

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра електропостачання

«На правах рукопису»
УДК 621.311

«До захисту допущено»
В.о. завідувача кафедри
_____ Д.Г. Дерев'янюк
«___» _____ 2024 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
за освітньо-професійною програмою «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології»

на тему: «Оцінка потенціалу залучення електромобілів до управління електричним навантаженням»

Виконав:

студент 2-го року навчання, групи ОН-12мп
Кацюба Богдан Костянтинович

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Веремійчук Ю.А.

Консультант з нормоконтролю:

к.т.н., доц. Шовкалюк М.М.

Рецензент:

к.т.н., доц. Босак А.В.

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.
Студент _____

Київ – 2024 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут/факультет Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Кафедра електропостачання
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології»

В.о. завідувача кафедри

_____ Денис ДЕРЕВ'ЯНКО

«___» _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Кацюба Богдан Костянтинович**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Оцінка потенціалу залучення електромобілів до управління електричним навантаженням»
науковий керівник дисертації к.т.н., доц. Веремійчук Ю.А.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом по університету від 8 листопада 2023 р. №5198-с
2. Строк подання студентом дисертації «10» січня 2024 року
3. Об'єкт дослідження процеси інтеграції електромобілів в електричну мережу.
4. Предмет дослідження методи та підходи управління електроспоживанням.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: аналіз стану розвитку електромобілів в Україні та світі; аналіз нормативно-правового забезпечення та стимулювання використання електромобілів; аналіз умов щодо підключення зарядних станцій в Україні; дослідження методів та підходів щодо управління електричним навантаженням; оцінка потенціалу участі електромобілів в управлінні електронавантаженням; прогнозування споживання електроенергії електромобілями, розробка рекомендацій, направлених на залучення електромобілів до управління попитом; розробка стартап проєкту для оцінки потенціалу залучення електромобілів до управління навантаженням.

- 6.Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: презентація, результати.
- 7.Орієнтовний перелік публікацій: Кацюба Б.К. «Аналіз стану ринку електромобілів та розвитку інфраструктури зарядних станцій в Україні» XV науково-технічна конференція «Енергетика. Екологія. Людина» присвяченій 125 – річчю КПП »: зб. матеріалів конф., м. Київ, 16-18 травня 2023 р. С. 19-21
- 8.Консультанти розділів дисертації:
 Нормоконтроль: к.т.н.,доц., Шовкалюк М.М.
- 9.Дата видачі завдання 1 вересня 2023 року

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів МД	Примітка
1	Отримання завдання	01.09.2023	
2	Аналіз літературних джерел	19.09.23 - 02.10.23	
3	Складання плану роботи	03.10.23 - 15.10.23	
4	Робота над першим та другим розділом	16.10.23 - 19.11.23	
5	Робота над третім розділом	20.11.23 - 11.12.23	
6	Розробка стартап проекту	12.12.23 - 18.12.23	
7	Передзахист МД	19.12.23 - 22.12.23	
8	Оформлення дисертації	02.01.24 - 08.11.23	
9	Оформлення реферату та презентації, проходження перевірки на плагіат та рецензування	08.01.24 - 13.01.24	
10	Захист дисертації	15.01.24 - 21.01.24	

Студент

(підпис)

Б.К. Кацюба
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

Ю.А. Веремійчук
(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Структура і обсяг роботи: дисертація викладена на 116 сторінках основного тексту, вступу, 4 розділів, висновку, уміщує 38 рисунків, 59 таблиць, 7 формул, список використаних джерел складається з 40 найменувань на 5 сторінках.

Актуальність теми. У сучасному світі, де транспорт є важливою частиною нашого повсякденного життя, перехід до транспортних засобів, що працюють на електроенергії, стає ключовим етапом у розвитку сталої та екологічно чистої мобільності. Вплив електромобілів на навантаження електромереж буде все більш суттєвим з кожним роком. Методами та підходами вирішення цього питання є процедура оцінювання участі електромобілів в управлінні електронавантаженням, а саме впровадження програм керування попитом. Що дає змогу оцінити потенціал залучення електромобілів до управління електричним навантаженням.

Метою магістерської дисертації є удосконалення і подальший розвиток системи оцінювання потенціалу участі електромобілів в управлінні електроспоживанням для формування державної політики у сфері енергоефективності. Для досягнення мети дослідження були вирішено наступні завдання:

- 1) аналіз ринкової статистики електромобілів в Україні та світі;
- 2) аналіз нормативно-правового забезпечення та стимулювання використання електромобілів;
- 3) аналіз умов підключення зарядних станцій для електромобілів в Україні;
- 4) дослідження методів та підходів щодо управління електричним навантаженням;
- 5) оцінка потенціалу участі електромобілів в управлінні електронавантаженням;
- 6) прогнозування споживання електроенергії електромобілями;

7) розробка рекомендацій, направлених на залучення електромобілів до управління попитом;

8) розробка стартап-проєкту для оцінки потенціалу залучення електромобілів до управління навантаженням.

Об'єктом дослідження є процеси інтеграції електромобілів в електричну мережу.

Предметом дослідження є методи та підходи управління електроспоживанням.

Методи дослідження. Дослідження засновані на методах статистичного аналізу та прогнозування, системному аналізі, використанні сучасних комп'ютерних програм.

Наукова новизна результатів дослідження. Проведено дослідження режимів споживання електричної енергії електромобілями і визначено фактори впливу, що дозволило виявити напрями для управління електричним навантаженням.

Практичне значення роботи. Отримані результати проведеного дослідження можуть використовуватися:

- для удосконалення системи управління електричним навантаженням суб'єктами ринку електричної енергії;
- для розробки різних тарифних меню для споживачів електричної енергії.

Апробація результатів роботи. Результати магістерської дисертації були оприлюднені на XV науковій-технічній конференції «Енергетика. Екологія. Людина» присвячена 125-річчю КПІ ім. Ігоря Сікорського. м. Київ, 16-18 травня 2023 р.

Публікації. Кацюба Б.К. «Аналіз стану ринку електромобілів та розвитку інфраструктури зарядних станцій в Україні» XV науково-технічна конференція

«Енергетика. Екологія. Людина» присвячена 125-річчю КПІ: зб. матеріалів конф., м. Київ, 16-18 травня 2023 р. С. 19-21.

Ключові слова. ЕЛЕКТРОМОБІЛЬ, ЗАРЯДНА СТАНЦІЯ, СПОЖИВАЧ, МЕРЕЖА, УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРИЧНИМ НАВАНТАЖЕННЯМ, СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, СУБ'ЄКТИ РИНКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ.

ABSTRACT

The structure and scope of the dissertation are presented in 116 pages, encompassing the main text, introduction, 4 chapters, conclusion, including 38 figures, 59 tables, 7 formulas and a list of 40 references on 5 pages.

Relevance of the topic. In the modern world, where transportation is an important part of our daily lives, the transition to electric vehicles is becoming a key step in the development of sustainable and environmentally friendly mobility. The impact of electric vehicles on the load of power grids will become increasingly significant with each passing year. Methods and approaches to addressing this issue include a procedure for assessing the participation of electric vehicles in electricity load management, namely the implementation of demand response programs. This makes it possible to assess the potential for involving electric vehicles in electricity load management.

The goal of the master's thesis is to improve and further develop the system for assessing the potential for the participation of electric vehicles in electricity consumption management for the formation of state policy in the field of energy efficiency. To achieve the research goal, the following tasks were solved:

- 1) analysis of the market statistics of electric vehicles in Ukraine and the world;
- 2) analysis of the regulatory and legal framework and stimulation of the use of electric vehicles;
- 3) analysis of the conditions for connecting charging stations for electric vehicles in Ukraine;
- 4) research of methods and approaches to electricity load management;
- 5) assessment of the potential for the participation of electric vehicles in electricity load management;
- 6) forecasting of electricity consumption by electric vehicles;
- 7) development of recommendations aimed at involving electric vehicles in demand response;

8) development of a startup-project for assessing the potential for involving electric vehicles in load management.

The object of research the processes of integration of electric vehicles into the electrical network.

The subject of the study is the methods and approaches to electricity consumption management.

Research methods. The research is based on statistical analysis and forecasting, systematic analysis, and the use of modern computer programs.

Scientific novelty of the obtained results. The study of the consumption modes of electric vehicles has been carried out and the influencing factors have been identified, which made it possible to identify directions for managing electric load.

Practical meaning of work. The results of the research can be utilized for:

- improving the electricity load management system by market participants;
- developing various tariff menus for electricity consumers.

Approval of work results. The results of the master's thesis were published:

XV scientific and technical conference "Energy. Ecology. Human", dedicated to the 125th anniversary of KPI, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute". The date of the event is Kyiv, May 16-18, 2023.

Publications. B.Katsyuba «Analysis of the state of the electric vehicle market and the development of charging station infrastructure in Ukraine» XV scientific and technical conference «Energy. Ecology. Human» dedicated to the 125th anniversary of KPI, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute". The date of the event is Kyiv, May 16-18, 2023.

Key words: ELECTRIC VEHICLE, CHARGING STATION, CONSUMER, GRID, ELECTRIC LOAD MANAGEMENT, POWER SUPPLY SYSTEM, MARKET PARTICIPANTS.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	12
1 АНАЛІЗ СТАНУ РИНКУ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ТА РОЗВИТКУ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ В УКРАЇНІ	14
1.1 Стан розвитку електромобілів.....	14
1.2 Дослідження існуючої інфраструктури зарядних станцій.....	19
1.3 Аналіз нормативно-правового забезпечення та стимулювання використання електромобілів	26
1.3.1 Регуляторні і нормативно-правові документи	26
1.3.2 Фінансові стимули використання електромобілів	30
Висновки до розділу.....	32
2 АНАЛІЗ ПЕРЕВАГ ТА ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ПРИ ПІДКЛЮЧЕННІ ДО ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ	34
2.1 Аналіз умов підключення зарядних станцій для електромобілів в Україні	34
2.1.1 Встановлення та приєднання зарядних станцій для електромобілів до мереж оператора системи розподілу.....	34
2.1.2 Права та обов'язки суб'єктів ринку при функціонуванні електромобілів	41
2.2 Сучасні технології до формування систем електромобіль та мережа..	44
2.2.1 Технології швидкої зарядки	45
2.2.2 Технології бездротової зарядки	46
2.2.3 Технології динамічної провідної зарядки	47
2.2.4 Технологія інтернету речей	48
2.3 Дослідження електромобіля, як споживача	50
2.4 Методи та підходи участі електромобілів в управлінні попитом.....	57
2.4.1 Методи та підходи управління навантаженням.....	57
2.4.2 Використання технологій Vehicle to Grid та Vehicle to Home в управлінні попитом.....	64
Висновки до розділу.....	67
3 ПРОЦЕДУРА ОЦІНЮВАННЯ УЧАСТІ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ В УПРАВЛІННІ ЕЛЕКТРОНАВАНТАЖЕННЯМ	69
3.1 Аналіз споживання електричної енергії електромобілями від зарядних станцій	69

3.2	Прогнозування споживання електроенергії електромобілями з використанням методів математичної статистики	74
3.3	Прогнозування споживання електроенергії електромобілями за багатофакторним регресійним аналізом	83
3.4	Рекомендації направлені на залучення електромобілів до управління попитом	91
	Висновок по розділу	97
4	РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ	99
4.1	Опис ідеї проєкту	99
4.2	Технологічний аудит ідеї проєкту	101
4.3	Ринкові можливості реалізації проєкту	101
4.4	Ринкова стратегія проєкту	105
4.5	Розроблення маркетингової програми стартап-проєкту	107
	Висновки по розділу	109
	ВИСНОВКИ	111
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	112

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

AC – alternating current

DC – direct current

DSM – demand side management

EV – electric vehicles

V2G – vehicle to grid

V2G – vehicle to grid

V2H – vehicle to home

ДСТУ – державний стандарт України

ЕЗС – електрозарядна станція

НКРЕКП - Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг

ОЕС – об'єднана енергосистема

ОСР – Оператор системи розподілу

ПРЕЕ – Правила роздрібного ринку електричної енергії

ВСТУП

Актуальність теми. У сучасному світі, де транспорт є важливою частиною нашого повсякденного життя, перехід до транспортних засобів, що працюють на електроенергії, стає ключовим етапом у розвитку сталої та екологічно чистої мобільності. Вплив електромобілів на навантаження електромереж буде все більш суттєвим з кожним роком. Методами та підходами вирішення цього питання є процедура оцінювання участі електромобілів в управлінні електронавантаженням, а саме впровадження програм керування попитом. Що дає змогу оцінити потенціал залучення електромобілів до управління електричним навантаженням.

Метою магістерської дисертації є удосконалення і подальший розвиток системи оцінювання потенціалу участі електромобілів в управлінні електроспоживанням для формування державної політики у сфері енергоефективності. Для досягнення мети дослідження були вирішено наступні завдання:

- 1) аналіз ринкової статистики електромобілів в Україні та світі;
- 2) аналіз нормативно-правового забезпечення та стимулювання використання електромобілів;
- 3) аналіз умов підключення зарядних станцій для електромобілів в Україні;
- 4) дослідження методів та підходів щодо управління електричним навантаженням;
- 5) оцінка потенціалу участі електромобілів в управлінні електронавантаженням;
- 6) прогнозування споживання електроенергії електромобілями;
- 7) розробка рекомендацій, направлених на залучення електромобілів до управління попитом;
- 8) розробка стартап-проєкту для оцінки потенціалу залучення електромобілів до управління навантаженням.

Об'єктом дослідження є процеси інтеграції електромобілів в електричну мережу.

Предметом дослідження є методи та підходи управління електроспоживанням.

Методи дослідження. Дослідження засновані на методах статистичного аналізу та прогнозування, системному аналізі, використанні сучасних комп'ютерних програм.

Наукова новизна результатів дослідження. Проведено дослідження режимів споживання електричної енергії електромобілями і визначено фактори впливу, що дозволило виявити напрями для управління електричним навантаженням.

Практичне значення роботи. Отримані результати проведеного дослідження можуть використовуватися:

- для удосконалення системи управління електричним навантаженням суб'єктами ринку електричної енергії;
- для розробки різних тарифних меню для споживачів електричної енергії.

Апробація результатів роботи. Результати магістерської дисертації були оприлюднені на XV науковій-технічній конференції «Енергетика. Екологія. Людина» присвячена 125-річчю КПП ім. Ігоря Сікорського. м. Київ, 16-18 травня 2023 р.

Публікації. Кацюба Б.К. «Аналіз стану ринку електромобілів та розвитку інфраструктури зарядних станцій в Україні» XV науково-технічна конференція «Енергетика. Екологія. Людина» присвячена 125-річчю КПП: зб. матеріалів конф., м. Київ, 16-18 травня 2023 р. С. 19-21.

1 АНАЛІЗ СТАНУ РИНКУ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ТА РОЗВИТКУ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗАРЯДНИХ СТАНЦІЙ В УКРАЇНІ

1.1 Стан розвитку електромобілів

У світі, де кліматичні зміни стають все більшою проблемою, електромобілі стають все більш популярними. Вони не виділяють шкідливих викидів, що сприяє покращенню якості повітря та зменшенню глобального потепління.

Електромобілі працюють на електричному струмі, а не на бензині чи дизельному паливі. Це означає, що вони не мають двигуна внутрішнього згоряння, що є головним джерелом шкідливих викидів транспорту. Електромобілі також тихіші, ніж автомобілі з двигуном внутрішнього згоряння, і не створюють шуму, що є проблемою у великих містах.

Історія електромобілів бере свій початок у 19 столітті. Перший електромобіль був винайдений у 1835 році. Однак електромобілі не стали популярними до початку 20 століття. У 1900 році електромобілі становили близько 40% усіх автомобілів, що випускалися в США. Однак у 1910-х роках популярність електромобілів почала знижуватися, оскільки автомобілі з двигуном внутрішнього згоряння стали більш доступними та ефективними.

У 21 столітті інтерес до електромобілів знову зріс. Це пов'язано з декількома факторами, включаючи зростаючу увагу до кліматичних змін, зростаючі ціни на бензин та розвиток нових технологій, які роблять електромобілі більш доступними та ефективними.

За даними досліджень, у 2022 році було продано 10,1 млн електромобілів, що на 55% більше ніж за попередній рік. Загалом 14% усіх проданих нових автомобілів були електричними у 2022 році, порівняно з приблизно 9% у 2021 році та менше ніж 5% у 2020 році. Три ринки домінували у світових продажах . Лідером знову став Китай, на який припадає близько 60% світових продажів електромобілів. Більше половини електромобілів на дорогах у всьому світі зараз знаходяться в Китаї, і країна вже перевищила цільовий показник 2025 року з продажу нових автомобілів на енергії. У Європі, другому за величиною ринку, у 2022 році продажі

електромобілів зросли більш ніж на 15%, тобто більше ніж кожна п'ята продана машина була електричною. Продажі електромобілів у Сполучених Штатах, третьому за величиною ринку, зросли на 55% у 2022 році, досягнувши частки продажів у 8% [1].

Найбільші ринки електромобілів в світі, зображено на рисунку 1.1, а саме:

- Китай – 59% або майже 6 млн електромобілів;
- Європа – 26% або 2,6 млн електромобілів;
- США – 9% або 920000 електромобілів.

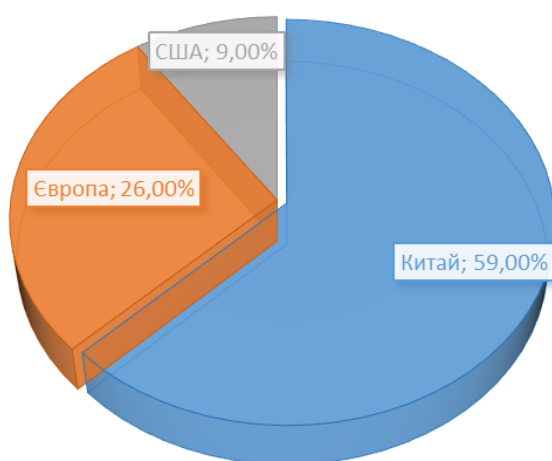


Рисунок 1.1 – Частка найбільших ринків електромобілів у світі

Український ринок електромобілів є невеликим порівняно зі світовим і налічує 64,3 тис. електричних транспортних засобів. Згідно даних досліджень Федерації автопрому України за 2022 було зареєстровано 13318 електромобілів, це на 55,9% більше ніж за 2021 рік [2]. На рисунку 1.2, 1.3 та 1.4 наведено щорічну, щоквартальну та щомісячну реєстрацію, відповідно.

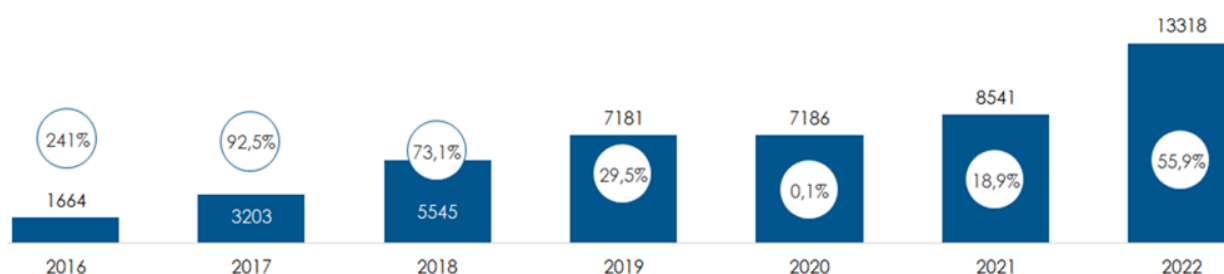
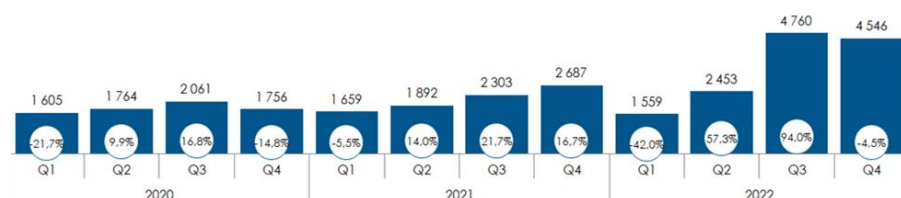


Рисунок 1.2 – Щорічна реєстрації електрокарів в Україні



Рисунки 1.3 –Щоквартальна реєстрації електрокарів в Україні

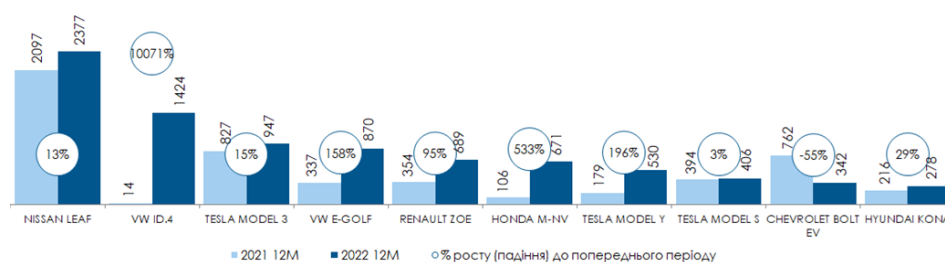
Рисунки 1.4 – Щомісячна реєстрації електрокарів в Україні

Можна відмітити певну закономірність, що більше реєстрацій відбувається у 3 кварталі вже протягом трьох років, тобто більшість електромобілів купляють у липні, серпні та вересні.

Найпопулярнішими марками авто з електричним приводом у порівнянні 2021 з 2022 рр. за кількістю реєстрацій, які наведено на рисунку 1.5, стали:

- Volkswagen – 2754 од. або 401%;
- Nissan – 2509 од. або 13%;
- Tesla – 2089 од. або 25%;
- Renault – 870 од. або 58%;
- Honda – 756 або 397%.

Компанія Volkswagen очолює п'ятірку лідерів, в основному за рахунок виходу нової моделі VW ID.4 та VW e-Golf, але найпопулярнішою автівкою у 2022 році залишився Nissan Leaf, яких було зареєстровано 2377 одиниць.



Рисунки 1.5 – Топ-10 моделей електромобілів за кількістю реєстрацій

Також, можна зазначити приріст кількості електрокарів по областях України, який наведено в таблиці 1.1, і з якого видно, що трійцю лідерів займають Івано-Франківська, Волинська та Рівненська області, з показником більше 90%.

Таблиця 1.1 – Кількість електромобілів по регіонах України

Регіон України	Кількість електромобілів на кінець 2021 року, од.	Відсоток росту до попереднього року	Кількість електромобілів на кінець 2022 року, од.
Івано-Франківська	909	98%	1803
Волинська	852	94%	1655
Рівненська	992	93%	1916
Львівська	3638	85%	6725
Вінницька	1819	82%	3319
Хмельницька	1230	81%	2225
Закарпаття	946	81%	1708
Тернопільська	1159	77%	2053
Кіровоградська	547	66%	910
Чернівецька	1030	64%	1692
Чернігівська	362	64%	593
Сумська	485	64%	794
Черкаська	977	63%	1590
Полтавська	1216	58%	1926
Житомирська	1382	58%	2180
Дніпропетровська	4096	54%	6318
Київська	3489	52%	5288
Миколаївська	696	47%	1022
Крим	25	36%	34
Запорізька	1311	34%	1759
Київ	9321	32%	12345
Харківська	3621	30%	4708
Луганська	262	25%	328
Одеська	5057	25%	6305
Донецька	936	23%	1147
Херсонська	414	13%	468

А лідерами за кількістю електрокарів є Львівська, Вінницька, Дніпропетровська, Київська області та місто Київ.

Важливим фактором, що збільшує популярність електромобілів, є зростання ціни на бензин та актуальність питань екології.

Однак, деякі питання, такі як вартість, швидкість, заправка та експлуатація, все ще залишаються предметом обговорення. В таблиці 1.2 наведені переваги та недоліки використання електромобілів.

Таблиця 1.2 – Перспективи та проблеми розвитку електромобілів

Перспективи	Проблеми
Концепція електрокарів повинна знизити шкідливий вплив транспортних вихлопів на атмосферу.	Повна зарядка акумуляторів може займати до 8-10 годин. Це потрібно враховувати при плануванні часу та поїздок.
Скорочення витрат. Машина на електричному акумуляторі дозволяє заощадити на паливі. А паливні витрати – одні з основних при утриманні автомобілів.	Швидкість і пробіг електромобілів обмежені. Без підзарядки вони можуть пройти в середньому 160-230 км. Це теж залежить від моделі, але межа є завжди. Сучасні акумулятори поки не дозволяють значно збільшити цей показник і не обтяжувати машину.
Простота обслуговування. Тут немає масла, свічок і багатьох інших потенційно «проблемних» елементів, які потрібно регулярно міняти, прочищати, оглядати.	
Зниження шуму. Електродвигуни тихо і плавно розганяються. І набирають значне прискорення.	Станцій для підзарядки поки недостатньо багато. Вони поступово заповнюють Україну, але сама інфраструктура ще знаходиться на початкових стадіях розвитку. І це одна з головних проблем при повсякденному використанні електрокарів.

Узагальнюючи, можна сказати, що ринок електромобілів в Україні переживає стабільний ріст, що зумовлено як екологічними та економічними чинниками, так і зростанням конкуренції між виробниками. Але для більш стрімкого зростання попиту на використання транспортних засобів з електричним двигуном залишається актуальним питання інфраструктури зарядних станцій.

1.2 Дослідження існуючої інфраструктури зарядних станцій

На сьогоднішній день інфраструктура зарядних станцій для електромобілів в Україні демонструє помітний ріст та покращення. За останніми даними кількість зарядних станцій у країні постійно зростає.

Багато компаній та організацій активно працюють над розширенням цієї мережі та покращенням якості обслуговування. Додатково, заплановані інвестиції в інфраструктуру зарядних станцій засвідчують про той факт, що Україна серйозно ставиться до підтримки ринку електромобілів.

Найпопулярнішими компаніями, які надають послуги з заряджання електромобілів в Україні, є мережі зарядних станцій: «ТОКА», YASNO E-mobility, AutoEnterPrise, GO TO-U та EcoFactor, мапи з пристроями для зарядки зображено на рисунку 1.6.

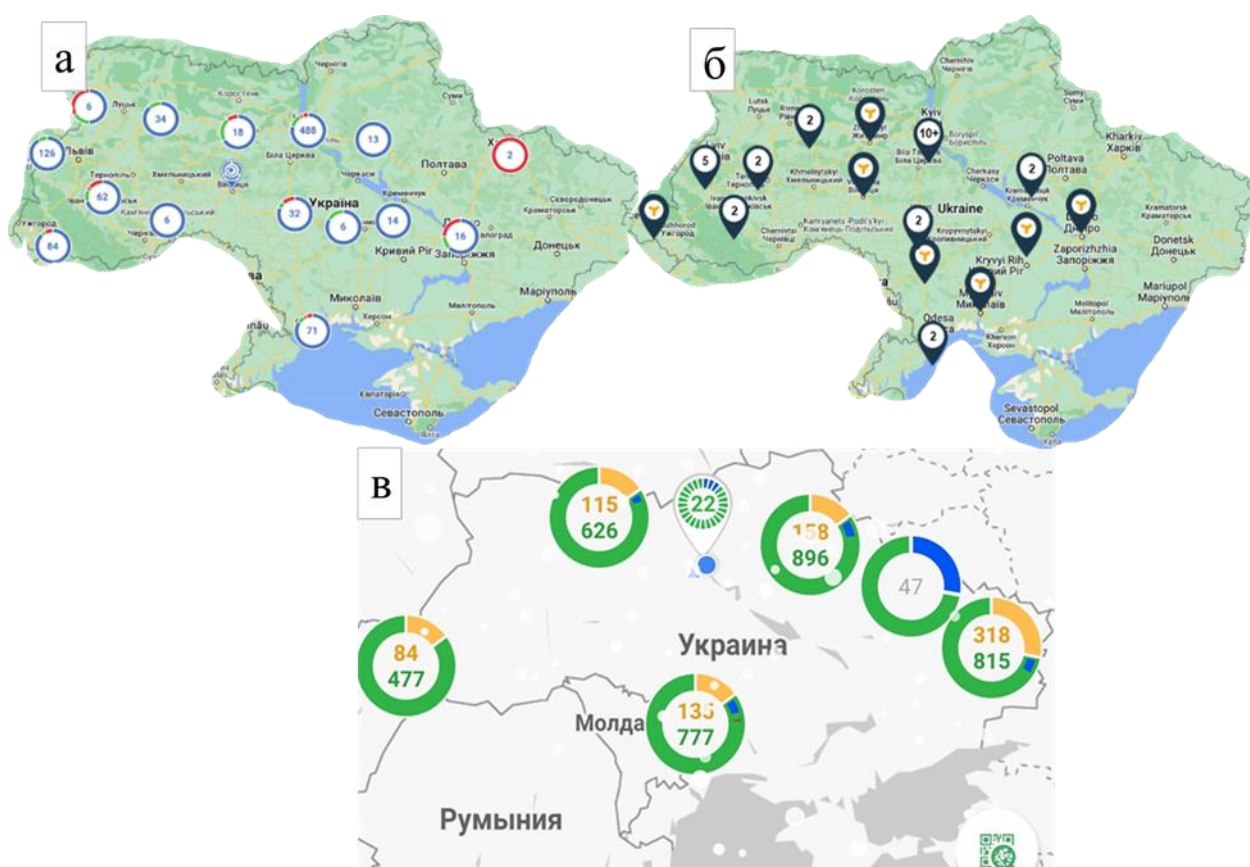


Рисунок 1.6 – Мережа зарядних станцій (а – ТОКА; б - YASNO E-mobility; в – AutoEnterPrise) [3, 4, 5]

Незважаючи на цей позитивний розвиток, проблеми з доступністю зарядних станцій можуть виникнути в деяких віддалених районах або на непопулярних напрямках.

Для розуміння масштабів, карта електрозарядних станцій України зображена на малюнку 1.7.

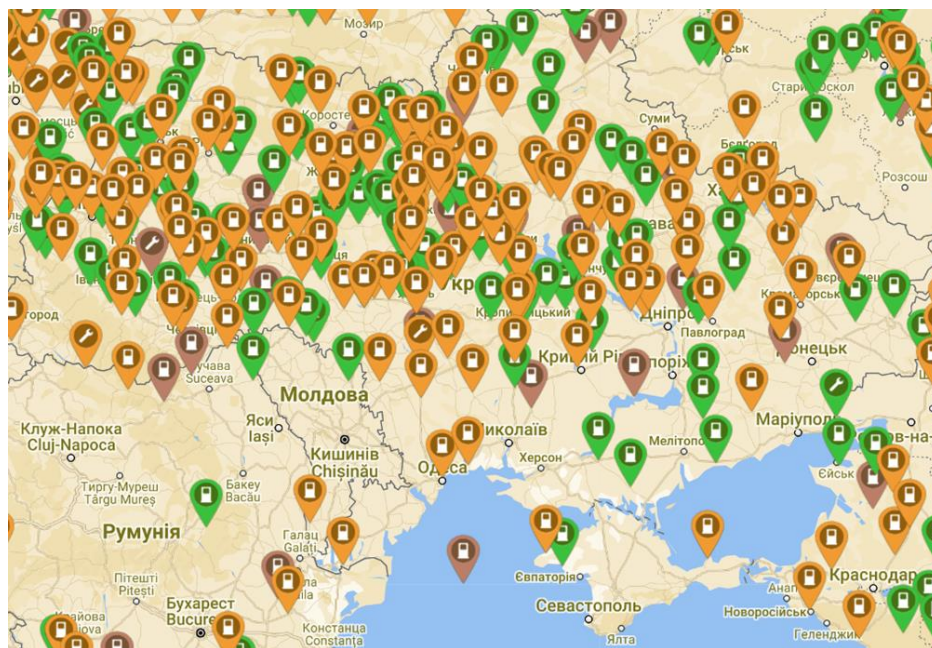


Рисунок 1.7 – Карта зарядних станцій в Україні [6]

Розподіл зарядних станцій для електромобілів в Україні є нерівномірним. Більшість станцій розташовані в великих містах, а на міжміських маршрутах їх кількість є обмеженою. Це обмежує можливості використання електромобілів для міжміських поїздок.

Звичайні роз'єми для зарядки, які можна використовувати для підзарядки електромобілів, розташовані на бензинових АЗС та в притрасових територіях. Однак, час підзарядки електромобіля за допомогою звичайної розетки становить близько 8-10 годин. Це означає, що електромобіль з таким типом зарядки не може бути використаний для поїздок на великі відстані.

Повільна зарядка – дуже поширений метод зарядки електромобілів, який використовується багатьма власниками будинку протягом ночі. Проте, застосування

повільних зарядних станцій не обов'язково обмежено будинком. Повільні зарядні станції з успіхом використовують і на громадських парковках або біля офісів, де електромобіль знаходиться тривалий час. Через більш тривалого часу, потрібного для заряду акумулятора, повільні зарядні станції в якості громадських точок заряду зустрічаються набагато рідше швидких.

Хоча повільний зарядний пристрій може бути включений в звичайну розетку, через більш високі постійні навантаження і тривалий час використання, настійно рекомендується встановлювати для таких станцій окрему силову розетку з окремим автоматичним вимикачем [7].

Існує два стандарти заряджання: АС (alternating current - змінний струм) та DC (direct current - постійний струм). Важливо пам'ятати ці 2 факти:

- змінний струм (АС) надходить з мережі, наприклад, з вашої побутової розетки;
- постійний струм (DC) накопичується у батареї.

Залежно від типу зарядного пристрою, струм або перетворюється із АС на DC за допомогою бортового зарядного пристрою електромобіля, а потім заряджає акумулятор, або ж акумулятор просто заряджається постійним струмом на DC зарядній станції, не залучаючи бортовий зарядний пристрій.

Формат АС типовий для публічних зарядних станцій та домашніх чарджерів, де процес заряджання може тривати декілька годин і визначається як потужністю самої зарядки, так і пропускну здатністю бортового зарядного пристрою [8].

Існують три типи роз'ємів для зарядки електромобілів, які використовують в Україні: Type 1 J1772, Type 2 та GB/T AC.

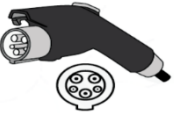
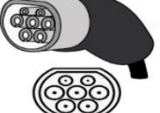
«Type 1» друга назва «J1772» є однофазним роз'ємом, з максимальною напругою 220-240 В, максимальним струмом 40 А та потужністю до 7 кВт. Цей стандарт використовується в Америці, Японії, Кореї та деяких інших країнах. В Європі стандарт Type 1 діяв до прийняття окремого стандарту Type 2. Але на ринку України роз'єм Type 1 на зарядних станціях змінного струму є найпопулярнішим.

«Type 2» інколи називають Mennekes по назві німецької компанії-розробника європейського стандарту. Роз'єм може бути як однофазним так і трифазним, з максимальною напругою 220-240 В та потужністю 7 кВт або 380-400 В та до 22 кВт. Нові або оновлені моделі авто що випускаються для Європейського ринку з 2014 року зобов'язані мати роз'єм стандарту Type 2. Наприклад Nissan Leaf продавався в Європу з роз'ємом Type 1 до оновлення моделі в 2018 році. Цей стандарт використовується як в країнах Євросоюзу так і країнах орієнтованих на європейський ринок.

«Type DB/T» (AC) зустрічається в привезених з Китаю електромобілях. Стандарт був скопійований зі стандартів Type 1 та Type 2 тому такий собі гібрид. Має схожі характеристики з роз'ємом Type 2. По формі це зворотній Type 2 але містить кнопку і працює як Type 1. Щоб не потрапити під «плагіат» крім роз'єму видозмінений і протокол зарядного обладнання котрий несумісний з іншими типами [9].

Згідно з останніми даними міністерства інфраструктури України, мережа зарядних станцій змінного струму нараховує 5826 роз'ємів [10], а наймасовішим провайдером електромобільних послуг є компанія AutoEnterPrice. В таблиці 1.3 наведено кількість пристроїв AC заряджання.

Таблиця 1.3 – Кількість пунктів зарядки змінного струму в Україні

еMSP (провайдер електромобільних послуг)/CPO (оператор зарядної станції)	Type 1 J1772 	Type 2 	GB/T AC 	Всього
еMSP AutoEnterPrice	1648	1251	0	2899
еMSP EcoFactor	878	641	0	1519
еMSP TOKA	381	420	0	801
CPO Elecargroup	23	162	0	185
еMSP GO TO-U	1	136	0	137
CPO E-mobility YASNO	0	43	0	43
Інші	67	175	0	242
Всього	2998	2828	0	5826

На українському ринку представлений великий спектр електромобілів від більш дешевих, ціна яких доходить до 20000\$, так і більш дорогих, з вартістю понад 100000\$. Основні моделі, які підтримують можливість зарядки змінним струмом наведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Основні моделі електрокарів з AC роз'ємами

Тип роз'єму	Електромобілі	Максимальна потужність
Type 1	Mk1 Nissan Leaf, Mk1 Kia Soul, Nissan e-NV200, Mitsubishi i-MiE, Peugeot iOn, Citroen C-Zero, Chevrolet Volt, Mk1 Peugeot Partner	7 кВт (тільки 1-фазні)
Type 2	Mk2 Nissan Leaf, Mk2 Kia Soul, Kia e-Niro, Peugeot e-208, Opel Corsa-e, Audi, BMW, Honda, Hyundai, Jaguar, Land Rover, Mercedes, MG, Mini, Porsche, Renault, Skoda, Tesla, Volvo, VW	7 кВт (1-фазні) 22 кВт (3-фазні)

Станції AC зарядки це прості та надійні у використанні пристрої, але в сьогоденні, коли «час – це гроші» популярності набирають саме зарядні станції постійного струму, через більшу потужність та менший час зарядки.

Для DC зарядних станції притаманні чотири роз'єми зарядки:

- CCS 1 (Combo Charging System Type 1);
- CC 2 (Combo Charging System Type 2);
- CHAdeMO (Charge de Move);
- GB/T DC.

«CCS Type 1» – подвійний порт постійного струму передбачений для швидкої зарядки автомобіля. Зустрічається в більшості європейських автомобілях передбачених для американського ринку. Зазвичай потужність таких роз'ємів 50 кВт, що дозволяє додавати приблизно 300км за одну годину зарядки.

«CCS Type 2» – подвійний порт постійного струму передбачений для швидкісної зарядки. Зустрічається в більшості транспортних засобів європейського

ринку. Роз'єм розповсюджений в Європі і набирає популярності в Україні. Потужність таких станцій зазвичай 50 кВт і вони аналогічні по швидкості, приблизно 300 км за годину зарядки.

«CHAdeMO» – японський стандарт швидкісної зарядки з'явився задовго до CCS. Зустрічається в японських марках автомобілів передбачених для американського і європейського ринків. На європейському ринку втрачає популярність і все менше зустрічається в нових авто.

«DB/T (DC)» – китайський стандарт швидкісних зарядних станцій. В Україні у якості публічних станцій не зустрічається. Існують приватні станції для зарядки китайських електромобілів, які використовують в таксі [9].

За даними МІУ, в Україні роз'ємів зарядки на постійному струмі нараховується 1835 одиниць [10]. Так само, як і з АС зарядками лідером є AutoEnterPrice. В таблиці 1.5 наведено кількість пристроїв DC заряджання.

Таблиця 1.5 – Кількість пунктів зарядки постійного струму в Україні

eMSP (провайдер електромобільних послуг)/CPO (оператор зарядної станції)	CCS 1 	CCS 2 	CHAdeMO 	GB/T DC 	Всього
eMSP AutoEnterPrice	322	375	625	0	1322
eMSP EcoFactor	31	69	182	0	282
eMSP TOKA	2	33	43	0	78
CPO Elecargroup	0	0	0	0	0
eMSP GO TO-U	0	13	11	0	24
CPO E-mobility YASNO	0	34	34	0	68
Інші	5	18	37	1	61
Всього	360	542	932	1	1835

Основні моделі, які підтримують можливість зарядки постійним струмом наведені в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Основні моделі електрокарів з DC роз'ємами

Тип роз'єму	Електромобілі	Максимальна потужність
CHAdeMO	Mk1 та Mk2 Nissan Leaf, Mk1 Kia Soul, Nissan e-NV200, Mitsubishi i-MiE, Peugeot iOn, Citroen C-Zero, Mk1 Peugeot Partner	50 кВт (більшість наявних станцій) 150 кВт (деякі нові станції) 400 кВт (максимум, що підтримується)
CCS 2	Mk2 Kia Soul, Peugeot e-208, Opel Corsa-e, Audi, BMW, Honda, Hyundai, Jaguar, Land Rover, Mercedes, MG, Mini, Porsche, Renault, Skoda, Tesla Model 3, VW	50 кВт (більшість наявних станцій) 150 кВт (деякі нові станції) 350 кВт (максимум, що підтримується)

Можна зазначити, що інфраструктура зарядних станцій не тільки в світі, а і в Україні розвивається з року в рік, що робить повсякденне пересування автошляхами більш зручним та ефективним. Але для значущого збільшення портів зарядки та приходу нових провайдерів електромобільних послуг необхідна підтримка від держави, яка забезпечує створення національної стратегії з електромобільної енергетики та регулювання.

З огляду на швидкий темп зростання популярності електромобілів, розвиток інфраструктури для зарядки та вдосконалення електромереж залишаються невідкладним завданням. Нові технології та рішення, спрямовані на оптимізацію роботи електромереж та забезпечення надійності живлення, стануть ключовими в цьому процесі.

1.3 Аналіз нормативно-правового забезпечення та стимулювання використання електромобілів

1.3.1 Регуляторні і нормативно-правові документи

Однак, для ефективного впровадження електромобільного транспорту і інфраструктури в Україні необхідна підтримка від держави, яка забезпечує створення національної стратегії з електромобільної енергетики та регулювання. Є низка нормативно-правових актів, що встановлюють вимоги щодо технічних характеристик електромобілів, встановлення та використання зарядних станцій, оформлення документів та інших правил та рекомендацій, пов'язаних з електромобільним транспортом та зарядними станціями до нього. До основних нормативно-правових актів функціонування електротранспорту слід віднести:

- Закон України «Про ринок електричної енергії»;
- Кодекс системи розподілу;
- Закон України «Про автомобільний транспорт»;
- Закон України «Про об'єднання співвласників багатоквартирного будинку»;
- Закон України «Про регулювання містобудівельної діяльності»;
- ДСТУ EN 61851 «Система зарядки електричних транспортних засобів дротова»;
- ДСТУ EN 62196 «Вилки, розетки, транспортні з'єднувачі та вводи. Кондуктивне заряджання електричних транспортних засобів»;
- Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року».

Закон України «Про ринок електричної енергії» визначає правові, організаційні та економічні засади створення і функціонування в Україні системи мінімальних запасів нафти та нафтопродуктів, а також регулює відносини у зазначеній сфері [11].

Цей закон включає порядок приєднання електричних транспортних засобів до електричних мереж, встановлює такі вимоги щодо приєднання електричних транспортних засобів до електричних мереж:

- електричні транспортні засоби повинні бути приєднані до електричних мереж відповідно до вимог Кодексу системи розподілу;
- оплата послуг з розподілу електричної енергії для електричних транспортних засобів здійснюється відповідно до встановленого порядку.

Кодекс системи розподілу визначає вимоги та правила, які регулюють взаємовідносини операторів систем розподілу, оператора системи передачі, користувачів системи розподілу та замовників послуг з приєднання щодо оперативного та технологічного управління системою розподілу, її розвитку та експлуатації, забезпечення доступу та приєднання електроустановок [12].

Цей кодекс включає порядок надання послуг з розподілу електричної енергії для електричних транспортних засобів, встановлює такі вимоги щодо надання послуг з розподілу електричної енергії для електричних транспортних засобів:

- Розподільчі компанії зобов'язані надавати послуги з розподілу електричної енергії для електричних транспортних засобів відповідно до встановлених тарифів;
- Розподільчі компанії зобов'язані забезпечити доступ до електричних мереж для зарядних станцій для електричних транспортних засобів.

Закон України «Про автомобільний транспорт» визначає правові основи функціонування автомобільного транспорту в Україні, включаючи порядок експлуатації електричних транспортних засобів [13].

Зокрема, цей закон встановлює такі вимоги щодо експлуатації електричних транспортних засобів:

- електричні транспортні засоби повинні відповідати вимогам державних стандартів та технічних регламентів;
- експлуатація електричних транспортних засобів повинна здійснюватися відповідно до встановлених правил дорожнього руху.

Закон України «Про об'єднання співвласників багатоквартирного будинку» визначає правові та організаційні засади створення, функціонування, реорганізації та ліквідації об'єднань власників жилих та нежилих приміщень багатоквартирного будинку, захисту їхніх прав та виконання обов'язків щодо спільного утримання багатоквартирного будинку [14].

Цей закон визначає правові та організаційні засади діяльності об'єднань співвласників багатоквартирного будинку, включаючи порядок встановлення зарядних станцій для електричних транспортних засобів у багатоквартирних будинках, встановлює такі вимоги щодо встановлення зарядних станцій для електричних транспортних засобів у багатоквартирних будинках:

- рішення про встановлення зарядної станції для електричного транспортного засобу у багатоквартирному будинку приймається на загальних зборах співвласників;
- встановлення зарядної станції для електричного транспортного засобу у багатоквартирному будинку здійснюється за рахунок співвласників будинку.

Закон України «Про регулювання містобудівельної діяльності» встановлює правові та організаційні основи містобудівельної діяльності і спрямований на забезпечення сталого розвитку територій з урахуванням державних, громадських та приватних інтересів [15].

Цей закон визначає правові та організаційні засади містобудування в Україні, включаючи вимоги до проектування та будівництва зарядних станцій для електричних транспортних засобів, встановлює такі вимоги до проектування та будівництва зарядних станцій для електричних транспортних засобів:

- зарядні станції для електричних транспортних засобів повинні проектуватися та будуватися відповідно до вимог державних стандартів та технічних регламентів;
- зарядні станції для електричних транспортних засобів повинні бути включені до містобудівної документації.

Державний стандарт ДСТУ EN 61851 містить вимоги до електричних автомобілів під час приєднання зарядного пристрою автомобіля до системи

електроживлення змінним або постійним струмом через струмопровідні з'єднання. Стандарт поширюється тільки на бортові зарядні пристрої, які випробовують повністю на електричному автомобілі або випробовують як елементи зарядних систем.

Стандарт містить вимоги щодо електромагнітної сумісності електричних автомобілів у будь-яких режимах заряджання акумуляторної батареї автомобіля під час приєднання зарядного обладнання до системи електроживлення [16].

Зокрема, цей стандарт встановлює такі вимоги до зарядних пристроїв для електричних транспортних засобів:

- зарядні пристрої для електричних транспортних засобів повинні бути безпечними та надійними;
- зарядні пристрої для електричних транспортних засобів повинні відповідати вимогам державних стандартів та технічних регламентів.

Державний стандарт ДСТУ EN 62196 поширюється на з'єднувачі транспортних засобів зі штировими та гніздовими контактами стандартизованої конфігурації, що також називають «з'єднувальні пристрої», призначені для застосування в системах провідного заряджання електромобілів номінальною робочою напругою до 1 500 В постійного струму включно за номінального струму до 250 А включно та 1 000 В змінного струму за номінального струму до 250 А включно, які містять засоби контролювання.

Цей стандарт встановлює вимоги до зарядних пристроїв для електричних транспортних засобів, що працюють на змінному струмі та встановлює такі вимоги до зарядних пристроїв для електричних транспортних засобів, що працюють на змінному струмі:

- зарядні пристрої для електричних транспортних засобів, що працюють на змінному струмі, повинні відповідати вимогам державного стандарту ДСТУ EN 61851;
- зарядні пристрої для електричних транспортних засобів, що працюють на змінному струмі, повинні мати потужність не менше 16А.

Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» визначає стратегію розвитку екологічної політики України, включаючи розвиток електромобільності як альтернативи традиційним видам транспорту [17].

Зокрема, цей закон передбачає такі заходи щодо розвитку електромобільності в Україні:

- запровадження екологічних норм щодо викидів шкідливих речовин транспортними засобами;
- підтримка розвитку електромобільності в рамках міжнародних програм та проектів.

Ці нормативно-правові акти забезпечують правове регулювання електромобільності в Україні. Вони встановлюють вимоги до електричних транспортних засобів, зарядних станцій та їх експлуатації. Ці вимоги сприяють розвитку електромобільності в Україні та забезпечують її безпечність та ефективність.

Слід відмітити, що ряд змін, пов'язаних з електромобілями було внесено до основних нормотворчих документів електроенергетичної галузі. Крім цього слід розуміти, що для галузі це новий споживач який здійснює вплив на роботу енергосистеми і його технологічного обладнання [18].

1.3.2 Фінансові стимули використання електромобілів

З метою стимулювання продажу електротранспорту в Україні приймаються нові законодавчі акти. Наприклад, починаючи з 2020 року діє Закон №10405, спрямований на захист прав власників електромобілів щодо паркування на місцях для заряджання. Зазначений закон передбачає наступні заходи:

- 1) Встановлення штрафів за паркування транспортних засобів з двигунами внутрішнього згоряння на місцях призначених для заряджання електромобілів у розмірах від 340 до 510 гривень.

2) Впровадження спеціальних зелених номерних знаків і державних реєстраційних номерів для електротранспорту з метою полегшеної ідентифікації електромобілів, а також встановлення відповідних дорожніх знаків, які раніше відсутні були у правилах дорожнього руху.

3) На сьогоднішній день, при ввезенні електромобіля в Україну не обов'язкове сплачувати ввізне мито, акциз та ПДВ.

В таблиці 1.7 наведено платежі, які необхідно сплачувати власникам автомобілів [19].

Таблиця 1.7 – Фіскальні зобов'язання власників авто з різними двигунами

Платежі	Бензинові автомобілі	Дизельні автомобілі	Електромобілі
ПДВ	20%	20%	0
Акцизний збір	50 EUR за 1000 см ³	75 EUR за 1000 см ³	1 EUR/кВт
Ввізне мито	10%	10%	0
ППФУ(пенсійний збір)	3-5% в залежності від вартості авто		0
Частка акцизу з палива	Є	Є	0

Ключовим аспектом є розвиток інфраструктури зарядних станцій для електротранспорту. Заплановано розширення мережі зарядних станцій та їх інтеграцію в єдину державну систему обслуговування електромобілів. Це можливо за умови створення прозорих процедур приєднання до мереж та виділення земельних ділянок для їх розміщення. Такий підхід сприятиме ближчому розташуванню зарядних станцій, що забезпечить зручний доступ для заряджання та посприятиме вільному переміщенню електромобілів по всій країні.

Додатково, це сприятиме встановленню єдиного цінового діапазону для електроенергії, на який приватні зарядні станції повинні будуть вирівнюватися. Прогнозується, що це призведе до зниження вартості одного циклу зарядки на 15-20%.

Деякі прихильники електрифікації пропонують реалізацію заходів, таких як надання безвідсоткових кредитів на три роки від держави для придбання електромобілів, дозвіл на в'їзд електрокарів до закритих центральних частин міст

та зелених зон. Також розглядається можливість побудови зарядних станцій у житлових кварталах та надання можливості заряджатися на них за собівартістю, або використання високошвидкісних зарядних станцій за нічним тарифом як стимул для електромобільного транспорту.

Зараз пропонується розглянути можливість впровадження Державної Програми «Збереження довкілля, виконання міжнародних зобов'язань по зменшенню викидів в атмосферу, поліпшенню екологічного стану в містах, а також зменшення залежності економіки від імпорту нафтопродуктів шляхом переходу на електричні автомобільні транспортні засоби та програми утилізації акумуляторних батарей», в якій передбачити:

- проведення пільгового кредитування та страхування для громадян України, які придбають електричні автомобільні транспортні засоби;
- розробка програм розвитку вітчизняних виробників електричних автомобільних транспортних засобів;
- запровадження програм розвитку вітчизняного виробництва та утилізації акумуляторних батарей.

Поряд з цим виникає необхідність вирішення проблеми оподаткування, оскільки електромобілі звільнені від дорожнього збору, який зазвичай включається у вартість пального. Розглядається можливість введення оплати за користування дорогами з боку операторів зарядних станцій, розрахованої на основі обсягу спожитої електричної енергії кожною зарядною сесією [19].

Висновки до розділу

В результаті проведеного аналізу стану розвитку електромобілів визначено, що зростання попиту на електрокари обумовлено зменшенням впливу на екологію, скороченням фінансових витрат при використанні та простотою обслуговування. Найбільшими світовими ринками з продажів електромобілів у 2022 році є Китай (59%), ЄС (26%) та США (9%). Український ринок налічує 64,3 тис. електромобілів, найпопулярнішими марками авто були Volkswagen, Nissan та Tesla, а лідерами по

регіонам є м. Київ, Одеська, Львівська та Київська області. Але для більш стрімкого зростання попиту на використання транспортних засобів з електричним двигуном залишається актуальним питання інфраструктури зарядних станцій.

Виявлено, що мережа зарядних станцій в Україні нараховує 5826 пунктів АС та 1835 DC заряджання. Найпопулярнішими провайдерами електромобільних послуг є AutoEnterPrice, EcoFactor та ТОКА. З огляду на швидкий темп зростання популярності електромобілів, розвиток інфраструктури для зарядки та вдосконалення електромереж залишаються невідкладним завданням.

Проаналізовано нормативно-правове забезпечення, визначено основні нормативно-правові акти функціонування електротранспорту, до яких відносяться:

- Закон України «Про ринок електричної енергії»;
- Кодекс системи розподілу;
- Закон України «Про автомобільний транспорт»;
- Закон України «Про об'єднання співвласників багатоквартирного будинку»;
- Закон України «Про регулювання містобудівельної діяльності»;
- ДСТУ EN 61851 «Система зарядки електричних транспортних засобів дотова»;
- ДСТУ EN 62196 «Вилки, розетки, транспортні з'єднувачі та вводи. Кондуктивне заряджання електричних транспортних засобів»;
- Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року».

Досліджено, що державні програми та стимули для власників електромобілів можуть включати в себе заходи сприяння встановленню зарядних станцій, фінансові пільги для власників електрокарів та інші заходи, спрямовані на стимулювання переходу до екологічно чистого транспорту.

2 АНАЛІЗ ПЕРЕВАГ ТА ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ПРИ ПІДКЛЮЧЕННІ ДО ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ

2.1 Аналіз умов підключення зарядних станцій для електромобілів в Україні

Для зростання кількості електричних автомобілів потенційні власники електромобілів потребують впевненості в тому, що вони можуть отримати доступ до розвиненої та зручної для них мережі зарядних станцій. При цьому, інформація про розташування електростанцій та їх цінові пропозиції має бути загальнодоступною.

Для спрощення та здешевлення користування новоствореною інфраструктурою кінцевим споживачем держава має виконувати функцію захисту споживача - сертифікувати обладнання, приймати рішення щодо уніфікації інтерфейсів комутації та інфраструктурних рішень, встановлювати необхідні вимоги до програмного забезпечення.

Споживач повинен мати можливість оплачувати спожиті товари та послуги в зручний для нього спосіб - готівковим та безготівковим розрахунком.

Система зберігання інформації та проведення трансакцій має бути зручною для споживача та використовувати найновіші технології зберігання і передачі інформації. При цьому, доцільно розглянути можливість переходу оператора розрахунків на систему реплікації розподіленої бази даних (за аналогом технології blockchain). Застосування подібних технологій в подальшому усуне або зведе до мінімуму потребу в централізованих органах адміністрування баз даних [20].

2.1.1 Встановлення та приєднання зарядних станцій для електромобілів до мереж оператора системи розподілу

Згідно з положеннями пункту 1.1.2 глави 1.1 розділу 1 Правил роздрібного ринку електричної енергії, затверджених постановою НКРЕКП від 07.10.2023 (далі

- ПРРЕЕ), струмоприймач - це пристрій, призначений для перетворення електричної енергії в інший вид енергії [21].

Отже, зарядні пристрої (станції) для електромобілів підпадають під визначення струмоприймача у розумінні ПРРЕЕ і не потребують окремого визначення.

Вимоги та правила, які регулюють взаємовідносини операторів системи розподілу (далі - ОСР), оператора системи передачі, користувачів системи розподілу (далі - Користувачі) та замовників послуг з приєднання щодо оперативного та технологічного управління системою розподілу, розвитку та експлуатації, забезпечення доступу та приєднання електроустановок, визначені Кодексом системи розподілу, затвердженим постановою НКРЕКП від 15.12.2023 (далі - Кодекс).

Відповідно до положень пункту 4.1.2 глави 4.1 розділу IV Кодексу, ОСР не має права відмовити в приєднанні електроустановок замовника до системи розподілу за умови дотримання замовником вимог розділу IV Кодексу [12].

Послуга зі стандартного приєднання надається на підставі договору про стандартне приєднання до електричних мереж системи розподілу, що укладається за типовою формою, наведеною в додатку 1 до Кодексу. Послуга з нестандартного приєднання надається на підставі договору про нестандартне приєднання до електричних мереж системи розподілу "під ключ"/з проєктуванням лінійної частки приєднання замовником, що укладається за типовою формою, наведеною в додатку 2 до Кодексу.

Згідно з пунктом 4.4.1 глави 4.4 розділу IV Кодексу, замовник звертається до ОСР щодо наміру приєднатися до електричних мереж системи розподілу із заявою про приєднання. ОСР оприлюднює на власному вебсайті порядок подання заяви про приєднання.

Положеннями пункту 4.4.2 глави 4.4 розділу IV Кодексу, визначений вичерпний перелік документів, які необхідно додавати до заяви про приєднання [12].

Відповідно до пункту 3.1.6 розділу III ПРРЕЕ, постачання електричної енергії споживачу здійснюється, зокрема, якщо об'єкт споживача підключений до мереж оператора системи у встановленому законодавством порядку.

Разом з тим, укладення договору про постачання електричної енергії можливе після укладення договору про надання послуг з розподілу електричної енергії з ОСР.

Пунктом 2.1.7 розділу II ПРРЕЕ визначений вичерпний перелік документів необхідних для укладення договору споживача про надання послуг з розподілу електричної енергії [21].

Відповідно до пункту 2.1.2 розділу II ПРРЕЕ, оператор системи зобов'язаний укласти договори про надання послуг з розподілу (передачі) електричної енергії з усіма споживачами, електроустановки яких приєднані до електричних мереж на території діяльності відповідного оператора системи. Не допускається розподіл (передача) електричної енергії до точки розподілу електроустановки споживача за відсутності діючого договору про надання послуг з розподілу (передачі) електричної енергії з таким споживачем.

Таким чином, для приєднання електроустановки замовника, до якого, зокрема буде підключений зарядний пристрій, до електричних мереж ОСР, власник такої електроустановки (замовник) має замовити послугу з приєднання до електричних мереж ОСР відповідно до вимог Кодексу, в подальшому укласти договір про надання послуг з розподілу електричної енергії та договір про постачання електричної енергії постачальником універсальних послуг відповідно до вимог ПРРЕЕ [21].

Крім того, згідно з пунктами 2.3.3 та 2.3.4 глави 2.3 розділу II ПРРЕЕ, електроустановки споживачів мають бути забезпечені необхідними розрахунковими засобами вимірювальної техніки для розрахунків за спожиту електричну енергію, технічними засобами контролю і управління споживанням електричної енергії та величини потужності, а також (за бажанням споживача) суміщеними з лічильниками електричної енергії або окремими засобами вимірювальної техніки для контролю якості електричної енергії.

Підключення електроустановки споживача, яка не забезпечена розрахунковими засобами (засобом) вимірювальної техніки, технічними засобами контролю і управління споживанням електричної енергії та величини потужності, забороняється за винятком випадків, передбачених ПРРЕЕ [21].

Розрахункові засоби вимірювальної техніки електричної енергії, технічні засоби контролю і управління споживанням електричної енергії та величини потужності, засоби вимірювальної техніки для контролю якості електричної енергії встановлюються відповідно до вимог Кодексу комерційного обліку, затвердженого постановою НКРЕКП від 15.12.2023 № 311, ПРРЕЕ та проєктних рішень [22].

В таблиці 2.1 наведено норми встановлення зарядних станцій для електромобілів.

Умови підключення зарядних станцій для електромобілів в Україні регламентуються нормативно-правовими актами НКРЕКП, які передбачають наступні основні вимоги:

- розміщення зарядної станції на території, яка має доступ до мережі електропостачання;
- відповідність потужності зарядної станції вимогам електромережі;
- встановлення окремого лічильника для обліку електроенергії, витраченої на зарядку електромобілів.

У разі встановлення зарядної станції в багатоквартирному будинку, необхідно отримати згоду співвласників на її розміщення та виконання будівельно-монтажних робіт.

Процес підключення зарядної станції до мережі електропостачання включає наступні етапи:

- отримання технічних умов від оператора системи розподілу;
- розробка проєктної документації;
- узгодження проєктної документації з оператором системи розподілу;
- виконання будівельно-монтажних робіт;
- підключення зарядної станції до мережі електропостачання.

Таблиця 2.1 – Нормативно-технічні аспекти улаштування ЕЗС

Тип зарядки	Вимоги
ЕЗС	Укомплектовуються виключно електрозарядними пристроями, що пройшли державну сертифікацію в органі з сертифікації, уповноваженому центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері технічного регулювання. При цьому, забороняється будь-яке обмеження багатоманітності обладнання та технологій, крім випадків коли таке обмеження має на меті забезпечити безпеку здоров'я та життя людини.
Електрозарядні пристрої	Мають бути розташовані в безпосередній близькості до паркувальних місць.
Непобутові ЕЗС, крім автономних ЕЗС	Мають бути обладнані окремими засобами комерційного обліку електричної енергії, які забезпечують автоматизовану передачу даних обліку: 1) Електроенергії, спожитої на власні потреби ЕЗС; 2) Електроенергії, відібраної / відпущеної споживачем. Мають бути обладнані програмним забезпеченням, яке відповідає наступним вимогам: 1) Забезпечує ідентифікацію споживача на основі персонального електронного цифрового підпису або інших систем персональної ідентифікації. 2) Надає споживачу інформацію щодо: місцезнаходження парковок та автостоянок, обладнаних ЕЗС, наявності на них вільних паркувальних місць, обладнаних ЕЗС, та орієнтовного часу звільнення зайнятих паркомісць, обладнаних ЕЗС; всіх акредитованих на ЕЗС електропостачальників та їх цінових пропозицій; діючих погодинних тарифів на відпуск електричної енергії, встановлених НКРЕКП; вартості послуг з користування ЕЗС. 3) Надає споживачу можливість вільно обирати електропостачальника з переліку електропостачальників, акредитованих на ЕЗС. 4) Інформує споживача про: обсяг відібраної/відпущеної електричної енергії та її вартість; обсяг спожитих послуг з користування ЕЗС та їх вартість. 5) Надає споживачу можливість оплачувати спожитий товар та послуги в готівковій та безготівковій формі. 6) Забезпечує можливість інтеграції в єдину систему зберігання інформації щодо розрахунків та транзакцій на ринку електричної енергії, побудованої із застосуванням технологій реплікації розподіленої бази даних. Вказана система має функціонувати з урахуванням вимог Закону України “Про ринок електричної енергії” та обслуговується: адміністратором розрахунків ринку електричної енергії; адміністратором комерційного обліку електричної енергії.
Паркомісця, призначені для обслуговування непобутовими ЕЗС	Повинні бути позначені наступним чином: 1) Обведені по периметру лінією контрастного кольору ; 2) Позначені написом контрастного кольору великими буквами “ЕЛЕКТРИЧНА ЗАРЯДНА СТАНЦІЯ”; 3) Забезпечені дорожніми знаками: “ПАРКОВКА ЗАБОРОНЕНА КРІМ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ”; “Електрозарядна станція”.

У разі встановлення зарядної станції в багатоквартирному будинку, необхідно отримати згоду співвласників на її розміщення та виконання будівельно-монтажних робіт.

Процес підключення зарядної станції до мережі електропостачання включає наступні етапи:

- отримання технічних умов від оператора системи розподілу;
- розробка проектної документації;
- узгодження проектної документації з оператором системи розподілу;
- виконання будівельно-монтажних робіт;
- підключення зарядної станції до мережі електропостачання.

Вартість підключення зарядної станції залежить від її потужності, місця розташування та складності будівельно-монтажних робіт.

У контексті електромобільності ЕЗС є об'єктами, що надають споживачам послуги з заряджання електричних транспортних засобів. Ці послуги можуть бути реалізовані у різних формах, зокрема, у вигляді продажу електричної енергії, надання доступу до зарядних пристроїв або надання послуг з технічного обслуговування та ремонту ЕЗС, що наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Товари та послуги, що реалізуються із застосуванням електрозарядних станцій

При заряджанні акумулятору електричного транспортного засобу:	
1	Споживач одночасно споживає один товар - електричну енергію (активну), шляхом відбору її з мережі.
2	Електропостачальник є споживачем послуги з користування ЕЗС, вартість якої визначається в залежності від обсягів відібраної споживачем електроенергії, купленої у такого постачальника.
При відпуску акумулятором електричного транспортного засобу електроенергії в мережу споживач одномоментно:	
1	Продає електричну енергію (активну) - шляхом її відпуску в мережу.
2	Споживає послугу з користування ЕЗС.

У таблиці 2.3 наведені принципи купівлі/продажу електроенергії власниками електромобілів під час процесу зарядки/розрядки.

Таблиця 2.3 – Принципи купівлі-продажу електричної енергії

Вид відносин	Для зарядки акумулятору електричного транспортного засобу	Під час відпуску електроенергії акумулятором електричного транспортного засобу в мережу
Купівля/продаж електроенергії	Продаж електричної енергії споживачу для зарядки здійснюється акредитованим у відповідній ЕЗС електропостачальником. При цьому, електропостачальник забезпечує оплату Оператору ЕЗС вартості послуг з користування ЕЗС. Обсяг спожитих послуг з користування ЕЗС визначається в залежності від обсягу купленої у такого електропостачальника електричної енергії через відповідну ЕЗС.	Споживач продає електричну енергію постачальнику універсальних послуг за регульованим тарифом, який встановлюється НКРЕКП та є диференційованим в залежності від часу доби, у відповідний момент. При цьому, приєднання споживача до публічного договору оферти з постачальником універсальних послуг відбувається автоматично при авторизації споживача в ЕЗС за допомогою електронного цифрового підпису та / або інших систем ідентифікації.
Облік	Облік електроенергії, відібраної з мережі, здійснюється засобами обліку ЕЗС, інтегрованими в єдину автоматизовану систему комерційного обліку виробництва/споживання електроенергії енергорозподільчої компанії.	Облік електроенергії, відпущеної в мережу, здійснюється засобами обліку ЕЗС, інтегрованими в єдину автоматизовану систему комерційного обліку виробництва/споживання електроенергії енергорозподільчої компанії.
Ціноутворення	Ціна на електричну енергію, що продається через ЕЗС, пропонується електропостачальником споживачу шляхом публічної оферти і при цьому: - не підлягає державному регулюванню; - може бути диференційованою, в залежності від часу доби; - включає в себе вартість послуг з користування ЕЗС.	1) Споживач оплачує послуги з користування ЕЗС, за ціною, що пропонується оператором ЕЗС на основі публічної оферти, при цьому, така ціна не підлягає державному регулюванню. 2) В разі продажу фізичною особою-споживачем електричної енергії постачальнику універсальних послуг, останній є податковим агентом при сплаті ПДФО та військового збору. При цьому, на період до 2030 року операції з продажу споживачем електроенергії через ЕЗС постачальнику універсальних послуг звільняються від оподаткування.

2.1.2 Права та обов'язки суб'єктів ринку при функціонуванні електромобілів

Електропостачальники є відповідальними за надання електроенергії для зарядки електромобілів на ЕЗС. Права та обов'язки постачальників електроенергії наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Права та обов'язки електропостачальників

Права	Обов'язки	Забороняється
1) Визначати ціну на електричну енергію, що реалізується через ЕЗС, та пропонувати її споживачу за принципом публічної оферти; 2) Безперешкодного та недискримінаційного доступу до ЕЗС.	1. При купівлі електроенергії з метою її реалізації із застосуванням ЕЗС – дотримуватись вимог Закону України “Про ринок електричної енергії”; 2. Оплачувати оператору ЕЗС вартість спожитих послуг з користування ЕЗС.	У будь-який спосіб перешкоджати споживачу в реалізації права на вільний вибір особи, в якої буде куплено електричну енергію.

Оператор ЕЗС - юридична особа або фізична особа-підприємець, що на підставі права володіння та користування здійснює експлуатацію непобутових ЕЗС з метою отримання прибутку та надає послуги з користування ЕЗС.

Надання послуг з користування ЕЗС вважається підприємницькою діяльністю, для якої встановлюється окремий КВЕД(Класифікація видів економічної діяльності).

Електрична енергія, використана на внутрішні потреби ЕЗС, вважається виробничими витратами, при цьому, її вартість може впливати на вартість послуг з користування ЕЗС.

Вартість електроенергії, спожитої на внутрішні потреби ЕЗС, оператор ЕЗС купує у електропостачальника, як непобутовий споживач. В таблиці 2.5 наведені права та обов'язки оператора ЕЗС [20].

Таблиця 2.5 – Права та обов’язки Оператора ЕЗС

Права	Обов’язки	Забороняється
1) Надавати послуги з користування ЕЗС платній або безоплатній основі. 2) Визначати ціну на послуги з користування ЕЗС та пропонувати її споживачам та електропостачальникам за принципом публічної оферти. 3) Отримувати від електропостачальників плату за послуги з користування ЕЗС, спожиті при здійсненні споживачами відбору електроенергії. 4) Отримувати від споживачів плату за послуги з користування ЕЗС, спожиті при здійсненні споживачами відпуску електроенергії. 5) Впроваджувати програми лояльності, шляхом надання знижок, гарантій безперешкодного користування ЕЗС, супутнього сервісного обслуговування, якщо це жодним чином не призводить до:	1) У прозорий та загальнодоступний спосіб доводити до споживачів та електропостачальників інформацію щодо: умов договору купівлі-продажу послуг з користування ЕЗС із електропостачальниками та споживачами; цін на послуги з користування ЕЗС; переліку акредитованих на ЕЗС власників електроенергії, що пропонують її для продажу, та їх цін; потужності ЕЗС (швидкості відбору електроенергії з мережі та швидкості відпуску електроенергії в мережу) та інших характеристик, що впливають на процес зарядження та якості послуг. 2) Забезпечити облаштування ЕЗС двонаправленим приладом комерційного обліку, інтегрованим в єдину автоматизовану систему комерційного обліку виробництва/споживання електроенергії енергорозподільної компанії. 3) Забезпечити облаштування ЕЗС системою ідентифікації споживача за допомогою електронного цифрового підпису та/або інших систем ідентифікації. 4) Забезпечити оформлення та облаштування ЕЗС згідно з вказаними у пункті 2.1.10 стандартами.	1) Перешкоджати електропостачальникам здійснювати продаж електроенергії з використанням ЕЗС; 2) Застосовувати до різних електропостачальників різні умови акредитації (у тому числі, встановлювати різну вартість послуг з користування ЕЗС для продажу електроенергії); 3) Вчиняти будь-які дії, що суперечать торговим та іншим чесним звичаям у підприємницькій діяльності, та, зокрема, призводять до порушення прав та інтересів споживачів. Якщо ЕЗС працює від автономного джерела живлення та не приєднана до ОЕС України, Оператор ЕЗС має право одночасно: 1) Надавати послуги з користування ЕЗС; 2) Здійснювати продаж електричної
– порушення права споживачів на одноразове користування ЕЗС; – недопущення, усунення, обмеження чи спотворення конкуренції між електропостачальниками. Здійснювати діяльність з постачання електричної енергії та її виробництва з урахуванням вимог Закону України “Про ринок електричної енергії”.	5) Забезпечити наявність цінового пакету, який забезпечує доступ до інфраструктури ЕЗС клієнтів, що не користуються послугами Оператора ЕЗС на постійній основі. 6) Дотримуватись вимог нормативно-правових актів та нормативно-технічних документів, що регулюють питання: улаштування та експлуатації електроустановок; пожежної та електричної безпеки.	енергії власного виробництва, без отримання ліцензії на постачання електричної енергії.

Постачальник універсальних послуг зобов'язаний оплачувати споживачу вартість відпущеної ним електричної енергії згідно диференційованого за часом доби тарифу, встановленого НКРЕКП.

Постачальнику універсальних послуг заборонено в будь-який спосіб перешкоджати споживачу реалізувати право на відпуск електричної енергії в мережу, зокрема, але не виключно, шляхом відмови в оплаті відпущеної споживачем електроенергії або зволікання з здійсненням оплати.

Постачальник універсальних послуг одночасно з виконанням обов'язку щодо купівлі електричної енергії у споживачів, що здійснюють її накопичення, надає оператору системи передачі послугу із забезпечення диверсифікації джерел балансування ОЕС України [20].

Така послуга надається постачальником універсальних послуг виходячи з фактичних обсягів купівлі електричної енергії за диференційованими за часом доби тарифами у споживачів.

Вартість послуги із забезпечення диверсифікації джерел балансування ОЕС України визначається у відповідні розрахункові періоди як різниця між вартістю електричної енергії, купленої ним за диференційованими за часом доби тарифами у споживачів, та її вартістю, розрахованою за цінами ринку "на добу наперед".

Розрахунок вартості із забезпечення диверсифікації джерел балансування ОЕС України здійснюється постачальником універсальних послуг відповідно до порядку купівлі електричної енергії за диференційованими за часом доби тарифами у споживачів, що затверджується НКРЕКП.

Вартість послуги із забезпечення диверсифікації джерел балансування ОЕС України затверджується НКРЕКП [20].

В таблиці 2.6 наведені права та обов'язки споживачів електроенергії на станціях для зарядки електромобілів.

В таблиці 2.7 наведені права та обов'язки оператора системи розподілу електричної енергії.

Таблиця 2.6 – Права та обов'язки споживача

Права	Обов'язки
За допомогою акумулятору електротранспортного засобу: 1) Здійснювати відбір електроенергії з мережі; 2) Здійснювати відпуск електроенергії в мережу та отримувати плату за таку електроенергію від постачальника універсальних послуг за встановленим НКРЕКП тарифом. Право на відпуск електричної енергії може бути реалізовано споживачем виключно після підтвердження електронним цифровим підписом або іншою системою персональної ідентифікації приєднання до публічного договору з постачальником універсальних послуг.	1. Оплачувати отриману з використанням ЕЗС електроенергію; 2. Оплачувати спожиті послуги з користування ЕЗС (у разі продажу електроенергії постачальнику універсальної послуги); 3. Жодним чином не здійснювати перешкоди для доступу інших споживачів до інфраструктури ЕЗС; 4. Дотримуватися правил безпечної експлуатації інфраструктури ЕЗС.

Таблиця 2.7 – Права та обов'язки ОСР

Права	Обов'язки	Забороняється
Бути операторами ЕЗС	В планах розвитку розподільних електричних мереж передбачати заходи з ремонту / реконструкції / модернізації / будівництва електричних мереж для забезпечення необхідного для приєднання ЕЗС резерву потужності, якщо розміщення цих ЕЗС заплановане органами місцевого самоврядування та місцевими органами виконавчої влади в містобудівній документації.	створювати перешкоди в приєднанні ЕЗС до електричних мереж, або в будь-який інший спосіб перешкоджати операторам ЕЗС та електропостачальникам здійснювати підприємницьку діяльність.

2.2 Сучасні технології до формування систем електромобіль та мережа

Електромобілі (EV) є важливим компонентом переходу до сталого транспорту. Вони мають низку переваг перед традиційними транспортними засобами, включаючи менші викиди забруднюючих речовин, більшу ефективність використання енергії та потенціал для використання відновлюваних джерел енергії.

Однак, щоб електромобілі стали по-справжньому масовим продуктом, необхідно вирішити ряд проблем, пов'язаних з їхньою зарядкою, інфраструктурою

та безпекою. Зокрема, електромобілі мають менший запас ходу, ніж традиційні транспортні засоби, і їх зарядка може зайняти значну кількість часу. Це може бути проблемою для водіїв, які часто подорожують на великі відстані. Сучасні технології можуть допомогти вирішити ці проблеми.

2.2.1 Технології швидкої зарядки

Швидка зарядка є важливою технологією для електромобілів, що робить їх більш практичними для використання в повсякденному житті, оскільки дозволяє власникам електромобілів швидко зарядити свої автомобілі, не витрачаючи багато часу.

Швидка зарядка використовує постійний струм для зарядки акумуляторів. Цей тип зарядки є більш ефективним, ніж зарядка змінним струмом, оскільки постійний струм не викликає вихрових струмів в акумуляторі [23].

Звичайні швидкі зарядні пристрої постійного струму встановлюються в одиночних або кількох зарядних блоках. Потужність кожного блоку зазвичай становить 50 кВт і живиться від трифазної розподільчої мережі низької напруги (НН) через низькочастотний розподільний трансформатор.

Основні блоки стандартного швидкого зарядного пристрою вказані на рисунку 2.1.

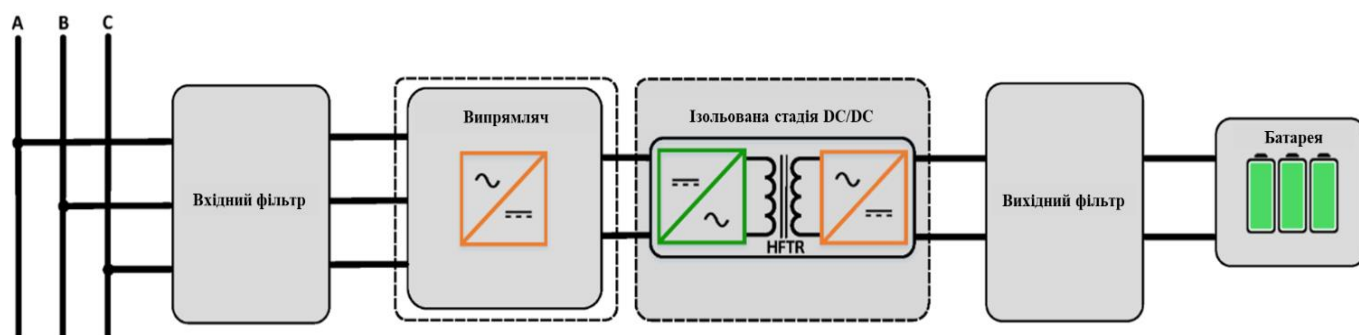


Рисунок 2.1 – Схема швидкої зарядки постійного струму

Схема працює так:

- електричний струм з електромережі надходить на вхідний фільтр;
- вхідний фільтр усуває перешкоди в електромережі;
- перетворювач перетворює змінний струм в постійний струм;
- перетворювач DC/DC підвищує напругу постійного струму;
- вихідний фільтр усуває перешкоди, які виникають в процесі зарядки;
- постійний струм надходить в батарею електромобіля.

Цей тип зарядки є більш ефективним, ніж зарядка змінним струмом, і дозволяє зарядити акумулятор електромобіля до 80% за 30-40 хвилин.

2.2.2 Технології бездротової зарядки

Бездротова зарядка - це технологія, яка дозволяє заряджати пристрої без необхідності підключати їх проводами. Бездротова зарядка для електромобілів є перспективною технологією, яка може зробити зарядку електромобілів більш зручною та простою. Бездротова зарядка дозволяє заряджати електромобілі без необхідності підключати їх проводами, що може бути особливо корисно в громадських місцях та навіть під час руху.

Індукційна зарядка є найбільш поширеною технологією бездротова зарядка для електромобілів. Ця технологія проста у використанні та має високу ефективність. Поділяється на два види: статична (стаціонарна) та динамічна (під час руху). Як можна побачити з рисунку 2.2, якщо електромобіль проїжджає через велику зарядну котушку, котушка всередині EV може з'єднатися із зарядною котушкою, дозволяючи електроенергії передаватися через магнітний зв'язок двох котушок. Перевагою цього методу є простота та зручність, наприклад, на зарядних станціях та динамічно під час руху, безпека для водія (оскільки йому не доведеться електрично підключати автомобіль до мережі), а також усуває потребу у правильному зарядному штекері [24].

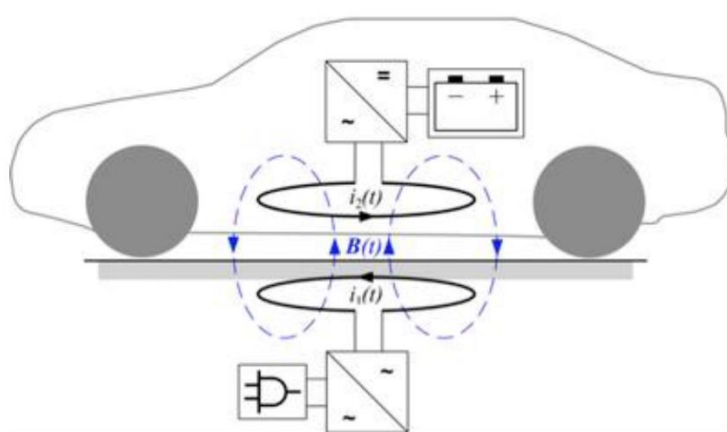


Рисунок 2.2 – Індукційна зарядка електромобіля [25]

2.2.3 Технології динамічної провідної зарядки

Динамічна провідна зарядка (Dynamic Conducting Charging, DCFC) - це технологія, яка дозволяє заряджати електромобілі без необхідності зупинятися на зарядній станції. Ця технологія використовує контактні рухомі шини, які забезпечують безперервний контакт між зарядною станцією та електромобілем. Ці шини розташовані під дорожнім покриттям, на узбіччі або над дорогою, як зображено на рисунку 2.3.

Консорціум Siemens Mobility та SPL Powerlines Germany розробили систему eHighway на федеральній трасі в Німеччині. Технологія eHighway, розроблена компанією Siemens Mobility, забезпечує вантажівки електроенергією через підвісну контактну лінію, яка використовується безпосередньо для живлення вантажівки та заряджання її акумуляторів [26].

Компанія Elways розробила кондуктивне живлення з дороги для передачі електричної енергії від мережі через двоетапне перетворення на низьку напругу за допомогою швидкого перемикача, а потім через рухомий важіль до зарядного пристрою та, нарешті, до електродвигуна безпосередньо або через акумулятор [27].

Компанія Honda розробила систему електропровідного живлення збоку, яка наразі розрахована на 180 кВт при 156 км/год, але планує отримати 450 кВт передачі енергії на швидкості автомобіля 200 км/год. Подача збоку в основному

використовується в постачанні поїздів метрополітену і не може використовуватися більше ніж на крайній смузі дороги [28].

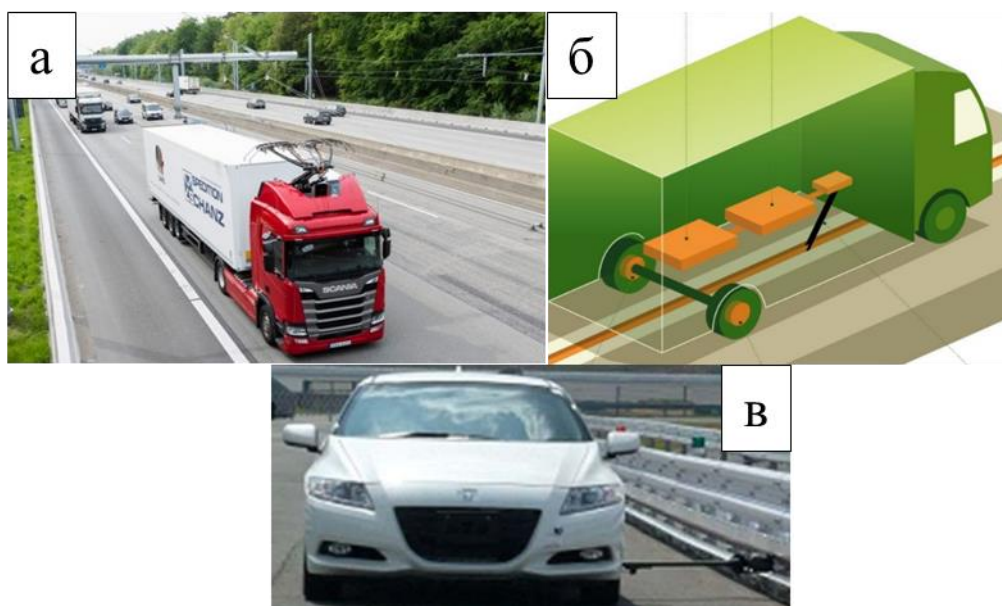


Рисунок 2.3 – Типи динамічної дротової зарядки (а - Система eHighway від Siemens; б - кондуктивне заряджання з дороги від Elways; в - провідне заряджання збоку від Honda)

Динамічне провідна зарядка має потенціал зробити зарядку електромобілів більш зручною, швидкою та ефективною. Однак ця технологія все ще перебуває на ранніх стадіях розвитку. Перед тим, як динамічне провідна зарядка зможе стати широко поширеною, необхідно вирішити ряд проблем, пов'язаних з вартістю, безпекою та іншими факторами.

2.2.4 Технологія інтернету речей

У світі, де дорожній рух стає все більш щільним і небезпечним, технології V2E (Vehicle-to-Everything) пропонують нові можливості для підвищення безпеки, ефективності та зручності використання транспортних засобів.

Технології V2E, як вказано на рисунку 2.4, дозволяють транспортним засобам взаємодіяти один з одним (V2V), інфраструктурою (V2I), пішоходами (V2P), «хмарою» (V2C), будинками (V2H) та мережею (V2N та V2G). Ця

інформація може використовуватися для попередження зіткнень, підвищення ефективності дорожнього руху та створення більш зручних і привабливих транспортних засобів.

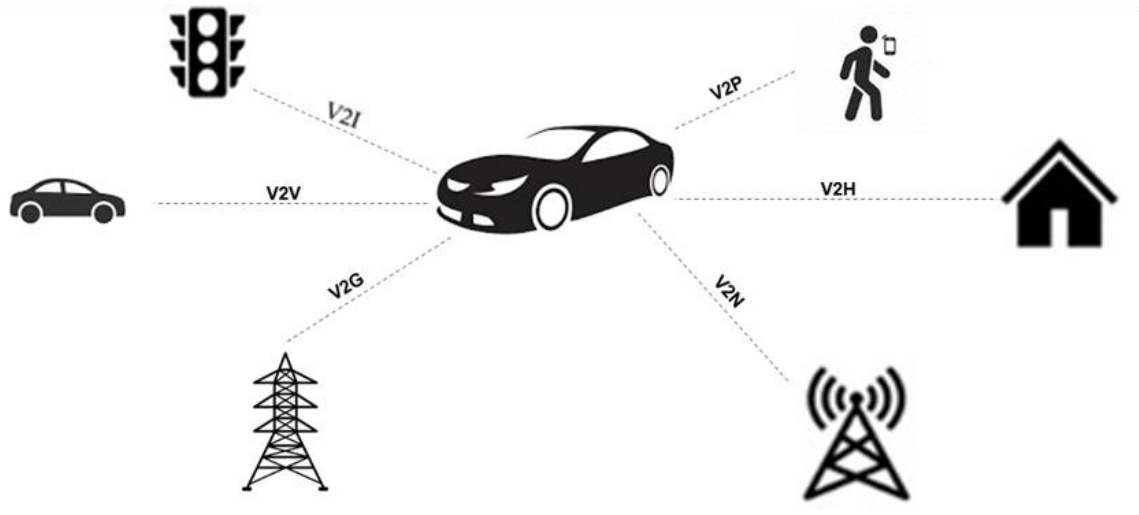


Рисунок 2.4 – Технологія V2E

Існує багато способів встановити цей зв'язок, кожен з яких має свої переваги та недоліки. Добре відомими технологіями бездротового зв'язку є 5G, Bluetooth та Wi-Fi. Хоча в деяких випадках ці радіохвильові технології можуть забезпечити достатню пропускну здатність для зв'язку V2V і V2I, важливо враховувати ситуації, коли це неможливо. Альтернативою радіохвильовому зв'язку є Light Fidelity (Li-Fi), який використовує видиме та інфрачервоне світло для передачі даних. Такий зв'язок може забезпечити швидкість передачі даних у 100 разів більшу порівняно з Wi-Fi, реалізація зв'язку вказана на рисунку 2.5 [29].



Рисунок 2.5 - Технічна реалізація низхідного каналу Li-Fi [29]

Зі збільшенням використання твердотілого освітлення як в автомобілях (передні та задні ліхтарі), так і в інфраструктурі (дорожнє освітлення та світлофори), впровадити Li-Fi відносно легко. Передавач Li-Fi може бути таким же простим, як світлодіодна лампа, тобто існуюча інфраструктура освітлення може бути використана як передавач Li-Fi. Потім його можна використовувати як точку доступу до інформації як для транспортних засобів, так і для інших учасників дорожнього руху (пішоходів, велосипедистів тощо) [29].

2.3 Дослідження електромобіля, як споживача

Важливим аспектом вивчення електромобілів як споживачів електроенергії є їхні технічні характеристики, які значно впливають на їх ефективність, зручність та взаємодію з енергетичною інфраструктурою.

Класифікація електромобілів може бути проведена з різних точок зору, враховуючи їхню потужність, ємність батареї, швидкість зарядки, кількість підключень та інші технічні параметри. Визначення цих характеристик дозволяє не лише розуміти особливості конкретних моделей електромобілів, але і визначити їхні можливості у взаємодії з енергетичною системою.

Зокрема, поділ за потужністю та ємністю батареї визначає, наскільки великі відстані може пройти електромобіль на одному заряді, визначаючи його придатність для довгих подорожей або міського користування. Швидкість зарядки та кількість підключень впливають на зручність використання та доступність зарядної інфраструктури для користувачів.

Було проведено дослідження технічних характеристик різних сучасних марок та моделей електромобілів, які наведено в таблицях 2.8, 2.9 та 2.10. А саме розглядалися:

- потужність двигуна електромобіля;
- максимальна швидкість електромобіля;
- ємності батарей;
- запас ходу;

- потужність зарядного пристрою, який можна підключити до електрокара;
- тривалість заряджання різними зарядними пристроями.

Таблиця 2.8 – Типи електромобілів за потужністю електродвигуна

Модель	Потужність, кВт	Максимальна швидкість, км/год
Tesla Model S	416-773	261-261
Tesla Model 3	211-375	233-261
Tesla Model X	193-588	250-250
Tesla Model Y	211-375	217-241
Nissan Leaf	110-160	144-155
BMW i3	125-135	150-160
Hyundai Kona EV	100-150	155-167
Kia e-Niro	100-150	167-167
Audi e-Tron	125-300	200-200
Jaguar I-PACE	294	200
Renault Zoe	52-80	135
Chevrolet Bolt EV	150	145
Hyundai Ioniq EV	100-136	165
Nissan Ariya	160-290	200-200
VW ID.3	126-204	160

Таблиця 2.9 – Моделі електромобілів за встановленою ємністю батарей

Модель	Ємність батареї (кВт·год)	Запас ходу (км)
Tesla Model S	100-102	663-663
Tesla Model 3	54-82	448-580
Tesla Model X	100-102	360-580
Tesla Model Y	54-75	468-525
Nissan Leaf	40-62	270-385
BMW i3	42-153	260-310
Hyundai Kona EV	39.2	305-484
Kia e-Niro	39.2	289-455
Audi e-Tron	71-95	273-400
Jaguar I-PACE	90	470
Renault Zoe	41-52	395-395
Chevrolet Bolt EV	66	417
Hyundai Ioniq EV	38.3	311-378
Nissan Ariya	65	360-500
VW ID.3	45-58	340-549

Таблиця 2.10 – Типи електромобілів за швидкістю заряджання

Модель	Потужність заряджання, кВт	Час заряджання (до 80%)
Tesla Model S	250	40-75 хв
Tesla Model 3	170-250	30-75 хв
Tesla Model X	250	40-75 хв
Tesla Model Y	170-250	30-75 хв
Nissan Leaf	50-100	30-75 хв
BMW i3	50	50-180 хв
Hyundai Kona EV	50-100	30 - 50 хв
Kia e-Niro	50-100	30 - 50 хв
Audi e-Tron	120-150	30-45 хв
Jaguar I-PACE	100	45-75 хв
Renault Zoe	22-50	2.3-10 год
Chevrolet Bolt EV	50-100	30 - 40 хв
Hyundai Ioniq EV	50-100	54-57 хв
Nissan Ariya	70-130	30-45 хв
VW ID.3	50-125	30-45 хв

А саме розглядались:

- потужність двигуна електромобіля;
- максимальна швидкість електромобіля;
- запас ходу;
- потужність зарядного пристрою, який можна підключити до електрокара;
- тривалість заряджання різними зарядними пристроями.

Виходячи зі світових тенденцій, було обрано чотири марки електромобілів, а саме Nissan Leaf, Tesla Model 3, Tesla Model S та BMW i3, та проведено аналіз змін технічних характеристик кожного з них, відповідно до року випуску, які вказані у таблиці 2.11, 2.12, 2.13 та 2.14 [30, 31, 32].

Таблиця 2.11 – Порівняльна характеристика різних поколінь Nissan Leaf

Модель	Nissan Leaf (2011)	Nissan Leaf (2018)	Nissan Leaf (2023)
Покоління	1	2	3
Потужність (кВт)	80-110	110-147	110-160
Ємність батареї (кВт·год)	24	40	40-62
Запас ходу (км)	117-200	243-285	270-385
Швидкість заряджання (кВт)	3.3-6.6	50-100	50-100
Час заряджання (до 80%)	8-16 год (3.3 кВт)	40-60 хв (50 кВт)	40-60 хв (50 кВт)

Таблиця 2.12 – Порівняльна характеристика різних поколінь Tesla Model 3

Модель	Tesla Model 3 (2020)	Tesla Model 3 (2023)
Покоління	1	2
Потужність (кВт)	211-450	211-375
Ємність батареї (кВт·год)	54-75	54-82
Запас ходу (км)	409-530	448-580
Швидкість заряджання (кВт)	170-250	170-250
Час заряджання (до 80%)	30-75 хв	30-75 хв

Таблиця 2.13 – Порівняльна характеристика різних поколінь Tesla Model S

Модель	Tesla Model S (2017)	Tesla Model S (2021)	Tesla Model S (2023)
Покоління	1	2	3
Потужність (кВт)	396-532	670-1020	416-773
Ємність батареї (кВт·год)	75-100	100-130	100-102
Запас ходу (км)	507-600	663-853	663-663
Швидкість заряджання (кВт)	72	250	250
Час заряджання (до 80%)	75 хв	40-75 хв	40-75 хв

Таблиця 2.14 – Порівняльна характеристика різних поколінь BMW i3

Модель	BMW i3 (2022)	BMW i3 (2018)	BMW i3 (2013)
Покоління	3	2	1
Потужність (кВт)	135	125-135	125
Ємність батареї (кВт·год)	42-153	42-94	22-33
Запас ходу (км)	260-310	235-310	130-160
Швидкість заряджання (кВт)	50	50	7,4
Час заряджання (до 80%)	36 хв	36 хв	6.5 год

Також, згідно отриманих даних по заряджанню електромобілів з деяких зарядних станцій у Києві, Черкасах, Івано-Франківську та Вінниці, було визначено електроспоживання різних марок електромобілів за окремі місяці 2023 року, що наведено у таблицях 2.15, 2.16, 2.17 та 2.18.

Так, в період з червня по листопад на декількох станціях у Києві електромобілі зарядились, в загальному, на 9021,3 кВт. Найбільше заряджання було у Volkswagen ID.4 (27,65%), за ним йдуть Hyundai Kona Electric (24,12%) та Tesla Model 3 (22,32%).

Найпопулярнішим місяцем для заряджання електромобілів у Києві був листопад, коли було спожито 1788,4 кВт. Найменшим місяцем був червень, коли було спожито лише 1307,9 кВт.

Таблиця 2.15 – Зарядна станція в Києві

Марка Авто	Місяць						Загалом (кВт)	%
	6	7	8	9	10	11		
Volkswagen ID.4	302,6	465	467,9	343,1	458,9	456,6	2494,1	27,65%
Hyundai Kona Electric	631,9	934	610,4	0	0	0	2176,3	24,12%
Tesla Model 3	255,7	102,8	182	203,2	513,1	756,9	2013,7	22,32%
Nissan Leaf	30,4	76,6	147,6	163,5	136,6	200,7	755,4	8,37%
Volkswagen e-golf	0	46,1	116,5	53,5	36,7	264,4	517,2	5,73%
Kia e-Soul	52,9	57,4	38,5	111,3	37,3	91,5	388,9	4,31%
Mercedes B-Class Electric Drive	0	0	0	187,7	67,6	11,5	266,8	2,96%
Renault ZOE 22kW	18,7	18,8	37,4	27,1	27,6	0	129,6	1,44%
Mazda MX-30	0	0	0	113,1	0	0	113,1	1,25%
Інші	15,7	68,1	71,7	2,8	1,1	6,8	166,2	1,84%
Загалом	1307,9	1768,8	1672	1205,3	1278,9	1788,4	9021,3	100,00%

У Черкасах, в період з червня по жовтень 2023 року, було спожито 2839,2 кВт. Найбільше заряджань було у Tesla Model X (25,16%), за ним йдуть Volkswagen ID.4 (20,39%) та Honda Mn-v (13,05%).

Таблиця 2.16 – Зарядні станції в Черкасах

Марка Авто	Місяць					Загалом (кВт)	%
	6	7	8	9	10		
Tesla Model X	0	0	0	387,6	326,7	714,3	25,16%
Volkswagen ID.4	4,6	14,5	162	195	202,9	579	20,39%
Honda Mn-v	71,8	64,9	20,8	112,8	100,2	370,5	13,05%
Mazda MX-30	0	0	94,4	85,4	0	179,8	6,33%
Honda e:NS1	0	101,2	0	17,5	12,7	131,4	4,63%
Tesla Model S	0	0	0	7,4	116,1	123,5	4,35%
Tesla Model 3	30,5	58,7	0	0	13,4	102,6	3,61%
Hyundai IONIQ Electro	6,8	0	0	10,1	80,9	97,8	3,44%
BYD ATTO 3	0	0	95,4	0	0	95,4	3,36%
Nissan Leaf 1	0	78,5	0	10,9	0	89,4	3,15%
Volkswagen ID.3	0	9,4	0	19,8	10,6	39,8	1,40%
Peugeot e-2008 SUV	0	0	0	39,1	0	39,1	1,38%
BYD Tang	0	36,2	0	0	0	36,2	1,28%
Nissan Leaf	0	0	0	27,3	8,4	35,7	1,26%
Інші	33,3	33,9	20,6	48,7	68,2	204,7	7,21%
Загалом	147	397,3	393,2	961,6	940,1	2839,2	100,00%

Загалом у вересні, жовтні та листопаді 2023 року в Івано-Франківську було заряджено електромобілів на 8945,3 кВт.

Найпопулярнішою маркою електромобілів, які заряджались на зарядних станціях в Івано-Франківську, згідно вихідних даних, є Tesla Model 3. У вересні, жовтні та листопаді 2023 року Tesla Model 3 зарядились на 1646,4 кВт електроенергії, що становить 18,41% від загального споживання за цей період.

На другому місці за популярністю є Nissan Leaf. У вересні, жовтні та листопаді 2023 року Nissan Leaf спожили 1381,3 кВт, що становить 15,44% від загального споживання за цей період.

На третьому місці за популярністю є Volkswagen ID.4. У вересні, жовтні та листопаді 2023 року було спожито 1285 кВт цією маркою, що становить 14,37% від загального споживання за цей період.

Інші популярні електромобілі включають Volkswagen ID.4, Volkswagen e-golf, Tesla Model S, Tesla Model Y та Jaguar I-Pace.

Таблиця 2.17 – Зарядні станції в Івано-Франківську

Марка Авто	Місяць			Загалом (кВт)	%
	9	10	11		
Tesla Model 3	66,4	827,5	752,5	1646,4	18,41%
Nissan Leaf	248,1	622,1	511,1	1381,3	15,44%
Volkswagen ID.4	194,6	608,6	481,8	1285	14,37%
Renault ZOE	2,9	193,8	905,6	1102,3	12,32%
Volkswagen e-golf	65,7	383,4	353,3	802,4	8,97%
Tesla Model S	0	196,3	425,3	621,6	6,95%
Tesla Model X	22,6	236,9	314,9	574,4	6,42%
Tesla Model Y	0	165,5	392,2	557,7	6,23%
Jaguar I-Pace	0	256,6	249,5	506,1	5,66%
Nissan Leaf 2	47,2	245,8	174,9	467,9	5,23%
Peugeot e-2008 SUV	0	76,4	106,1	182,5	2,04%
Honda e:NS1	0	29,6	111,1	140,7	1,57%
Honda Mn-v	24,9	81,3	31,8	138	1,54%
BMW i3	0	71,8	49,5	121,3	1,36%
Audi Q4 e-tron	0	113,7	0	113,7	1,27%
Інші	88,8	512,8	348,8	950,4	10,62%
Загалом	694,8	3794,6	4455,9	8945,3	100,00%

Загалом, у місяці 2023 року електромобілі у Вінниці спожили 16353,2 кВт електроенергії.

Найпопулярнішими електромобілями, на зарядних станціях які були надані, у Вінниці є Tesla Model 3 і Nissan Leaf. У період з липня по листопад 2023 року електромобілі цих марок спожили загалом 5723,3 кВт електроенергії, що становить 34,75% від загальної кількості електроенергії, спожитої усіма електромобілями у Вінниці за цей період.

Інші популярні електромобілі у Вінниці включають Volkswagen ID.4, Volkswagen e-golf, Tesla Model S, Tesla Model Y та Jaguar I-Pace.

Таблиця 2.18 – Зарядні станції у Вінниці

Марка Авто	Місяць					Загалом (кВт)	%
	7	8	9	10	11		
Tesla Model 3	367,2	537,8	684,8	920,5	719,8	3231,20405	19,62%
Nissan Leaf	260,7	231,8	439,5	820,5	738,8	2492,085616	15,13%
Volkswagen e-golf	31,9	199,3	186,8	357,4	494,9	1270,655967	7,71%
Tesla Model S	75,3	94,6	286,7	384,8	183,8	1025,509827	6,23%
Tesla Model Y	0	109,3	32,1	362,4	469,7	973,7347152	5,91%
Volkswagen ID.4	92,6	114,1	111,9	148,3	443	910,195461	5,53%
Jaguar I-Pace	0	25,7	189,2	335,8	257,4	808,292651	4,91%
Mercedes EQC	44,3	101,6	243,5	183,1	152,9	725,6291242	4,41%
Tesla Model X	38,9	166,7	133,2	165,8	174,5	679,3205977	4,12%
Nissan Leaf 2	51,9	66,9	136,4	315,2	102,5	673,098336	4,09%
Chevrolet Volt	4,6	29,5	137,5	272,9	34,4	479,0182806	2,91%
Audi Q8 e-tron	91,6	104,6	76,1	114,6	13	400,072333	2,43%
Hyundai IONIQ Electro	0	23,8	64,8	90,1	125,5	304,2768914	1,85%
Renault ZOE	18	5,9	81,1	112,8	38,3	256,1730393	1,56%
Audi e-tron	0	0	0	192,7	51,1	243,8469647	1,48%
Opel Ampera-e	6,6	73,7	40,5	17,6	43,4	181,8647078	1,10%
Інші	96,6	352,5	311,8	709,1	350,4	1820,948965	11,77%
Загалом	1180,2	2237,8	3155,9	5503,6	4275,7	16353,2	100,00%

2.4 Методи та підходи участі електромобілів в управлінні попитом

2.4.1 Методи та підходи управління навантаженням

Управління попитом — це «планування, реалізація та моніторинг діяльності комунального підприємства розподільної мережі, спрямованої на вплив споживачів на споживання електроенергії таким чином, що призведе до бажаних змін у формі навантаження. Чотири основні стратегії задіяні в DSM: енергоефективність (EE), час використання (ToU), спінінговий резерв і реагування на попит (DR).

Основну мету DSM можна реалізувати за допомогою інтеграції EV у двох широких програмах: енергоефективність і методи управління навантаженням.

Загалом, основними проблемами є робота енергосистеми, коливання попиту на навантаження та збільшення попиту і пропозиції під час пікового використання. Навпаки, коли широкомасштабне впровадження електромобілів у мережеву систему здійснюється без належного планування, ці проблеми стають більш критичними. Якщо гнучку природу електромобілів можна розглядати з боку використання кінцевим користувачем і їх можна реалізувати як змінне

навантаження, реалізація DSM-EV може спроектувати себе як чудовий підхід до вирішення цих проблем [33].

Для належного впровадження методів DSM-EV необхідно агрегувати конкретні дані, які показано на рисунку 2.6 , яка включає:

- тариф на зарядку/розрядку;
- період зарядки/розрядки;
- управління автостоянкою;
- відстань, яку проїхали електромобілі;
- споживання допоміжної енергії під час звичайних умов руху EV;
- фактичне чисте виробництво та споживання (на основі кількості

електромобілів, стану заряду системи накопичення енергії акумулятора (BESS) електромобіля та згоди власника на участь).

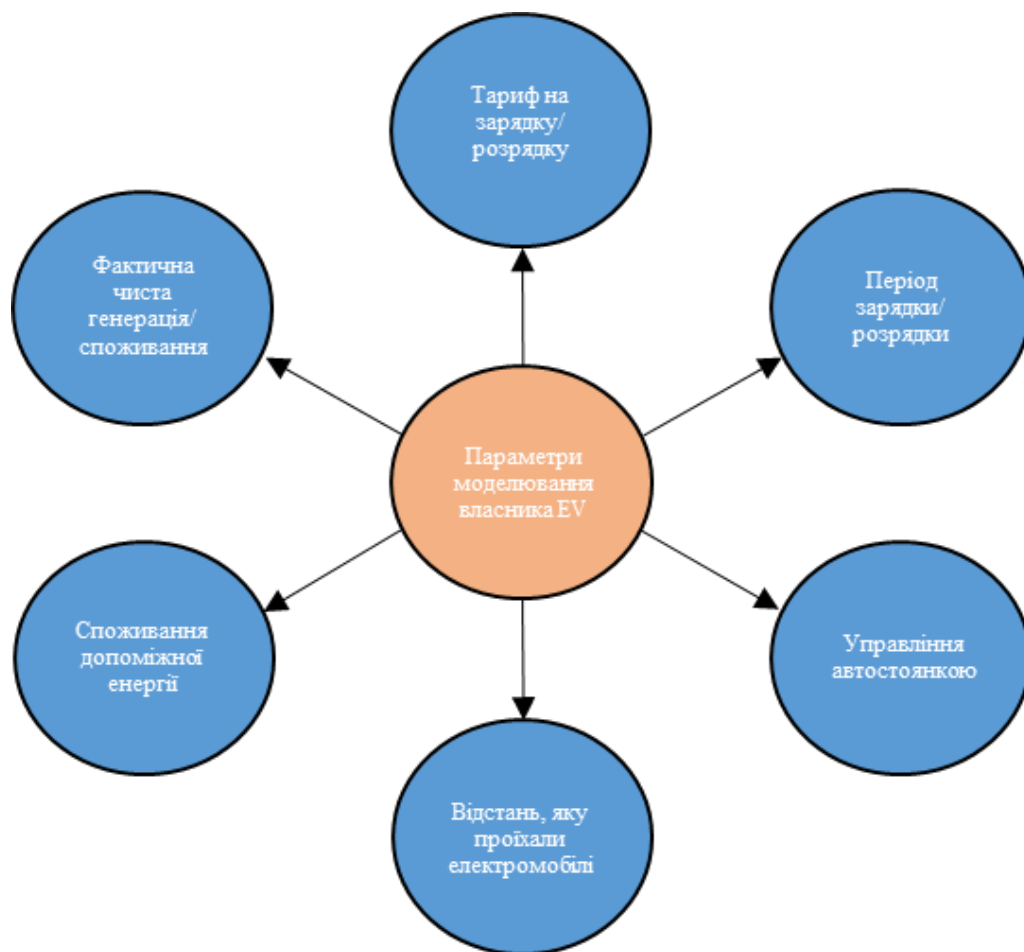


Рисунок 2.6 – Дані, які потрібно зібрати для моделювання EV у задачах оптимізації.

Враховуючи можливості та переваги, які пропонують електромобілі, та їхнє включення в систему SG, програми DSM і DR можна застосовувати в різних аспектах стратегій управління енергією Smart Grid. Це можна зробити за допомогою належної інфраструктури та скоординованої роботи, як показано на рисунку 2.7. Подібна керуюча та операційна структура проілюстрована на рис.2.8, де описано взаємодію між різними компонентами системи EV-DSM. Наступним кроком є вибір відповідних програм DSM для належного впровадження EV-DSM, який виконується на основі наявних даних, зібраних із різних моделей використання та джерел. Під час розробки стратегій оптимізації DSM необхідно враховувати різні чинники для розгляду відповідних змінних, які необхідно аналізувати. Основні цілі програм DSM-EV можуть бути реалізовані лише за умови врахування різних невизначеностей, обмежень і доступних ресурсів [33].

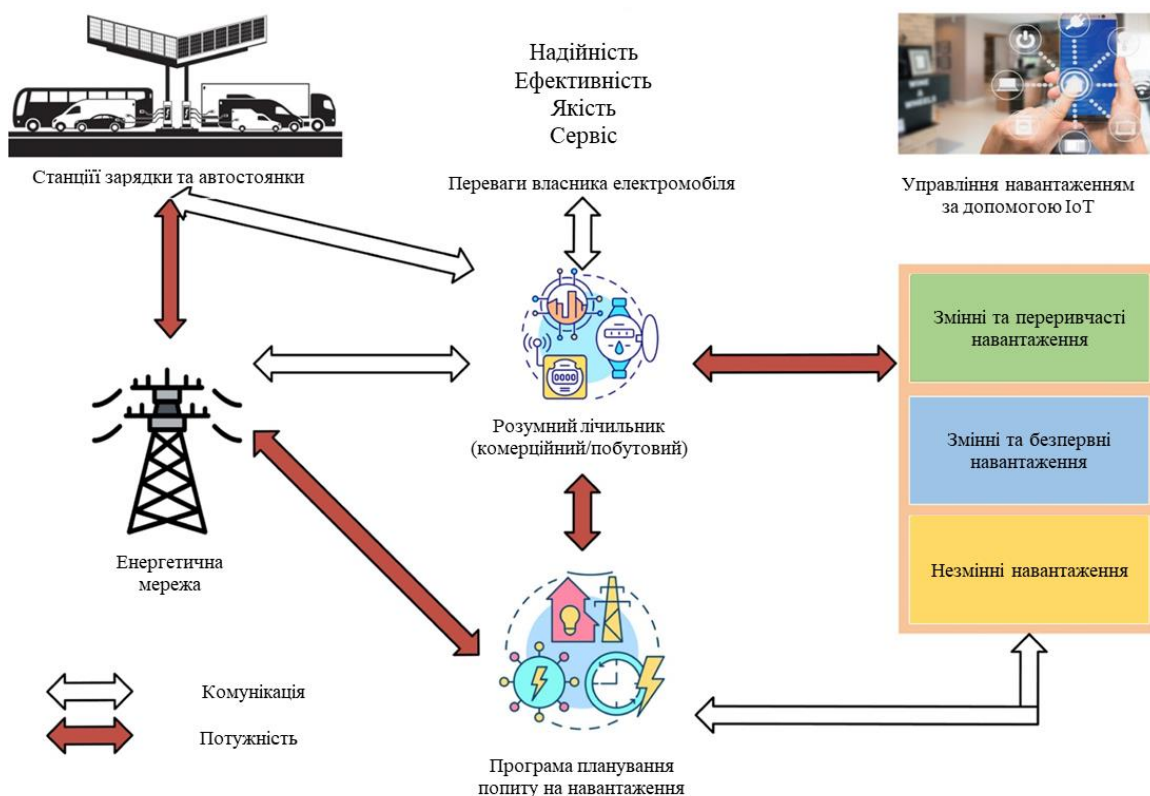


Рисунок 2.7 - Загальна робота EV у координації з програмами DSM та розумними мережами

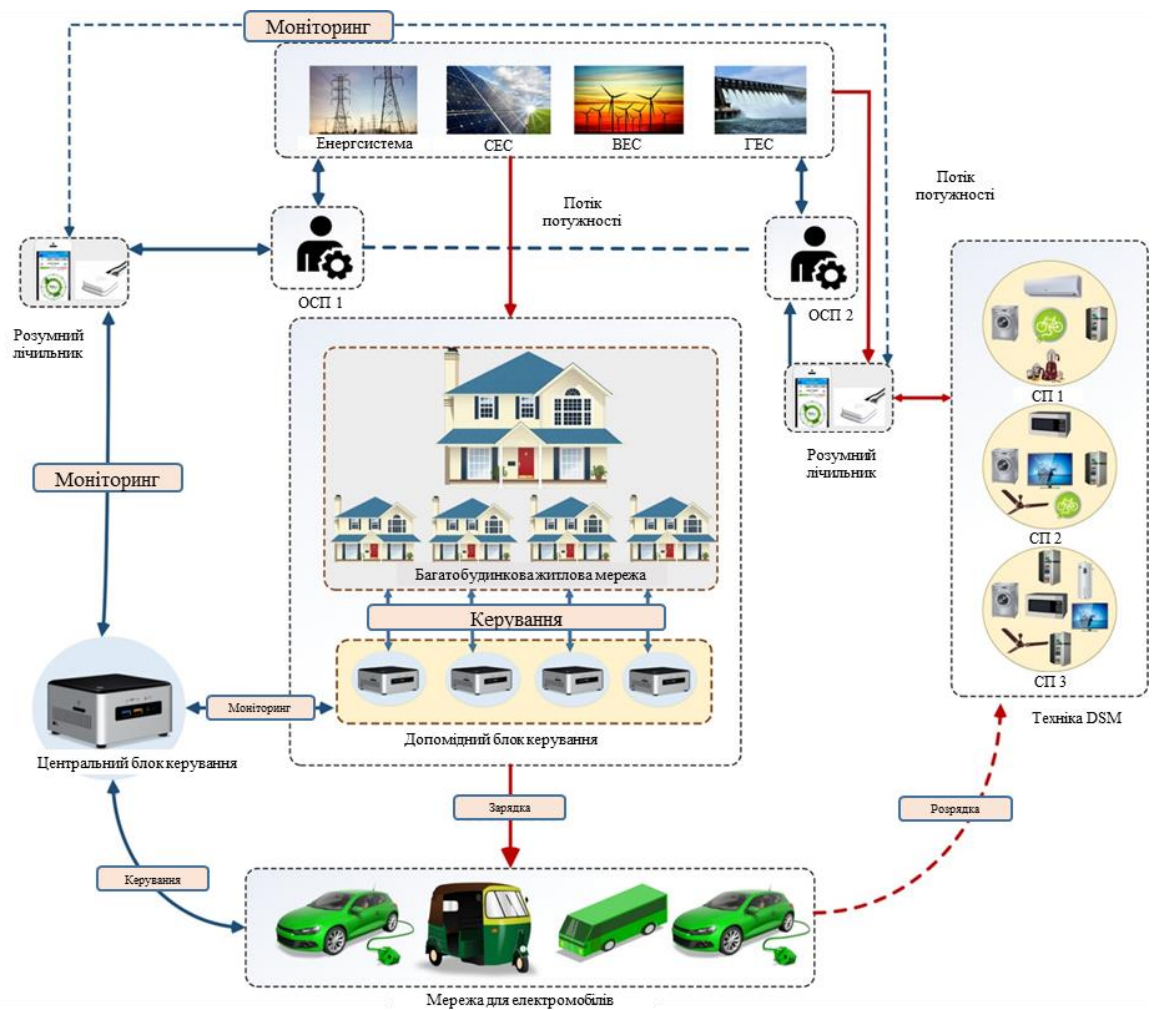


Рисунок 2.8 - Операційна структура та функціонування EV-DSM

DSM традиційно розглядається як засіб зниження пікового навантаження на електроенергію в мережі. За рахунок зниження загального навантаження на електричну мережу DSM дає змогу зменшити кількість аварій шляхом зменшення кількості відключень, а також підвищити надійність системи.

Застосування програм DSM надає змогу подолати бар'єри, які заважають прийняттю багатьох супутніх програм з енергоефективності і залучити грошові кошти з отриманого економічного ефекту від раціонального використання електроенергії та заощаджень з позапікового споживання [33].

Основний механізм програм DSM зображено на рисуюнок 2.9.

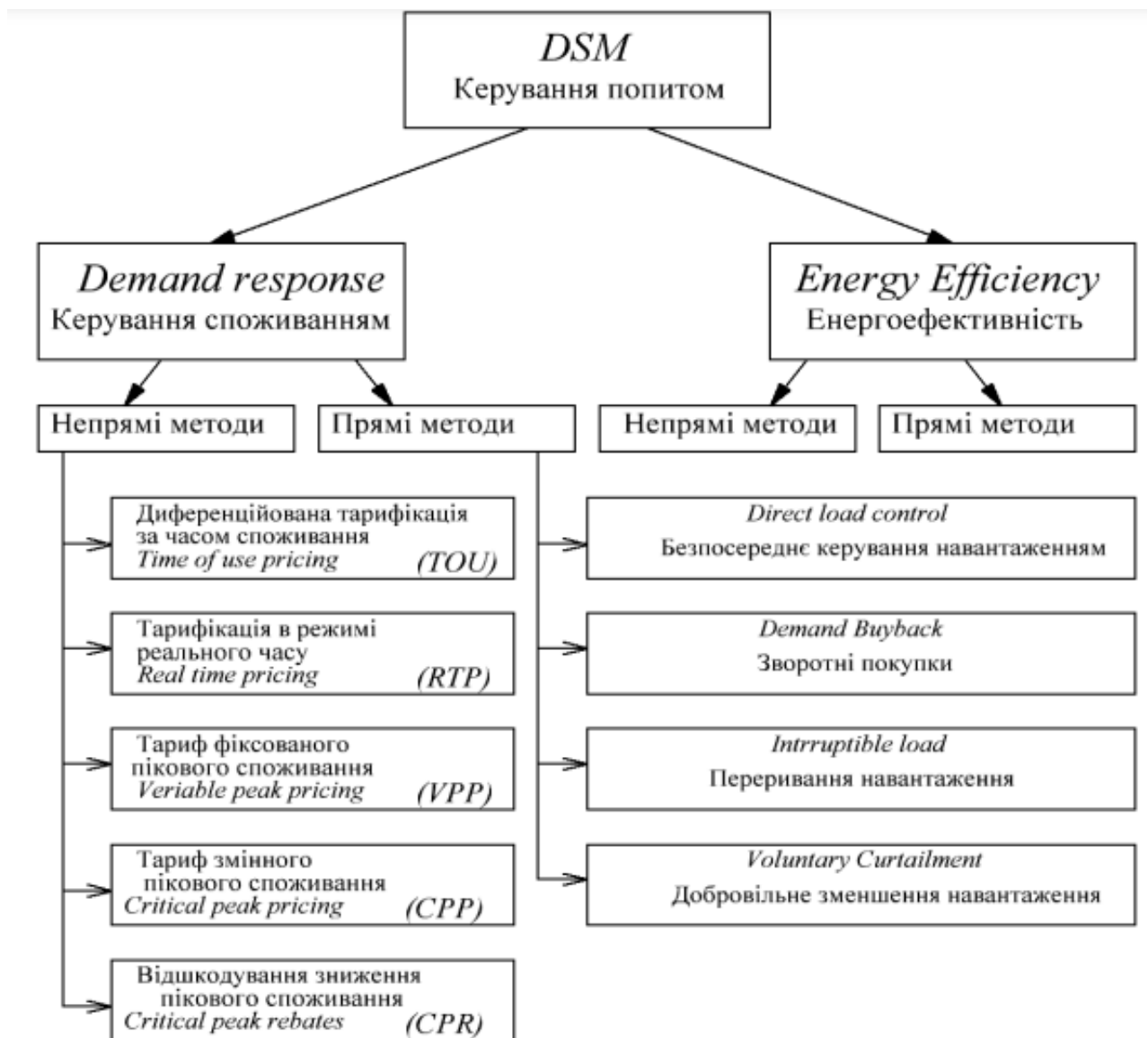


Рисунок 2.9 - Основні види та механізми DSM [34]

Інші механізми програм DSM можуть включати в себе:

- зменшення пікового навантаження;
- заповнення провалів;
- перенесення навантаження.

Зменшення пікового навантаження - це практика перенесення споживання електроенергії з пікових годин на інші періоди часу, зображено на рисунку 2.10. Це може допомогти знизити навантаження на електромережу та запобігти перебоям у електропостачанні.

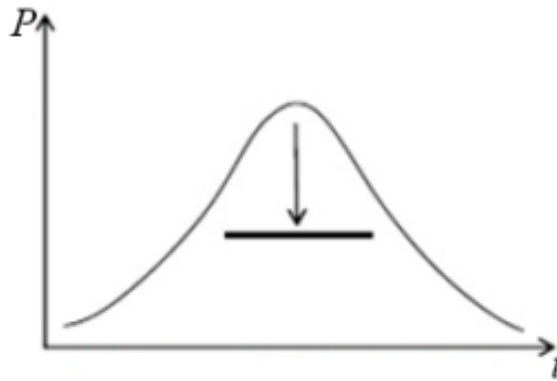


Рисунок 2.10 – Візуалізація зменшення пікового навантаження [34]

Є кілька способів зменшити пікове навантаження. Один із способів - використовувати енергоефективні пристрої та освітлення. Інший спосіб - переміщувати споживання електроенергії на інші періоди часу, наприклад, заряджати електромобілі вночі [35].

Заповнення провалів - це практика використання надлишкової електроенергії, яка виробляється відновлюваними джерелами енергії, такими як сонячна та вітрова енергія, в періоди низького попиту на електроенергію, яка зображена на рисунку 2.11. Це може допомогти збалансувати електромережу та запобігти перебоям у електропостачанні.

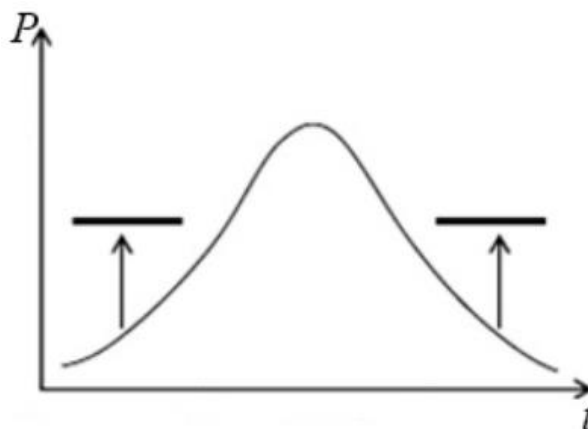


Рисунок 2.11 – Візуалізація програми заповнення провалів [34]

Заповнення провалів у навантаженні може бути здійснено за допомогою різних технологій, включаючи:

- зберігання енергії: надлишкову електроенергію можна зберігати в батареях, гідроакумуючих станціях або інших накопичувачах енергії;
- розподілена генерація: надлишкову електроенергію можна використовувати для зарядки електромобілів, опалення або охолодження будинків або для інших цілей;
- передача енергії на інші ринки: надлишкову електроенергію можна передавати на інші ринки, де попит на електроенергію вищий.

Перенесення навантаження - це практика переміщення споживання електроенергії з однієї зони доби на іншу, яка зображена на рисунку 2.12. Це може бути зроблено з різних причин, включаючи:

- зменшення пікового навантаження: перенесення споживання електроенергії з пікових годин на інші періоди часу може допомогти знизити навантаження на електромережу та запобігти перебоям у електропостачанні;
- збалансування електромережі: перенесення споживання електроенергії з одного регіону на інший може допомогти збалансувати електромережу та запобігти перебоям у електропостачанні;
- забезпечення надійності електропостачання: перенесення споживання електроенергії з одного джерела електроенергії на інше може допомогти забезпечити надійність електропостачання в разі збоїв у роботі одного з джерел.

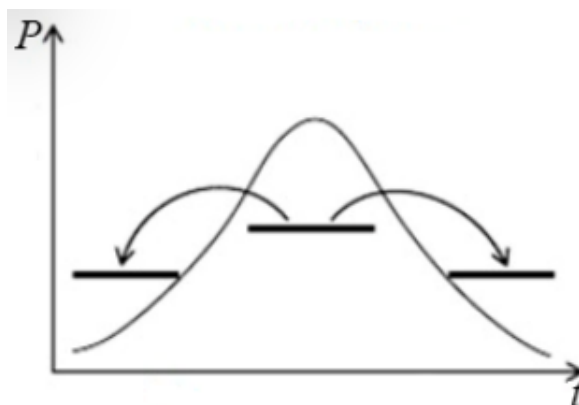


Рисунок 2.12 – Візуалізація програми перенесення навантаження [34]

Перенесення навантаження може бути здійснено за допомогою різних технологій, включаючи:

- зміна часу використання електроприладів: наприклад, люди можуть заряджати електромобілі вночі, коли попит на електроенергію нижчий;
- передача електроенергії між регіонами: наприклад, електроенергія з вітряних електростанцій в одному регіоні може передаватися в регіон, де попит на електроенергію вищий;
- зміна джерела електроенергії: наприклад, електроенергія з теплової електростанції може використовуватися для компенсації втрат електроенергії з відновлюваних джерел енергії.

Деякі країни та міста впроваджують програми та стимули для заохочення використання механізмів програм DSM. Наприклад, деякі країни пропонують податкові пільги для підприємств, які переміщують споживання електроенергії на ніч [36].

2.4.2 Використання технологій Vehicle to Grid та Vehicle to Home в управлінні попитом

На фоні зростаючої електрифікації автомобільного ринку виникає необхідність вдосконалення електромереж, оскільки значна кількість електромобілів передбачає одночасне заряджання, особливо в пікові години. Цей фактор часто визнається ключовим стримуючим чинником та ризиком для подальшого розвитку електромобільної індустрії світовими лідерами.

Один електромобіль може забезпечити електроенергією будинок на тривалий період, до трьох-чотирьох днів. Це досягається завдяки технологіям "Vehicle-to-Home" та "Vehicle-to-Grid".

Впровадження системи V2G дозволяє оптимізувати витрати електроенергії в залежності від часу доби. Власник V2G-мобіля може ефективно використовувати своє транспортне засіб, заряджаючи його вночі за низькими тарифами, а вранці в період пікового навантаження продавати невикористану енергію за високим

тарифом. Така стратегія не лише приносить вигоди власнику, але й сприяє стабілізації роботи електромережі міста.

Використання технології V2G у поєднанні з V2H дозволяє власникам електромобілів, обладнаних домашніми сонячними панелями, функціонувати як виробники, так і споживачі енергії. Власник може використовувати сонячні панелі для заряджання автомобіля та продажу надлишків енергії в міську мережу під час пікового навантаження.

Для впровадження цих технологій потрібні спеціалізовані двонаправлені зарядні пристрої, які виступають інтерфейсом між мережею та електромобілем, регулюючи заряд та розряд акумуляторів. Підключаючи батарею електромобіля до постійного струму, такий пристрій контролює процес електрозарядки та розрядки, забезпечуючи необхідне перетворення струму.

Таким чином, схема роботи V2H та V2G зображена на рисунку 2.13. Ці технології дозволяють створити ідеальне поєднання – електричної мобільності та сонячної енергії. Сонячні панелі перетворюють енергію сонця в електрику, а батарея електрокару – використовується як накопичувач енергії, постачаючи її в дім, коли це необхідно [37].

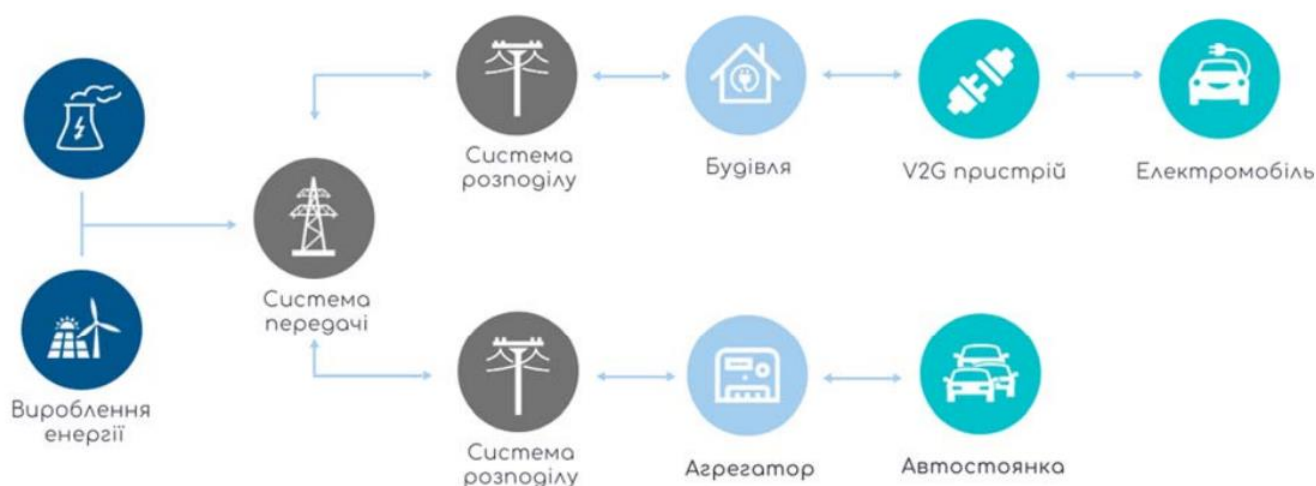


Рисунок 2.13 – Схема роботи V2G та V2H [37]

Частка відновлювальних джерел енергії в генерації електрики в Європі стабільно збільшується – за даними аналітичного агентства Ember, за підсумками першого півріччя 2020 року частка ВДЕ склала 40%, і вперше в історії вона перевищила частку викопного палива (вугілля та природного газу) [37].

Проте вітрові та сонячні електростанції характеризуються нерівномірністю генерування електроенергії через пряму залежність від погодних умов та частою невідповідністю між попитом і пропозицією. Зокрема, сонячна енергія, яка є достатньою протягом дня, є недостатньою в години пікового попиту ввечері. Спосіб мінімізації цих невідповідностей полягає у зберіганні надлишкової енергії в батареях під час її генерації та використанні цієї енергії в майбутньому, коли це буде необхідно. Ще одним важливим аспектом є збільшення навантаження на електричну мережу, особливо в періоди пікового попиту ввечері.

За прогнозами ІЕА, у випадку вечірньої зарядки електромобілі будуть додавати 60 ГВт до пікового попиту в Китаї, 50 ГВт в Сполучених Штатах та Європейському Союзі та 20 ГВт в Індії до 2030 року, що зображено на рисунку 2.14 [37].

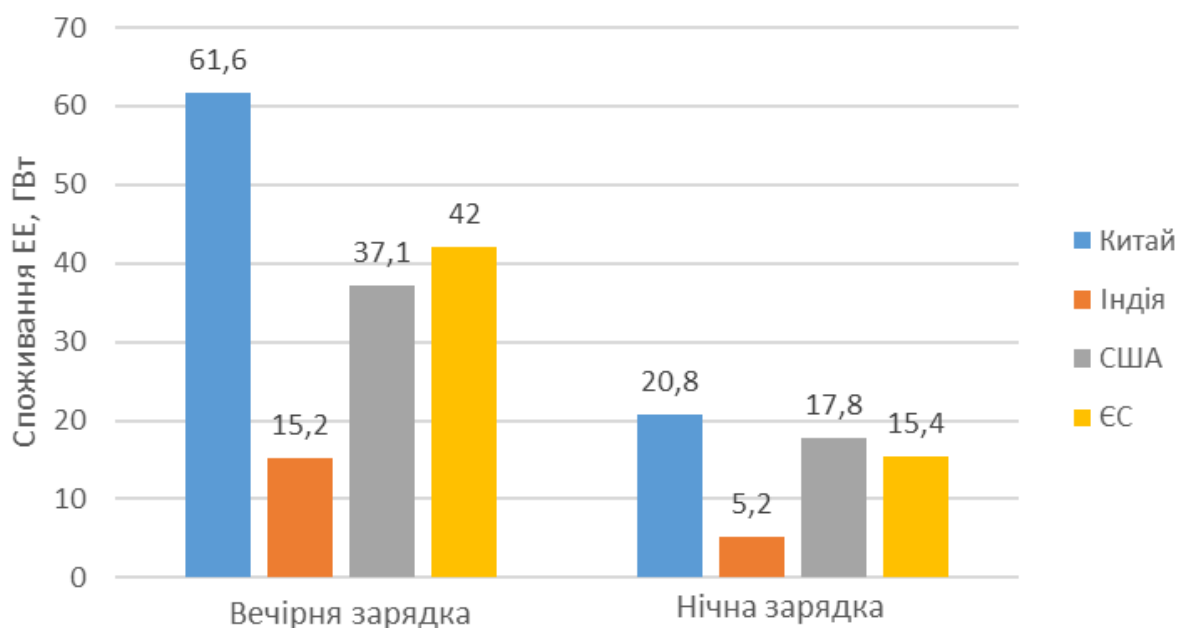


Рисунок 2.14 – Внесок електричних транспортних засобів до щогодинного пікового попиту

За допомогою технологій V2G та V2H, електромобілі можна використовувати не тільки як споживачів електричної енергії, а і як системи накопичення для зменшення пікових навантажень. В таблиці 2.19 наведені переваги та недоліки технологій V2G та V2H.

Таблиця 2.19 – Переваги та недоліки технологій V2G та V2H

Переваги	Недоліки
1) Використання як джерела живлення під час відключення електроенергії.	1) Капітальні та енергетичні витрати на силову електроніку, ризик прискореної деградації батареї.
2) Зниження споживання електроенергії в години пік.	2) Проблема сумісності зі стандартами зарядки.
3) Можливість одночасного використання побутової ємності.	3) Необхідність регуляції ринку електроенергії.
4) Ефективне використання природної енергії та енергетична незалежність.	4) Необхідність додаткових інвестицій у розвиток відповідної зарядної інфраструктури.
5) Фінансова економія.	

Висновки до розділу

В результаті аналізу нормативно-правових актів, було описано алгоритм та основні вимоги, щодо встановлення та приєднання зарядних станцій для електромобілів до мереж оператора системи розподілу. Наведено основні права, обов'язки та заборони, участі суб'єктів на ринку функціонування електромобілів та зарядних станцій.

Досліджено сучасні технології до формування систем електромобіль та мережа, а саме швидка, бездротова, динамічна провідна зарядки та використання інтернету речей для електромобілів. Ці технології сприяють створенню інфраструктури, що відповідає потребам електромобільної системи, роблячи її більш доступною та привабливою для користувачів. В подальшому розвитку цих технологій можна очікувати вдосконалення систем заряджання та використання електромобілів, що сприятиме їхньому широкому впровадженню та стане важливим кроком у напрямку стабілізації транспортної системи.

Проаналізовано методи та підходи участі електромобілів в управлінні попитом. Розглянуто підходи направлені на зменшення пікового навантаження,

заповнення провалів та перенесення навантаження. Технології V2G та V2H дозволяють ефективно використовувати електромобілі як активні ресурси, що можуть постачати електроенергію в електричну мережу та у власні будинки під час пікових періодів, а також взяти участь у регулюванні навантаження, що сприяє згладжуванню пікових навантажень та оптимізації використання електроенергії.

3 ПРОЦЕДУРА ОЦІНЮВАННЯ УЧАСТІ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ В УПРАВЛІННІ ЕЛЕКТРОНАВАНТАЖЕННЯМ

3.1 Аналіз споживання електричної енергії електромобілями від зарядних станцій

Були отримані дані за певні місяці 2023 року по деяким зарядним станціям для зарядки електромобілів, а саме:

- дві станції на 7 кВт та одна на 22 кВт у Черкасах;
- чотири станції на 7 кВт та дві на 22 кВт у Києві;
- одна станція на 7 кВт, дві на 22 кВт, одна на 50 кВт та дві на 80 кВт у Івано-Франківську;
- по одній станції на 7, 22, 50 та 80 кВт у Вінниці.

Згідно вихідних даних були зроблені графіки електричного навантаження (ГЕН), тобто кількість спожитої електроенергії протягом місяця, для кожного міста.

Помісячний ГЕН та кількість підключень електромобілів до зарядних станцій в Києві з лютого по листопад 2023 року, зображено на рисунку 3.1.

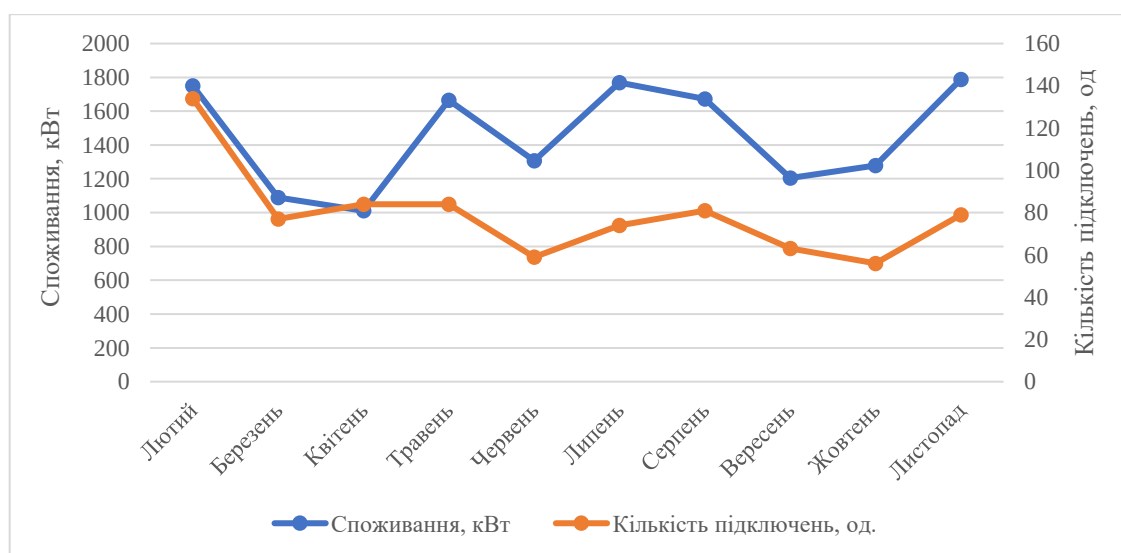


Рисунок 3.1 – ГЕН та кількість підключень для Києва

Помісячний ГЕН та кількість підключень електромобілів в Черкасах з червня по жовтень 2023 року зображено на рисунку 3.2.

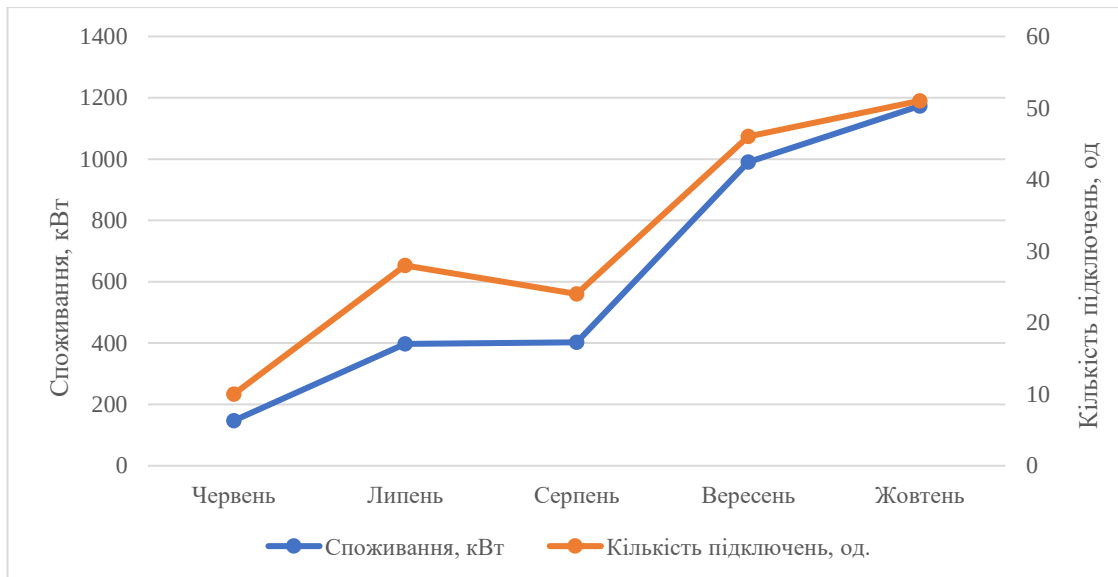


Рисунок 3.2 – ГЕН та кількість підключень для Черкас

Помісячний ГЕН та кількість підключень електромобілів в Вінниці з липня по листопад 2023 року зображено на рисунку 3.3.

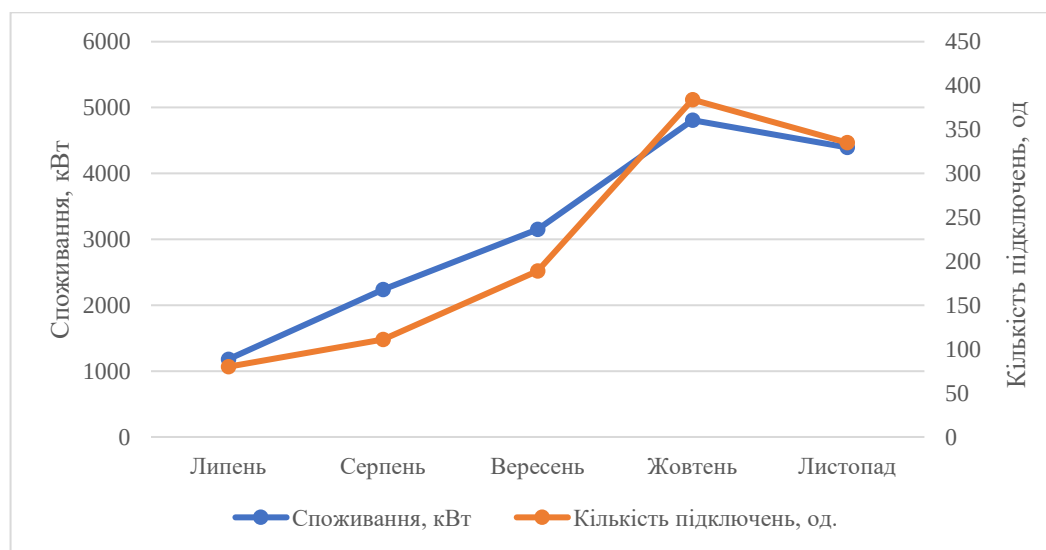


Рисунок 3.3 – ГЕН та кількість підключень для Вінниці

Помісячний ГЕН та кількість підключень електромобілів в Івано-Франківську з жовтня по листопад 2023 року зображено на рисунку 3.4.

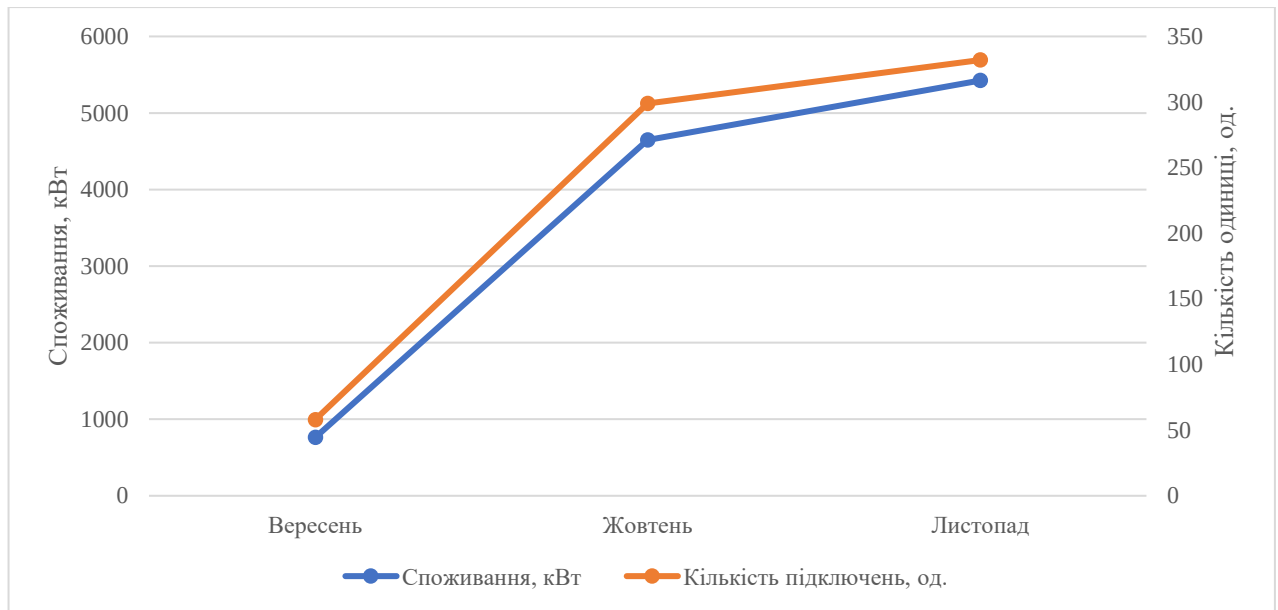


Рисунок 3.3 – ГЕН та кількість підключень для Івано-Франківську

Згідно результатів аналізу вихідних даних, було зроблено графіки погодинного підключення електромобілів до станцій, які дозволяють визначити навантаження на енергосистему протягом дня, у пікові та напівні години, а також у години нічного провалу. На рисунку 3.1, 3.2 та 3.3 зображені графіки погодинного підключення електромобілів до зарядних станцій у лютому, березні та квітні 2023 року, відповідно.

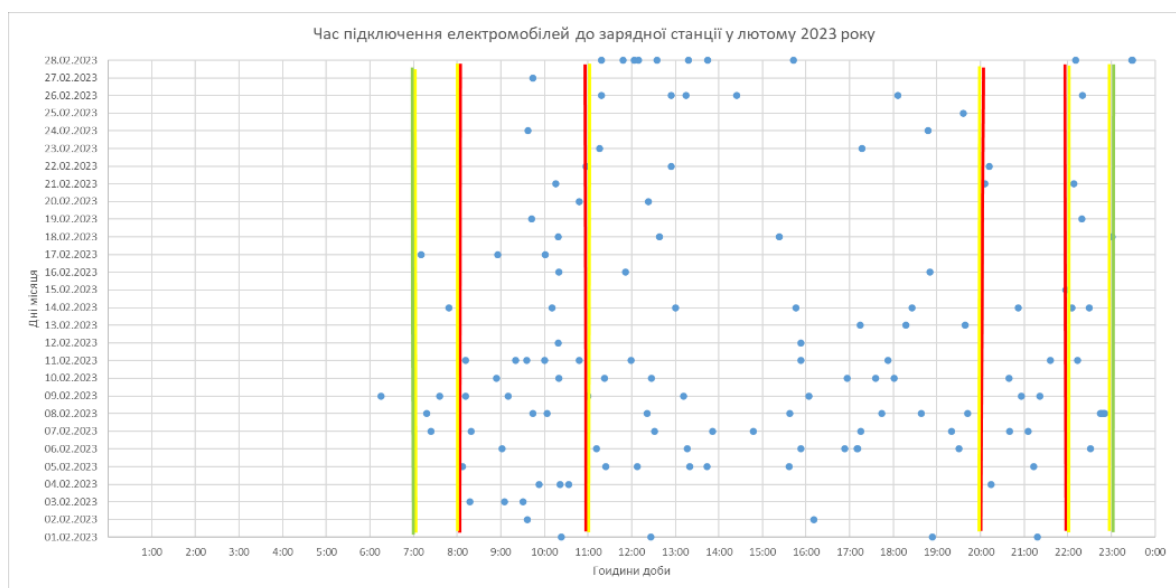


Рисунок 3.1 – Погодинне підключення електромобілів до зарядних станцій у лютому 2023 року

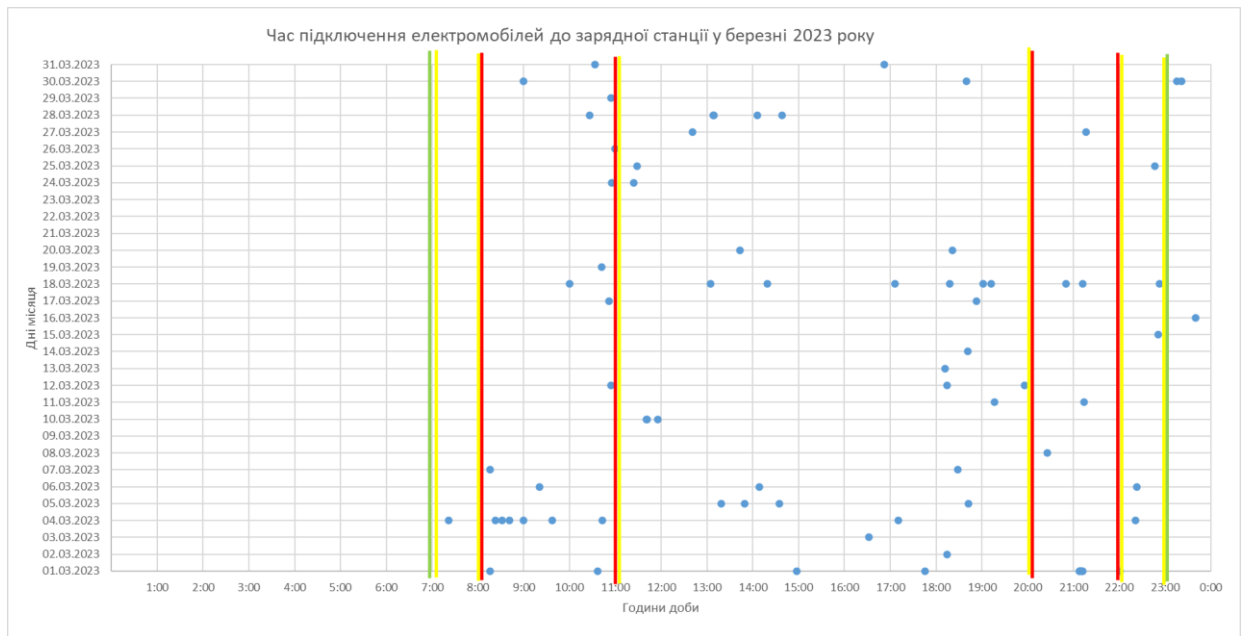


Рисунок 3.2 – Погодинне підключення електромобілів до зарядних станцій у березні 2023 року

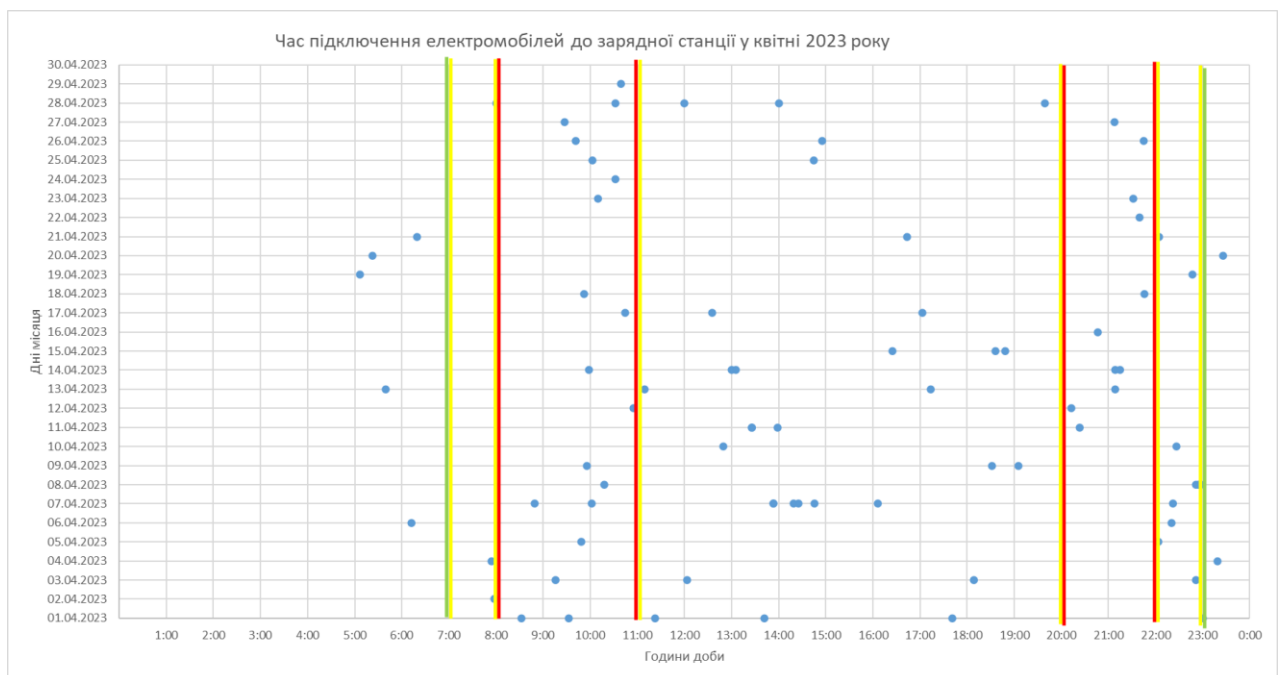


Рисунок 3.3 – Погодинне підключення електромобілів до зарядних станцій у квітні 2023 року

На графіках 3.1, 3.2 та 3.3 пікові години – виділені червоними лініями, напівпікові – жовтими та години нічного провалу – зеленими.

Це дає змогу визначити кількість підключень у відповідні зони доби та помісячно, що наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Кількість підключень електрокарів до зарядних станцій за періодами часу та помісячно

Місяць	Пікові години	Напівпікові години	Години нічного провалу	Загальна кількість підключень
Лютий	47	83	4	134
Березень	30	44	3	77
Квітень	31	45	8	84

Також, було визначено споживання електричної енергії електромобілями у зонах доби, яке відображено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Споживання електроенергії (кВт) електромобілями за періодами часу та помісячно

Місяць	Пікові години	Напівпікові години	Години нічного провалу	Загальне споживання
Лютий	613,2	1082,9	52,2	1748,3
Березень	391,4	574,1	39,1	1004,6
Квітень	404,5	587,1	104,4	1096,0
Загальне	1409,1	2244,1	195,7	3849,0

За результатами аналізу підключення, визначили відсотковий розподіл навантаження електромобілями на мережу у зонах доби, який відображено у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Навантаження електромобілів у різні години доби

Пікові години	Напівпікові години	Години нічного провалу
37%	58%	5%

Згідно зробленого аналізу можна зазначити, що більше електромобілі спожили у напівпікові години – 58% або 2244,1 кВт, у пікові години – 37% або 1409,1 кВт та у години нічного провалу – 5% або 195,7 кВт.

3.2 Прогнозування споживання електроенергії електромобілями з використанням методів математичної статистики

Регресійний аналіз - це метод встановлення аналітичного виразу стохастичної залежності між досліджуваними ознаками. Рівняння регресії показує, як у середньому змінюється y при зміні будь-якого з x_i , і має вигляд:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (3.1)$$

де y – залежна змінна;

x_i – незалежні змінні (фактори).

Для виявлення тенденцій споживання електроенергії електромобілями, використаємо вихідні дані по 10-ти станціям для зарядки у Івано-Франківську та Вінниці за жовтень 2023 року, що наведені у таблиці 3.4.

Згідно вихідних даних, для прогнозування споживання електроенергії електромобілями, необхідно отримати рівняння регресії.

Виконаємо графічну побудову лінії регресії, за допомогою побудови лінії тренду у MS Excel, для лінійної, логарифмічної, поліноміальної (2-го, 3-го та 4-го

порядку) та степеневій функції, які зображені на рисунках 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8 та 3.9, відповідно.

Таблиця 3.4 – Вихідні дані за жовтень 2023 року

Дата	Споживання, кВт	Кількість підкл., од.
01.10.2023	314,5	21
02.10.2023	298,5	18
03.10.2023	205,6	16
04.10.2023	219,5	13
05.10.2023	200,4	11
06.10.2023	257,5	19
07.10.2023	349,1	20
08.10.2023	448,8	21
09.10.2023	282,1	18
10.10.2023	470,7	26
11.10.2023	170	15
12.10.2023	198	12
13.10.2023	257,6	18
14.10.2023	132,5	14
15.10.2023	369,8	17
16.10.2023	364,7	20
17.10.2023	325,1	18
18.10.2023	492,9	23
19.10.2023	440,1	21
20.10.2023	491,5	29
21.10.2023	219,8	17
22.10.2023	166,3	16
23.10.2023	288,3	18
24.10.2023	204	17
25.10.2023	390,9	25
26.10.2023	394,7	27
27.10.2023	620,9	33
28.10.2023	570,8	28
29.10.2023	422,6	30
30.10.2023	365	21
31.10.2023	210	15

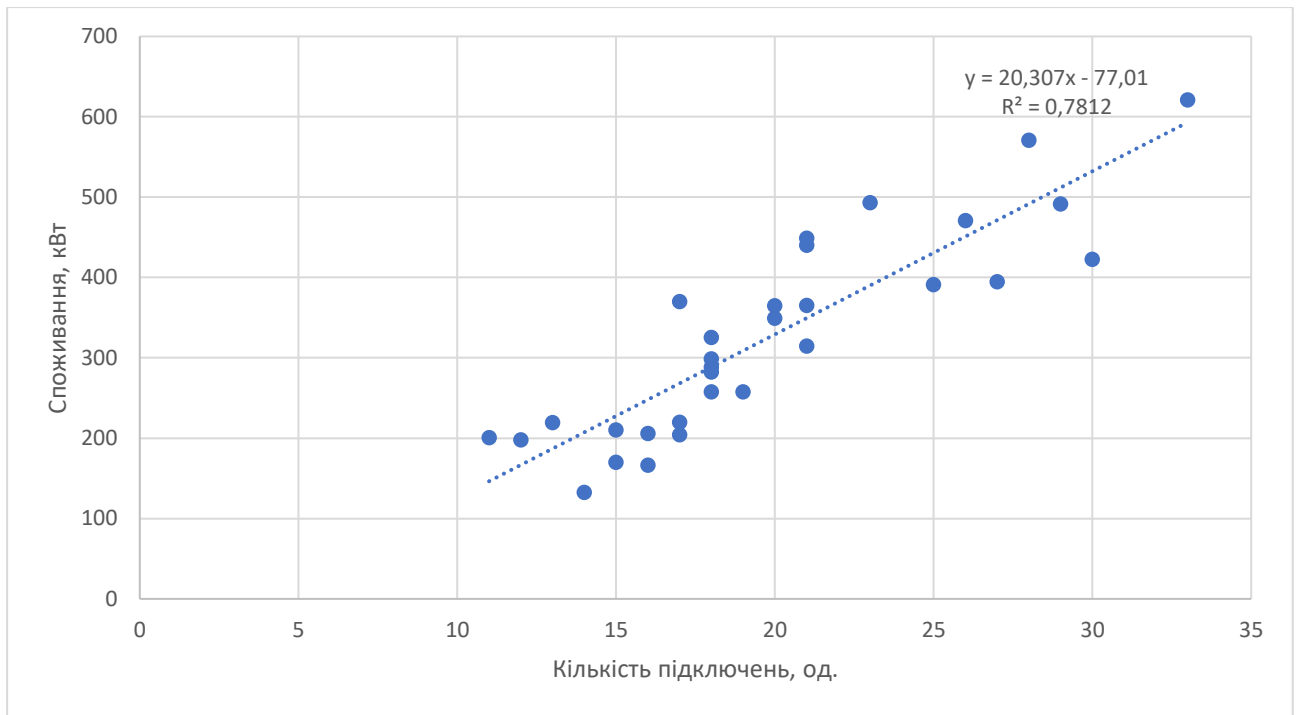


Рисунок 3.4 – Лінійна лінія тренду

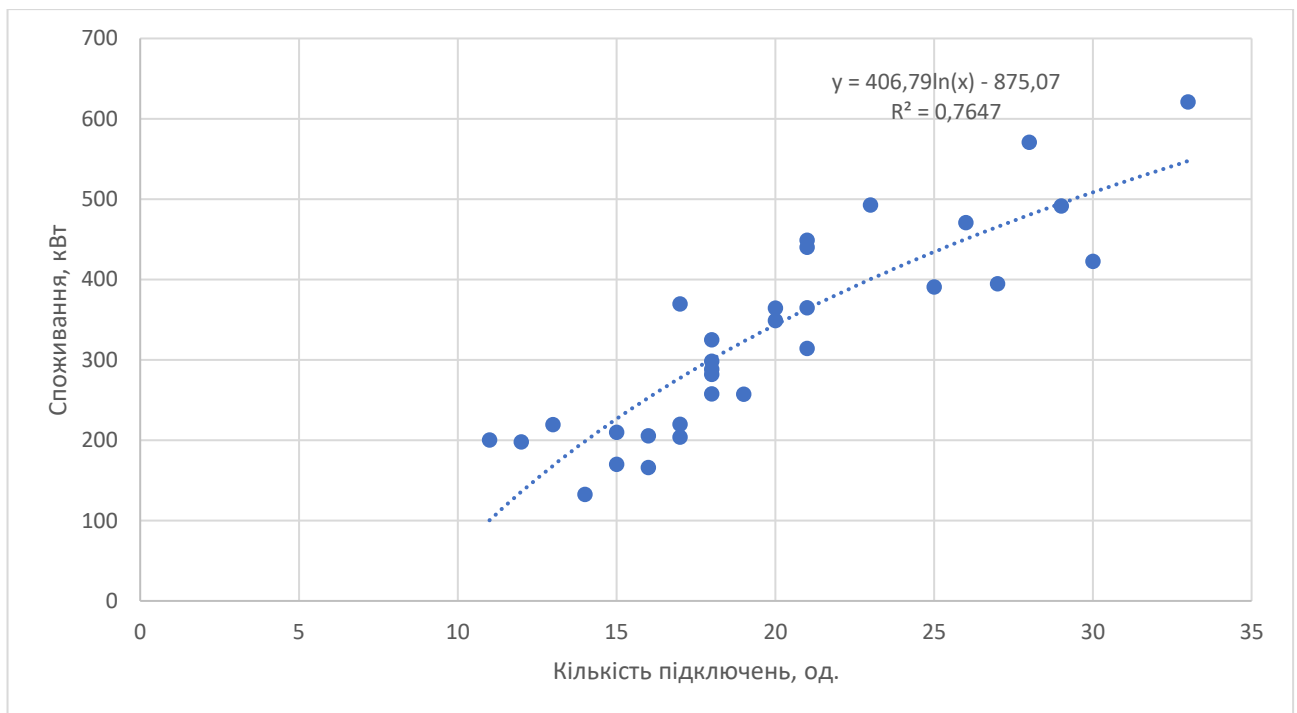


Рисунок 3.5 – Логарифмічна лінія тренду

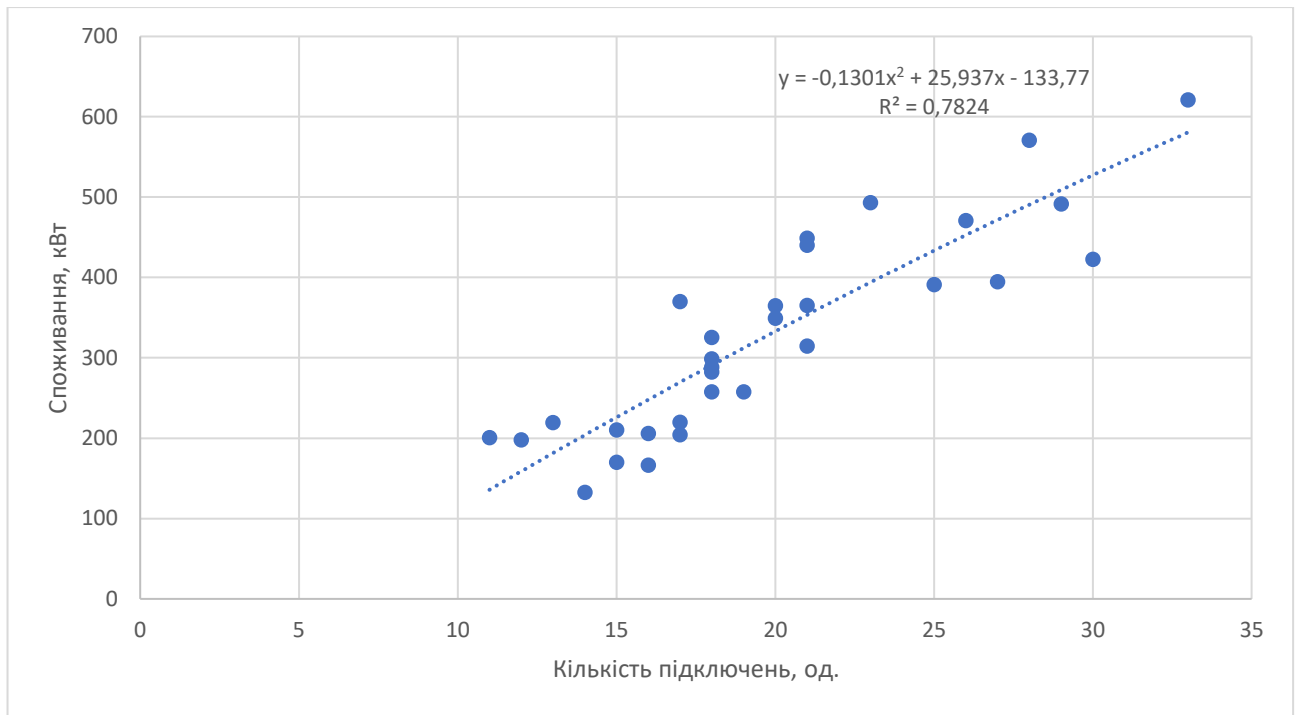


Рисунок 3.6 – Поліноміальна лінія тренду 2-го порядку

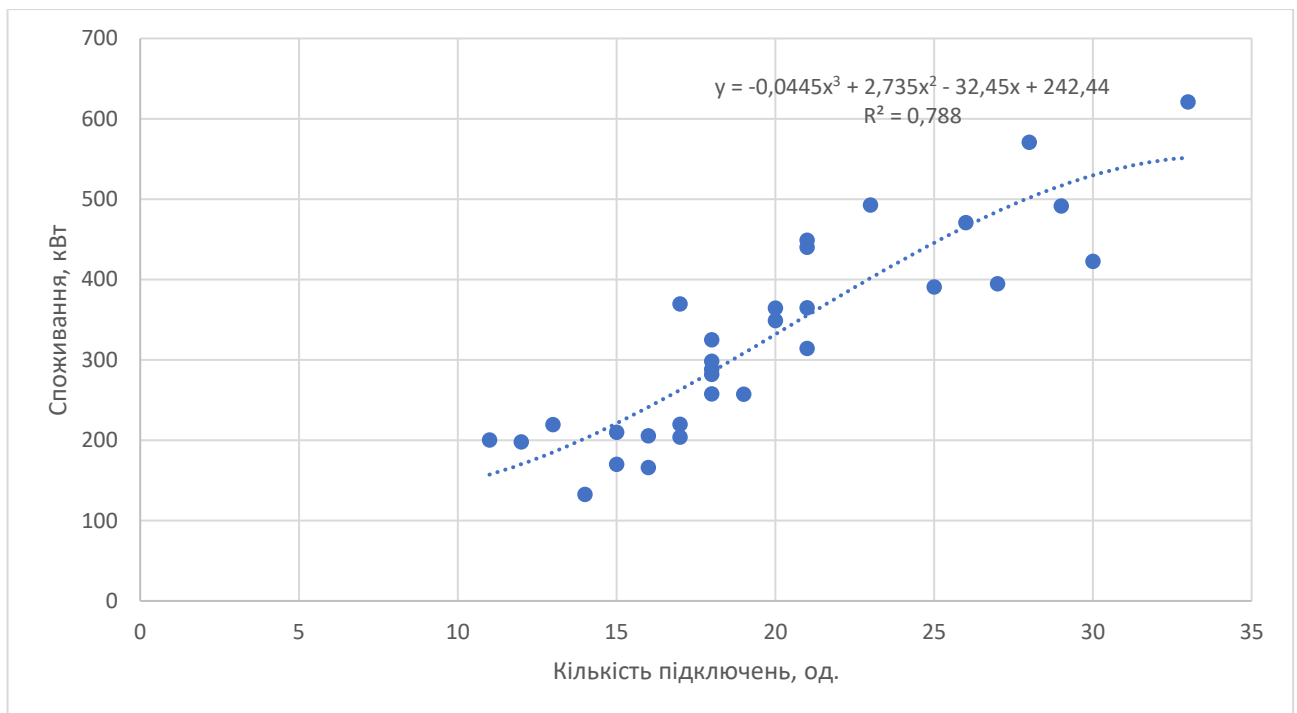


Рисунок 3.7 – Поліноміальна лінія тренду 3-го порядку

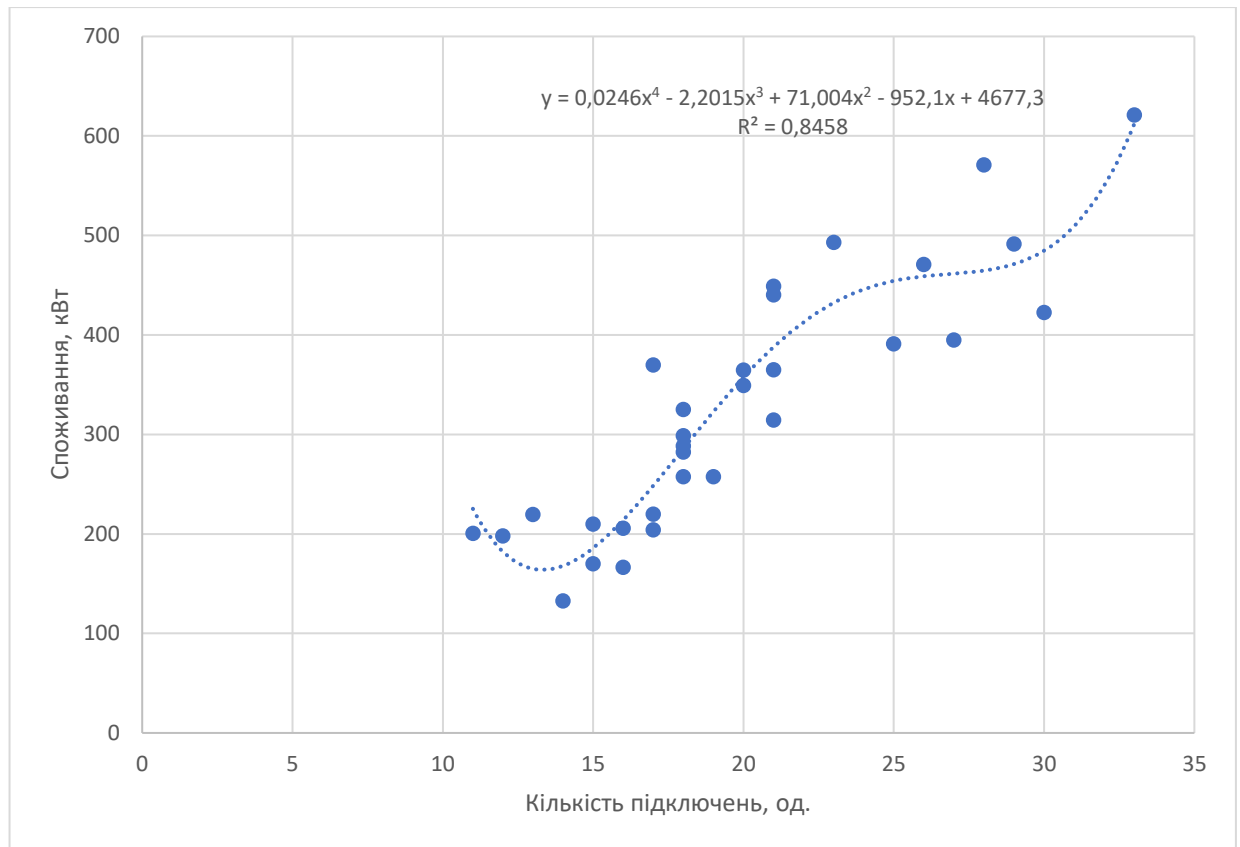


Рисунок 3.8 – Поліноміальна лінія тренду 4-го порядку

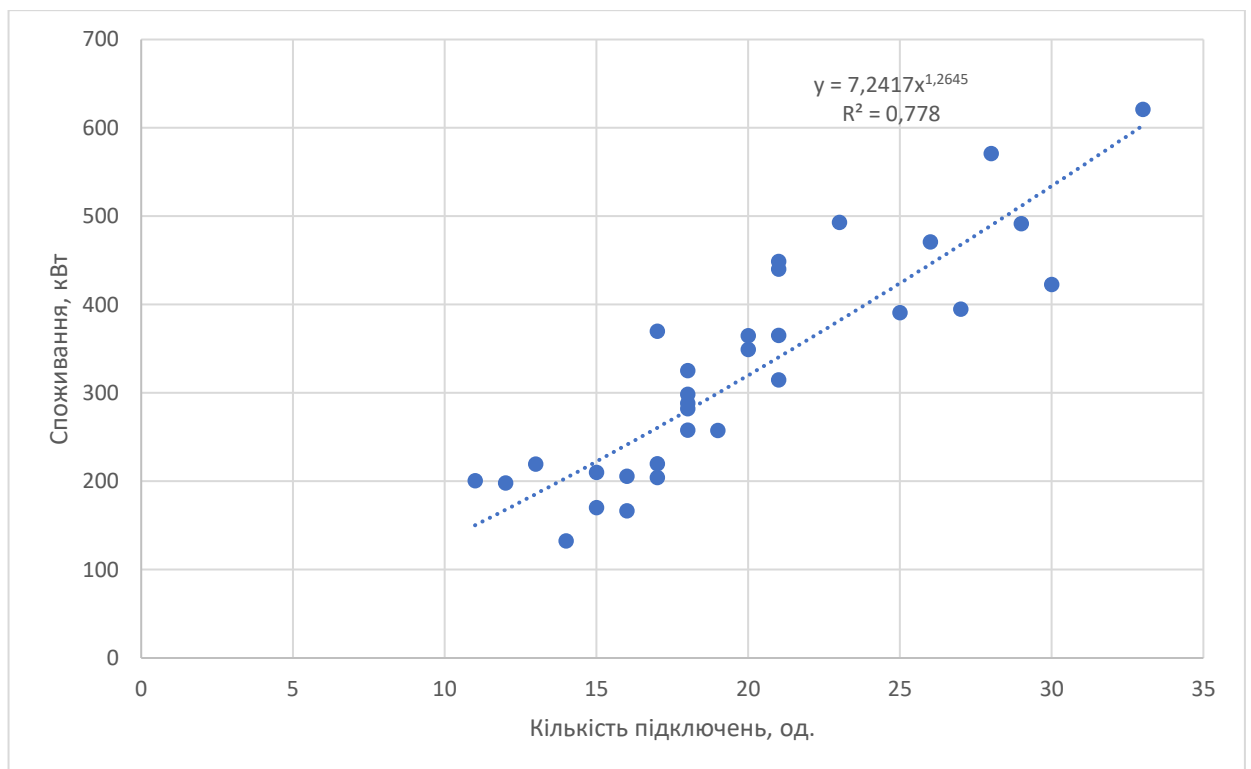


Рисунок 3.9 – Степеневая лінія тренду

Таблиця 3.5 – Характеристики ліній тренду

Математична функція	Математичне рівняння	Коефіцієнт детермінації
Лінійна	$y = 20,307x - 77,01$	0,7812
Логарифмічна	$y = 406,79 \ln(x) - 875,07$	0,7647
Поліноміальна 2-го порядку	$y = -0,13x^2 + 25,94x - 133,77$	0,7824
Поліноміальна 3-го порядку	$y = -0,0445x^3 + 2,735x^2 - 32,45x + 242,44$	0,788
Поліноміальна 4-го порядку	$y = 0,0246x^4 - 2,2x^3 + 71x^2 - 952,1x + 4677,3$	0,8458
Степенева	$y = 7,2417x^{1,2645}$	0,778

З наведених характеристик у таблиці 3.5 видно, що найбільшим коефіцієнтом детермінації (R^2) є значення 0,8458 для поліноміальної функції 4-го порядку.

Одержане в цьому випадку рівняння регресії має вигляд:

$$P_{\text{прог.}i} = 0,0246X_i^4 - 2,2X_i^3 + 71X_i^2 - 952,1X_i + 4677,3 \quad (2)$$

де $P_{\text{прог.}i}$ – прогнозоване споживання енергії електромобілями за i -тий день місяця, кВт;

X_i – кількість підключень електромобілів до зарядних станцій протягом i -го дня, од..

Для визначення точності прогнозування, розраховується відсоткова похибка, дисперсія та середнє квадратичне відхилення прогнозування за формулами 3, 4 та 5 відповідно:

$$\Delta_i = \frac{|P_{\text{прог.}i} - P_{\text{факт.}i}|}{P_{\text{прог.}i}} \cdot 100\% \quad (3)$$

де Δ_i – похибка прогнозування на i -тий день місяця, %;

$P_{\text{факт.}i}$ – фактичне споживання за i -тий день місяця, кВт.

$$\sigma_i^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{m} \quad (4)$$

де x_i – прогнозоване споживання за день, кВт;

$\bar{x}$ – фактичне споживання за день, кВт;

m – кількість результатів прогнозування, од..

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{m}} \quad (5)$$

В таблиці 3.6 наведені дані з 1 по 20 листопада 2023 року по споживанню електричної енергії та кількості підключень електромобілів до зарядних станцій.

Таблиця 3.6 – Вихідні дані за листопад 2023 року

Дата	Споживання, кВт	Кількість підкл., од.
01.11.2023	376,7	20
02.11.2023	266,3	23
03.11.2023	413,1	25
04.11.2023	316,6	19
05.11.2023	405,6	24
06.11.2023	213,3	15
07.11.2023	355,7	18
08.11.2023	415	22
09.11.2023	410	21
10.11.2023	443,6	24
11.11.2023	609,4	32
12.11.2023	630,8	36
13.11.2023	392,3	20
14.11.2023	331,2	24
15.11.2023	375,4	24
16.11.2023	449,7	34
17.11.2023	589,6	37
18.11.2023	565,4	32
19.11.2023	652	31
20.11.2023	451,5	26

Для початку, спрогнозуємо споживання електроенергії на 1-е листопада 2023 року, знаючи, що кількість підключень у цей день складає 20 од.. Підставивши це значення у формулу (2), отримаємо:

$$P_{01.11} = 0,0246 \cdot 20^4 - 2,2 \cdot 20^3 + 71 \cdot 20^2 - 952,1 \cdot 20 + 4677,3 = 371,3 \text{ кВт}$$

Аналогічно розрахуємо споживання для інших днів, отримані результати відобразим у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Прогнозування за поліноміальним рівнянням регресії 4-го порядку

Дата	Прогнозоване споживання, кВт
01.11.2023	371,30
02.11.2023	454,69
03.11.2023	484,18
04.11.2023	334,50
05.11.2023	471,79
06.11.2023	191,18
07.11.2023	295,51
08.11.2023	432,20
09.11.2023	404,23
10.11.2023	471,79
11.11.2023	619,47
12.11.2023	1093,05
13.11.2023	371,30
14.11.2023	471,79
15.11.2023	471,79
16.11.2023	786,97
17.11.2023	1316,36
18.11.2023	619,47
19.11.2023	571,62
20.11.2023	493,11

За результатами прогнозування, за поліноміальним рівнянням регресії 4-го порядку, розраховуємо відсоткову похибку, дисперсію та середнє квадратичне відхилення, для першого листопада, за формулами 3, 4 та 5, відповідно:

$$\Delta_1 = \frac{|371,3 - 376,7|}{371,3} \cdot 100\% = 1,45\%;$$

$$\sigma_1^2 = \frac{(371,3 - 376,7)^2}{1} = 29,16;$$

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{(371,3 - 376,7)^2}{1}} = 5,4.$$

Аналогічно розрахуємо для інших днів, результати занесемо в таблицю 3.8.

Таблиця 3.8 – Похибка прогнозування за поліноміальним рівнянням регресії 4-го порядку

Дата	Дисперсія	СКВ	Похибка
01.11.2023	29,16	5,4	1,45%
02.11.2023	35490,26	188,3886	41,43%
03.11.2023	5051,66	71,075	14,68%
04.11.2023	320,29	17,8966	5,35%
05.11.2023	4381,06	66,1896	14,03%
06.11.2023	489,52	22,125	11,57%
07.11.2023	3622,88	60,1904	20,37%
08.11.2023	295,76	17,1976	3,98%
09.11.2023	33,26	5,7674	1,43%
10.11.2023	794,65	28,1896	5,98%
11.11.2023	101,40	10,0696	1,63%
12.11.2023	213678,39	462,2536	42,29%
13.11.2023	441,00	21	5,66%
14.11.2023	19765,44	140,5896	29,80%
15.11.2023	9290,95	96,3896	20,43%
16.11.2023	113748,08	337,2656	42,86%
17.11.2023	528180,97	726,7606	55,21%
18.11.2023	2923,52	54,0696	8,73%
19.11.2023	6461,49	80,3834	14,06%
20.11.2023	1731,36	41,6096	8,44%

Середня відсоткова похибка за певний період прогнозування розраховується за формулою:

$$\Delta_{\text{сер}} = \frac{\sum_{i=0}^n \Delta}{n} \quad (6)$$

де $\Delta_{\text{сер}}$ – середня похибка прогнозування, %;

$\sum_{i=0}^n \Delta$ – сума похибок прогнозування за кожен день періоду, %;

n – кількість днів періоду прогнозування.

Підставивши результати розрахунків, наведених в таблиці 3.7, у формулу (6) отримаємо:

$$\Delta_{\text{сер}} = \frac{1,45 + 41,43 + \dots + 8,44}{20} = 17,47\%$$

Використовуючи поліноміальне рівняння регресії 4-го порядку для прогнозування споживання електричної енергії електромобілями на перші двадцять днів листопада 2023 року у Вінниці та Івано-Франківську, середня похибка прогнозування на даний період складає 17,47%, що є доволі великим значення.

3.3 Прогнозування споживання електроенергії електромобілями за багатофакторним регресійним аналізом

Для більш точного прогнозування споживання, визначимо рівняння регресії за допомогою багатофакторного регресійного аналізу. Для цього визначимо можливі фактори, що впливають на споживання електроенергії електромобілями. До них відносяться:

- кількість підключень електромобілів до зарядних станцій;
- середня добова температура навколишнього середовища;
- тривалість світлового дня;
- тип та ефективність електромобіля;
- тип дороги та стиль водіння;
- стан та вік батареї;
- завантаження та кількість пасажирів;
- та інші.

Для розрахунків обираємо фактори, які зможемо визначити, а саме кількість підключень, середня добова температура та тривалість світлового дня.

Для виконання регресійного аналізу сформуємо таблицю 3.9, зі споживанням та кількістю підключень електромобілів, середню добову температуру та тривалість світлового дня [38] за жовтень 2023 року для Вінниці та Івано-Франківська.

Таблиця 3.9 – Вихідні данні для багатфакторного регресійного аналізу

Дата	Споживання, кВт	Кількість підкл., од.	Температура,	Тривалість світлового дня, год
01.10.2023	314,5	21	15,25	11,68
02.10.2023	298,5	18	16	11,61
03.10.2023	205,6	16	18,75	11,55
04.10.2023	219,5	13	17	11,49
05.10.2023	200,4	11	17,5	11,43
06.10.2023	257,5	19	13,75	11,38
07.10.2023	349,1	20	16,25	11,32
08.10.2023	448,8	21	11	11,26
09.10.2023	282,1	18	8,5	11,19
10.10.2023	470,7	26	8,75	11,13
11.10.2023	170	15	12	11,08
12.10.2023	198	12	18,5	11,02
13.10.2023	257,6	18	17,25	10,96
14.10.2023	132,5	14	21	10,90
15.10.2023	369,8	17	11	10,83
16.10.2023	364,7	20	6,5	10,78
17.10.2023	325,1	18	7,75	10,72
18.10.2023	492,9	23	10	10,67
19.10.2023	440,1	21	8,75	10,60
20.10.2023	491,5	29	15,5	10,56
21.10.2023	219,8	17	22,75	10,49
22.10.2023	166,3	16	20,25	10,44
23.10.2023	288,3	18	15,5	10,38
24.10.2023	204	17	13,25	10,32
25.10.2023	390,9	25	13,25	10,27
26.10.2023	394,7	27	13,5	10,21
27.10.2023	620,9	33	14	10,16
28.10.2023	570,8	28	12,5	10,09
29.10.2023	422,6	30	14,5	10,04
30.10.2023	365	21	16,75	9,99
31.10.2023	210	15	17,5	9,93

Для побудови рівняння багатфакторної регресії скористаємось функцією аналізу даних MS Excel. Його використання дозволяє отримати результати регресійної статистики, дисперсійного аналізу, довірчих інтервалів.

На ефективність проведення регресійного аналізу впливає ряд показників, відповідно до їх значень можна оцінити ймовірність та правильність отриманих результатів. До таких показників відноситься:

- P – значення, ймовірність вагомості, низьке значення P – змінна вагома, високе значення P – змінна не вагома. При заданих налаштуваннях на початку проведення аналізу P -значення має відповідати значенню менше 0,1, при рівні надійності від 90%;
- F – значення, вагомості моделі, низьке значення F – модель вагома, високе значення F – модель не вагома;
- R^2 - коефіцієнт детермінації. Вимірює частку загальної дисперсії залежної змінної. За визначенням, R^2 змінюється від 0 до 1. Чим ближче значення коефіцієнта детермінації до 1, тим точніше модель описує дані;
- Нормований коефіцієнт детермінації R^2 , який враховує R^2 – вихідний коефіцієнт детермінації, p – число параметрів моделі, а n – обсяг вибірки [39].

Згідно отриманих даних наведених в таблиці 3.7, було проведено перший крок регресійного аналізу, який зображено на рисунку 3.10.

Regression Statistics								
Multiple R	0,914939078							
R Square	0,837113517							
Adjusted R Square	0,819015019							
Standard Error	53,43958694							
Observations	31							
ANOVA								
	df	SS	MS	F	Significance F			
Regression	3	396268,2325	132089,4	46,25320355	8,99751E-11			
Residual	27	77106,31522	2855,789					
Total	30	473374,5477						
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Споживання	-44,90600815	264,3558837	-0,16987	0,866379156	-587,3194776	497,5074613	-587,3194776	497,5074613
Кількість підключень	18,78405939	2,188611334	8,582638	3,3842E-09	14,29339986	23,27471891	14,29339986	23,27471891
Средня добова температура	-7,517192314	2,615522068	-2,87407	0,007805327	-12,88380031	-2,150584318	-12,88380031	-2,150584318
Тривалість світлового дня	9,830201747	21,19432339	0,463813	0,64649944	-33,65695777	53,31736126	-33,65695777	53,31736126

Рисунок 3.10 – Результат першого кроку регресійного аналізу

За результатами першого кроку регресійного аналізу можна зазначити, що фактор впливу такий, як тривалість світлового дня, зі значенням $P - \text{value}$ дорівнює 0,65, є не ваговим на споживання електроенергії.

Сформуємо нову таблицю 3.10, виключивши фактор впливу, який не вагомий.

Таблиця 3.10 – Дані для регресійного аналізу з вагомими факторами

Дата	Споживання, кВт	Кількість підкл., од.	Температура,
01.10.2023	314,5	21	15,25
02.10.2023	298,5	18	16
03.10.2023	205,6	16	18,75
04.10.2023	219,5	13	17
05.10.2023	200,4	11	17,5
06.10.2023	257,5	19	13,75
07.10.2023	349,1	20	16,25
08.10.2023	448,8	21	11
09.10.2023	282,1	18	8,5
10.10.2023	470,7	26	8,75
11.10.2023	170	15	12
12.10.2023	198	12	18,5
13.10.2023	257,6	18	17,25
14.10.2023	132,5	14	21
15.10.2023	369,8	17	11
16.10.2023	364,7	20	6,5
17.10.2023	325,1	18	7,75
18.10.2023	492,9	23	10
19.10.2023	440,1	21	8,75
20.10.2023	491,5	29	15,5
21.10.2023	219,8	17	22,75
22.10.2023	166,3	16	20,25
23.10.2023	288,3	18	15,5
24.10.2023	204	17	13,25
25.10.2023	390,9	25	13,25
26.10.2023	394,7	27	13,5
27.10.2023	620,9	33	14
28.10.2023	570,8	28	12,5
29.10.2023	422,6	30	14,5
30.10.2023	365	21	16,75
31.10.2023	210	15	17,5

Згідно таблиці 3.10, проведемо наступний крок регресійного аналізу, результати, якого зображено на рисунку 3.11.

Regression Statistics								
Multiple R	0,914229577							
R Square	0,835815719							
Adjusted R Square	0,824088271							
Standard Error	52,68527162							
Observations	31							
ANOVA								
	df	SS	MS	F	Significance F			
Regression	2	395653,8881	197826,944	71,27003884	1,03429E-11			
Residual	28	77720,65967	2775,737845					
Total	30	473374,5477						
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%	Lower 95,0%	Upper 95,0%
Споживання	74,25369324	61,40729508	1,20919987	0,236697768	-51,53344857	200,04083505	-51,53344857	200,04083505
Кількість підключень	18,28576487	1,879864023	9,727174226	1,76621E-10	14,43503798	22,13649176	14,43503798	22,13649176
Середня добова температура	-7,739137532	2,535079663	-3,052818278	0,004927244	-12,93201282	-2,54626225	-12,93201282	-2,54626225

Рисунок 3.11 – Результат другого кроку регресійного аналізу

Згідно результатів другого кроку аналізу можна зазначити:

- $P - \text{value} < 0,1$;
- $R^2 = 0,836$.

Тобто, вагомими факторами впливу на споживання електроенергії електромобілями є кількість підключень та температура навколишнього середовища. На цьому етапі регресійний аналіз завершено і отримано наступне рівняння регресії:

$$P_{\text{прог.}i} = 18,286X_{1i} - 7,74X_{2i} + 74,254 \quad (7)$$

де X_{1i} – кількість підключень за i -тий день місяця, од.;

X_{2i} – середня добова температура за i -тий день місяця, °C.

В таблиці 3.11 наведені дані з 1 по 20 листопада 2023 року по споживанню електричної енергії, кількості підключень електромобілів до зарядних станцій та середня добова температура.

За даними таблиці 3.11, спрогнозуємо споживання та розрахуємо похибку прогнозування на перші двадцять днів листопада 2023 року у Вінниці та Івано-Франківську.

Таблиця 3.11 – Вихідні дані за листопад 2023 року з двома факторами впливу

Дата	Споживання, кВт	Кількість підкл., од.	Температура,
01.11.2023	376,7	20	12,5
02.11.2023	266,3	23	12
03.11.2023	413,1	25	11,75
04.11.2023	316,6	19	11,75
05.11.2023	405,6	24	11,5
06.11.2023	213,3	15	12,25
07.11.2023	355,7	18	12,75
08.11.2023	415	22	8,75
09.11.2023	410	21	8
10.11.2023	443,6	24	7,25
11.11.2023	609,4	32	7
12.11.2023	630,8	36	6
13.11.2023	392,3	20	6,5
14.11.2023	331,2	24	6,75
15.11.2023	375,4	24	9
16.11.2023	449,7	34	5,5
17.11.2023	589,6	37	3,5
18.11.2023	565,4	32	2,25
19.11.2023	652	31	1,25
20.11.2023	451,5	26	2,5

Споживання на перше листопада, згідно формули (7) складає:

$$P_{\text{прог.1}} = 18,286 \cdot 21 - 7,74 \cdot 15,25 + 74,254 = 343,3 \text{ кВт}$$

За формулою (3) розрахуємо похибку прогнозування:

$$\Delta = \frac{|343,3 - 376,7|}{371,3} \cdot 100\% = 1,45\%$$

Аналогічно розрахуємо споживання та похибку прогнозування для інших днів, отримані результати відобразим у таблиці 3.12.

Таблиця 3.12 – Результати прогнозування багатofакторного регресійного аналізу

Дата	Прогнозоване споживання
01.11.2023	343,3
02.11.2023	402,04
03.11.2023	440,555
04.11.2023	330,815
05.11.2023	424,2
06.11.2023	253,785
07.11.2023	304,785
08.11.2023	408,905
09.11.2023	396,42
10.11.2023	457,095
11.11.2023	605,35
12.11.2023	686,25
13.11.2023	389,74
14.11.2023	460,965
15.11.2023	443,55
16.11.2023	653,54
17.11.2023	723,89
18.11.2023	642,115
19.11.2023	631,565
20.11.2023	530,44

За результатами прогнозування, за багатofакторним регресійним аналізом, розраховуємо відсоткову похибку, дисперсію та середнє квадратичне відхилення, для першого листопада, за формулами 3, 4 та 5 відповідно:

$$\Delta_1 = \frac{|343,3 - 376,7|}{343,3} \cdot 100\% = 1,45\%;$$

$$\sigma_1^2 = \frac{(343,3 - 376,7)^2}{1} = 1115,56;$$

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{(343,3 - 376,7)^2}{1}} = 33,4.$$

Аналогічно розрахуємо для інших днів, результати занесемо в таблицю 3.13.

Таблиця 3.13 – Похибка прогнозування за багатofакторним регресійним аналізом

Дата	Дисперсія	СКВ	Похибка
01.11.2023	1115,56	33,4	9,73%
02.11.2023	18425,35	135,7	33,76%
03.11.2023	753,78	27,46	6,23%
04.11.2023	202,07	14,22	4,30%
05.11.2023	345,96	18,6	4,38%
06.11.2023	1639,04	40,49	15,95%
07.11.2023	2592,34	50,92	16,71%
08.11.2023	37,15	6,095	1,49%
09.11.2023	184,42	13,58	3,43%
10.11.2023	182,12	13,5	2,95%
11.11.2023	16,40	4,05	0,67%
12.11.2023	3074,70	55,45	8,08%
13.11.2023	6,55	2,56	0,66%
14.11.2023	16838,96	129,8	28,15%
15.11.2023	4644,42	68,15	15,36%
16.11.2023	41550,75	203,8	31,19%
17.11.2023	18033,80	134,3	18,55%
18.11.2023	5885,19	76,71	11,95%
19.11.2023	417,59	20,43	3,24%
20.11.2023	6231,52	78,94	14,88%

Визначимо середню похибку прогнозування згідно формули (6), підставивши дані з таблиці 3.12 отримаємо:

$$\Delta_{\text{сер}} = \frac{9,73 + 33,76 + \dots + 14,88}{20} = 11,58\%$$

В порівнянні з поліноміальним рівнянням 4-го порядку, середня похибка прогнозування, у багатofакторного менша, що можна побачити з таблиці 3.14.

Таблиця 3.14 – Порівняння похибки прогнозування

Дата	Поліноміальне рівняння 4-го порядку			Рівняння багаточинного аналізу		
	Дисперсія	СКВ	Похибка	Дисперсія	СКВ	Похибка
01.11.2023	29,16	5,40	1,45%	1115,56	33,4	9,73%
02.11.2023	35490,26	188,39	41,43%	18425,35	135,74	33,76%
03.11.2023	5051,66	71,08	14,68%	753,78	27,455	6,23%
04.11.2023	320,29	17,90	5,35%	202,07	14,215	4,30%
05.11.2023	4381,06	66,19	14,03%	345,96	18,6	4,38%
06.11.2023	489,52	22,12	11,57%	1639,04	40,485	15,95%
07.11.2023	3622,88	60,19	20,37%	2592,34	50,915	16,71%
08.11.2023	295,76	17,20	3,98%	37,15	6,095	1,49%
09.11.2023	33,26	5,77	1,43%	184,42	13,58	3,43%
10.11.2023	794,65	28,19	5,98%	182,12	13,495	2,95%
11.11.2023	101,40	10,07	1,63%	16,40	4,05	0,67%
12.11.2023	213678,39	462,25	42,29%	3074,70	55,45	8,08%
13.11.2023	441,00	21,00	5,66%	6,55	2,56	0,66%
14.11.2023	19765,44	140,59	29,80%	16838,96	129,77	28,15%
15.11.2023	9290,95	96,39	20,43%	4644,42	68,15	15,36%
16.11.2023	113748,08	337,27	42,86%	41550,75	203,84	31,19%
17.11.2023	528180,97	726,76	55,21%	18033,80	134,29	18,55%
18.11.2023	2923,52	54,07	8,73%	5885,19	76,715	11,95%
19.11.2023	6461,49	80,38	14,06%	417,59	20,435	3,24%
20.11.2023	1731,36	41,61	8,44%	6231,52	78,94	14,88%
Середнє значення	47341,56	122,64	17,47%	6108,88	56,41	11,58%

3.4 Рекомендації направлені на залучення електромобілів до управління попитом

За даними прогнозування у підрозділі 3.3, загальне прогнозоване споживання на листопад 2023 року, яке наведено в таблиці 3.15, дорівнює 9529,3 кВт, а згідно таблиці 3.3, навантаження у пікові години – 37%, напівпікові – 58% та у нічний провал – 5%.

Таблиця 3.15 – Розподіл прогнозованого навантаження на листопад

Зони доби	Прогнозоване споживання, кВт	Відсоткова частка, %
Пік	3525,841	37%
Напівпік	5526,994	58%
Нічний провал	476,465	5%
Загальне	9529,3	100%

Припустимо, що у листопаді 2023 року, електромобілі будуть споживати однакову кількість електричної енергій кожного дня, а саме 317,64 кВт, що дорівнює 13,24 кВт за одну годину доби.

За допомогою методу перенесення навантаження, описаного в пункті 2.4.1, згідно прогнозованого споживання, розробимо ідеальний розподіл навантаження протягом зон доби. Таким чином, щоб графік електричного навантаження мав вигляд горизонтальної прямої, який зображено на рисунку 3.12.

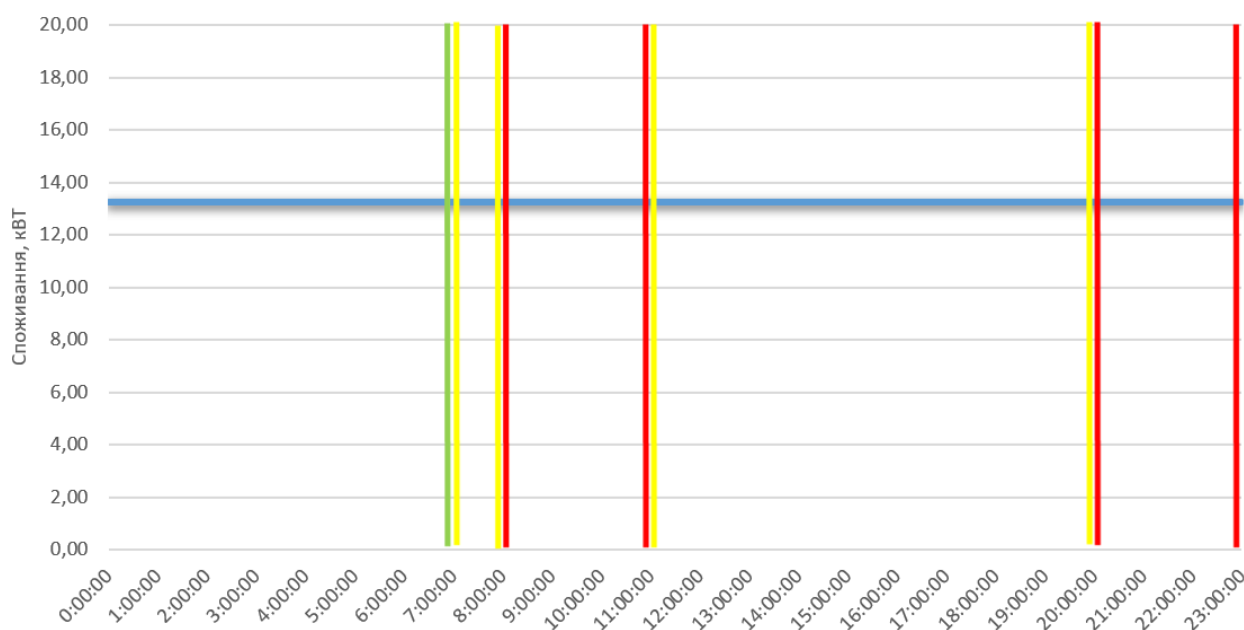


Рисунок 3.12 – Ідеальний розподіл добового навантаження

Згідно рисунку 3.12, було розраховано кількість годин, навантаження та відсотковий розподіл навантаження для кожної зони доби, результати розрахунків занесено в таблицю 3.16.

Таблиця 3.16 – Розподіл навантаження для ідеальної моделі

	Пікові години	Напівпікові години	Години нічного провалу
Кількість годин, год	6	10	8
Навантаження, кВт	79,41	132,35	104,82
Розподіл, %	25%	42%	33%

Згідно отриманих даних, схема перенесення навантаження відповідно до базової моделі, зображена на рисунку 3.13.

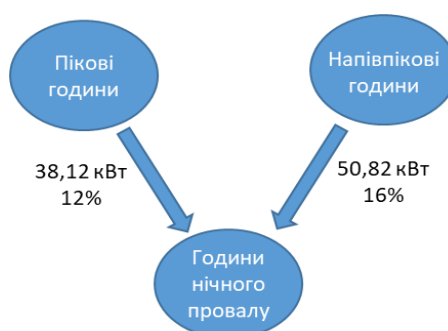


Рисунок 3.13 – Перенесення навантаження для ідеальної моделі

Ідеальний розподіл навантаження в пропорціях 25%, 42%, 33% є стратегічною концепцією, спрямованою на досягнення балансу в оптимальному використанні енергетичних ресурсів протягом доби. Ця пропорція сприяє стабільності та ефективності енергосистеми, зменшуючи ризики виникнення піків або провалів в навантаженні.

Аналогічно розрахуємо розподіл добового електричного навантаження для оптимістичної моделі, який наведено в таблиці 3.17.

Таблиця 3.17 – Розподіл навантаження для оптимістичної моделі

	Пікові години	Напівпікові години	Години нічного провалу
Кількість годин, год	6	10	8
Навантаження, кВт	79,41	79,41	158,82
Розподіл, %	25%	25%	50%

За отриманими даними схема перенесення навантаження для оптимістичного випадку відповідно до базової моделі, зображена на рисунку 3.14.



Рисунок 3.14 – Перенесення навантаження для оптимістичної моделі

Тоді, згладжений графік добового споживання для оптимістичного випадку буде зображено на рисунку 3.15.

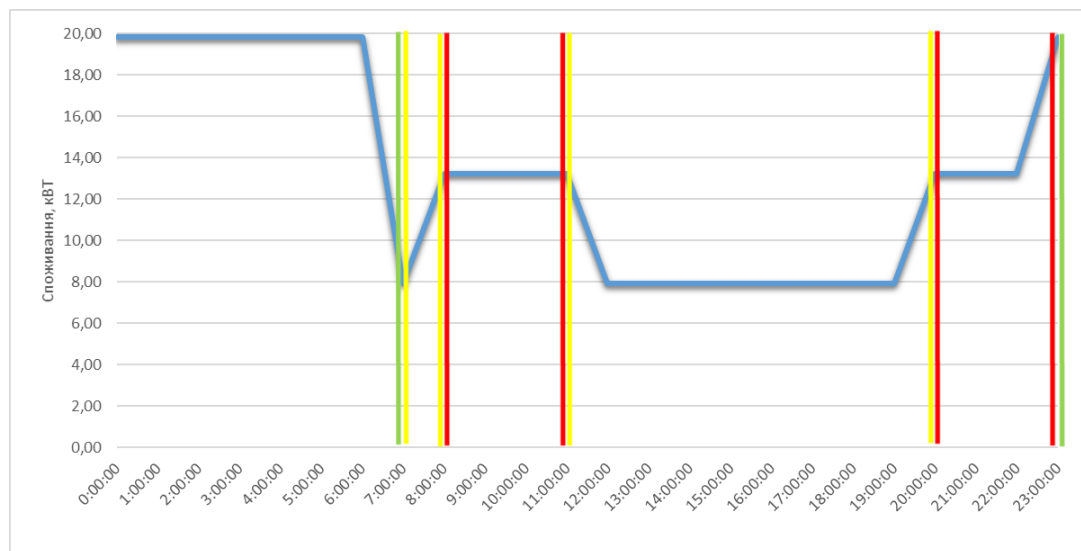


Рисунок 3.15 – Оптимістичний розподіл добового навантаження

Оптимістичний розподіл в пропорціях 25%, 25%, 50% прагне врахувати коливання в попиті на електроенергію впродовж доби, забезпечуючи ефективне використання ресурсів та стабільність енергетичної системи. Він спрямований на

забезпечення оптимального функціонування системи у різних умовах та часах доби.

Останнім випадком було розраховано рівномірний розподіл навантаження в пропорціях 34%, 33% та 33%, результати занесено в таблицю 3.18.

Таблиця 3.18 – Розподіл навантаження для рівномірної моделі

	Пікові години	Напівпікові години	Години нічного провалу
Кількість годин, год	6	10	8
Навантаження, кВт	108	104,82	104,82
Розподіл, %	34%	33%	33%

Згідно отриманих даних, схема перенесення навантаження відповідно до базової моделі, зображена на рисунку 3.16.



Рисунок 3.16 – Перенесення навантаження для рівномірної моделі

Тоді, згладжений графік добового споживання для рівномірного випадку буде зображено на рисунку 3.17.

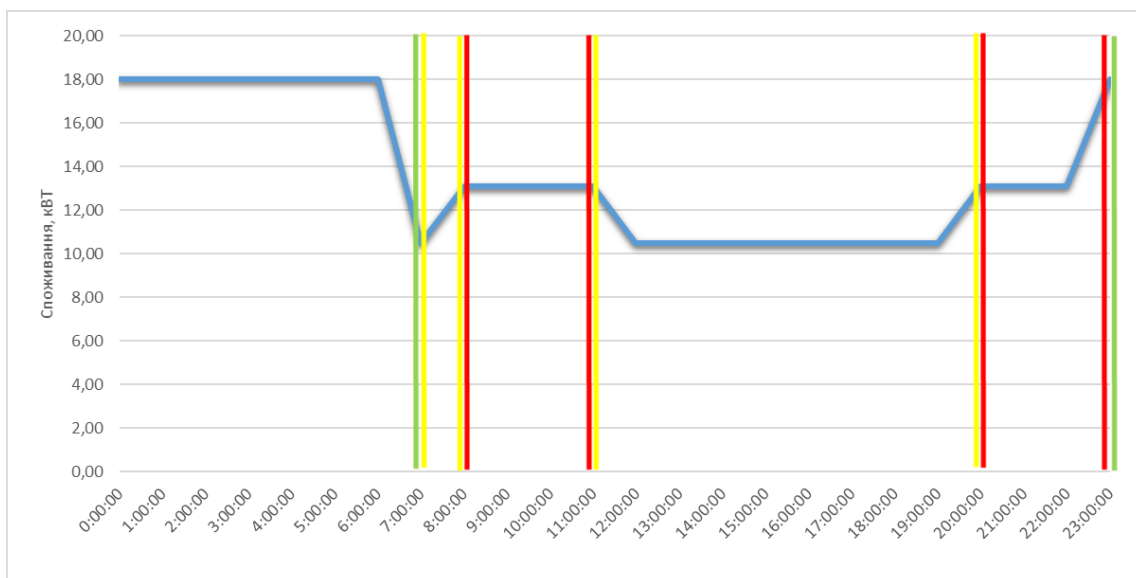


Рисунок 3.17 – Рівномірний розподіл добового навантаження

Рівномірний розподіл в пропорціях 34%, 33% та 33% може бути вибраний для оптимізації роботи енергетичної системи враховуючи різні рівні попиту протягом доби. Ця стратегія дозволяє ефективно реагувати на зміну потреб і забезпечує баланс між стабільністю системи та оптимальним використанням ресурсів [40].

Для необхідності введення змін в розподіл навантаження електромобілями на енергосистему рекомендовано:

- 1) Залучати власників електромобілів заряджатись у періоди низького попиту на електроенергію для оптимізації енергоспоживання та уникнення пікових навантажень.
- 2) Впровадження систем диференційованих тарифів за годинами доби, що змінюються відповідно до часу доби, щоб стимулювати власників електромобілів заряджати їх у періоди меншого попиту.
- 3) Використання батарей електромобілів, як потенційних накопичувачів енергії для згладжування пікових навантажень та забезпечення стабільності електромережі.
- 4) Встановлення систем інтелектуального заряджання, які враховують динаміку енергетичної системи та індивідуальні потреби автовласників.

5) Залучати власників електромобілів заряджатись у періоди, коли доступна більша кількість відновлюваної енергії, щоб підвищити використання зеленої електроенергії.

6) Встановлення розумних зарядних станцій, які можуть автоматично адаптуватися до змін потреб енергетичної системи та індивідуальних пріоритетів користувачів.

7) Розробка систем взаємодії електромобілів з мережею, які використовують алгоритми та технології "Vehicle-to-Grid", що дозволяють електромобілям надавати електроенергію назад у мережу, сприяючи більш гнучкому та ефективному управлінню енергоресурсами.

8) Використання алгоритмів штучного інтелекту та аналізу даних для розробки адаптивних систем заряджання, які можуть прогнозувати та враховувати зміни у попиті та стані енергетичної системи для оптимального використання ресурсів.

9) Розробка заходів безпеки та конфіденційності для захисту інформації, що обмінюється між електромобілями та інфраструктурою заряджання, забезпечуючи надійність та довіру користувачів до системи.

10) Введення стимулів та пільг для власників електромобілів, сприяючи активній участі в управлінні попитом та долученню до стратегій оптимізації енергоспоживання.

Висновок по розділу

В результаті аналізу вихідних даних споживання електричної енергії електромобілями від зарядних станцій, було виконано побудову графіків електричного навантаження та кількості підключень за кожен місяць для Києва, Черкас, Вінниці та Івано-Франківська. Також, було зроблено графіки погодинного підключення електромобілів до зарядних станцій, що дає можливість визначити розподіл електричного навантаження у відповідні зони доби. Визначено, що 37%

споживання електроенергії припадає на пікові години, 58% на напівпікові години та 5% на години нічного провалу.

Виконано дослідження споживання електроенергії, за допомогою методів математичної статистики, за результатами якого отримано рівняння регресії, проаналізовано середнє квадратичне відхилення, дисперсію та відсоткову похибку.

Визначено, що більш точно споживання описує рівняння багатofакторного аналізу, в залежності від кількості підключень електромобілів до зарядних станцій та середньодобової температури навколишнього середовища.

Визначено, що більш точно споживання електроенергії електромобілями описує рівняння багатofакторного аналізу, яке враховує фактори: кількість підключень електромобілів до зарядних станцій та середньодобову температуру навколишнього середовища.

Відповідно до отриманого рівняння регресії, виконано прогноз споживання електроенергії електромобілями, запропоновано моделі ідеального, оптимістичного та рівномірного розподілу навантаження електромобілів на мережу у відповідні зони доби та надано рекомендації щодо залучення електромобілів до управління попитом.

4 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЄКТУ

Суть ідеї проекту полягає у розробці програмного забезпечення, яке дозволить оцінити потенціал залучення електромобілів до управління навантаженням. Управління навантаженням - це процес регулювання споживання електроенергії з метою зменшення пікових навантажень на енергосистему. Електромобілі можуть бути використані для управління навантаженням, оскільки вони можуть віддавати електроенергію назад у мережу.

4.1 Опис ідеї проекту

Для опису стартап-проекту була зроблена таблиця 4.1, в якій описано: зміст ідеї, можливі напрямки застосування та основні вигоди, що може отримати користувач даного програмного забезпечення.

Таблиця 4.1 – Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Проект спрямований на розробку та впровадження програмного забезпечення, яке дозволить оптимізувати управління електромережою з використанням електромобілів у якості ресурсу для регулювання навантаження. Система буде враховувати технічні та технологічні особливості електромобілів, їхню здатність до заряджання та розряджання в режимі V2G та V2H.	Управління навантаженням: Проект дозволяє ефективно розподіляти енергію в електромережі, використовуючи електромобілі для зменшення пікових навантажень та забезпечення більш стабільної роботи системи.	Економія коштів: Користувачі можуть отримати додатковий дохід, продаючи енергію, або зменшити витрати на електроенергію завдяки оптимізації споживання.
	Участь у ринку енергії: Користувачі можуть залучати свої електромобілі до ринку енергії, продавати надлишкову електроенергію отримуючи прибуток.	Автоматизація: Система забезпечить повну автоматизацію управління зарядкою та розрядкою електромобілів відповідно до потреб електромережі.

Продовження таблиці 4.1

1	2	3
	Енергетична ефективність: Використання електромобілів для регулювання навантаження допомагає зменшити витрати на будівництво нових електроенергетичних об'єктів та сприяє збереженню енергії.	Екологічна свідомість: Користувачі візьмуть участь у розвитку зеленої енергетики, сприяючи зменшенню викидів та збереженню навколишнього середовища.
	Екологічний вплив: Зменшення залежності від традиційних джерел енергії та зменшення викидів шкідливих речовин завдяки використанню зелених джерел енергії та електромобілів.	Технологічний прогрес: Застосування інноваційних технологій та активна участь в розвитку відновлювальної енергетики дозволить користувачам бути частиною технологічного прогресу та розвитку сучасних ринків енергії.

Аналіз потенційних техніко-економічних переваг проєкту буде проводитись в порівнянні із програмним забезпеченням: PowerNet від компанії ABB, GridVisor компанії Schneider Electric та Demand Respons Management System(DRMS) від Siemens. В таблиці 4.2 наведено порівняння стартап-проєкту з «програмами-конкурентами», в залежності від техніко-економічних властивостей та характеристик, де гірші значення (W, слабкі) або 3, аналогічні (N, нейтральні) значення або 2, кращі значення (S, сильні) або 1.

Таблиця 4.2 - Визначення сильних, слабких та нейтральних сторін проєкту

Техніко-економічні характеристики	Мій проєкт	PowerNet	GridVisor	DRMS
Набір функцій	1	1	1	2
Точність розрахунків	2	1	1	2
Швидкість роботи	2	1	1	2
Інтерфейс	2	3	2	1
Аналіз даних	1	2	2	1
Візуалізації даних	1	2	2	1
Масштабування	1	1	1	2
Вартість	1	2	2	3
Доступність	1	2	2	3

За результатами аналізу можна зазначити, що є деякі недоліки власного стартап-проєкту в порівнянні з програмами конкурентів, але основні переваги – це вартість, доступність, аналіз та візуалізація даних.

4.2 Технологічний аудит ідеї проєкту

В даному підрозділі було проведено аудит технологій, які необхідні для розробки стартап-проєкту, а саме програмування, аналіз та візуалізація даних. Ці технології можуть бути розроблені за допомогою мови програмування (МП) та інші інструменти. Доступні технології наведені у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Технологічна здійсненність стартап-проєкту

Ідея проєкту	Технології реалізації	Наявність	Доступність
Програмний продукт «EV-Load»	Python	Наявна	Доступна
	Java	Наявна	Доступна
	C#	Наявна	Доступна
	JavaScript	Наявна	Доступна
	R	Наявна	Доступна
	SAS	Наявна	Доступна
	Tableau	Наявна	Доступна
	Qlik	Наявна	Доступна
	Power Bi	Наявна	Доступна

Розробка програмного забезпечення буде реалізовуватись за допомогою мови програмування (Python, Java, C#, JavaScript), аналіз даних за допомогою інструментів R та SAS, а візуалізація даних за допомогою інструментів Tableau, Qlik та Power Bi.

4.3 Ринкові можливості реалізації проєкту

Для визначення ринкових можливостей, які можна використати під час ринкового впровадження проєкту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проєкту, дозволити спланувати напрями розвитку проєкту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проєктів-конкурентів, було сформовано таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 – Характеристика ринку

№	Показники стану ринку	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	10
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	5000
3	Динаміка ринку	Зростає
4	Наявність обмежень для входу	Знання ринку, технологій та нормативно-правової бази; капітальні витрати на розробку та впровадження програмного забезпечення; встановлені вимоги до стандартизації та сертифікації
5	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Стандарти IEC 61850-7-42, IEEE 1547, SAE J2847. Сертифікація від Underwriters Laboratories (UL), TÜV SÜD, CSA International.
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	20-30%

Ринок програмного забезпечення для управління навантаженням в Україні характеризується зростанням та певними обмеженнями для входу. Виконання вимог до стандартизації та сертифікації є обов'язковим для компаній, які бажають продавати своє програмне забезпечення на цьому ринку. Середня норма рентабельності в галузі становить 20-30%. Для оцінки ризиків у реалізації проєкту проведемо дослідження характеристик потенційних конкурентів, результати занесемо в таблицю 4.5.

Таблиця 4.5 – Характеристика потенційних клієнтів

№	Потреба	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці	Вимоги споживачів
1	Забезпечення надійності та безпеки електромережі в умовах зростання кількості електромобілів	Оператори електромереж	Виконання вимог державних стандартів та технічних регламентів; відповідність вимогам безпеки; ефективне використання ресурсів; можливість масштабування	Продукція: відповідність вимогам стандартів та технічних регламентів, безпека, ефективність, масштабованість Компанія-постачальник: репутація, досвід, технічна підтримка
2	Оптимізація використання енергії	Комерційні та промислові підприємства	Зацікавленість у зниженні витрат на електроенергію; використання різних типів електроенергії; можливість управління зарядкою електромобілів	Продукція: ефективність, можливість управління зарядкою електромобілів Компанія-постачальник: досвід, технічна підтримка
3	Забезпечення комфорту та зручності для користувачів електромобілів	Власники електромобілів	Зацікавленість у зручній та доступній зарядці електромобілів; можливість заряджати електромобіль у різних місцях та за різними тарифами	Продукція: зручність, доступність, можливість заряджати електромобіль у різних місцях та за різними тарифами Компанія-постачальник: прозорість тарифів, зручний інтерфейс

Наступним кроком проведено аналіз факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають, які представлено у таблицях 4.6 та 4.7.

Таблиця 4.6 – Фактори загроз

№	Фактор	Загроза	Можлива реакція
1	Економічні фактори	Зміна економічної ситуації, що може призвести до зниження попиту на програмне забезпечення	Забезпечити конкурентоспроможну ціну на програмне забезпечення, запропонувати програму лояльності для клієнтів
2	Технологічні фактори	Швидкий розвиток технологій може призвести до того, що програмне забезпечення для управління навантаженням стане застарілим.	Постійно оновлювати програмне забезпечення та додавати нові функції, забезпечити можливості для масштабування та адаптації програмного забезпечення до нових технологій.
3	Зростання конкуренції	Збільшення числа компаній, які розробляють програмне забезпечення для управління навантаженням	Розробка інноваційних рішень, що відрізнятимуться від рішень конкурентів

Таблиця 4.7 – Фактори можливостей

№	Фактор	Можливість	Можлива реакція компанії
1	Зростання попиту на електромобілі	Збільшення попиту на програмне забезпечення для управління навантаженням	Розширення продуктової лінійки та охоплення нових ринків
2	Розвиток ринку енергетичних послуг	Зростання попиту на послуги з оптимізації використання енергії	Розширення послуг, що надаються компанією
3	Зростання доступності технологій	Зменшення витрат на розробку та впровадження програмного забезпечення для управління навантаженням	Зниження цін на свою продукцію
4	Зміни у законодавстві	Введення нових стимулів для використання програмного забезпечення для управління навантаженням	Розробка продуктів та послуг, які відповідають новим вимогам законодавства

Останнім етапом можливостей впровадження проєкту є складання SWOT-аналізу, а саме матриці аналізу сильних та слабких сторін, загроз та можливостей, який наведено у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – SWOT-аналіз проєкту

Сильні сторони	Слабкі сторони
1. Зріла технологія 2. Кваліфікована команда 3. Високий попит на програмне забезпечення для управління навантаженням	1. Недостатній досвід компанії 2. Недостатні фінансові ресурси 3. Сильна конкуренція
Можливості	Загрози
1. Зростання попиту на електромобілі 2. Розвиток ринку енергетичних послуг 3. Зростання доступності технологій	1. Зміни у законодавстві 2. Поява конкурентів 3. Технологічні зміни

Основною перешкодою для успіху компанії може бути сильна конкуренція на ринку програмного забезпечення для управління навантаженням. Компанія повинна розробити конкурентоспроможні продукти та послуги, щоб успішно конкурувати з іншими постачальниками.

Щоб створити стратегію для успішного розвитку проєкту, компанія повинна зосередитися на використанні своїх сильних сторін і можливостей для пом'якшення своїх слабких сторін і загроз.

Компанія також повинна розробити план реагування на фактори загрози, такі як зміни у законодавстві та поява конкурентів. Це допоможе компанії бути готовою до цих змін та зменшити їхній вплив на бізнес.

4.4 Ринкова стратегія проєкту

При розробці ринкової стратегії першим кроком передбачається визначення стратегії охоплення ринку, а саме опис цільових груп потенційних споживачів, який наведено у таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Опис цільових груп потенційних споживачів

№	Цільова група	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит	Інтенсивність конкуренції	Простота входу у сегмент
1	Оператори електромереж	Висока	Високий	Середньо-висока	Середня
2	Комерційні та промислові підприємства	Висока	Високий	Середньо-висока	Висока
3	Власники електромобілів	Низька	Низький	Низька	Висока

Найбільш перспективною цільовою групою для стартапу є оператори електромереж. Ця група має високу готовність сприйняти продукт, великий орієнтовний попит та середньо-високу інтенсивність конкуренції.

У таблиці 4.10 наведено опис базової стратегії розвитку, яка була обрана для стартап-проєкту.

Таблиця 4.10 – Концентрована стратегія

Обрана альтернатива розвитку проєкту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкуренто-спроможні позиції	Базова стратегія розвитку
Концентрована стратегія	Концентрація на одній цільовій групі	Висока якість продукту, відповідність вимогам цільової групи, конкурентоспроможна ціна	Концентрація на розвитку продукту та послуг, які відповідають потребам цільової групи операторів електромереж

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки, якої буде підтримуватись розробник проєкту для конкурентоспроможності продукту на ринку. Опис базової стратегії конкурентної поведінки наведено у таблиці 4.11.

Таблиця 4.11 – Стратегія конкурентної поведінки

Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
Ні	Компанія буде шукати нових споживачів, надаючи доступ до безплатних версій та доступ до програми для навчальних закладів	Ні, за винятком випадків, коли це необхідно для забезпечення відповідності вимогам цільової групи	Конкуренція на основі диференціації

У таблиці 4.12 наведено стратегію позиціонування, на основі вимог споживачів до компанії проекту та до продукту.

Таблиця 4.12 – Стратегія позиціонування

№	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентно-спроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій
1	Висока якість продукту	Концентрована стратегія	Відповідність вимогам цільової групи, конкурентоспроможна ціна	Надійність, безпека, ефективність
2	Відповідність вимогам цільової групи	Концентрація на розвитку продукту та послуг, які відповідають потребам цільової групи операторів електромереж	Реагує на потреби клієнтів, інноваційність, простота у використанні	
3	Конкурентоспроможна ціна	Конкуренція на основі диференціації	Вигідна вартість, доступність	Економічна, вигідна, ціна-якість

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком у розробленні маркетингової програми є формування маркетингової концепції продукту, яка наведена у таблиці 4.13.

Таблиця 4.13 – Ключові переваги товару

№	Потреба	Вигода	Ключові переваги перед конкурентами
1	Забезпечення надійності та безпеки електромережі	Надійне управління навантаженням	Використання найновіших технологій
2	Заощадження електроенергії	Ефективне управління навантаженням	Індивідуальний підхід до кожного клієнта
3	Зручність у використанні	Простота та інтуїтивність інтерфейсу	Використання хмарних технологій

Наступним кроком є аналіз оптимальної системи збуту, результати якого наведено у таблиці 4.14.

Таблиця 4.14 – Опис системи збуту

Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
Оператори електромереж є професійними покупцями, які мають певні вимоги до програмного забезпечення для управління навантаженням	Дослідження ринку, розробка продукту, просування продукту, продаж продукту, обслуговування після продажу	Повна глибина каналу збуту (прямі продажі та опосередковані продажі через дистриб'юторів)	Комбінована система збуту (прямі продажі та опосередковані продажі через дистриб'юторів)

Останнім кроком розроблення маркетингової програми є розробка концепції маркетингових комунікацій для проєкту, яка наведена у таблиці 4.15.

Таблиця 4.15 – Концепція маркетингових комунікацій

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
Оператори електромереж є професійними покупцями, які мають певні вимоги до програмного забезпечення для управління навантаженням	Інтернет, професійні видання, конференції та семінари	Надійність, безпека, ефективність, простота у використанні	Інформувати про продукт і його переваги, сформулювати позитивне сприйняття у цільовій аудиторії	Рекламне звернення має бути професійним і інформативним, підкреслювати ключові переваги продукту, використовувати доказову базу для підтвердження цих переваг

Висновки по розділу

Проаналізовано можливість ринкової комерціалізації проєкту. Ринок програмного забезпечення для управління навантаженням є зростаючим і має значний потенціал. Оператори електромереж мають потребу в надійному та безпечному програмному забезпеченні, яке допоможе їм заощаджувати електроенергію та підвищувати ефективність роботи електромереж.

Досліджено перспективи впровадження проєкту. Потенційними групами клієнтів є оператори електромереж усіх розмірів. Бар'єри входження на ринок є помірними. Стан конкуренції є динамічним, але проєкт має ряд конкурентних переваг, таких як використання найновіших технологій, індивідуальний підхід до клієнтів та використання хмарних технологій.

Виконано вибір комбінованої системи збуту для ринкової реалізації проєкту. Це дозволить стартапу мати більш тісний контакт з операторами електромереж і краще розуміти їхні потреби.

Проаналізовано доцільність подальшої імплементації проєкту. Проєкт має потенціал для успіху на ринку та може принести значну користь операторам електромереж.

Розроблено план успішної реалізації проєкту стартапу:

- продовжити розробку продукту відповідно до потреб цільової аудиторії;
- сформувати ефективну команду продажів та маркетингу;
- забезпечити належне фінансове забезпечення проєкту.

Завдяки реалізації цих заходів стартап зможе успішно конкурувати на ринку та досягти своїх цілей.

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано стан розвитку електромобілів в світі. Досліджено розвиток інфраструктури зарядних станцій для електромобілів в Україні та пристроїв для заряджання. Проведено аналіз нормативно правового забезпечення функціонування електротранспорту, державних програм та стимулів для власників електромобілів.

2. Проаналізовано основні нормативно-правові акти, щодо встановлення та приєднання зарядних станцій для електромобілів до мережі та суб'єктів при функціонуванні електромобілів. Досліджено сучасні технології до формування систем електромобіль та мережа. Проведено аналіз методів та підходів участі електромобілів в управлінні попитом.

3. Проведено аналіз вихідних даних споживання електричної енергії електромобілями. Виконано прогнозування споживання електроенергії, за допомогою регресійного аналізу, та запропоновано моделі розподілу навантаження електромобілів на мережу. Надано рекомендації щодо залучення електромобілів до управління попитом.

4. Проведено дослідження стартап-проєкту програмного забезпечення, що дозволяє оцінити потенціал залучення електромобілів до управління навантаженням, за допомогою проведення аналізу необхідних даних, прогнозування споживання електричної енергії електромобілями та вибору оптимальної моделі розподілу навантаження на мережу. Наведено технологічні характеристики, аналіз ринкових можливостей реалізації, перспективи впровадження, вибір системи збуту для ринкової реалізації та доцільність подальшої імплементації проєкту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. International Energy Agency (IEA). Global EV Outlook 2023. URL: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023/executive-summary> (дата звернення: 16.10.23).
2. Федерація автопрому України. Реєстрація електромобілів за 12 місяців 2022 року. URL: <https://fra.org.ua/uk/st/statistika/infoghrafika/reiestratsiyi-elektromobiliv-za-12-misiatsiv-2022-roku> (дата звернення: 17.10.23).
3. Зарядні станції ТОКА. Карта електричних заправок для електромобілів. URL: <https://toka.energy/uk/chargemap/> (дата звернення: 18.10.23).
4. Yasno. Map. URL: <https://app.yasno.com.ua/> (дата звернення: 18.10.23).
5. EA Charging Point. Map. URL: <https://autoenterprise.ua/ua?from-popup#presentations-section?from-popup> (дата звернення: 18.10.23).
6. PlugShare. Map. URL: <https://www.plugshare.com/> (дата звернення: 19.10.23).
7. Куликівська Ю.С. Енергозбереження в системі живлення електротранспортних засобів: атестаційна робота маг.: Харківський нац. ун-т радіоелектроніки. Харків, 2019. 18с.
8. Go To-U. Типи роз'ємів та стандартів заряджання електромобілів. URL: <https://go-tou.com/ua/news/ev-charging-connector-plug-types-and-speed> (дата звернення: 20.10.23).
9. EVHUB eMOBILITY SUPERMARKET. Типи електромобільних роз'ємів. URL: <https://evhub.com.ua/razemy-dlya-zaryadky-elektromobylej/> (дата звернення: 20.10.23).
10. AutoGeek Перший електромобільний. В Україні вперше порахували кількість зарядних станцій для електромобілів: чотири машини на одну заправку. URL: <https://autogeek.com.ua/zarydni-stancii/> (дата звернення: 21.10.23).
11. Про ринок електричної енергії. Закон України від 21.11.2023 № 3481-IX. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/T172019?an=3689> (дата звернення: 22.10.23).

12. Про затвердження Кодексу системи розподілу. Постанова НКРЕКП від 14.03.2018 № 310. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0310874-18#Text> (дата звернення: 22.10.23).

13. Про автомобільний транспорт. Закон України від 24.02.2023 № 2957-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14#Text> (дата звернення: 21.10.23).

14. Про об'єднання співвласників багатоквартирного будинку. Закон України від 14.07.2023 № 3270-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2866-14#Text> (дата звернення: 22.10.23).

15. Про регулювання містобудівної діяльності. Закон України від 10.06.2023 № 3141-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17#Text> (дата звернення: 23.10.23).

16. ДСТУ EN 61851. Системи кондуктивного заряджання електричних транспортних засобів від 01.01.2021. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=89160 (дата звернення: 24.10.23).

17. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року. Закон України від 28.02.2019 № 2697-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17#Text> (дата звернення: 25.10.23).

18. Кацюба Б.К. «Аналіз стану ринку електромобілів та розвитку інфраструктури зарядних станцій в Україні» XV науково-технічна конференція «Енергетика. Екологія. Людина» присвячена 125-річчю КПП: зб. матеріалів конф., м. Київ, 16-18 травня 2023 р. С. 19-21.

19. Ncars Нові електромобілі з Китаю. Пільги та нововведення для електромобілів. URL: <https://ncars.com.ua/media/pilgy-ta-novovvedennia-dlia-elektromobiliv/> (дата звернення: 26.10.23).

20. Офіс ефективного регулювання. Концепція розвитку ринку електрозарядних станцій. URL: https://cdn.regulation.gov.ua/d8/cf/1d/fc/regulation.gov.ua_El.car-conception-1.pdf (дата звернення 27.10.2023).

21. Про затвердження Правил роздрібного ринку електричної енергії.
Постанова НКРЕКП від 04.10.2023 №1822. URL:
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0312874-18#Text> (дата звернення 28.10.23).

22. Про затвердження Кодексу комерційного обліку електричної енергії.
Постанова НКРЕКП від 12.12.2023 №2418. URL:
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0311874-18#Text> (дата звернення 29.10.23).

23. Deepak Ronanki, Apoorva Kelkar and Sheldon S. Williamson. Extreme Fast Charging Technology - Prospects to Enhance Sustainable Electric Transportation. URL:
<https://www.mdpi.com/1996-1073/12/19/3721> (дата звернення 30.10.2023).

24. Ryan Collin, Yu Miao, Alex Yokochi, Prasad Enjeti and Annette von Jouanne. Advanced Electric Vehicle Fast - Charging Technologies. URL:
<https://www.mdpi.com/1996-1073/12/10/1839> (дата звернення 31.10.2023).

25. Prof. Dr.-Ing. Friedrich W. Fuchs. Chair of Power Electronics. Optimization of Inductive Charging Systems for Electric Vehicles with Vehicle-to-Grid Capability. URL: <https://www.pe.tf.uni-kiel.de/en/research/old-projects/optimization-of-inductive-charging-systems-for-electric-vehicles-with-vehicle-to-grid-capability-1> (дата звернення 01.11.2023).

26. Logist today. Siemens перетворила ще одну трасу в Німеччині на eHighway. URL: https://logist.today/uk/dnevnik_logista/2021-07-02/siemens-prevratila-eshhe-odnu-trassu-v-germanii-v-ehighway/ (дата звернення 02.11.2023).

27. ELWAYS. Solution. URL: <https://elways.se/elways/solution/> (дата звернення 03.11.2023).

28. Tajima, T., Tanaka, H., Fukuda, T., Nakasato, Y. et al., "Study of High Power Dynamic Charging System," SAE Technical Paper 2017-01-1245, 2017. URL: <https://saemobilus.sae.org/content/2017-01-1245/> (дата звернення 04.11.2023).

29. Joeri Van Mierlo, Maitane Bercibar, Mohamed El Baghdadi, Cedric De Cauwer, Maarten Messagie, Thierry Coosemans, Valéry Ann Jacobs and Omar Hegazy. Beyond the State of the Art of Electric Vehicles: A Fact-Based Paper of the Current and Prospective Electric Vehicle Technologies. Feature Papers in World Electric Vehicle

Journal in 2021. URL: <https://www.mdpi.com/2032-6653/12/1/20> (дата звернення 04.11.2023).

30. Sarthak Mohanty, Subhasis Panda, Shubhranshu Mohan Parida, Pravat Kumar Rout, Binod Kumar Sahu, Mohit Bajaj, Hossam M. Zawbaa, Nallapaneni Manoj Kumar, Salah Kamel. Demand side management of electric vehicles in smart grids: A survey on strategies, challenges, modeling, and optimization. Energy Reports November 2022. URL: <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.09.023> (дата звернення 07.11.2023).

31. InfoCar. Nissan Leaf. URL: <https://nissan-leaf.infocar.ua/> (дата звернення 09.11.2023).

32. TeslaPark. Всі моделі Tesla: актуальні та попередні. URL: <https://teslapark.com.ua/uk/blog/vsi-modeli-tesla-aktualni-ta-poperedni/> (дата звернення 09.11.2023).

33. HEVCars. BMW. URL: <https://hevcars.com.ua/bmw/> (дата звернення 09.11.2023).

34. Опришко В.П. Оцінювання ефективності керування попитом в системах електропостачання з активним споживачем: дис. канд. наук: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» Київ, 2019. С. 185.

35. Бойчук О.І. «Використання накопичувального електроводонагрівача для зменшення пікового денного електроспоживання та усунення провалу нічного енергопостачання» XII науково-технічна конференція ІЕЕ «Енергетика. Екологія. Людина»: зб. наук. праць, м. Київ, 7-8 травня 2020 р. С. 175-179.

36. Денисюк С.П., Опришко В.П. Дослідження програм з керування попиту на електроенергію та аналіз ефективності їх використання. Technology audit and production reserves. 2016. С. 69-73.

37. Федерація автопрому України. Батареї на колесах. URL: <https://fra.org.ua/uk/an/publikatsii/analitika/batareyi-na-kolesakh> (дата звернення 10.11.2023).

38. Погода для туристів прогноз, статистика, аналіз. Погода в Україні : веб-сайт. URL: <https://tur-pogoda.com.ua/ukraine> (дата звернення: 15.10.2023).

39. Мірошніченко, Д. В. Підвищення енергоефективності систем енергозабезпечення сільгосппідприємства: магістерська дис.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». Київ, 2022. 102 с.

40. Veremiichuk Y., Zicmane I., Berzina K., Zamulko A., The use of electromobiles to align daily electrical load schedule of power system. Proceedings of the 10th International Scientific Symposium on Electrical Power Engineering, ELEKTROENERGETIKA 2019, Pages 458-461. Stara Lesna; Slovakia; 16-18 September 2019. ISBN 978-805533324-3.