином, для міста Тернопіль рекомендовано планувати встановлення близько 34 стоянок з зарядними станціями, що забезпечать необхідну кількість точок підключення та потужність для обслуговування прогнозованої кількості електромобілів до 2026 року. Вибір моделей зарядних станцій, таких як Wallbox Pulsar Plus, сприятиме створенню сучасної та ефективної інфраструктури заряджання, відповідаючи потребам користувачів та вимогам безпеки.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1. Вибір оптимального розміщення зарядних станцій для електромобілів

Планування оптимального розміщення зарядних станцій у місті Тернопіль є важливим завданням для забезпечення ефективного використання електромобілів та задоволення потреб їх власників. Зарядні станції будуть підключені до енергомережі Тернопільобленерго з урахуванням технічних можливостей та вимог енергетичної інфраструктури міста.

Підключення зарядних станцій до енергомережі здійснюватиметься шляхом приєднання до існуючих розподільчих мереж низької або середньої напруги [11]. Для цього необхідно провести аналіз пропускної здатності електричних мереж у потенційних місцях встановлення станцій. У випадку використання зарядних станцій типу Wallbox Pulsar Plus у режимі Mode 2, які мають потужність до 7,4 кВт, підключення може здійснюватися до мережі низької напруги (220/380 В). Це значно спрощує процес підключення та знижує вартість інсталяції.

Основними факторами для вибору місця розташування зарядних станцій є:

1. Щільність населення та концентрація електромобілів.

Зарядні станції слід розміщувати в районах з високою щільністю населення та потенційно високим попитом на заряджання. Це забезпечить максимальну ефективність використання станцій та зручність для користувачів.

2. Транспортні потоки та інфраструктура.

Місця з інтенсивним рухом транспорту, такі як центральні вулиці, торгові центри, бізнес-парки та громадські установи, є пріоритетними для встановлення зарядних станцій. Це дозволить обслуговувати більшу кількість електромобілів та сприятиме популяризації електротранспорту.

3. Доступність до енергомережі.

Вибір місць з близьким розташуванням до існуючих електричних мереж високої пропускної здатності зменшує витрати на підключення та мінімізує технічні складнощі. Важливо оцінити можливість підключення без необхідності модернізації мережі або будівництва нових ліній.

4. Зручність для користувачів.

Зарядні станції повинні бути розташовані в місцях з легким доступом, наявністю паркувальних місць та безпечних умов експлуатації. Освітлення, наявність навігаційних знаків та інформаційних вказівників сприятимуть комфортному користуванню станціями.

5. Можливість розширення інфраструктури.

Вибір локацій з перспективою подальшого розширення кількості зарядних точок або встановлення більш потужних станцій дозволить адаптуватися до зростаючого попиту в майбутньому.

На сьогодні у місті Тернопіль є приблизно 20 зарядних станцій, більшість з яких мають один зарядний пристрій з 1 або 2 точками підключення. Чотири з цих станцій забезпечують швидку зарядку за стандартом CHAdeMo, тоді як решта – повільну зарядку за стандартами J1772 та Mennekes. На рисунку 3.1 показано карту існуючих зарядних станцій.

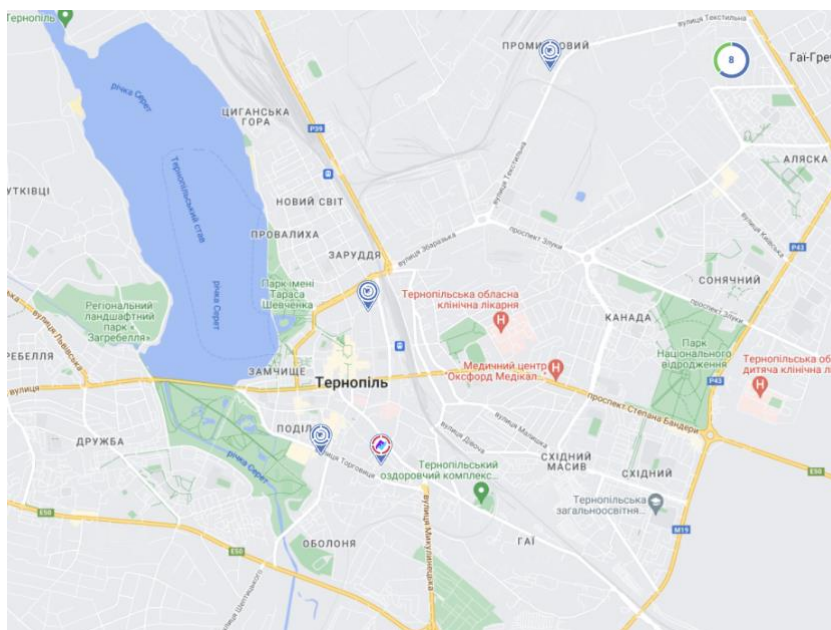


Рисунок 3.1. Існуючі зарядні станції в місті Тернопіль

Енергомережа Тернополя загалом здатна забезпечити підключення зарядних станцій малої та середньої потужності, особливо в районах з розвиненою інфраструктурою. Однак для встановлення великої кількості високопотужних станцій, зокрема швидких DC-зарядних пристроїв, може знадобитися детальний аналіз та можлива модернізація мережі.

У центральній частині міста мережа більш навантажена через велику кількість споживачів, тому підключення додаткових потужностей потребує особливої уваги. У периферійних районах можуть бути кращі можливості для розміщення зарядних станцій з точки зору наявності вільної потужності, але слід враховувати транспортну доступність та потреби користувачів.

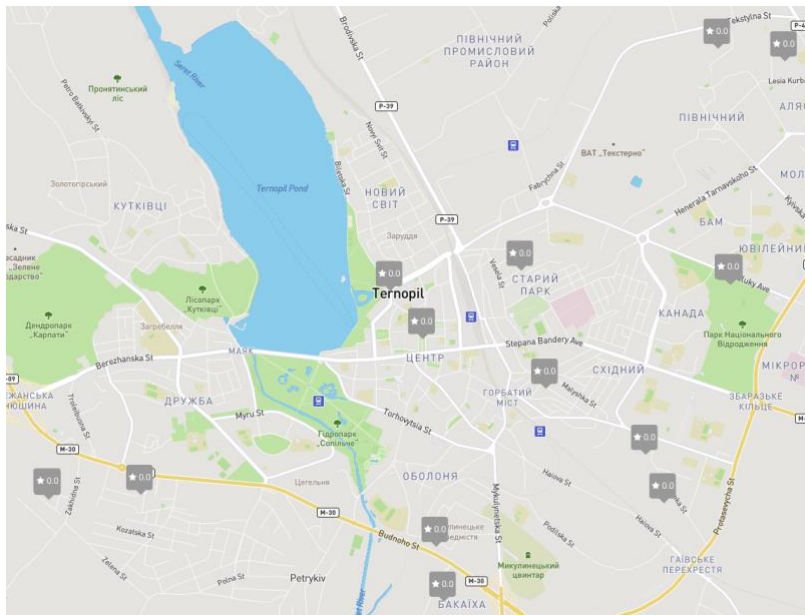


Рисунок 3.2. Існуючі стоянки та паркінги в місті Тернопіль

При підключенні зарядних станцій до енергомережі необхідно враховувати специфіку та характеристики електричної інфраструктури міста Тернопіль. Енергомережа Тернополя управляється компанією «Тернопільобленерго» і складається з розподільчих мереж різних рівнів напруги, трансформаторних підстанцій та інших об'єктів енергосистеми.

Енергомережа міста оперує на різних рівнях напруги, включаючи високовольтні лінії 110 кВ та 35 кВ, середньовольтні мережі 10 кВ та низьковольтні мережі 0,4 кВ. Високовольтні мережі забезпечують передачу електроенергії від генеруючих потужностей до районних підстанцій, а середньо- та низьковольтні мережі розподіляють електроенергію безпосередньо до споживачів.

Станом на 2024 рік, енергомережа Тернополя має достатню пропускну здатність для задоволення поточних потреб споживачів. Однак зростання навантаження через підключення великої кількості зарядних станцій для електромобілів може вимагати детального аналізу та, за необхідності, модернізації окремих ділянок мережі. Більшість електричних мереж міста

перебуває в задовільному стані, але є ділянки, які потребують оновлення та реконструкції. Це важливо враховувати при плануванні підключення нових об'єктів, щоб забезпечити надійність та безпеку електропостачання.

Перед підключенням зарядних станцій необхідно провести детальний аналіз наявних резервів потужності в місцях запланованого встановлення [12]. Це допоможе визначити, чи може існуюча мережа забезпечити додаткове навантаження без ризику перевантаження або зниження якості електропостачання. У разі виявлення недостатньої пропускної здатності або технічних обмежень, може виникнути потреба в модернізації мережевої інфраструктури. Це може включати заміну проводів на більший переріз, встановлення додаткових трансформаторних підстанцій або оновлення обладнання захисту та автоматики.

Для оптимізації використання енергомережі та запобігання піковим навантаженням можна застосовувати технології смарт-чарджингу [13]. Це дозволить регулювати процес заряджання електромобілів залежно від поточного навантаження на мережу та тарифів на електроенергію.

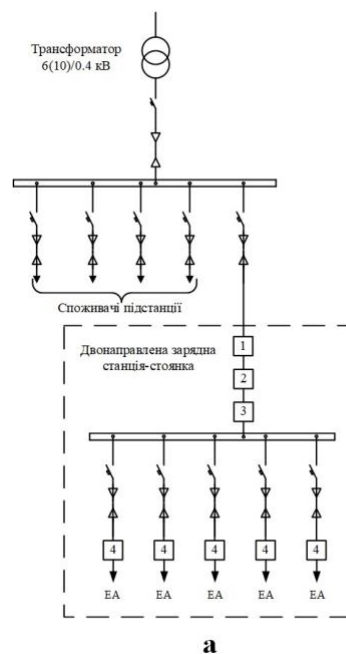


Рисунок 3.3. Схема приєднання зарядної станції до трансформаторної підстанції

Для визначення оптимальних координат розміщення зарядних станцій необхідно провести кількісний аналіз, використовуючи математичні моделі та формули. Розрахунок базується на таких основних даних:

- Населення міста Тернопіль: $N=337\,000$ осіб.
- Прогнозована кількість електромобілів до кінця 2026 року: $E=11\,200$ одиниць.
- Кількість необхідних зарядних станцій: $S=34$ (виходячи з попередніх розрахунків).

Для визначення оптимальних місць розміщення можна застосувати метод кластерного аналізу з використанням алгоритму k-середніх (k-means clustering). Цей метод дозволяє розподілити точки попиту на зарядні станції на кластери та визначити центри цих кластерів, які будуть оптимальними місцями для встановлення станцій. Необхідні наступні дані:

- Координати точок попиту: $X=\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, де $x_1, x_2, \dots, x_n$ — географічні координати місць з високою концентрацією електромобілів або потенційних користувачів.
- Вагові коефіцієнти: w_i , які відображають інтенсивність попиту в точці x_i (наприклад, кількість електромобілів у районі).
- Кількість кластерів: $K=S=34$.

Задача полягає в мінімізації зваженої суми квадратів відстаней між точками попиту та центрами кластерів:

$$\arg \min_C \sum_{i=1}^n w_i \|x_i - c_{(x_i)}\|^2$$

де:

- $C=\{c_1, c_2, \dots, c_K\}$ — координати центрів кластерів (місць розміщення зарядних станцій).
- $c(x_i)$ — центр кластера, до якого віднесена точка x_i .
- $\|x_i - c(x_i)\|$ — Євклідова відстань між точкою попиту та центром кластера.

Алгоритм включає наступні кроки:

1. Випадково або на основі апріорної інформації вибрати початкові центри кластерів C .
2. Для кожної точки x_i визначити найближчий центр кластера:

$$c_{(x_i)} = \arg \min_{c_k} \|x_i - c_k\|$$

3. Обчислити нові центри кластерів як зважені середні точок, віднесених до кожного кластера:

$$c_k = \frac{\sum_{x_i \in C_k} w_i x_i}{\sum_{x_i \in C_k} w_i}$$

4. Якщо зміни центрів кластерів незначні, алгоритм зупиняється; інакше повернутися до кроку 2.
5. Отримати дані про розподіл населення, кількість електромобілів у різних районах міста, місця тяжіння (торгові центри, офіси, паркінги). Призначити ваги w_i відповідно до кількості потенційних користувачів або інтенсивності транспортного потоку в точці x_i .
6. Розрахувати відстані. Використовується Євклідова відстань між двома точками:

$$d(x_i, c_k) = \sqrt{(x_i^{(1)} - c_k^{(1)})^2 + (x_i^{(2)} - c_k^{(2)})^2}$$

7. Якщо обрані місця не відповідають додатковим критеріям, необхідно:
 - Перемістити станцію в найближче місце, що задовольняє вимогам.
 - Повторити алгоритм з оновленими обмеженнями.

Результати розрахунку за запропонованим алгоритмом з розміщенням розрахованих зарядних станцій представлено на рис. 3.4.

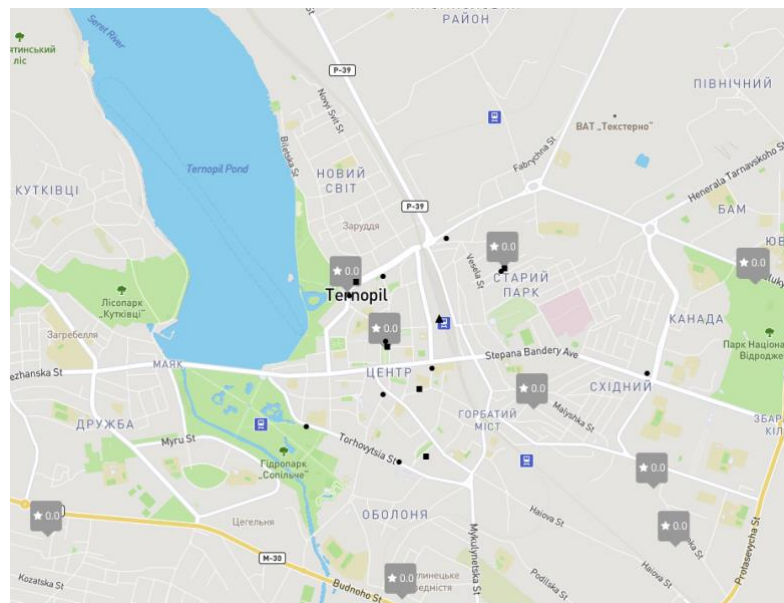


Рисунок 3.4. Розташування електричних автомобілів ●, споживачів ■ та шуканої зарядної станції ▲

Розрахунок оптимальних місць розташування зарядних станцій у місті Тернопіль базується на застосуванні кластерного аналізу з використанням алгоритму k-середніх, врахуванні вагових коефіцієнтів точок попиту та додаткових обмежень. Врахування реальних умов міста, таких як дорожня мережа та доступність електромережі, забезпечує практичність та ефективність отриманих рішень. Цей підхід дозволяє науково обґрунтовано планувати розміщення зарядних станцій, що сприятиме розвитку електромобільності та задоволенню потреб мешканців міста.

3.2. Використання багатозонного диференційованого тарифу для зарядки електромобілів

Використання багатозонного лічильника для зарядки електромобіля надає значні переваги як з економічної, так і з енергетичної точки зору. Основна ідея багатозонного тарифу полягає в тому, що вартість електроенергії змінюється залежно від часу доби: в нічний час вона суттєво нижча, ніж вдень. Це дозволяє власникам електромобілів планувати зарядку на періоди з мінімальним тарифом, що знижує витрати на електроенергію. Крім того, такий підхід сприяє вирівнюванню навантаження на енергосистему, зменшуючи пікові навантаження та підвищуючи ефективність її роботи.

В Україні діють різні тарифи на електроенергію для фізичних та юридичних осіб. Для побутових споживачів (фізичних осіб) тарифи зазвичай встановлюються регулятором і можуть варіюватися залежно від обсягу споживання та наявності багатозонного лічильника [14]. Станом на жовтень 2023 року середній тариф для населення становить близько 1,68 грн за кВт·год. При використанні двозонного лічильника вартість електроенергії в нічний час (з 23:00 до 7:00) може знижуватися до 0,84 грн за кВт·год, що становить 50% від денного тарифу.

Для юридичних осіб тарифи на електроенергію встановлюються індивідуально постачальниками електроенергії та можуть залежати від класу напруги, обсягу споживання та інших факторів. В середньому, тарифи для бізнесу є вищими і можуть становити близько 2,5 грн за кВт·год вдень та 1,25 грн за кВт·год в нічний час при використанні багатозонного обліку.

Для подальших розрахунків капітальних та експлуатаційних витрат, а також розрахунку економії, будуть використовуватися наступні технічні та грошові параметри:

- Вартість електроенергії для фізичних осіб:
 - Денний тариф: 1,68 грн/кВт·год.
 - Нічний тариф: 0,84 грн/кВт·год (при використанні двозонного лічильника).
- Вартість електроенергії для юридичних осіб:
 - Денний тариф: 2,5 грн/кВт·год.
 - Нічний тариф: 1,25 грн/кВт·год (при використанні багатозонного лічильника).
- Потужність зарядної станції:
 - Для режиму Mode 2: 3,7 кВт.
- Середній час заряджання електромобіля:
 - 6 годин для повного заряду.
- Кількість зарядних сесій на місяць:
 - Припускаємо 15 заряджвань.
- Вартість встановлення багатозонного лічильника:
 - Для фізичних осіб: 2 000 грн.
 - Для юридичних осіб: 5 000 грн.
- Капітальні витрати на встановлення зарядної станції:
 - Для домашньої станції: 20 000 грн.
 - Для комерційної станції: 50 000 грн.
- Експлуатаційні витрати:
 - 5% від капітальних витрат на рік (обслуговування, ремонт).
- Середній пробіг електромобіля:
 - 1 500 км на місяць.
- Споживання електроенергії на 100 км пробігу:
 - 15 кВт·год.

Використання цих параметрів дозволить детально проаналізувати економічну ефективність впровадження багатозонного тарифу для зарядки електромобілів. Зокрема, можна буде розрахувати термін окупності капітальних вкладень у встановлення багатозонного лічильника та зарядної станції, а також

оцінити щомісячну та річну економію на вартості електроенергії. Це сприятиме прийняттю обґрунтованих рішень як для приватних власників електромобілів, так і для підприємств, які планують розвивати інфраструктуру зарядних станцій.

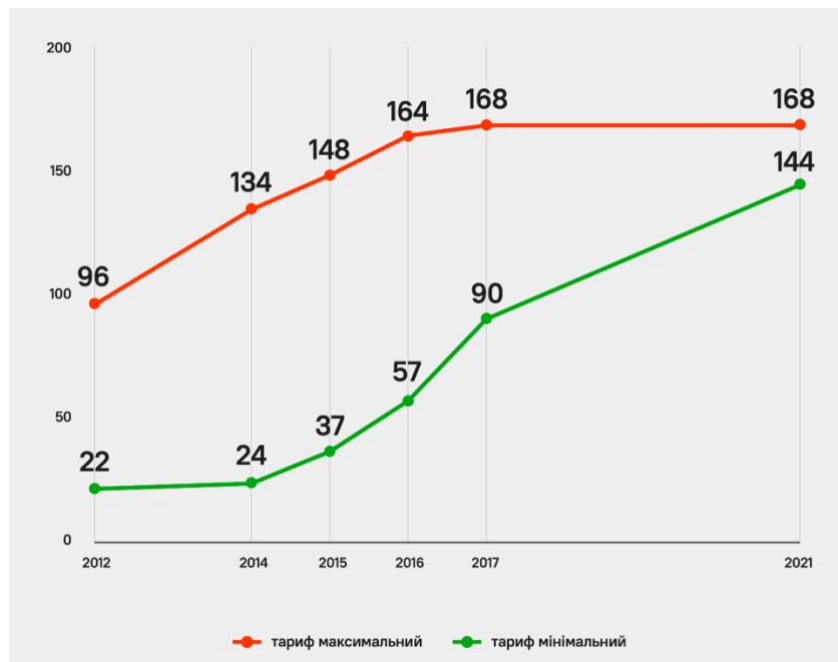


Рисунок 3.5. Діаграма зміни тарифу на електричну енергію в Україні

3.2.1. Розрахунок капітальних витрат

Для розрахунку капітальних витрат, пов'язаних із зарядкою електромобіля та впровадженням багатозонного диференційованого тарифу, необхідно врахувати кілька ключових компонентів. Перш за все, вартість акумуляторної батареї (ЦАКБ) є однією з найбільших статей витрат [15], оскільки батарея є основним елементом електромобіля, що визначає його запас ходу та загальну ефективність. Ціна батареї залежить від її ємності, технології виробництва та виробника. Для точного розрахунку слід отримати актуальні ціни від постачальників або виробників, враховуючи можливі знижки або програми лояльності.

Далі необхідно врахувати вартість доставки (Вдост) акумуляторної батареї до місця встановлення [16]. Це включає транспортні витрати, митні збори, страхування вантажу та інші логістичні витрати. Вартість доставки може значно варіюватися залежно від відстані, способу транспортування (авіа, морський, автомобільний транспорт) та умов постачання, узгоджених з постачальником. Важливо врахувати всі потенційні витрати, щоб уникнути непередбачених витрат у майбутньому.

Третім компонентом є вартість робіт з заміни батареї (Вроб). Ця стаття витрат охоплює оплату праці кваліфікованих фахівців, які виконуватимуть демонтаж старої батареї та встановлення нової. Процес заміни може вимагати спеціалізованого обладнання та інструментів, а також дотримання техніки безпеки та екологічних норм щодо утилізації старої батареї. Вартість робіт залежить від складності процесу, тривалості робіт та тарифів на послуги спеціалістів у конкретному регіоні. Рекомендується отримати декілька комерційних пропозицій від сервісних центрів або майстерень для порівняння цін та умов виконання робіт.

Сумарно капітальні витрати розраховуються шляхом додавання всіх вищезазначених компонентів:

$$\text{Капітальні витрати} = \text{ЦАКБ} + \text{Вдост} + \text{Вроб} \quad (3.5)$$

Середня вартість нової акумуляторної батареї ємністю 40–60 кВт·год для електромобіля становить приблизно 8 000 доларів США [17-19]. Перераховуємо вартість у гривнях:

$$\text{ЦАКБ} = 8\,000 \times 38 = 304\,000 \text{ грн} \quad (3.6)$$

Вартість доставки акумуляторної батареї, включаючи транспортні витрати, митні збори та страхування, припустимо, становить 1 500 доларів США. Перераховуємо в гривні:

$$\text{Вдост} = 1\,500 \times 38 = 57\,000 \text{ грн} \quad (3.7)$$

Вартість робіт з заміни батареї залишається незмінною, оскільки вона прив'язана до місцевих тарифів і не залежить від курсу валюти. Припустимо, що ця вартість становить 20 000 грн. Тоді сумарні капітальні витрати:

$$\begin{aligned} \text{Капітальні витрати} &= \text{ЦАКБ} + \text{Вдост} + \text{Вроб} \\ &= 304\,000 \text{ грн} + 57\,000 \text{ грн} + 20\,000 \text{ грн} \\ &= 381\,000 \text{ грн} \end{aligned}$$

3.2.2. Розрахунок експлуатаційних витрат.

Для оцінки експлуатаційних витрат, пов'язаних з використанням акумуляторної батареї електромобіля, необхідно врахувати амортизацію як механізм розподілу капітальних витрат протягом терміну служби активу. Амортизаційні відрахування дозволяють рівномірно списувати вартість батареї на витрати протягом її корисного використання, що впливає на фінансові показники та планування витрат.

Норма амортизації визначається як відсоток від початкової вартості активу, який списується щорічно протягом терміну його корисного використання. Вона розраховується за формулою:

$$\text{Норма амортизації (\%)} = \left(\frac{1}{n} \right) \times 100\% \quad (3.8)$$

Припустимо, що термін служби акумуляторної батареї становить 8 років. Тоді:

$$\text{Норма амортизації} = \left(\frac{1}{8} \right) \times 100\% = 12,5\%$$

Амортизаційні відрахування за рік обчислюються як добуток початкової вартості активу на норму амортизації:

$$\text{Амортизаційні відрахування за рік} = \text{Початкова вартість} \times \frac{\text{Норма амортизації}}{100\%} \quad (3.9)$$

Враховуючи, що загальні капітальні витрати на придбання та встановлення акумуляторної батареї становлять 381 000 грн (з попереднього розрахунку при курсі долара 38 грн), розрахуємо річні амортизаційні відрахування:

$$\text{Амортизаційні відрахування за рік} = 381\,000 \text{ грн} \times \frac{12,5\%}{100\%} = 381\,000 \text{ грн} \times 0,125 = 47\,625 \text{ грн}$$

3.2.3. Розрахунок економії

Для визначення загальної річної економії, необхідно розрахувати різницю між вартістю спожитої та згенерованої електроенергії, а також врахувати капітальні витрати на заміну акумуляторної батареї. Цей розрахунок дозволить оцінити фінансову вигоду від використання електромобіля з технологією V2G (Vehicle-to-Grid) та застосуванням багатозонного диференційованого тарифу.

Як було визначено раніше:

- Середній річний пробіг електромобіля: 18 000 км.
- Споживання електроенергії: 15 кВт·год на 100 км.

Загальне споживання електроенергії за рік:

$$\text{Споживання за рік} = \frac{18000 \text{ км}}{100 \text{ км}} * 15 \text{ кВт/год} = 2700 \text{ кВт/год} \quad (3.10)$$

Вартість електроенергії при заряджанні в нічний час (з 23:00 до 7:00) за тарифом 0,84 грн/кВт·год:

$$\begin{aligned} \text{Вартість спожитої електроенергії} &= 2700 \text{ кВт/год} * 0,84 \text{ грн/кВт} \\ &= 2268 \text{ грн} \end{aligned} \quad (3.11)$$

При використанні технології V2G електромобіль може віддавати електроенергію в мережу під час пікових навантажень, отримуючи за це оплату. Припустимо:

- Кількість днів активної участі в V2G: 250 днів на рік (враховуючи робочі дні).
- Обсяг енергії, що віддається в мережу за день: 5 кВт·год.
- Тариф на електроенергію при віддачі в мережу: 2,68 грн/кВт·год (денний тариф).

Загальний обсяг згенерованої електроенергії за рік:

$$\text{Згенеровано за рік} = 250 * 5 \text{ кВт/год} = 1250 \text{ кВт/год} \quad (3.12)$$

Доход від продажу електроенергії в мережу:

$$\text{Доход від V2G} = 1250 \text{ кВт/год} * 2,68 \text{ грн/кВт} = 3350 \text{ грн} \quad (3.13)$$

Різниця (економія) становить:

$$\begin{aligned} \text{Економія на електроенергії} &= \text{Доход від V2G} - \text{Вартість спожитої електро} \\ &\text{енергії} = 3350 \text{ грн} - 2268 \text{ грн} = 1082 \text{ грн} \end{aligned} \quad (3.14)$$

Отримуємо позитивну величину, що означає, що доход від V2G покриває витрати на заряджання електромобіля. Однак слід врахувати, що електромобіль використовується для перевезень, і основна мета — забезпечення мобільності, а не заробіток від V2G.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Основні принципи та функції управління охороною праці на виробництві

Системність, оптимальність, динамічність, наступність і стандартизація є основними принципами теорії управління, на яких базується організація роботи управління охороною праці. Принцип системності передбачає, що процеси безпеки та технології повинні розглядатися одна з одною у взаємозв'язку [15].

Поєднання різноманітних заходів із безпеки праці в єдину систему постійно здійснюваних дій на всіх рівнях і стадіях управління виробництвом забезпечує системність виконання завдань управління охороною праці. Підприємство розробляє систему стандартів.

Управління охороною праці здійснюється шляхом збору та аналізу інформації для виявлення відхилень від встановлених стандартів і впливу на об'єкт управління за допомогою методів організаційно-розпоряджувальних, соціально-розпоряджувальних, соціально-психологічних і економічних.

Організаційно-функціональна схема УОП базується на координаційній ролі відділу охорони праці, який бере участь у всіх функціях управління безпекою праці.

Державні органи управління охороною праці інформують населення України відповідного регіону, працівників галузі та трудові колективи про реалізацію державної політики з охорони праці, виконання національних, територіальних чи галузевих програм із цих питань, рівень і причини аварійності, виробничого травматизму та професійних захворювань, а також про виконання своїх рішень щодо охорони життя та здоров'я працівників.

Єдина державна статистична звітність з питань охорони праці ведеться на державному рівні [16].

У системі управління охороною праці є керуючий орган, об'єкт управління та інформаційно-контрольні зв'язки. Об'єктом УОП є забезпечення найкращих умов праці та безпеки на робочих місцях, дільницях і цехах.

Служба охорони праці та керівники структурних підрозділів усіх рівнів керування галуззю, об'єднанням або підприємством є керівними органами.

Управління об'єктом управління здійснюється шляхом збору та аналізу інформації, щоб виявити відхилення від встановлених стандартів і вжити заходів управління. Це досягається за допомогою методів організаційно-розпоряджувальних, економічних і соціально-психологічних.

УОП — це система з багатьох рівнів ієрархії, яка встановлює наступні рівні управління:

- галузь (управління, науково-технічний комітет, відділ охорони праці);
- організація, що складається з керівництва, науково-технічної ради та відділу охорони праці;
- виробничі компанії;
- цехи, частини цехів;
- робочі місця(конкретні виконавці) Начальник відділу охорони праці здійснює наступні завдання:

- прогнозування та планування заходів безпеки праці;
- створити структуру організації;
- кількісна оцінка безпеки працівників;
- збір та обробка первинної інформації про стан умов праці та безпеки;
- розробка та створення списку керуючих впливів;
- стимулювання дотримання правил безпеки праці. Управління охороною праці в галузі та в підрозділах покладається на керівників в межах їх компетенції.

На підприємстві власник може створити службу охорони праці відповідно до статті 23 Закону України «Про охорону праці». Державний комітет України з нагляду за охороною праці затверджує типові положення про цю службу.

На підприємствах виробничої сфери з кількістю працівників менше 50 осіб працівники, які мають відповідну підготовку, можуть співпрацювати з працівниками, які мають відповідну підготовку.

Служба охорони праці прирівнюється до основних виробничо-технічних служб і підпорядковується безпосередньо керівникові підприємства.

Якщо підприємство мало працівників, старший інженер з охорони праці або призначена власником особа виконує організаційно-методичну роботу з усіх

функцій і завдань управління охороною праці. Він також відповідає за підготовку управлінських рішень і контроль за їх виконанням.

Одним із основних методів економічного управління є планування заходів з охорони праці. Це включає постановку цілей, розробку програми, спрямованої на досягнення цих цілей, і оцінку того, наскільки це вдалося. Результати прогнозування повинні корелювати з основними методами вирішення проблем безпеки праці [17].

Галузеві плани визначають обсяг наукових досліджень у сфері охорони праці та очікувані результати їх впровадження. Вони також забезпечують впровадження єдиного підходу до вирішення проблем безпеки праці в галузі та визначають основні напрямки розвитку.

У масштабах об'єднань і підприємств планування включає вирішення проблем механізації та автоматизації виробничих процесів, ліквідацію ручної праці, створення інструментів для часткової механізації, покращення вентиляції, впровадження систем контролю техніки безпеки, створення комфортних робочих місць і заходів щодо попередження професійних захворювань і травматизму.

Рішення трудового колективу з питань охорони праці може бути створено на підприємстві з кількістю працівників понад п'ятдесят осіб.

Комісія складається з представників власника, профспілок, уповноважених трудового колективу, спеціалістів із безпеки та гігієни праці та інших відділів компанії.

За погодженням з профспілками Держнагляд охорони праці затверджує типові положення комісії з питань охорони праці підприємства.

Рішення, прийняті комісією, мають рекомендаційний характер.

Контроль за станом умов і безпекою праці дозволяє виявити порушення законодавства про працю, стандартів безпеки праці та якості виконання службами та підрозділами своїх обов'язків щодо забезпечення відповідних умов і безпеки праці.

Ефективність контролю залежить від якості метрологічного забезпечення вимірювання параметрів небезпечних і шкідливих виробничих факторів; рівень безпеки технологічних процесів і обладнання; і коефіцієнти безпеки працівників.

Одним із найважливіших елементів охорони праці є фінансування та економічне стимулювання. У встановленому Кабінетом Міністрів України порядку створюються фонди охорони праці на підприємствах, в галузях і на державному рівні.

Для потреб регіону органи місцевого самоврядування можуть створювати подібні фонди.

Кошти з цього фонду використовуються на підприємстві лише для підвищення рівня безпеки праці на виробництві або дотримання нормативних вимог щодо безпеки праці.

Галузеві та державні фонди охорони праці фінансують галузеві та національні програми з питань охорони праці, наукові дослідження та проектно-конструкторські роботи, створення та розвиток спеціалізованих підприємств і виробництв, творчі групи, науково-технічні центри та експертні групи, а також заохочення трудових колективів і окремих осіб, які плідно працюють над вирішенням проблем охорони праці.

До галузевих, регіональних і державних фондів охорони праці надсилаються кошти, отримані від відрахувань підприємств і інших джерел, а також кошти, отримані органами державного нагляду за застосування штрафних санкцій до власників згідно зі статтею 31 цього Закону, а також кошти, отримані цими органами від стягнення штрафів з працівників, які порушили правила охорони праці.

Фонд охорони праці не обкладається податками. Державний і місцевий бюджети відокремлені від витрат на охорону праці.

Працівники компанії можуть отримувати будь-які заохочення, щоб брати участь і брати участь у заходах, спрямованих на підвищення безпеки та поліпшення умов праці. Колективний договір, як-от угода чи трудовий договір, визначає види заохочень.

Чинне законодавство про оподаткування визначає, яким чином оподатковуються кошти, спрямовані на заходи щодо охорони праці.

Для підвищення продуктивності виробництва, зниження рівня травматизму та захворювань, поліпшення умов праці та безпеки працівників необхідні моральні та матеріальні стимули для працівників, які докладають зусиль для покращення умов праці та безпеки. Обсяг матеріального заохочення

залежить від ролі службової особи та того, наскільки вона впливає на безпеку праці. Підприємство, об'єднання або галузь положення розробляє стимулювання.

4.2 Концепція захисту населення і території у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій

Указ Президента України від 26 березня 1999 року № 284/99 затвердив концепцію захисту населення та території у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій.

Концепція описує загальні цілі та завдання захисту громадян, які проживають на території України, земельного, водного та повітряного простору в межах держави, об'єктів виробничого та соціального призначення, а також довкілля від надзвичайних ситуацій [16].

Виникнення надзвичайної ситуації та її класифікація Щодня в світі фіксуються тисячі подій, які порушують нормальне життя та діяльність людей. Ці події можуть призвести до смерті або значних матеріальних втрат. Такі ситуації називають надзвичайними.

Загальні характеристики НС

- наявність або загроза смерті людей або значне погіршення умов життєдіяльності людей
- загострення економічних проблем
- значне погіршення навколишнього середовища.
- аварії, катастрофи, стихійні лиха та інші події, такі як епідемії, терористичні акти, збройні конфлікти тощо, є типовими причинами надзвичайних ситуацій.

Аварії поділяються на дві групи:

- 1) До I категорії належать аварії, внаслідок яких загинуло 5 або травмовано 10 і більше осіб; відбувся викид отруйних, радіоактивних або біологічно небезпечних речовин у санітарно-захисну зону підприємства; концентрація забруднюючих речовин у навколишньому середовищі зросла більш як у 10 разів; зруйновано будівлі, споруди чи основні конструкції об'єкта, що поставило життя і здоров'я значної кількості працівни

2) До II категорії належать аварії, які призвели до: загибелі або травмування від 5 до 10 осіб; руйнування будівлі, споруди чи основних конструкцій об'єкта, що поставило життя чи здоров'я працівників цеху, дільниці (враховуються цехи, дільниці з більш ніж 100 працівниками).

До категорії аварій не належать порушення технологічних процесів, робота устаткування, тимчасові зупинки виробництва через спрацювання автоматичних захисних блокувань або інші локальні порушення роботи цехів, дільниць або окремих об'єктів, падіння опор і обрив дротів ліній електропередач.

Як правило, більша площа охоплюється більшою кількістю людей, які тікають від надзвичайної ситуації. І навпаки, більше людей страждають від катастрофи чи стихійного лиха на більшій території. З цієї причини класифікації надзвичайних ситуацій за масштабом зазвичай базуються на територіальному принципі. За цим принципом надзвичайні ситуації поділяються на локальні, об'єктові, місцеві, регіональні, загальнодержавні (національні), континентальні та глобальні.

Надзвичайні ситуації соціально-політичного характеру — це ситуації, пов'язані з діями, які є терористичними або антиконституційними, наприклад, здійснення або реальна загроза терористичного акту (збройний напад, захоплення і затримання важливих об'єктів, ядерних установок і матеріалів, систем зв'язку та телекомунікацій, напад чи замах на екіпаж повітряного чи морського судна), викрадення (спроба викрадення) чи знищення суден

Надзвичайні ситуації воєнного характеру — це ситуації, у яких застосування зброї масового ураження або звичайних засобів ураження призводить до вторинних факторів ураження населення. Ці фактори включають руйнування транспортних і інженерних комунікацій, атомних і гідроелектричних станцій, складів і сховищ радіоактивних і токсичних речовин і відходів, нафтопродуктів, вибухівки, сильнодіючих отруйних речовин, токсичних відход

Захист населення, об'єктів економіки та національного надбання від надзвичайних природних, техногенних або інших надзвичайних ситуацій має бути забезпечено на національному рівні.

Зовнішні та внутрішні загрози для життєво важливих інтересів громадян, держав і суспільств поділяються на зовнішні та внутрішні. Ці загрози виникають

під час надзвичайних ситуацій техногенного та природного походження, а також воєнних конфліктів.

Основними завданнями під час надзвичайних ситуацій є захист населення та територій:

- розробка та впровадження законодавства, дотримання державних технічних правил і стандартів щодо захисту населення та територій від надзвичайних ситуацій;
- забезпечити готовність органів управління, сил і засобів реагування на надзвичайні ситуації;
- розробка та забезпечення планів реагування на надзвичайні ситуації;
- збирання та обробка даних про надзвичайні ситуації;
- передбачення та оцінка наслідків надзвичайної ситуації;
- оповіщення людей про загрозу або надзвичайну ситуацію;
- забезпечення персонального захисту та безкоштовної медичної допомоги;
- рятувальні та інші невідкладні операції, щоб зменшити наслідки надзвичайної ситуації та допомогти постраждалим;
- забезпечення соціального захисту населення;
- розробка та підтримка цільових і науково-технічних програм, спрямованих на запобігання надзвичайним ситуаціям і забезпечення сталого функціонування підприємств, установ, організацій незалежно від форм власності та підпорядкування, а також підвідомчих їм об'єктів виробничого та соціального захисту;
- міжнародна співпраця щодо захисту населення від надзвичайних ситуацій.

У разі надзвичайної ситуації необхідно вжити спеціальних заходів, щоб захистити населення та зменшити втрати та шкоду економіці. Він складається з повідомлень і інформування, спостереження та контролю, укриття в захисних спорудах, евакуації та інженерного, медичного, біологічного та радіаційного захисту.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У ході проведеного дослідження було розглянуто комплекс питань, пов'язаних із взаємодією електричних автомобілів та електричної мережі, зокрема з впровадженням технології Vehicle-to-Grid (V2G) у місті Тернопіль. Актуальність роботи обумовлена стрімким зростанням кількості електромобілів, необхідністю розвитку зарядної інфраструктури та оптимізації використання енергетичних ресурсів.

Проведений аналіз сучасних електричних автомобілів та їх технічних параметрів дозволив визначити ключові характеристики, що впливають на процес заряджання та вимоги до зарядних станцій. Особливу увагу було приділено типам акумуляторних батарей, їх перевагам і недолікам, а також факторам, які впливають на тривалість їх експлуатації. Виявлено, що правильний вибір режимів заряджання та експлуатації може значно продовжити термін служби акумуляторів.

Виконано розрахунок необхідної кількості зарядних станцій для міста Тернопіль з урахуванням прогнозованої кількості електромобілів до кінця 2026 року, яка становитиме близько 11 200 одиниць. Визначено, що для задоволення потреб користувачів необхідно встановити приблизно 34 стоянки з зарядними станціями, забезпечивши 1 680 точок підключення. Обрано модель зарядної станції Wallbox Pulsar Plus, яка відповідає сучасним вимогам ефективності та безпеки.

Проведено детальний аналіз процесу вибору оптимальних місць розташування зарядних станцій у межах міста. Враховано технічні характеристики енергомережі Тернополя, зокрема пропускну здатність та можливості підключення до мережі «Тернопільобленерго». Встановлено, що оптимальне розміщення станцій повинно базуватися на аналізі щільності населення, транспортних потоків, доступності до енергомережі та зручності для користувачів.

Розглянуто переваги використання багатозонного диференційованого тарифу для зарядки електромобілів. Встановлено, що заряджання в нічний час за зниженим тарифом дозволяє значно зменшити витрати на електроенергію як для фізичних, так і для юридичних осіб. Виконано розрахунок капітальних та експлуатаційних витрат, включаючи вартість акумуляторної батареї, доставки та робіт з її заміни, а також амортизаційні відрахування та витрати на електроенергію.

Проведено економічний аналіз участі електромобіля в технології V2G.

Розрахунки показали, що за поточних умов доход від продажу електроенергії в мережу покриває додаткові витрати, пов'язані зі зменшенням терміну служби акумуляторної батареї через додаткові цикли заряджання-розряджання.

Таким чином, результати роботи можуть бути використані для планування розвитку зарядної інфраструктури в місті Тернопіль та інших регіонах, а також для формування стратегії інтеграції електромобілів в енергетичну систему з урахуванням економічних та технічних аспектів.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Clement-Nyns, K., Haesen, E., & Driesen, J. (2010). The impact of charging plug-in hybrid electric vehicles on a residential distribution grid. *IEEE Transactions on Power Systems*, 25(1), 371-380.
2. Sundström, O., & Binding, C. (2012). Flexible charging optimization for electric vehicles considering distribution grid constraints. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 3(1), 26-37.
3. Wang, Y., Yao, E., & Wu, J. (2013). Optimization of charging station locations in urban areas using GPS data and flow-intercept technique. *International Journal of Automotive Technology*, 14(3), 453-459.
4. Alonso, M., Amaris, H., & Galán, J. M. (2014). Optimal charging scheduling of electric vehicles in smart grids by heuristic algorithms. *Energies*, 7(4), 2449-2475.
5. International Energy Agency (IEA). (2016). Global EV Outlook 2016: Beyond one million electric cars.
6. Yilmaz, M., & Krein, P. T. (2013). Review of charging power levels and infrastructure for plug-in electric and hybrid vehicles. *2013 IEEE International Electric Machines & Drives Conference (IEMDC)*, 207-213.
7. Kempton, W., & Tomic, J. (2005). Vehicle-to-grid power implementation: From stabilizing the grid to supporting large-scale renewable energy. *Journal of Power Sources*, 144(1), 280-294.
8. Johansen, J. S. (2013). Fast-charging electric vehicles using AC. Master's thesis, Norwegian University of Science and Technology.
9. Gage, T. B. (2003). Development and evaluation of a plug-in HEV with vehicle-to-grid power flow. In *Global Powertrain Congress*.
10. Державна служба статистики України. (2020). Статистика щодо кількості електромобілів в Україні.
11. HEVCars. (n.d.). Електричні та гібридні автомобілі в Україні та світі. Отримано з <https://hevcars.com.ua/>
12. НЕК “Укренерго”. (n.d.). Добовий графік виробництва та споживання електроенергії. Отримано з <https://ua.energy/diyalnist/dyspetcherska-informatsiya/dobovyj-grafik-vyrobnytstva-spozhyvannya-e-e/>

13. Верховна Рада України. (2017). Закон України “Про внесення змін щодо стимулювання розвитку електротранспорту”.
14. Wallbox Pulsar. Каталог зарядних пристроїв для електромобілів. Отримано з https://wallbox.com/en_us/wallbox-pulsar-plus
15. E-move. (n.d.). Каталог електричних автомобілів. Отримано з https://emove.com.ua/electrocars_catalog/
16. Луценко, І. М., & Циган, П. С. (2017). Технічні та економічні аспекти використання електромобілів в електричних мережах України. *Вісник КрНУ*, (6), 107.
17. Tesla, Inc. (n.d.). Tesla Powerwall. Отримано з <https://www.tesla.com/powerwall>
18. Smart Automobile. (n.d.). Офіційний вебсайт. Отримано з <https://www.smart.com/>
19. Nissan Europe Newsroom. (2016). Nissan, Enel and Nuvve operate world’s first fully commercial vehicle-to-grid hub in Denmark. Отримано з <https://europe.nissannews.com/>