

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЗАОЧНОЇ ТА
ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему: “Аналіз систем зарядки і обґрунтування ділянки
зарядки електромобілів.”

Виконав: студент VI курсу групи Ат-61
Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”

(шифр і назва)

Євген ГАБРІЄЛЬ

(ім'я та прізвище)

Керівник: Степан ХІМКА

(ім'я та прізвище)

Дубляни 2024

УДК 629.113.066.

РЕФЕРАТ

Габрієль Є.Б. «Аналіз систем зарядки і обґрунтування ділянки зарядки електромобілів». – Кваліфікаційна робота. Кафедра автомобілів та тракторів. - Дубляни, -Львівський НУП, 2024. 70 с. текст. 5 част. 26 рис., 4 табл., бібл. 23.

У роботі проведено комплексний аналіз експлуатації електромобілів, їх основних характеристик та ефективності використання. У першому розділі розглянуто особливості застосування електротранспорту, оцінено його ефективність та обґрунтовано вибір теми дослідження.

Другий розділ присвячений детальному аналізу складових електромобілів, ключових характеристик та обчисленню часу заряджання. Також визначено додаткові критерії ефективності електромобілів і їх показники корисності.

У третьому розділі проаналізовано режими роботи та особливості систем заряджання електромобілів. Проведено огляд технічних характеристик та оцінку електромобілів за визначеними критеріями корисності.

Четвертий розділ зосереджено на обґрунтуванні організації ділянки заряджання електромобілів. Розглянуто процеси зарядки, вибір зарядного пристрою, можливості використання фотовольтаїки, а також виконано розрахунок параметрів заряду.

У висновках узагальнено результати дослідження, наведено рекомендації щодо підвищення ефективності використання електромобілів та їх зарядних систем.

Ключові слова: електромобіль, критерії корисності, батарея, зарядна станція.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІЗ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ТА АРГУМЕНТАЦІЯ	
ВИБОРУ ТЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....11	
1.1 Особливості застосування електротранспорту.....	11
1.2 Оцінка ефективності електромобілів.....	15
1.3 Аргументація вибору теми дослідження.....	20
2 АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТА ВИЗНАЧЕННЯ	
КРИТЕРІЇВ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ.....26	
2.1 Складові електромобілів.....	26
2.2 Ключові характеристики електричних автомобілів.....	29
2.3 Обчислення часу зарядки електромобіля	32
2.4 Додаткові критерії ефективності електричних автомобілів.....	36
2.5 Визначення показників корисності електромобілів.....	38
3 АНАЛІЗ СИСТЕМ ЗАРЯДЖАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ	
ТА ЇХ ОЦІНКА ЗА КРИТЕРІЯМИ КОРИСНОСТІ41	
3.1 Режими та особливості систем заряджання електромобілів.....	41
3.2 Огляд технічних характеристик електромобілів.....	46
3.3 Аналіз електромобілів за визначеними критеріями.....	48
4 ОБҐРУНТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ ЗАРЯДКИ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ51	
4.1 Процес зарядки електромобілів і перевірки	51
4.2 Вибір зарядного пристрою.....	52
4.3 Використання фотовольтаїки	55
4.4 Розрахунок заряду.....	5

5	ОХОРОНА ПРАЦІ	61
5.1	Аналіз травмонебезпечних ситуацій та вимоги безпеки під час експлуатації електричного обладнання.....	61
5.2	Планування заходів з покращення охорони праці.....	63
5.3	Моделювання процесів формування і виникнення небезпечних ситуацій під час	64
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	67
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	69

ВСТУП

Зростання цін на паливо створює не лише виклики, а й можливості для трансформації транспортного сектору та економіки в цілому. Однією з ключових тенденцій є активний розвиток електромобільного транспорту, що стає альтернативою автомобілям із двигунами внутрішнього згорання. Електромобілі не лише економічно вигідніші в експлуатації у довгостроковій перспективі, а й дозволяють значно скоротити викиди шкідливих речовин у довкілля.

Додатковим стимулом для розвитку ринку електромобілів є інновації в галузі акумуляторних технологій. Сучасні дослідження спрямовані на підвищення енергоємності батарей, скорочення часу заряджання та збільшення терміну їх експлуатації. Очікується, що нові технології дозволять суттєво знизити вартість електромобілів і зробити їх доступнішими для більш широкого кола споживачів.

Також спостерігається розвиток смарт-технологій для управління зарядною інфраструктурою. Системи інтелектуального енергоменеджменту дозволяють оптимізувати процес заряджання електромобілів, враховуючи потреби споживачів та балансування навантаження на енергомережу. Ці технології сприяють більш ефективному використанню енергетичних ресурсів, особливо в умовах переходу на відновлювані джерела енергії.

Не менш важливою є роль транспортної політики держав. Багато країн розробляють довгострокові стратегії розвитку екологічного транспорту, що включають створення стимулів для переходу на електромобілі, впровадження стандартів енергоефективності та розвиток транспортної інфраструктури. Наприклад, у низці країн запроваджують програми стимулювання громадян до купівлі електромобілів через надання субсидій або звільнення від податків.

Зростаюча популярність електромобілів впливає і на автомобільну промисловість, змушуючи автовиробників переглядати свої стратегії. Виробники інвестують у дослідження і розробки, щоб задовольнити потреби

сучасного ринку, пропонуючи автомобілі із покращеними технічними характеристиками, такими як збільшений запас ходу та знижене споживання енергії.

Окрім цього, зміни в транспортній системі сприяють формуванню нових бізнес-моделей. Наприклад, сервіси спільного використання автомобілів та оренди електромобілів набувають популярності серед молодого покоління, яке прагне зменшити свій вуглецевий слід і скоротити витрати на утримання власного транспорту.

У довгостроковій перспективі інтеграція електромобілів із відновлюваними джерелами енергії, такими як сонячні та вітрові електростанції, може створити нову енергетичну екосистему. Це дозволить досягти не лише енергетичної незалежності, а й підвищити стабільність енергопостачання в умовах глобальних змін клімату.

Таким чином, зростання цін на пальне виступає не лише викликом, а й каталізатором змін, які можуть суттєво трансформувати транспортний сектор, зробивши його більш екологічним, інноваційним та стійким до зовнішніх економічних і екологічних загроз. [2, 4].

Дільниця для зарядки електромобілів має бути зручно розташована, наприклад, поблизу основних транспортних магістралей, торговельних центрів або житлових районів, щоб забезпечити легкий доступ для користувачів. Вона повинна включати зарядні станції різного типу, такі як швидкі (DC) для зарядки батареї за короткий час і повільні (AC) для тривалої зарядки. Потужність зарядних пристроїв може варіюватися від 7 кВт до 350 кВт, що дозволяє обслуговувати різні моделі електромобілів.

Дільниця має забезпечувати достатню кількість місць для одночасного обслуговування кількох автомобілів, із можливістю масштабування в майбутньому. Джерело електроенергії повинно бути стабільним, а для зменшення навантаження на мережу доцільно використовувати системи зберігання енергії або інтегрувати відновлювані джерела, такі як сонячні панелі чи вітряки.

Для оплати послуг зарядки має бути передбачена зручна система, яка підтримує кілька способів, включно з безготівковим розрахунком, мобільними додатками або RFID-картами. Дільниця також повинна бути обладнана зонами відпочинку з можливістю скористатися Wi-Fi, відвідати кафе або магазин, щоб зробити процес зарядки комфортним для користувачів.

Особлива увага має приділятися безпеці, тому важливо встановити системи відеоспостереження, освітлення та захисту кабелів. Електричне обладнання повинно відповідати сучасним стандартам, а інструкції для користувачів мають бути зрозумілими. Інформаційні табло допоможуть відстежувати стан зарядки, доступність портів і час, що залишився до завершення процесу.

Загалом, така дільниця має сприяти розвитку електромобільного транспорту, бути ефективною, зручною, екологічно чистою та адаптованою до потреб сучасних користувачів. [6, 7]

Додатково, дільниця може включати систему інтелектуального енергоменеджменту, яка оптимізує використання енергії залежно від попиту та часу доби.

В Україні повинні бути представлені кілька типів зарядних станцій для електромобілів, щоб відповідати різноманітним потребам користувачів. Основними є:

1. Швидкі зарядні станції постійного струму (DC). Вони забезпечують високу потужність (50–350 кВт) і дозволяють заряджати електромобілі до 80% за 20–40 хвилин. Такі зарядки актуальні для міжміських доріг, магістралей і місць із високим потоком автотранспорту. Вони підходять для швидкої зарядки під час подорожей.

2. Повільні зарядні станції змінного струму (AC). Їхня потужність зазвичай становить 7–22 кВт, що дозволяє заряджати автомобіль за кілька годин. Такі станції зручні для використання в міських умовах, поблизу офісів, житлових будинків, торговельних центрів і паркінгів, де електромобіль може перебувати тривалий час.

3. Ультрашвидкі зарядні станції (НРС). Ці пристрої підтримують потужність 150–350 кВт і більше, що дозволяє заряджати електромобіль лише за 10–20 хвилин. Вони необхідні на основних автомагістралях і ключових транспортних вузлах для обслуговування далекобійних подорожей та сучасних електромобілів із великим запасом ходу.

4. Зарядні станції низької потужності (2–3 кВт). Це базові пристрої, які можуть використовуватися вдома або в місцях із низьким енергоспоживанням. Вони підходять для зарядки автомобіля протягом ночі або в умовах, де не потрібна швидка зарядка.

5. Зарядки для електричних автобусів і вантажівок. Ці станції повинні мати високу потужність (від 100 до 450 кВт) і бути адаптованими для обслуговування великогабаритного транспорту. Їх варто розміщувати на автобусних парках, логістичних хабах та основних маршрутах міжміського сполучення.

6. Мобільні зарядні станції. Вони актуальні для випадків аварійної зарядки, наприклад, коли автомобіль не може дістатися до найближчої стаціонарної станції. Це можуть бути пересувні комплекси або зарядки, інтегровані в спеціалізовані автомобілі.

Для повного задоволення потреб споживачів зарядна інфраструктура повинна враховувати специфіку українського клімату та географії. У містах доцільно розвивати мережу повільних зарядок для паркінгів і житлових зон, а на міжміських магістралях — швидкі та ультрашвидкі станції.

1 АНАЛІЗ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ТА АРГУМЕНТАЦІЯ ВИБОРУ ТЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Особливості застосування електротранспорту

Електротранспорт в Україні має свої особливості застосування, які зумовлені економічними, інфраструктурними, екологічними та соціальними факторами.

Перше, на що впливає електротранспорт, це економічна ефективність. Зростання цін на традиційне паливо робить експлуатацію електромобілів значно дешевшою, оскільки вартість зарядки електроенергією є нижчою порівняно з бензином чи дизелем. Це особливо важливо для великих міст і комерційних компаній, де електротранспорт використовується в службах доставки чи таксі.

Другим важливим аспектом є екологічна ситуація. У великих містах України рівень забруднення повітря залишається високим через значний обсяг викидів від традиційного транспорту. Використання електротранспорту сприяє зниженню викидів парникових газів, покращенню якості повітря та сприяє досягненню цілей сталого розвитку.

Інфраструктура є водночас і викликом, і можливістю для розвитку електротранспорту. В Україні існує дефіцит зарядних станцій, особливо в сільській місцевості та на міжміських трасах. Однак у великих містах, таких як Київ, Львів та Харків, мережа зарядок поступово розширюється. Впровадження державних програм підтримки та інвестицій у розвиток інфраструктури може значно покращити ситуацію.

Особливістю є також кліматичні умови. У зимовий період холодна погода впливає на ефективність батарей, знижуючи запас ходу електромобілів. Це потребує адаптації технологій, таких як використання батарей з терморегуляцією, а також розвитку систем утеплення.

Серед соціальних факторів важливо відзначити зростання обізнаності населення про переваги електротранспорту. Хоча початкова вартість електромобілів залишається вищою порівняно з традиційними авто, державні субсидії, пільги та звільнення від податків стимулюють їх купівлю.

Ще однією особливістю є значний інтерес до електричного громадського транспорту. У багатьох містах України модернізується парк електротранспорту, зокрема тролейбусів і трамваїв, а також впроваджуються електробуси. Це дозволяє зменшити залежність від викопного палива в міських перевезеннях.

Загалом, застосування електротранспорту в Україні відзначається позитивними перспективами, зокрема в умовах підвищення цін на паливо, посилення екологічних вимог і розвитку відповідної інфраструктури. Проте його подальший успіх залежить від системного підходу держави та приватного сектора до розв'язання існуючих проблем.

Таблиця 1.1 містить інформацію про середні відстані перевезень і терміни доставки вантажів різними типами транспорту [2, 3].

Таблиця 1.1 - Відстані перевезень

Вид транспорту	Відстань перевезень, км	Строки доставки, днів
Залізничний	790,0	40,0
Морський	3560,0	9,0
Річковий	470,0	7,0
Автомобільний	18,0	1,0
Трубопровідний	1840,0	7,0
Повітряний	1360,0	біля 1

Витрати на перевезення вантажів різними транспортами залежать від кількох факторів, таких як тип транспорту, відстань, вантажопідйомність та умови експлуатації. Автомобільний транспорт є одним з найбільш популярних і гнучких способів перевезення, підходить для доставки вантажів на середні та короткі відстані. Витрати на перевезення можуть становити від 1 до 3 доларів

за кілометр на вантажівки середнього класу, але при цьому цей вид транспорту має високі витрати на паливе та утримання техніки. Залізничні перевезення є більш економічними для транспортування великих обсягів вантажів на довгі відстані. Витрати можуть коливатися від 0,05 до 0,5 долара за тонну на кілометр, залежно від типу вантажу та відстані. Морський транспорт є найбільш ефективним для перевезення великих обсягів вантажів на дуже великі відстані, витрати на морські перевезення можуть становити близько 0,02 до 0,1 долара за тонну на кілометр, але це стосується лише великих обсягів. Повітряний транспорт є найбільш дорогим, але підходить для швидкої доставки невеликих вантажів на великі відстані, витрати можуть становити від 1 до 5 доларів за кілометр, залежно від типу вантажу та ваги. Вибір транспортного засобу залежить від відстані, обсягу вантажу та терміновості перевезення.

Проблема доставки автомобілями у містах полягає в кількох аспектах, зокрема в заторах, забрудненні повітря та обмеженій інфраструктурі для транспортних засобів. Однією з головних проблем є високий рівень дорожніх заторів, який значно збільшує час доставки товарів, підвищує витрати на паливе і знижує ефективність транспортних перевезень. Затори часто виникають через велику кількість автомобілів на дорогах, недостатню кількість доріг, погане планування транспортної інфраструктури та часті перекриття вулиць для ремонту або будівництва.

Ще однією важливою проблемою є екологічне забруднення. Використання автомобілів на традиційному паливі спричиняє викиди шкідливих газів, що погіршує якість повітря в містах, сприяє розвитку респіраторних захворювань та збільшує загальну забрудненість довкілля. Погіршення екологічної ситуації є не тільки проблемою для здоров'я, а й чинником, який уповільнює сталий розвиток міст.

Також важливим аспектом є обмежена кількість парковок і вантажних зон для доставки товарів. Це створює додаткові труднощі для водіїв і підприємців, оскільки в умовах міської забудови важко знайти вільне місце для стоянки чи

завантаження товару. Внаслідок цього часто порушуються правила дорожнього руху, збільшується кількість штрафів і погіршується організація доставки.

Ці проблеми вимагають комплексного підходу до вирішення, зокрема через модернізацію транспортної інфраструктури, впровадження екологічних транспортних засобів, поліпшення системи парковок і створення спеціалізованих зон для доставки товарів.

Електромобілі можуть суттєво зменшити негативний вплив транспорту на міське середовище, зокрема зменшити рівень забруднення повітря та знизити шум. Вони не спричиняють викидів вуглекислого газу та інших шкідливих речовин, що особливо важливо для великих міст з високим рівнем забруднення. Це дозволить покращити екологічну ситуацію, що, в свою чергу, позитивно вплине на здоров'я мешканців міста та на загальну якість життя. Крім того, електромобілі можуть знизити рівень шумового забруднення, оскільки вони значно тихіші за традиційні бензинові та дизельні автомобілі.

Що стосується зарядних станцій, то для масового впровадження електромобілів в містах необхідна ретельна розбудова інфраструктури для зарядки. Зокрема, це має включати встановлення достатньої кількості зарядних станцій у ключових точках міста, таких як торгові центри, супермаркети, парковки та спеціальні зони для перевезень товарів. Важливо, щоб зарядні станції були доступні для всіх користувачів та відповідали сучасним вимогам швидкої зарядки.

У випадку з міськими перевезеннями важливо забезпечити баланс між кількістю електромобілів і зарядною інфраструктурою. Для зручності водіїв можна використовувати швидкі зарядні станції, які дозволяють заряджати батареї за короткий час, особливо в умовах обмеженого часу на доставку. Одночасно, для забезпечення безперервної роботи міських вантажних автомобілів, може бути доцільним створення додаткових станцій на ключових транспортних маршрутах та в промислових зонах.

Для забезпечення ефективної роботи всієї системи варто також впроваджувати інтелектуальні системи управління зарядними станціями, щоб зменшити черги та оптимізувати час зарядки для користувачів. З огляду на швидке зростання кількості електромобілів, розвиток зарядної інфраструктури має бути пріоритетом для міських і державних органів, а також для приватних компаній, що інвестують у цей сектор.

1.2 Оцінка ефективності електромобілів

Електромобілі стають все більш привабливими для коротких поїздок завдяки своїм численным перевагам, особливо в міських умовах. Вони забезпечують не тільки високу енергоефективність, але й значно знижують витрати на експлуатацію в порівнянні з традиційними автомобілями. Крім миттєвого крутного моменту і відсутності викидів, електричні автомобілі також мають більш просту конструкцію, що зменшує ймовірність поломок і потребу в складному технічному обслуговуванні. З часом це дозволяє власникам заощаджувати на ремонтах і збільшувати термін служби транспортного засобу.

Електричні автомобілі також менш чутливі до коливань вартості пального, що робить їх ще більш економічно вигідними. В умовах зростаючих цін на традиційне паливо, електромобілі забезпечують стабільніші витрати на енергоспоживання. Крім того, вони забезпечують більш комфортну їзду завдяки безшумному руху, що важливо в міських районах, де рівень шумового забруднення є серйозною проблемою.

Іншою важливою перевагою є можливість інтеграції електромобілів в систему "розумних міст". Наприклад, електромобілі можуть бути частиною концепції реверсивного використання енергії (V2G), дозволяючи автомобілю не тільки заряджатися від мережі, але й повертати енергію назад, що може допомогти стабілізувати навантаження на електричну мережу в пікові години.

Це може стати важливим елементом у забезпеченні енергетичної стабільності міст і зменшення залежності від викопних видів палива.

Таким чином, електричні автомобілі є не лише екологічно чистим вибором, а й економічно вигідним варіантом для коротких поїздок, особливо в умовах урбанізації та постійного зростання попиту на ефективні та стійкі транспортні засоби.

В електродвигуні є такі втрати енергії: електричні та механічні (рис. 1.1).

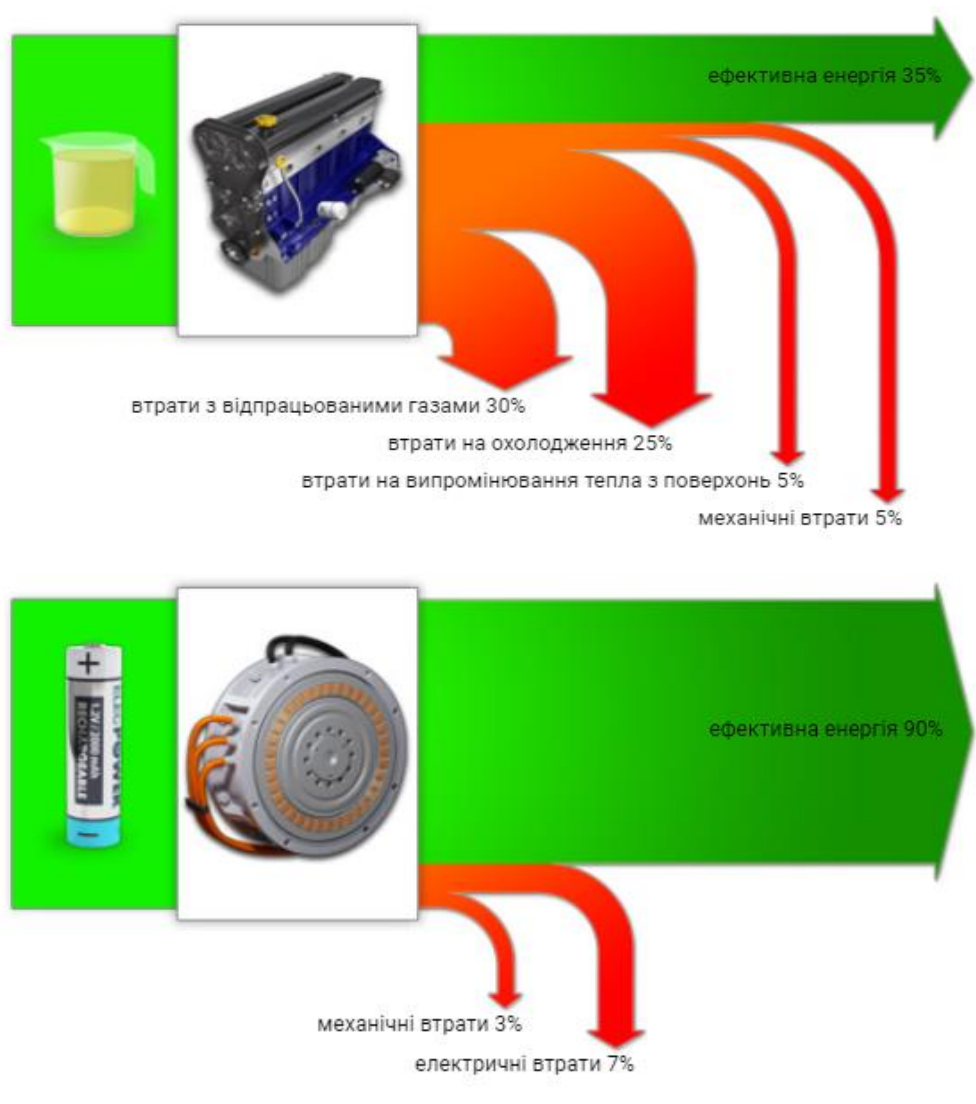


Рисунок 1.1 – Втрати енергії в ДВЗ і електродвигуні.

Людський організм потребує енергії для нормальної діяльності, а їжа постачає необхідну енергію для його функціонування, підтримуючи життєві процеси та фізичну активність. Подібно до цього, двигун внутрішнього згоряння не може працювати без палива, яке забезпечує хімічну енергію для вироблення механічної енергії, необхідної для руху транспортного засобу. В

свою чергу, електричний мотор потребує електричної енергії, яка надходить з акумуляторної батареї, і може забезпечити високу ефективність та миттєвий крутний момент, що є ключовими перевагами електротранспорту.

Також, на відміну від традиційних двигунів, електричні мотори мають менше рухомих частин, що зменшує знос і потребу в регулярному обслуговуванні. Крім того, електромобілі не створюють викидів під час роботи, що робить їх більш екологічними, особливо у міських умовах, де забруднення повітря є серйозною проблемою.

Густина енергії (рис. 1.2) - відношення між кількістю енергії та її вагою. Густина енергії — це відношення кількості енергії, яку містить певна маса чи об'єм матеріалу, до його маси або об'єму. У випадку масової густини енергії використовується формула, яка визначає енергію на одиницю маси:

$$Q = \frac{E}{m}, \quad (1.1)$$

де E — це енергія, а m — маса.

Якщо ж ми хочемо розрахувати густину енергії в об'ємному вимірі, то використовуємо наступну формулу:

$$Q = \frac{E}{V}, \quad (1.2)$$

де E — це енергія, а V — об'єм.

Це дозволяє порівнювати різні джерела енергії за їхньою здатністю зберігати енергію на одиницю об'єму, що є важливим при проектуванні батарей або інших енергетичних систем.

Енергія може бути виміряна в різних одиницях, залежно від контексту. У харчуванні енергія вимірюється в калоріях (кал, Ca) або джоулях (Дж, J), де 1 калорія дорівнює приблизно 4,184 джоуля.

В акумуляторних батареях енергія вимірюється в ампер-годинах (Агод, Ah), що вказує на кількість електричного заряду, який акумулятор може постачати при певній напрузі протягом певного часу. Напруга акумулятора вимірюється у вольтах (В, V).

				
напруга (voltage)			1,2	V
зарядний пристрій			2000	mAh
			2	Ah
енергія			2,4	Wh
	1500	kJ	8,64	kJ
вага	0,1	kg	0,04	kg
густина енергії	15000	kJ/kg	216	kJ/kg
	15	MJ/kg	0,216	MJ/kg

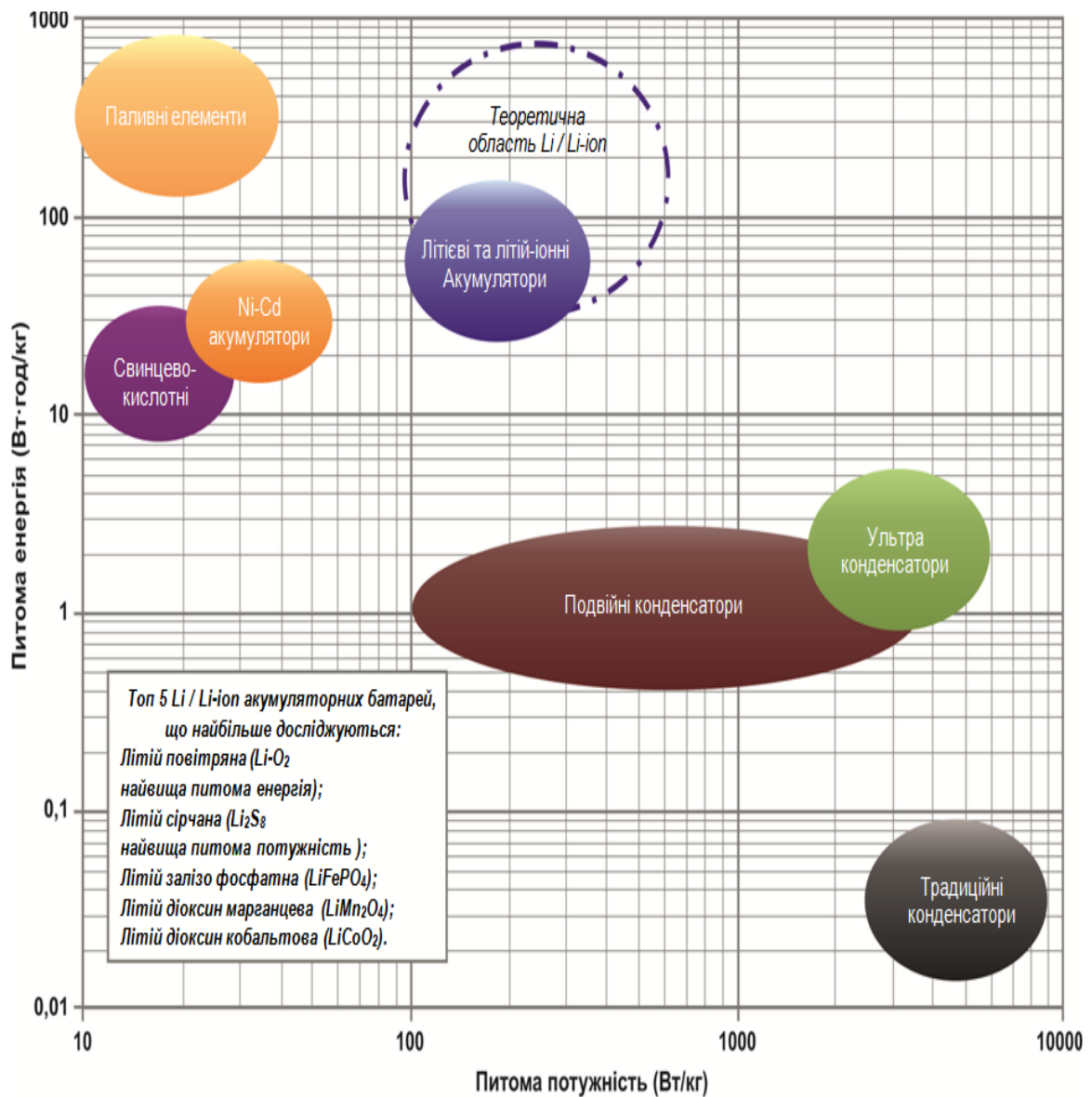


Рисунок 1.2 – Густина енергій і питома потужність згідно Логістичного агентства оборони Сполучених Штатів

Щодо перерахунку енергії, то:

1 ватт-година (Wh) дорівнює 3600 джоулів (J) або 3,6 кілоджоулів (кДж).

Це співвідношення допомагає перераховувати енергію між різними одиницями вимірювання, що особливо корисно при роботі з електричними пристроями та акумуляторами.

Густина енергії є важливим показником для оцінки кількості енергії, яку можна отримати з певної маси матеріалу або джерела енергії. Цей параметр допомагає визначити, скільки енергії можна отримати від певної кількості палива або запасів енергії, що важливо для транспортних засобів і портативних пристроїв, таких як електричні автомобілі чи батареї.

Наприклад, енергія, що міститься в різних джерелах:

- Акумуляторна батарея має густину енергії приблизно 0,22 мегаджоулів на кілограм (МДж/кг).

- Бензин має значно вищу густину енергії — близько 45 мегаджоулів на кілограм (МДж/кг).

- Печиво, яке вважається їжею, має густину енергії 15 мегаджоулів на кілограм (МДж/кг).

Ці показники ілюструють різницю в енергетичному потенціалі різних джерел енергії. З бензином можна отримати значно більше енергії на одиницю ваги, ніж з акумуляторної батареї або печива. Однак для електричних транспортних засобів і пристроїв з акумуляторами важливою перевагою є можливість відновлення енергії за допомогою зарядних станцій, що дозволяє продовжити час використання без необхідності в тяжкому вантажі.

Якщо порівнювати густину енергії акумуляторної батареї та бензину, то видно, що для отримання такої ж кількості енергії з акумулятора, як з бензину, потрібно значно більше його маси.

При густині енергії бензину 45 мегаджоулів на кілограм і акумуляторної батареї 0,22 мегаджоулів на кілограм, акумулятор буде в 80 разів важчим, ніж бензин для отримання однакової кількості енергії.





				
густина енергії	45	MJ/kg	0,22	MJ/kg
				
споживання	100	МДж за 50 км	38,9	МДж за 50 км
	2,2	кг за 50 км	177	кг за 50 км

Рисунок 1.3 – Споживання енергії двз і ем

Це означає, що для електричних транспортних засобів батареї повинні бути значно більшими за масою, щоб забезпечити дальність ходу, порівнянну з автомобілем, що працює на бензині, що є важливим чинником при проектуванні електричних транспортних засобів.

1.3 Аргументація вибору теми дослідження

Динаміка ринку електромобілів в Україні, грудень 2022 – грудень 2023 показана на рисунку 1.4 У грудні 2023 року вперше було зафіксовано зниження обсягів. Однак експерти Інституту дослідження авторинку вважають, що це тимчасове явище, яке частково зумовлене блокуванням кордонів, а також, в меншій мірі, наближенням до точки насичення. За прогнозами спеціалістів, у 2024 році ця точка, ймовірно, буде досягнута, і динаміка розвитку в сегменті зміниться від стрімкого зростання до хвилеподібної. Попит на транспортні засоби з електричними двигунами

безперечно підвищується завдяки «нульовій» ставці розмитнення, яка була раніше згадана. Водночас імпорт вантажних авто зменшився через правову колізію, яка призводила до необхідності сплати ПДВ на рівні 20% від їх вартості при ввезенні.

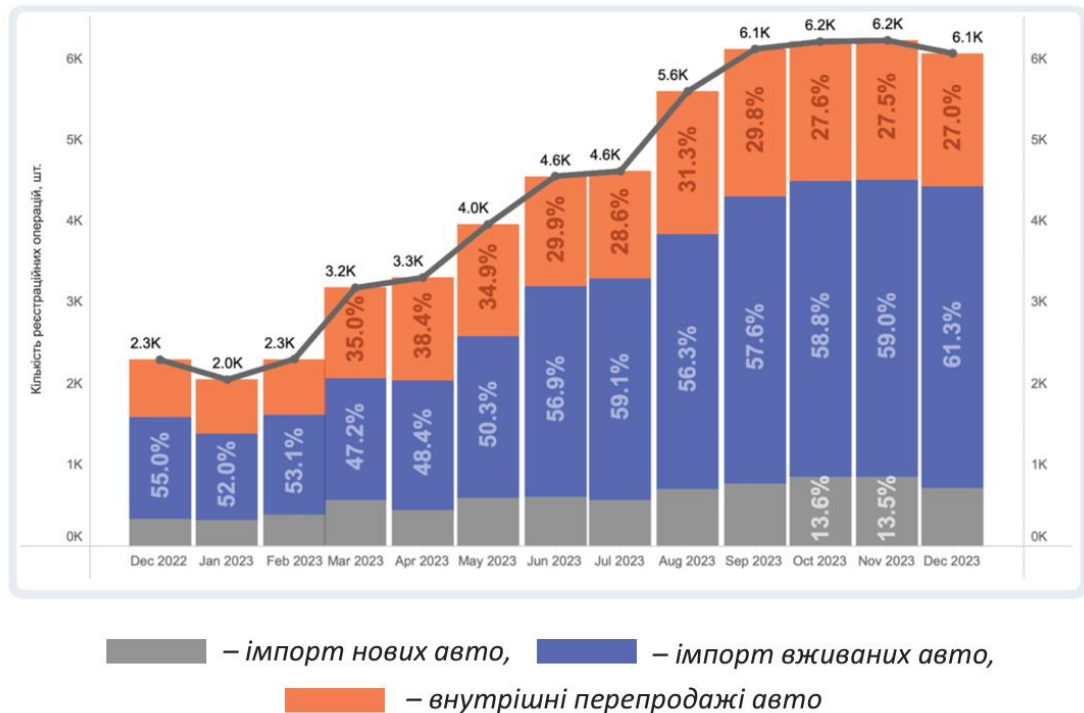


Рисунок 1.4 – Динаміка ринку електромобілів в Україні, грудень 2022 – грудень 2023

Структура імпорту нових та вживаних вантажних авто в розрізі типу пального, січень 2022 - серпень 2023 показана на рисунку 1.5.

За даними Інституту дослідження авторинку, більшість вантажівок, які імпортували з-за кордону у січні-серпні 2023 року, були дизельними — 95,7%. Бензиновими було 1,7%, а 0,4% мали заводську газову установку. Лише 2,2% вантажівок (239 одиниць) були електричними. Піковий період імпорту припав на липень-серпень 2022 року, коли середньомісячний імпорт електричних вантажівок складав 70 одиниць. У серпні 2022 року частка електричних вантажівок серед імпортованих автомобілів досягла рекордного рівня — 5,4%. Цей ріст був стимульований двома основними факторами: дією нульового розмитнення та дефіцитом і подорожчанням пального в Україні. У серпні 2023

року частка електричних вантажівок у загальному імпорті знизилася до 2,2% (37 одиниць).

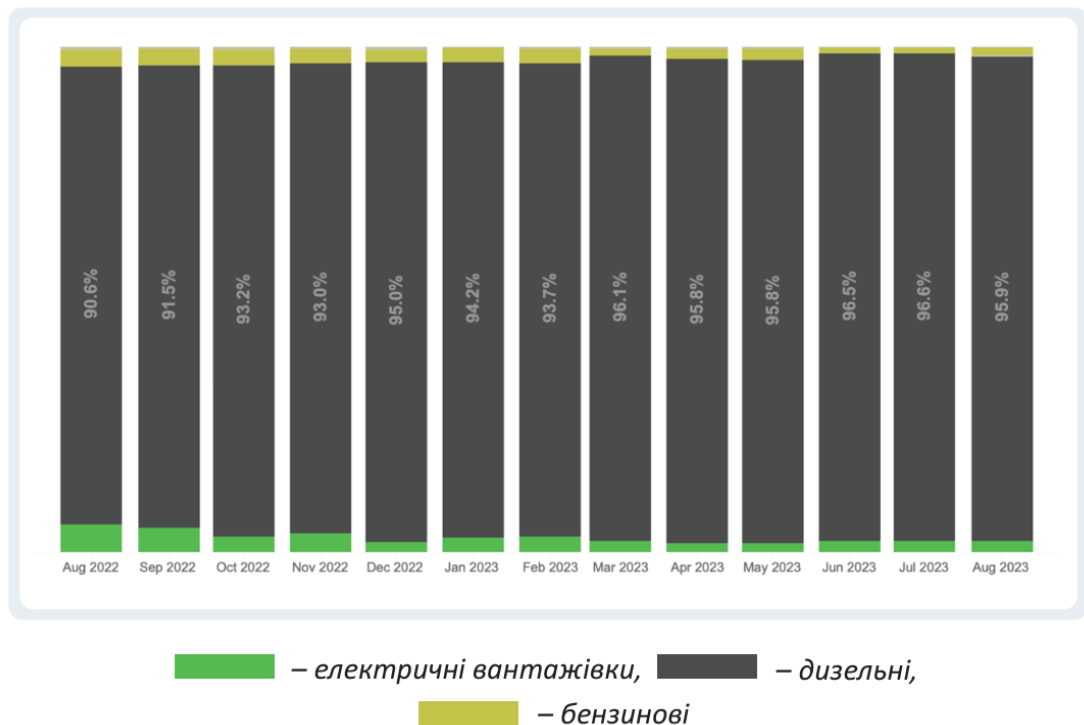


Рисунок 1.5 – Структура імпорту нових та вживаних вантажних авто в розрізі типу пального

Франція входить до п'ятірки лідерів на європейському ринку електричних автомобілів. У 2023 році частка електрифікованих транспортних засобів на французькому ринку досягла рекордних 26%, з яких більше 17% припало на електричні автомобілі, що на 47% більше порівняно з 2022 роком. Франція вже оголосила про заборону на продаж нових автомобілів з ДВЗ до 2040 року. У грудні 2023 року країна перевищила мільйон реєстрацій електричних автомобілів. Уряд Франції також анонсував субсидії на лізинг електричних автомобілів, що зробить їх доступними для домогосподарств з низьким рівнем доходу — всього за 100 євро на місяць. У 2024 році Франція планує ввести нову схему екологічних бонусів, яка відповідає ініціативі «Зелена промисловість». Отримати допомогу зможуть ті транспортні засоби, що відповідатимуть певним екологічним стандартам, що дозволить оцінювати їхній вуглецевий слід. У рамках стратегії «Зелена промисловість» екологічний

бонус буде запроваджено в 2024 році для стимулювання покупки або оренди екологічно чистих транспортних засобів.

Лише кілька європейських країн не мають пілг або мають їх у обмеженій кількості для транспортних засобів з електричними двигунами. До таких країн належать Болгарія, Естонія, Латвія, Мальта, Словаччина та Словенія.

Окремої уваги заслуговує дослідження стимулів для розвитку інфраструктури зарядних станцій в країнах Європейського Союзу. У Німеччині загальна кількість точок зарядки у 2023 році зросла до 97 704 (AC) та 22 921 (DC fast charge — швидка зарядка), порівняно з 70 921 (AC) і 12 639 (DC) у 2022 році. Доступ до добре розвиненої та надійної зарядної інфраструктури став критичним фактором для впровадження електричних автомобілів, при цьому перевага надавалась транспортним засобам, сумісним з популярним у Німеччині стандартом CCS (Combined Charging System).

У США існують три основні типи зарядних станцій для електричних автомобілів. Зарядні станції рівня 1 є економічно ефективними і складаються зі стандартної 110-вольтової розетки, зазвичай використовуються вдома. Вони повільні, додаючи в середньому 3-6 миль дальності на годину, і повна зарядка може зайняти до 24 годин. Зарядні станції рівня 2 мають більшу потужність, вимагають 220-вольтової розетки і часто використовуються в комерційних цілях, хоча дедалі більше таких станцій з'являється і в приватних будинках. Вони набагато швидші, додаючи 18-28 миль дальності на годину, і можуть повністю зарядити середній електромобіль за приблизно 8 годин. Найпотужніші — станції швидкої зарядки постійного струму (DCFC), які зазвичай розташовані вздовж основних автошляхів. Зарядка DCFC потужністю 50 кВт (найменший розмір) може додати близько 200 миль дальності за годину. Потужність деяких станцій може досягати 350 кВт, і хоча лише деякі електромобілі можуть працювати з такими високопотужними зарядками, швидкість зарядки покращується з кожним роком. Станом на вересень 2023 року в США налічувалося понад 56 000 громадських зарядних

станцій для електромобілів, що включають більше 145 100 портів, з яких 111 580 портів для зарядки рівня 2 та 33 520 портів для DCFC.

Станом на 2022 рік, майже 42% усіх зарядних станцій для електромобілів, що знаходяться в ЄС, зосереджено в двох країнах — Нідерландах (11 1821 точка підзарядки) та Німеччині (87 674). Топ-5 країн ЄС з найбільшою мережею громадських зарядних станцій: Нідерланди — 111 821 одиниця, Німеччина — 87 674 одиниці, Франція — 83 317 одиниць, Італія — 37 186 одиниць, Іспанія — 34 380 одиниць.

Концепція реверсивного використання електромобілів, відома як Vehicle-to-grid (V2G), передбачає двосторонній обмін енергією між електромобілем і електричною мережею. Це означає, що не лише електромобіль заряджається від мережі, а й може повертати енергію назад у мережу. Технологія V2G дозволяє автомобілю виступати не лише як споживач енергії, а й як джерело енергії для мережі, коли це необхідно.

Основною перевагою цієї концепції є можливість стабілізації енергетичних мереж, особливо у контексті відновлювальних джерел енергії, таких як сонячні та вітрові електростанції, що мають змінний характер виробництва енергії. V2G може допомогти згладжувати пікові навантаження, а також дозволити зберігати енергію, що виробляється в періоди надлишку, для подальшого використання під час високого попиту.

Електромобілі, оснащені технологією V2G, можуть накопичувати енергію у своїх акумуляторах, яку потім можна використовувати для живлення мережі або навіть конкретних споживачів, що підвищує гнучкість енергосистеми. Крім того, ця технологія може принести економічні вигоди власникам електромобілів, оскільки вони можуть продавати надлишкову енергію назад у мережу, отримуючи за це компенсацію.

Зниження викидів вуглецю також є важливим аспектом V2G, оскільки використання електричних автомобілів для стабілізації мережі може зменшити залежність від викопних джерел палива. Впровадження цієї технології допоможе не лише зберігати енергію, а й зробить енергетичну

систему більш стійкою до збоїв, адже автомобіль може стати резервним джерелом живлення у разі відключень.

Загалом, концепція V2G відкриває нові можливості для розвитку енергетичних систем, роблячи їх більш стабільними, ефективними та екологічними. Це також потребує розвитку відповідної інфраструктури і технологій управління, щоб забезпечити ефективний обмін енергією між електромобілями і мережею.

Мета роботи: аналіз систем зарядки і обґрунтування ділянки зарядки електромобілів

Об'єкт дослідження: компоненти систем живлення електромобілів і зарядні пристрої.

Предмет дослідження: критерії корисності використання електромобілів та їх систем живлення. Системи зарядки.

Задачі дослідження:

1. Проаналізувати проблеми використання електромобілів і зарядних станцій.
2. Визначити критерії корисності електромобілів і зарядних станцій.
3. Проаналізувати електромобілі і зарядні за критеріями корисності.
4. Запропонувати схему сучасної зарядної станції.

2 АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТА ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЇВ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

2.1 Складові електромобілів

Електричні автомобілі можна поділити на кілька категорій (рис. 2.1): напівгібриди, повні гібриди, підключаємий гібрид, електричні автомобілі з розширеним пробігом та чисто електричні транспортні засоби.

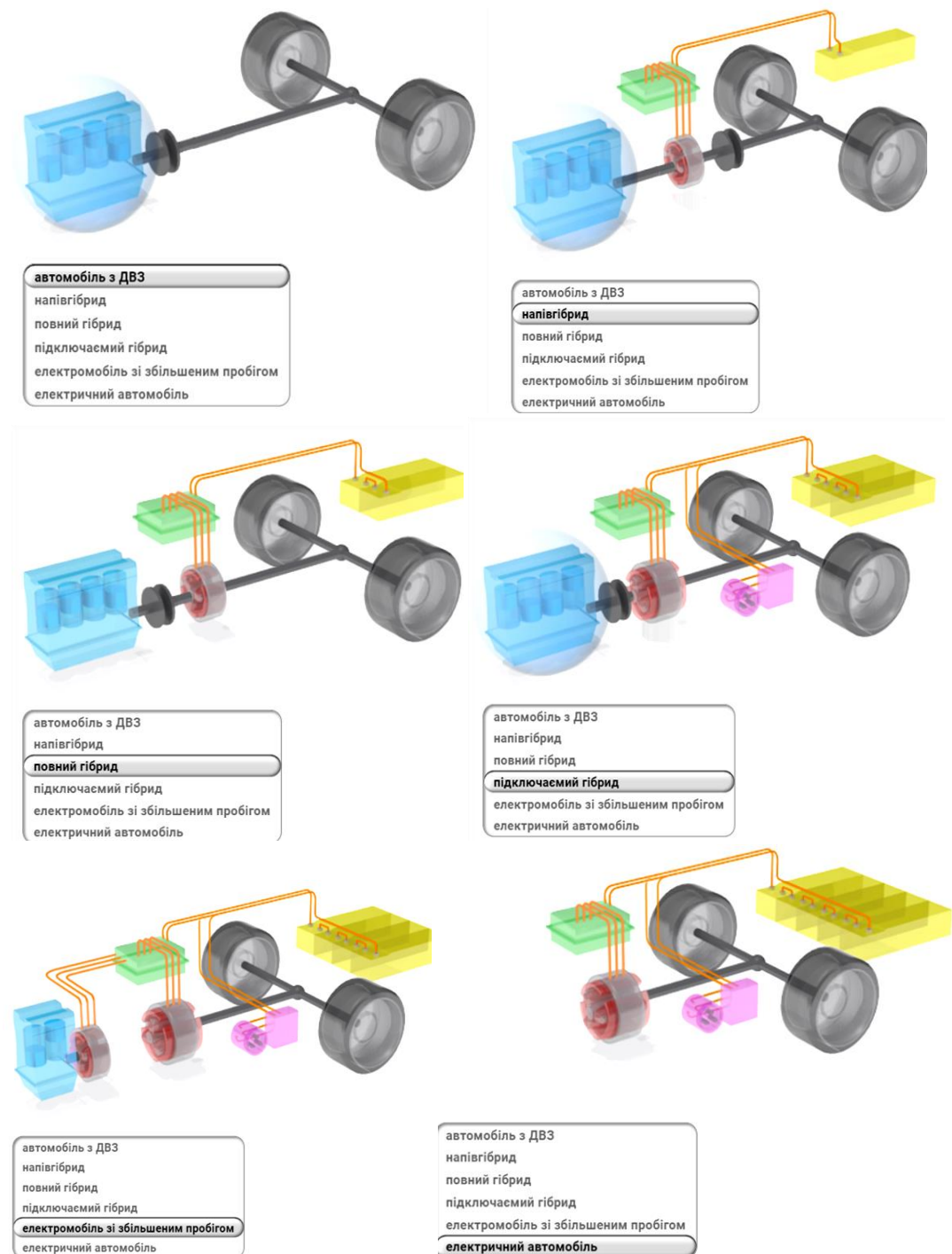


Рисунок 2.1 – Категорії електричних транспортних засобів.

Термін "гібрид" позначає "поєднання" або "комбінацію", зокрема різних технологій для керування транспортним засобом. У гібридних автомобілях (рис. 2.2) двигун внутрішнього згорання працює в парі з електричним мотором, і обидва джерела енергії спільно забезпечують рух автомобіля.

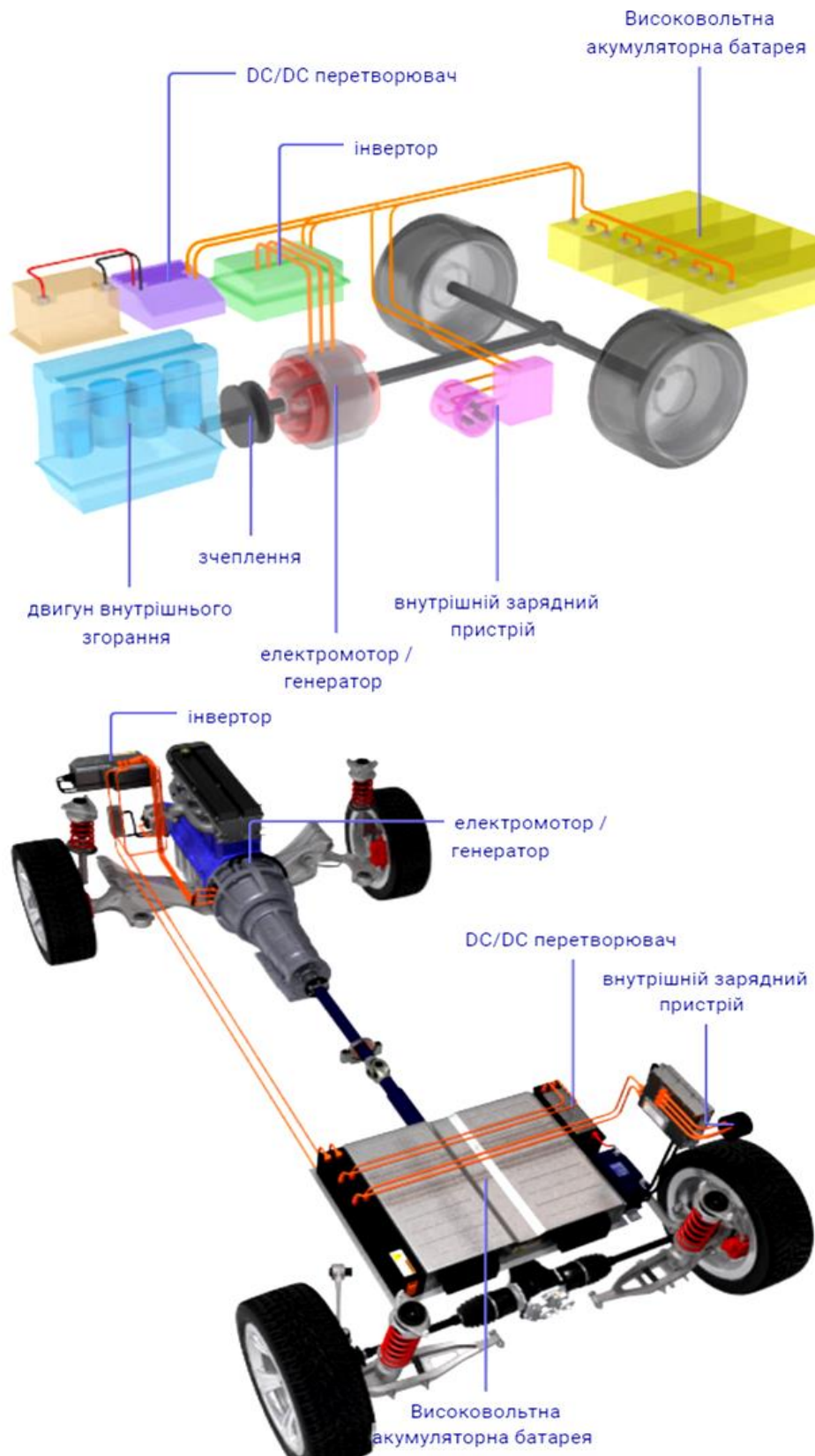


Рисунок 2.2 – Будова гібрида.

У гібридних та електромобілях, крім двигуна внутрішнього згорання, застосовуються різноманітні системні елементи, які забезпечують їхню функціональність та ефективність. Електромотор/генератор відіграє ключову роль, забезпечуючи рух автомобіля та відновлюючи енергію під час гальмування завдяки рекуперативній системі. Високовольтна батарея є основним джерелом енергії для електромотора, зберігаючи накопичену електрику для подальшого використання. Інвертор виконує важливу функцію перетворення постійної напруги високого рівня на трьохфазний змінний струм, необхідний для роботи електродвигуна, а також забезпечує плавне керування потоком енергії.

DC/DC перетворювач адаптує високу напругу від основної батареї, забезпечуючи заряджання 12-вольтового акумулятора, який використовується для живлення допоміжних систем автомобіля, таких як освітлення, мультимедійні пристрої та системи комфорту. Вбудований зарядний пристрій відповідає за ефективну зарядку високовольтної батареї від зовнішнього джерела живлення, забезпечуючи оптимальну швидкість і безпеку цього процесу. У сучасних електромобілях також використовуються системи терморегуляції батареї, які підтримують її оптимальну температуру, що є критично важливим для забезпечення тривалої експлуатації та продуктивності.

Крім того, у більшості сучасних моделей впроваджено системи енергетичного менеджменту, які аналізують режими руху та оптимізують розподіл енергії між електромотором, батареєю та іншими компонентами. Це дозволяє досягати максимального рівня енергоефективності й знижувати втрати енергії, що є важливим для збільшення запасу ходу та зменшення витрат на експлуатацію.

Різні типи електромобілів відрізняються складом компонентів. Гібридні автомобілі (HEV) мають двигун внутрішнього згорання і електромотор із невеликою батареєю, що заряджається лише під час руху або гальмування. Підключаємі гібриди (PHEV) оснащені більшою батареєю, яка може

заряджатися від зовнішніх джерел і забезпечує більший пробіг на електротязі. Електромобілі зі збільшеним пробігом (EREV) використовують двигун внутрішнього згоряння лише як генератор для підзарядки батареї, збільшуючи запас ходу. Чисті електромобілі (BEV) працюють виключно на електротязі, мають потужний електромотор і велику батарею, без двигуна внутрішнього згоряння. Водневі електромобілі (FCEV) використовують водневі паливні елементи для вироблення електроенергії, мають водневий бак і електромотор.

2.2 Ключові характеристики електричних автомобілів

Відповідно до аналізу (рис. 2.3) прогнозу розвитку глобального ринку електромобілів, з урахуванням тенденцій останніх п'яти років, був розроблений прогноз щодо розвитку легкових електричних транспортних засобів в Україні (рис. 2.4). Під час створення прогнозу враховувалися загальносвітові тенденції та очікування. За прогнозами, до 2030 року ринок електромобілів в Україні може зрости до понад 0,5 мільйона одиниць. Таке зростання потребуватиме масштабного розвитку інфраструктури, зокрема мережі станцій швидкої зарядки, які мають бути розташовані як уздовж магістральних доріг для міжміських поїздок, так і в межах міст та їх передмість. [4]

Популярність електромобілів серед автолюбителів постійно зростає, і одним із ключових параметрів є запас ходу. Для його визначення застосовуються спеціальні тестові цикли, такі як NEDC, WLTP та EPA.

Цикл NEDC (New European Driving Cycle), створений у ЄС для оцінки ефективності та екологічності автомобілів, моделює умови міського та позаміського руху. Однак, оскільки цей стандарт був розроблений у 1980-х роках, він не завжди коректно відображає сучасні показники споживання пального та рівня викидів.

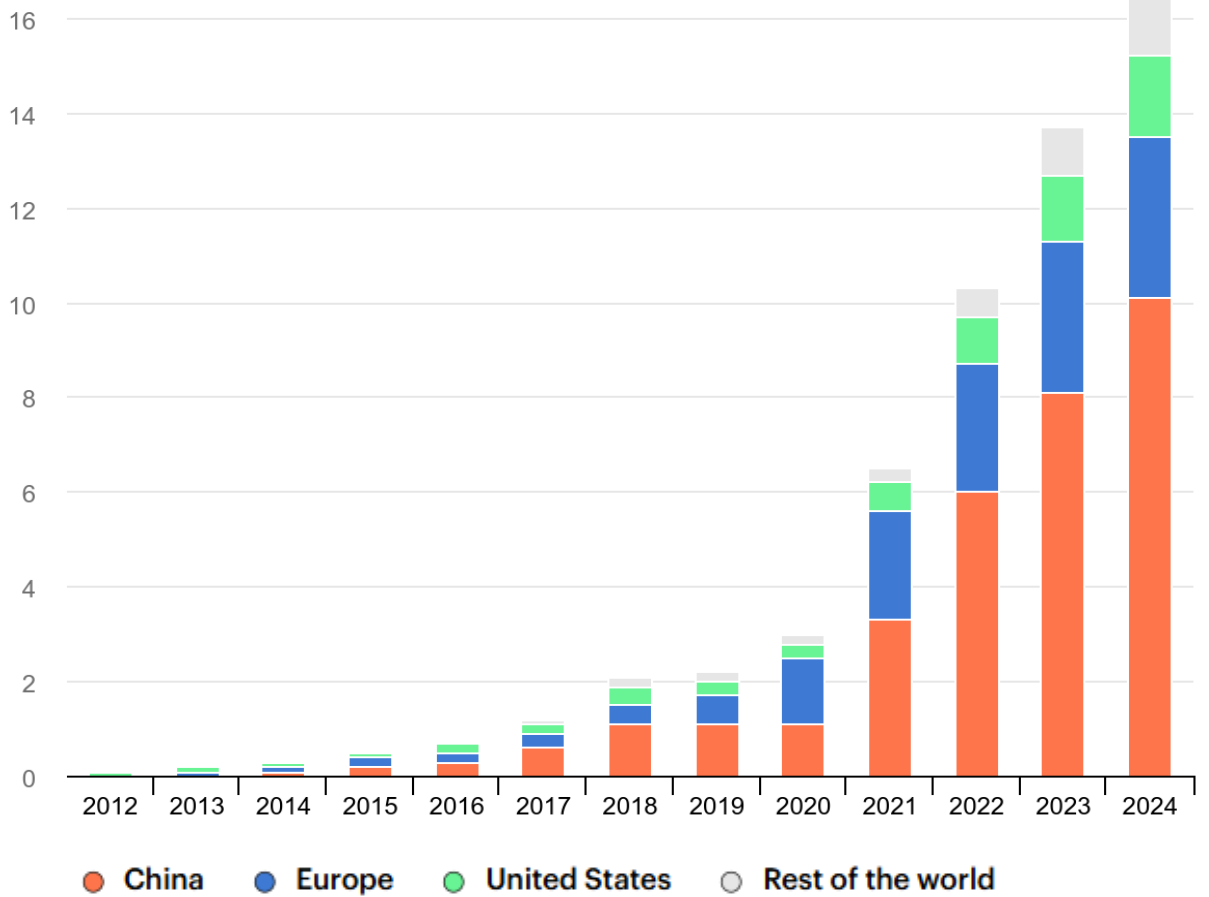


Рисунок 2.3 – Продажі електромобілів (мільйонів шт)

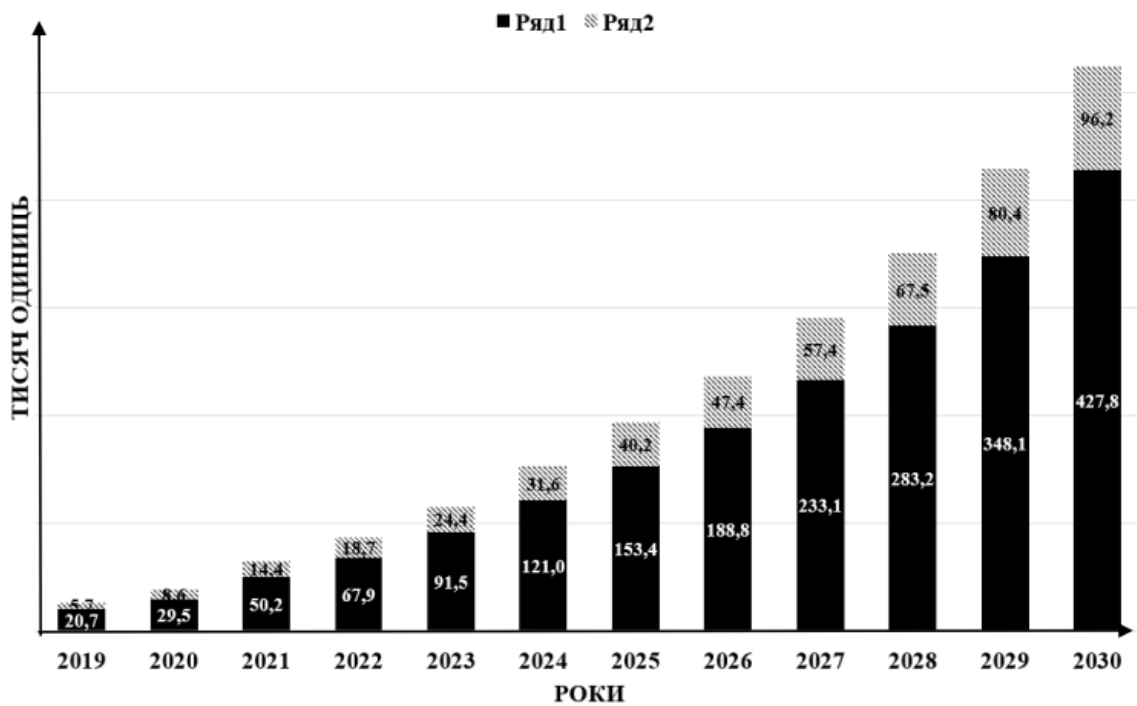


Рисунок 2.4 – Прогноз легкових електромобілів в Україні до 2030 року:
 1 - повністю електричних (EV); 2 - підзаряджуваних гібридів (PHEV); ряд 3 – сумарний показник

У 2017 році в ЄС запровадили оновлений стандарт WLTP (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure), який більш точно оцінює екологічні характеристики автомобілів, враховуючи сучасні технології та умови експлуатації

Американський цикл EPA оцінює викиди та споживання палива автомобілів, складаючись із двох етапів: міського циклу (City Cycle) та трасового (Highway Cycle). У 2019 році його адаптували для більш точного відображення реальних умов використання автомобілів.

Тестові цикли NEDC, WLTP та EPA забезпечують точну та зрісну інформацію про екологічні характеристики автомобілів, допомагаючи споживачам обирати оптимальний транспортний засіб.

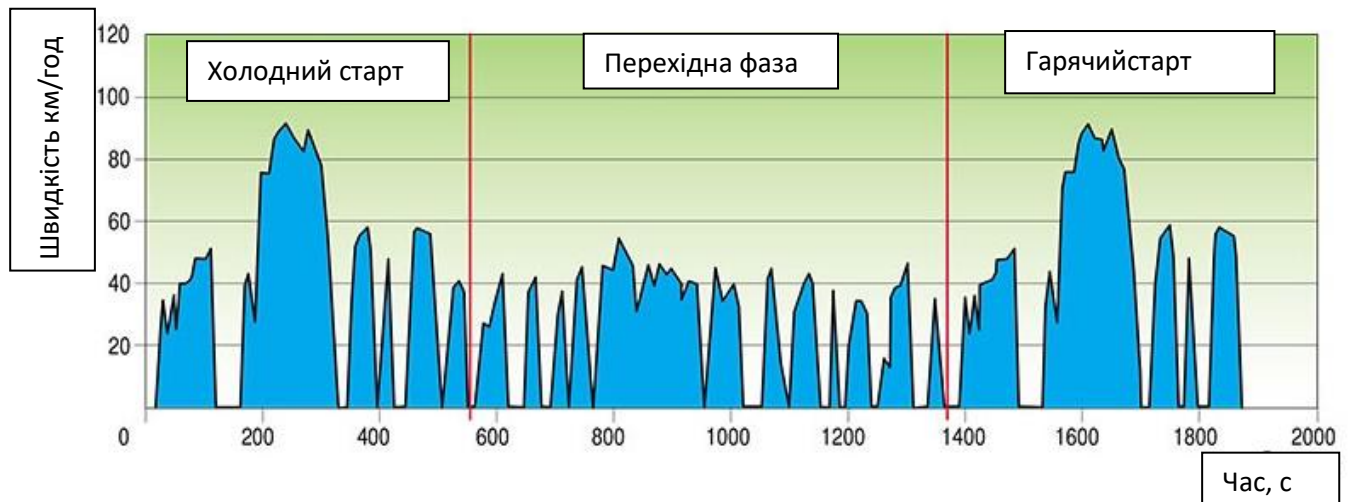


Рисунок 2.5 – Режими циклу EPA

Для отримання реалістичних даних про характеристики електромобілів під час тестування обираються транспортні засоби з пробігом не менше 1600 км. Експерти самостійно долають цей відстань, регулярно заряджаючи акумуляторні блоки відповідно до "Стандартного дорожнього циклу". Цей цикл включає старт, рух та зупинку на швидкості від 48,0 до 102,0 км/год на маршруті завдовжки 6 км. Протягом тестування ємність акумулятора контролюється, щоб залишатися в межах заводських специфікацій, а загальний пробіг автомобіля не перевищує 9981 км.

Аналіз характеристик електромобілів охоплює кілька ключових параметрів, які визначають їхню ефективність та зручність у використанні.

Потужність батареї, що вимірюється в кВт·год, вказує на кількість електроенергії, яку може накопичувати акумулятор, і є ключовим показником для оцінки дальності ходу. Дальність ходу визначає відстань, яку автомобіль здатен подолати на одному заряді, і залежить як від потужності батареї, так і від ефективності енергоспоживання. Потужність двигуна, вимірювана у кВт, впливає на динамічні властивості, включаючи швидкість розгону та максимальну швидкість.

Час зарядки є важливим показником практичності електромобіля, оскільки він визначає, як швидко можна відновити заряд батареї. Цей показник залежить від типу зарядного пристрою: зарядні станції постійного струму (DC) забезпечують швидшу зарядку порівняно з зарядками змінного струму (AC). Максимальна швидкість демонструє граничні можливості автомобіля, що є важливим для користувачів, які часто пересуваються автошляхами.

Регенеративне гальмування, яке перетворює кінетичну енергію в електричну, дозволяє збільшити ефективність використання батареї, що особливо корисно у міських умовах або на місцевостях зі спусками. Окрім цього, важливими характеристиками є комфорт салону, місткість багажника, вартість обслуговування, а також доступність зарядної інфраструктури, що впливає на загальний рівень задоволеності користувачів електромобілем.

Екологічність також є важливою складовою аналізу. Електромобілі мають нульові викиди під час експлуатації, що сприяє зменшенню забруднення довкілля. Однак варто враховувати джерела виробництва електроенергії, від яких залежить реальна екологічна ефективність транспортного засобу.

2.3 Обчислення часу зарядки електромобіля

Для розрахунку часу заряджання акумуляторної батареї електромобіля, достатньої для пробігу на 100 км, враховуються такі характеристики зарядних

станцій, як їхня потужність і ефективність, а також споживання енергії автомобілем на одиницю відстані.

Першим кроком є визначення споживання енергії автомобілем, яке зазвичай вимірюється в кВт·год на 100 км. Наприклад, середнє значення може становити 15 кВт·год на 100 км для компактного електромобіля.

Другий крок — обчислення часу заряджання з урахуванням потужності зарядної станції. Для цього застосовується формула:

$$T = P_c / P_z, \text{ кВт} \quad (2.1)$$

P_c - споживання енергії (кВт·год), P_z - Потужність зарядної станції (кВт).

Наприклад, якщо використовується зарядна станція змінного струму (АС) з потужністю 7,4 кВт, час заряджання для пробігу на 100 км становитиме:

$$T = 15 / 7,4 \approx 2,03 \text{ год.}$$

Для станції постійного струму (DC), наприклад, потужністю 50 кВт, цей час значно скоротиться:

$$T = 15 / 50 = 0,3 \text{ години або приблизно 18 хвилин.}$$

Варто враховувати, що ці розрахунки є теоретичними і не враховують ефективність зарядки, втрати енергії під час процесу, а також можливість зниження швидкості заряджання, коли батарея наближається до повного заряду. Тому реальний час зарядки може бути трохи більшим. (рис. 2.6).

Зарядні станції для електромобілів мають різні характеристики залежно від типу підключення і потужності. Станції з напругою 230 В використовують одну фазу, що є стандартом для більшості побутових пристроїв і надає помірну швидкість зарядки. Такі станції зазвичай застосовуються для домашнього використання.

З іншого боку, станції з напругою 380 В використовують три фази, що дозволяє забезпечити більшу потужність і, відповідно, швидшу зарядку. Три фази забезпечують більшу стабільність і ефективність енергозабезпечення, що особливо важливо для комерційних або публічних зарядних станцій.



	fase	напруга (В)	сила струму (А)	потужність (кВт)	час зарядки	
					ГОД	ХВ
AC	1	230	8	1,84	10	52
	1	230	16	3,68	5	26
	1	230	32	7,36	2	43
	1	230	63	14,49	1	23
	3	230	16	11,04	1	49
	3	230	32	22,08	0	54
	3	230	63	43,47	0	28
DC	-	400	125	50	0	24
	-	400	300	120	0	10

Рисунок 2.6 – Розрахунок часу зарядки на 100 км в год за затрати 20 кВт*год (лампа у 40,0 Вт буде працювати \approx 500,0 год)

На рисунку 2.7 показано, що швидкі зарядні пристрої працюють з постійним струмом і мають напругу від 300 В до 500 В, що дозволяє значно скоротити час заряджання завдяки більшій потужності порівняно з традиційними змінними струмами.

Важливими факторами є також площа поперечного перерізу зарядного кабелю, яка впливає на його здатність витримувати певну напругу та силу

струму. Чим більша площа кабелю, тим вища його здатність передавати енергію без перегріву. Крім того, сила струму і кількість фаз, які використовуються у зарядному пристрої, визначають напругу, необхідну для ефективної роботи системи зарядки. Обмеження сили струму допомагає уникнути перегріву та пошкоджень зарядного обладнання.

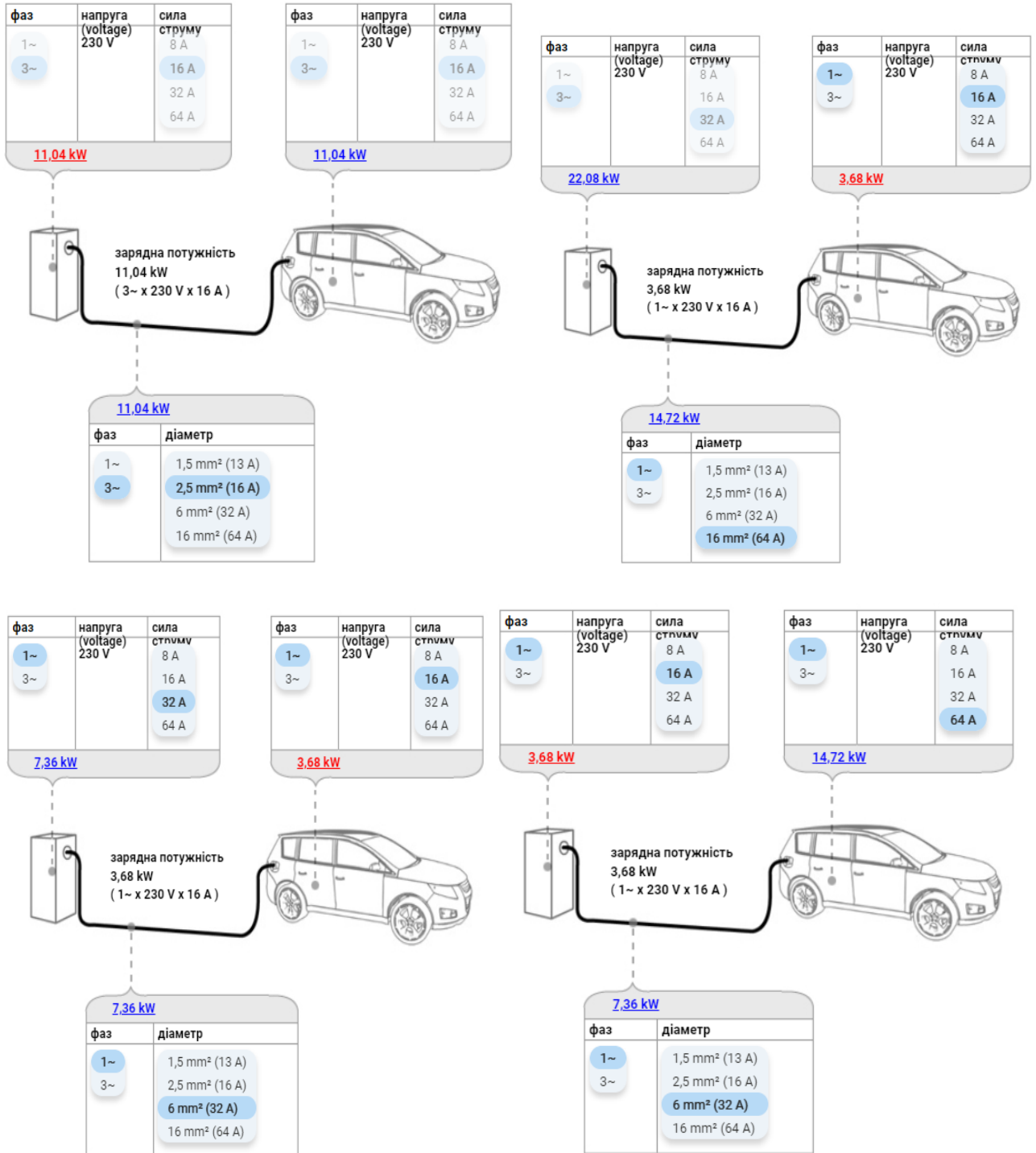


Рисунок 2.7 - Параметри зарядної станції

2.4 Додаткові показники корисності електромобілів

На наш погляд, додатковими показниками вигідності використання електромобілів можуть бути не технічні, а скоріше "людські аспекти". Звичайно, до них відноситься ціновий діапазон електромобілів (рис. 2.8), який коливається від 18 тис. до 165 тис. доларів США за даними ЕРА на сайті InsideEVs, проте це лише один з аспектів. [5].

У серпні український автопарк поповнився 6445 електричними автотранспортними засобами на акумуляторних джерелах живлення (BEV), що на 68% більше порівняно з аналогічним періодом минулого року, повідомляє Укравтопром. Частка нових автомобілів серед усіх реєстрацій BEV залишилася на рівні 18%.

Серед зареєстрованих електромобілів більшість становили легкові автомобілі — 6302 одиниці, з яких 1159 були новими, а 5143 — уживаними. Щодо комерційних електромобілів, то з 143 одиниць новими були лише 5.

ТОП-5 нових електромобілів місяця:

- BYD Song Plus — 174 одиниці
- HONDA M-NV — 169 одиниць
- VOLKSWAGEN ID.4 — 147 одиниць
- ZEEKR 001 — 107 одиниць
- NISSAN Ariya — 83 одиниці

ТОП-5 вперше зареєстрованих в Україні вживаних електромобілів:

- NISSAN Leaf — 658 одиниць
- TESLA Model Y — 588 одиниць
- TESLA Model 3 — 561 одиниця
- HYUNDAI Kona — 308 одиниць
- VOLKSWAGEN e-Golf — 289 одиниць

З початку 2024 року в Україні було зареєстровано понад 35,6 тисячі електричних автотранспортних засобів, з яких 20% — нові, а 80% — вживані.

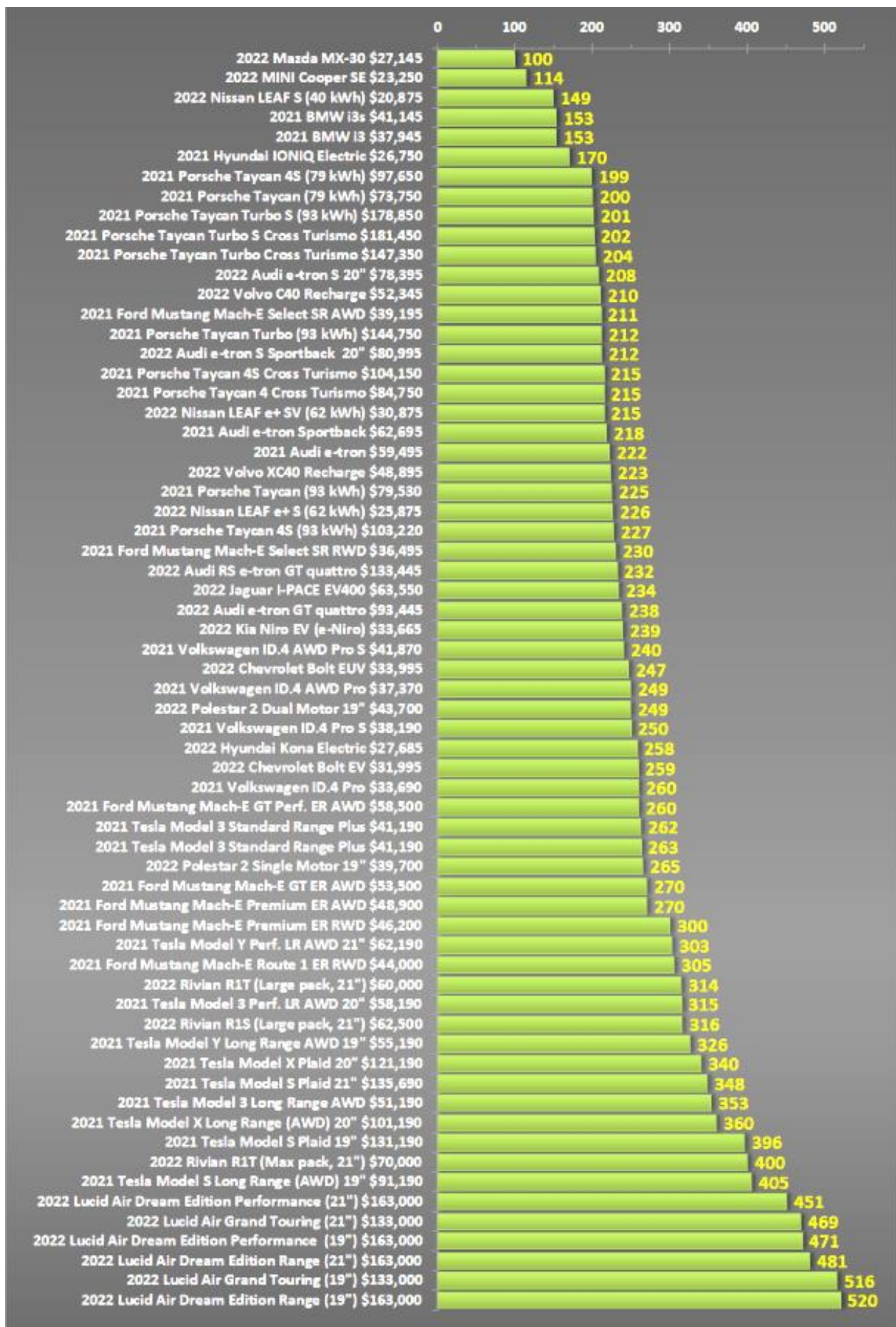


Рисунок 2.8 – Характеристики електрокарів на 2023р

Це охоплює популярність моделі в певному регіоні, складність і доступність технічного обслуговування, а також зручність процесу заряджання, включаючи наявність зарядної інфраструктури та час, необхідний для повного заряджання батареї.

Для гібридів і електромобілів із високовольтними акумуляторами (HV battery), які заряджаються від електромережі, використовується спеціальне електричне з'єднання в автомобілі, що забезпечує безпечний і стабільний процес заряджання.

Система заряджання не лише регулює струм і напругу, які надходять до акумулятора, але також включає механізми захисту від перевантажень і короткого замикання. Вона може бути інтегрована в конструкцію автомобіля або знаходитися окремо, наприклад, у вигляді зовнішнього зарядного пристрою чи станції. Деякі сучасні системи підтримують функції швидкого заряджання, віддаленого керування та моніторингу через мобільні додатки.

2.5 Визначення показників корисності електромобілів.

Отже, було визначено основні технічні характеристики електромобіля та способи їх вимірювання. До них належать питома витрата енергії (кВт·год/км), ємність батареї (кВт·год), запас ходу (км), потужність двигуна (кВт), час заряджання (години), максимальна швидкість (км/год), динаміка розгону (с) і можливість регенеративного гальмування.

Далі необхідно проаналізувати, як ці параметри впливають на загальну корисність електромобіля. Водночас слід врахувати й інші критерії, які не належать до технічних характеристик, але є важливими під час вибору транспортного засобу. До них належать вартість автомобіля, популярність моделі в конкретному регіоні, складність і зручність ремонту та обслуговування, а також тип зарядного пристрою та його сумісність з доступною інфраструктурою.

Для оцінки вагомості цих критеріїв використовується рейтингова шкала. Найважливішим параметрам присвоюються бали в межах від 7 до 9, середньої важливості — від 4 до 6, менш важливим — від 1 до 2. Наприклад, для електромобілів, призначених для коротких поїздок, ключовими критеріями є вартість, питома витрата енергії, запас ходу та час заряджання. Параметри середньої важливості включають потужність двигуна, ємність батареї, максимальну швидкість і можливість регенеративного гальмування. Решта критеріїв, таких як динаміка розгону, складність ремонту та обслуговування, а також тип зарядки, мають другорядне значення при виборі автомобіля для подібних умов експлуатації.

Додатково варто врахувати специфіку використання електромобіля. Наприклад, для міських умов важливість таких параметрів, як дальність ходу чи максимальна швидкість, може бути нижчою, ніж для міжміських поїздок. Натомість для мегаполісів значення набувають компактність моделі, простота зарядки й експлуатаційна економічність..

Щоб врахувати специфіку використання електромобіля, необхідно визначити умови, у яких він буде експлуатуватися, та адаптувати критерії оцінки відповідно до цих умов. До основних аспектів, які слід врахувати, належать:

Тип поїздок. Для міського середовища важливими є компактність автомобіля, низька питома витрата енергії, зручність зарядки та невеликий час заряджання. Для міжміських або довготривалих поїздок ключовими критеріями стають запас ходу, ємність батареї, швидкість заряджання та наявність розвиненої мережі зарядних станцій уздовж маршруту.

Частота використання. Якщо електромобіль використовується щодня, важливими є надійність, економічність і зручність обслуговування. Для рідкісного використання або в якості другого автомобіля в сім'ї акцент може зміщуватися на вартість і базові характеристики.

Кліматичні умови. У регіонах із холодним кліматом важливо враховувати ефективність батареї за низьких температур, а також наявність функції

підігріву салону та батареї. У теплих регіонах критичним може стати ефективне охолодження.

Доступність інфраструктури. У районах із добре розвинутою мережею зарядних станцій можна обирати автомобіль із меншою ємністю батареї. Водночас у місцях із обмеженим доступом до зарядки перевага надається моделям із більшим запасом ходу та підтримкою швидкого заряджання.

Особливості маршруту. Для подорожей із частими зупинками або рухом у заторах важливим стає ефективне регенеративне гальмування. Якщо маршрут включає горбисту місцевість, слід звернути увагу на потужність двигуна та стійкість роботи системи на схилах.

Особисті потреби. Якщо автомобіль використовується для перевезення великої кількості пасажирів або вантажів, важливо враховувати місткість, вантажопідйомність і зручність розташування салону чи багажника. Для тих, хто цінує динамічну їзду, важливими будуть потужність двигуна та показники розгону.

Щоб врахувати ці фактори, необхідно адаптувати рейтинг важливості критеріїв залежно від специфіки використання. Наприклад, для міста дальність ходу може мати середню вагу, тоді як компактність і час заряджання стануть пріоритетними. Водночас для тривалих поїздок акцент зміщується на ємність батареї, потужність зарядної системи та інфраструктурні можливості.

3 АНАЛІЗ СИСТЕМ ЗАРЯДЖАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ТА ЇХ ОЦІНКА ЗА КРИТЕРІЯМИ КОРИСНОСТІ

3.1 Режими та особливості систем заряджання електромобілів

Зарядний пристрій, розташований усередині автомобіля, називається бортовим зарядним пристроєм. Його головна перевага полягає в тому, що він є невід'ємною частиною транспортного засобу, що спрощує процес заряджання від стандартної розетки або зарядної станції. Зовнішній зарядний пристрій, розташований поза автомобілем, зазвичай є частиною стаціонарної інфраструктури зарядних станцій і забезпечує вищу потужність зарядки, що дає змогу суттєво скоротити час заряджання.

У різних країнах використовуються стандартизовані типи роз'ємів для заряджання електромобілів (див. рис. 3.1):

- Тип 1 — поширений у Північній Америці, використовується переважно для заряджання змінним струмом на низькій потужності.

- Тип 2 — стандарт для європейських країн, сумісний із заряджанням змінним і трифазним струмом, що забезпечує більшу гнучкість і швидкість заряджання.

- Тип 3 — застосовується у Франції та Італії, розроблений для високого рівня безпеки, включаючи захисні шторки на роз'ємі.

Кожен із цих роз'ємів має кілька контактів живлення:

- L1 — для однофазного підключення, яке зазвичай використовується для побутових зарядок.

- L2 — для двофазного підключення, що підвищує потужність зарядки.

- L3 — для трифазного підключення, яке забезпечує максимальну потужність заряджання.

- N — нейтральний провід, який служить для створення замкнутого електричного кола.

- PE — захисне заземлення, яке забезпечує безпеку під час заряджання.

Крім контактів живлення, для взаємодії між автомобілем, зарядним кабелем і зарядною станцією використовуються два сигнальні контакти:

- CP (control pilot) — контакт, який регулює процес заряджання, передаючи інформацію між зарядною станцією та електромобілем, зокрема про рівень потужності та стан зарядного пристрою.

- PP (proximity pilot) — контакт, що інформує про переріз кабелю, а також перевіряє правильність підключення зарядного штекера до роз'єму, забезпечуючи додатковий рівень безпеки.



Рисунок 3.1 – Типи роз'ємів: 1 (США), 2 (Європа),
3 (Франція та Італія)

Сучасні зарядні станції можуть підтримувати декілька типів роз'ємів, забезпечуючи сумісність із різними моделями електромобілів. Крім того, деякі станції оснащені функціями швидкого заряджання постійним струмом (DC), що дозволяє зарядити батарею до 80% ємності за 20–30 хвилин, що є зручним для тривалих подорожей. Автоматичний контроль та віддалене управління процесом зарядки через мобільні додатки додають комфорту користувачам і забезпечують максимальну ефективність зарядного обладнання.

Доступні також швидкі зарядні пристрої (рис. 3.2), які працюють із високими струмами та забезпечують значно коротший час заряджання завдяки використанню спеціалізованих роз'ємів. Серед основних стандартів швидкого заряджання постійним струмом виділяються такі:

CHAdeMO – міжнародний стандарт для швидкого заряджання постійним струмом, що підтримується багатьма виробниками електромобілів у всьому світі. Цей стандарт забезпечує високу стабільність зарядного процесу та використовується, зокрема, в Японії та інших країнах Азії.

CCS Combo Тип 1 – стандарт, розроблений для ринку Північної Америки. Він поєднує контакти змінного та постійного струму, що дає змогу використовувати як стандартні, так і швидкі зарядні пристрої.

CCS Combo Тип 2 – європейський стандарт, який, аналогічно до Типу 1, підтримує заряджання як змінним, так і постійним струмом. CCS Combo Тип 2 широко використовується завдяки універсальності та сумісності з більшістю зарядних станцій у Європі.

Окрім згаданих стандартів, сучасні швидкі зарядні станції забезпечують потужність до 350 кВт, що дозволяє зарядити акумулятор електромобіля на 80% лише за 15–30 хвилин. Такі зарядні пристрої особливо актуальні для автомобілів із великим запасом ходу, а також для міжміських поїздок.



Рисунок 3.2 – Швидкі зарядні роз'єми: CHAdeMO, CCS combo 1 (Північна Америка), CCS combo 2 (Європа)

Крім того, швидкі зарядні пристрої постійного струму інтегруються з системами моніторингу та управління зарядкою, що дозволяє віддалено контролювати процес заряджання, отримувати інформацію про стан батареї та

оптимізувати використання енергії. Інтеграція з мобільними додатками та платіжними системами підвищує зручність для користувачів.

Автомобіль можна підключати до зарядної станції в різних режимах зарядки, кожен з яких має свої особливості та переваги:

Перший режим (Mode 1) передбачає безпосереднє підключення автомобіля до звичайної електромережі через стандартну розетку. Цей режим забезпечує базовий рівень зарядки і не включає додаткових систем захисту, окрім стандартного запобіжника. Він використовується для заряджання в домашніх умовах, але має значні обмеження за швидкістю зарядки через низьку потужність.

Другий режим (Mode 2) застосовується при використанні стандартних зарядних станцій, що працюють із змінним струмом. Ці станції зазвичай використовуються вдома або на публічних електрозаправках. Кабель у цьому режимі оснащений комунікаційним пристроєм, який контролює та налаштовує максимальний струм заряджання, що дозволяє зменшити ризики перегріву або перевантаження. Цей режим є більш безпечним і зручним для домашнього використання, оскільки забезпечує більшу стабільність процесу заряджання.

Третій режим (Mode 3) є найпотужнішим серед зарядних станцій зі змінним струмом. У цьому режимі зарядні пристрої постійно підключені до електромережі та можуть автоматично налаштовуватися під вимоги конкретної мережі, що дозволяє досягти більш високої потужності зарядки. Цей режим використовується на спеціалізованих заправках та публічних зарядних станціях, де необхідна більша швидкість заряджання для зручності користувачів, що швидко хочуть отримати повний заряд.

Четвертий режим (Mode 4) забезпечує найшвидшу зарядку за допомогою постійного струму. У цьому випадку використовуються спеціалізовані роз'єми та потужні зарядні станції, які здатні забезпечити високий струм, що дає змогу зарядити батарею на 80% всього за кілька десятків хвилин. Така швидка зарядка особливо зручна для тривалих подорожей, де час є важливим

фактором. Цей режим часто зустрічається на швидкісних заправках і дозволяє значно скоротити час, необхідний для заряджання автомобіля.

Крім цього, варто зазначити, що для безпеки користувачів і ефективності процесу зарядки всі ці режими використовують різні системи захисту, включаючи автоматичне вимикання зарядки в разі несправності, контроль температури та напруги, а також функції моніторингу стану батареї. Вибір відповідного режиму залежить від типу електромобіля, інфраструктури та потреб користувача.

Коли електричний струм проходить через провідник, виникає тепло через його опір. Щоб збільшити силу струму, використовуються кабелі з більшим поперечним перерізом, оскільки це дозволяє знизити опір і зменшити виділення тепла. Вибір відповідного перерізу провідників важливий для забезпечення безпеки та ефективності електричної системи. Стандарти для поперечного перерізу провідників та максимальної сили струму виглядають наступним чином:

1,5 мм² — до 13 А

2,5 мм² — до 20 А

6 мм² — до 32 А

16 мм² — до 63 А

Чим більший поперечний переріз провідника, тим більша його здатність передавати електричний струм без перегріву. Однак при виборі кабелів важливо також враховувати інші фактори, такі як довжина провідника, температура навколишнього середовища та тип навантаження, щоб забезпечити належний рівень безпеки та ефективності.

Для коректної роботи системи електричного живлення транспортного засобу важливо, щоб автомобіль отримував точну інформацію про поперечний переріз провідників, через які проходить струм. Це дозволяє автоматично налаштовувати параметри заряджання та уникати перевантаження проводів. Завдання контролю над силою струму і відповідним підбором кабелів виконує

резистор, розташований в роз'ємі між контактами керування режимами заряджання (CP) і захисного заземлення (PE).

Значення резистора вказує на діаметр провідника та максимальну силу струму, який може безпечно пройти через кабель. Ці резистори мають наступні значення:

1500 Ом — до 13 А

680 Ом — до 20 А

220 Ом — до 32 А

100 Ом — до 63 А

Таке управління допомагає системі заряджання вчасно визначити необхідну потужність і запобігти виникненню аварійних ситуацій, таких як перегрів кабелів чи розриви контактів. Крім того, це дає можливість оптимізувати процес заряджання для різних типів акумуляторів і забезпечити ефективне використання енергії.

Налаштування системи в залежності від поперечного перерізу кабелю дозволяє створити більш ефективну і надійну інфраструктуру для заряджання електричних транспортних засобів, що важливо для безпеки користувачів і довговічності обладнання.

3.2 Аналіз технічних характеристик електромобілів

Таким чином, ми визначили основні технічні характеристики: питому витрату енергії (кВт·год/км), потужність акумулятора (кВт·год), дальність ходу (км), потужність двигуна (кВт), час зарядки (год), максимальну швидкість (км/год), час розгону (с), а також систему регенеративного гальмування. Тепер потрібно здійснити аналіз технічних характеристик найбільш популярних електричних автомобілів на нашому ринку (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Характеристики найвідоміших на нашому ринку електрокарів

Марка електро-мобіля	Потужність ел.двигуна, кВт	Напруга АБ, В	Енергія бортової АБ, кВт•год	Дальність Пробігу, км (ЕРА)	Максимальна швидкість, км/год	Звичайний заряд від АС мережі 220В, год	Звичайний заряд від АС мережі 380В, год	Прискорений заряд від мережі DC до 0,8Сн, год	Питома витрата енергії, кВт•год/км	Ціна, від тис дол.
Volkswagen e-Golf 201	СД 100,0		35,8	200	150	7-10	4-5	1,0	0,179	33
Tesla Model S75D	АД 245,0	300,0	75,0	420	225	25 – 35	5 – 7	0,5	0,178	91
Tesla Model 3	АД 192,0	300,0	75,0	499	210	20-40	8	0,5	0,150	41
Tesla Model X 100D	АД 310,0	350,0	100,0,	472	248	40	6-9	0,5	0,212	101
Renault ZOE Z.E. 40	Д 92,0	400,0	41,0	300	140	12	2,68	1,68	0,138	25
Lucid Air Grand Touring.	Д 460,0	400,0	112,0	755	270		6	0,5	0,148	130
Peugeot iOn	Д 47,0	330,0	16,0	115	190	6		0,5	0,139	25
Opel Ampera-e	СД 150,0	360,0	60,0	380	145	9		0,5	0,159	32
Nissan Leaf	Д 110,0	360,0	40,0	243	144	6	8	0,67	0,165	21
Kia Soul EV	СД 90,0	360,0	30,0	173	145	5-6		0,5	0,173	26
Jaguar I-Pace	2xСД 294,0	390,0	90,0	180	200		1,5	0,68	0,187	65
Hyundai Cona Long-range	Д 150,0	356,0	64,0	420	167	9,6		0,9	0,152	25
Honda clarity electric	АД 120,0	348,0	25,0	142		3,6		0,55	0,178	37
Ford Focus Electric	Д 107,0		33,6	185	135	5		0,5	0,189	29
Fiat 500e	Д 83,0	364,0	24,0	135	141	4			0,178	36
Citroen C-Zero	Д 64,0	330,0	16,0	115	130	6		0,5	0,139	19
BMW i3	СД 125,0	353,0	33,2	250	150	9,4	2,75	1,0	0,133	37

Час зарядки електромобіля від мережі 220 В залежить від моделі автомобіля, його потужності та типу використовуваного зарядного обладнання. Зазвичай час зарядки можна розрахувати, враховуючи потужність зарядного пристрою. Наприклад, якщо Nissan Leaf має батарею ємністю 40 кВт•год, а ви підключаєте його до зарядного пристрою потужністю 3,3 кВт (який підходить для стандартної домашньої розетки), час зарядки можна приблизно розрахувати за допомогою такої формули:

$$\text{Час} = \text{Ємність батареї} / \text{Потужність зарядного пристрою} \quad (3.1)$$

$$\text{Тобто, час} = 40 \text{ кВт}\cdot\text{год} / 3,3 \text{ кВт} \approx 12 \text{ годин.}$$

Слід зауважити, що це лише приклад, і існують різні типи зарядних пристроїв з різною потужністю. Більш потужні зарядні пристрої, які підключаються до стандартних домашніх розеток 220 В, можуть значно зменшити час зарядки. Потрібні точні дані про модель Nissan Leaf або тип зарядного обладнання, що використовується, це дозволить отримати більш точну інформацію про час зарядки.

3.3 Аналіз електромобілів за визначеними критеріями

Для аналізу та визначення найкращого електромобіля та його компоновки створимо таблицю 3.2, де по вертикалі вказуватимемо марки електромобілів, а по горизонталі — їх критерії корисності в діапазоні від 2,0 до 20,0. Оцінку марок автомобілів і їх характеристик будемо позначати символами „+”, „-”, „0”: „+” — позитивна оцінка відносно критерію, „-” — негативна, „0” — середня. Залежно від важливості критерію, оцінки будуть розподілятися таким чином: важливі критерії отримують оцінки від 6,0 до 10,0, середньої важливості — від 4,0 до 6,0, а менш важливі — від 1,0 до 2,0.

До важливих критеріїв для вибору електромобіля і його компоновки відносимо: ціну, питому витрату енергії, дальність ходу та час зарядки.

Середніми критеріями будуть: потужність двигуна, ємність батареї, максимальна швидкість і популярність моделі в регіоні. Менш важливими критеріями є: розгін, складність ремонту і обслуговування, зручність обслуговування та тип зарядки.

У передостанньому стовпці таблиці підсумуємо бали для кожного електромобіля і визначимо рейтинг, а в останньому стовпці надамо рангові позиції.

Таблиця 3.2 – Аналіз електрокарів

Марка	Критерії											Рейтинг	Ранг	
	Важливі (6, 8, 10)				Середні (3-5)				Менш важливі (1-2)					
	ціна	питома витрата енергії	дальність ходу	час зарядки АС 220В	потужність двигуна	енергія батареї	максимальна швидкість	Час зарядки DC	популярність моделі	розгін	складність ремонту			тип зарядки
Volkswagen e-Golf 201	+	0	0	0	0	-	0	-	+	0	+	+	58,5	5
Tesla Model S 75D	-	0	+	-	+	+	+	+	+	+	-	0	59,5	3
Tesla Model 3	-	+	+	-	+	+	+	+	0	+	-	0	61,5	1
Tesla Model X 100D	-	-	+	-	+	+	+	+	-	+	-	0	54,5	8
Renault ZOE Z.E. 40	+	+	0	0	0	0	-	-	0	0	0	+	59	4
Lucid Air Grand Touring.	-	+	+		+	+	+	+	-	+	-	0	60,5	2
Peugeot iOn	+	+	-	+	-	-	+	+	-	-	0	0	59	4
Opel Ampera-e	+	0	+	0	0	+	-	+	0	0	0	0	61,5	1
Nissan Leaf	+	0	0	+	0	0	-	0	+	0	+	+	61,5	1
Kia Soul EV	+	0	-	+	0	0	-	+	-	0	0	0	57,5	6
Jaguar I-Pace	-	-	-		+	+	+	0	-	+	0	0	51	10
Hyundai Cona Long-range	+	0	+	0	0	+	0	0	-	0	00	0	60,5	2
Honda clarity electric	0	-	-	+	0	-		0	-	0	0	0	49,5	10
Ford Focus Electric	0	-	-	+	0	0	-	+	0	0	+	0	55	7
Fiat 500e	0	0	-	+	-	-	-		0	-	+	0	52,5	8
Citroen C-Zero	+	+	-	+	-	-	-	+	-	-	+	0	57,5	6
BMW i3	0	+	0	0	0	0	0	-	0	0	0	+	59	4

З таблиці видно, що Tesla Model 3, Opel Ampera-e та Nissan Leaf займають лідируючі позиції. Для детальнішого порівняння їхніх характеристик, давайте розглянемо графіки, які представлені на рисунку 3.3.

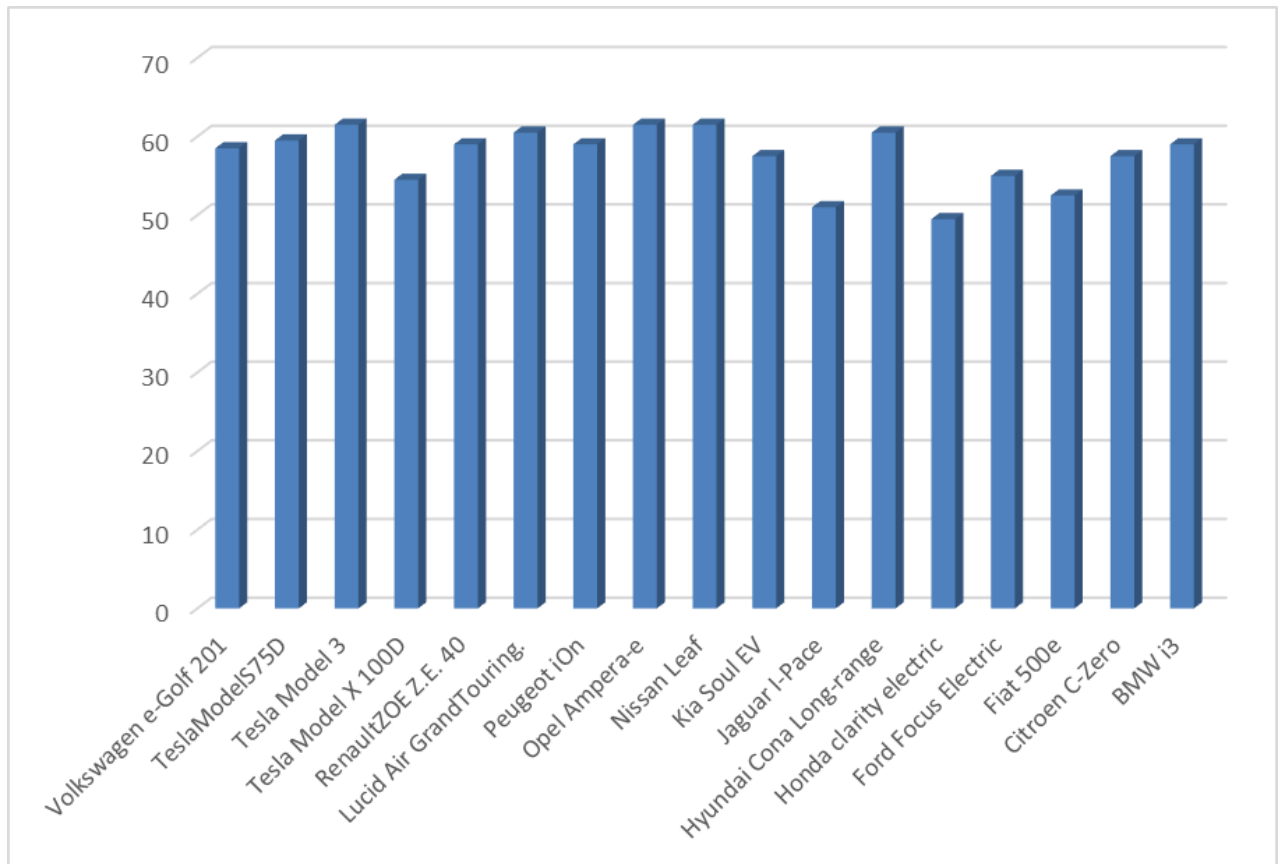


Рисунок 3.3 – Рейтинг відносно критеріїв

За результатами аналізу, представленого на рисунку 3.10, Tesla Model 3, Opel Ampera-e та Nissan Leaf виділяються серед інших моделей завдяки своїм високим технічним характеристикам та популярності на ринку електромобілів. Tesla Model 3 славиться своєю передовою технологією автопілота та великим запасом ходу, Opel Ampera-e відзначається високою енергоефективністю і комфортом, а Nissan Leaf, будучи піонером масового виробництва електромобілів, пропонує оптимальну комбінацію характеристик за доступною ціною, що робить його популярним вибором серед споживачів.

4 ОБҐРУНТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ ЗАРЯДКИ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

4.1 Процес зарядки електромобілів і перевірка

У підключених гібридах і електромобілях можливе заряджання високовольтної батареї (HV battery). Для цього використовується енергія з мережі електроживлення, що подається через електричне з'єднання в автомобілі. Система зарядки регулює подачу струму та напруги до акумулятора.

Система зарядки може бути як вбудованою в автомобіль, так і зовнішньою.

- Якщо зарядка знаходиться всередині автомобіля, її називають бортовим зарядним пристроєм.

- Якщо зарядка розташована зовні, її називають зовнішнім зарядним пристроєм.

Перед початком зарядки необхідно перевірити два з'єднання.

- Перевірка підключення роз'єму до автомобіля здійснюється за допомогою Proximity Pilot (PP): контакт, що визначає допустиме навантаження струму зарядного кабелю і активує блокування від'їзду, а також перевіряє площу поперечного перерізу кабелю через резистор в роз'ємі.

- Зарядна станція передає сигнал через Control Pilot (CP): контакт для передачі комунікаційних даних між зарядним кабелем і автомобілем, який дозволяє визначити готовність автомобіля до зарядки та максимальний зарядний струм.

Висота сигналу ШІМ (широтно-імпульсної модуляції) надає інформацію про статус процесу зарядки.

- 12 В: готовий до зарядки
- 9 В: автомобіль підключений
- 6 В: автомобіль заряджається
- 3 В: зарядка з вентиляцією

Робочий цикл сигналу ШІМ вказує на необхідну величину сили струму для зарядки:

- 16%: 10 А
- 25%: 16 А
- 50%: 32 А

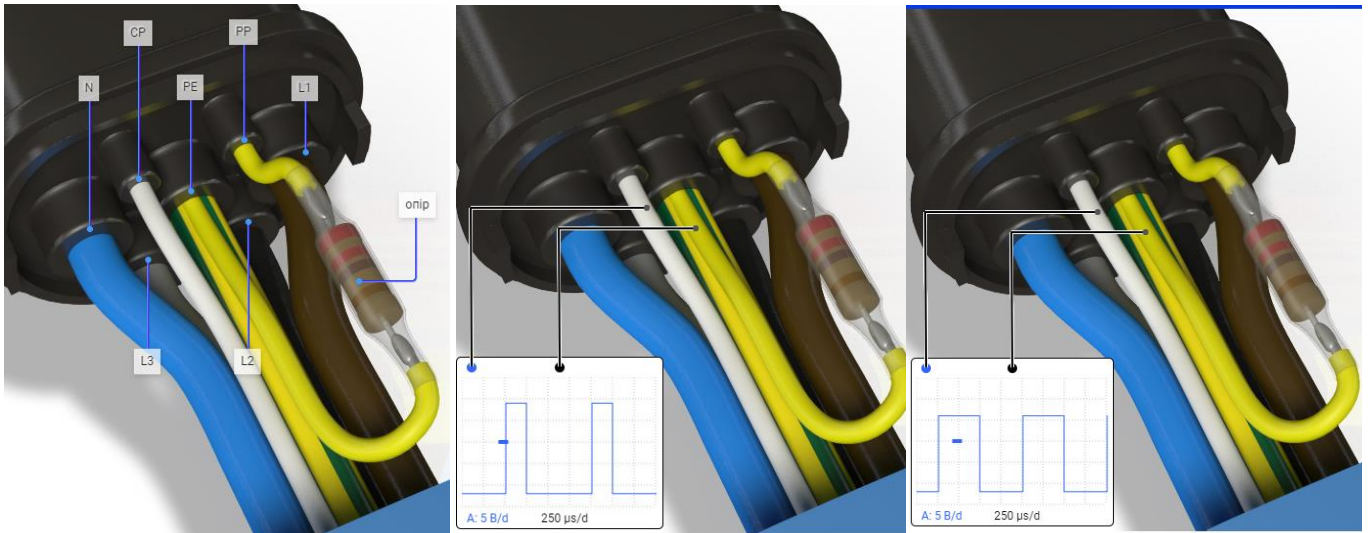


Рис. 4.1 – Процес зарядки електромобілів і перевірки

Висота сигналу ШІМ (широтно-імпульсної модуляції) надає інформацію про статус процесу зарядки:

- 9 В: автомобіль підключений
- 6 В: автомобіль заряджається
- 3 В: зарядка з вентиляцією

Робочий цикл сигналу ШІМ вказує на необхідний струм для зарядки:

- 25%: 16 А
- 50%: 32 А

4.2 Вибір зарядного пристрою

Процес вибору зарядного пристрою для електромобіля залежить від кількох важливих факторів, що визначають ефективність і зручність зарядки.

Перш за все, потрібно визначити тип електромобіля, оскільки різні моделі можуть використовувати різні типи роз'ємів і стандарти зарядки. Наприклад, деякі автомобілі підтримують зарядку змінним струмом (АС), інші —

постійним струмом (DC). Переконайтеся, що зарядний пристрій сумісний із зарядним портом вашого автомобіля.

Потужність зарядного пристрою впливає на швидкість зарядки. Більш потужні зарядні станції дозволяють заряджати електромобіль швидше, що важливо для тих, хто часто потребує короткий час зарядки. Наприклад, зарядні пристрої потужністю 3,3 кВт підходять для стандартних домашніх розеток, але для більш швидкої зарядки рекомендуються станції з потужністю 7 кВт або більше.

Зарядні пристрої можуть бути підключені до різних джерел енергії: стандартних побутових розеток (220 В), спеціальних зарядних станцій для дому або комерційних станцій. Вибір джерела живлення залежить від того, де ви плануєте заряджати свій автомобіль: вдома, на роботі чи на загальнодоступних зарядних станціях.

Додатково слід враховувати тип і довжину зарядного кабелю, можливість контролю над процесом зарядки через мобільні додатки чи інтеграцію з домашніми системами енергоспоживання.

Існують три основні типи зарядних станцій для електромобілів, кожен з яких має свої особливості та застосування.

Перший тип — це стандартні домашні зарядні пристрої. Вони використовують звичайні побутові розетки (220 В) для підключення і зарядки електромобіля. Ці станції мають низьку потужність (зазвичай 2,3-3,7 кВт) і заряджають автомобіль повільно. Вони підходять для тих, хто може залишити автомобіль на тривалу нічну зарядку вдома.

Другий тип — це публічні зарядні станції змінного струму (AC). Вони часто використовуються на електрозаправках, в громадських місцях, торгових центрах, бізнес-центрах тощо. Потужність таких станцій варіюється, але зазвичай складає 7-22 кВт, що дозволяє заряджати автомобіль швидше, ніж домашні розетки.

Третій тип — це швидкі зарядні станції постійного струму (DC). Ці станції можуть заряджати електромобіль значно швидше завдяки високій

потужності (від 50 кВт до 350 кВт). Вони часто розташовуються на автозаправках і інших стратегічно важливих точках, де потрібна швидка зарядка для подорожей на довгі відстані.

Ось кілька найпопулярніших моделей зарядних пристроїв для електрокарів, які використовуються на зарядних станціях:

1. ABB Terra 54 — швидка зарядна станція для електромобілів з потужністю до 50 кВт, яка підтримує як зарядку постійним, так і змінним струмом. Вона популярна завдяки своїй швидкості зарядки та надійності.

2. Efacec DC Fast Charger — зарядна станція постійного струму з потужністю до 100 кВт, що забезпечує швидку зарядку електричних автомобілів різних марок.

3. Schneider Electric EVlink — серія зарядних пристроїв для електрокарів, що підтримує як швидку зарядку змінним струмом, так і зарядку постійним струмом для забезпечення швидкої та зручної зарядки на публічних зарядних станціях.



Рисунок 4.2 ABB Terra 54, Efacec DC Fast Charger,
Schneider Electric EVlink

Ці зарядні станції відомі своєю ефективністю та надійністю, що робить їх популярними серед операторів зарядних станцій.

4.3 Використання фотовольтаїки

Для розробки сонячної зарядної станції для електромобілів варто врахувати кілька ключових параметрів при виборі сонячних панелей. Важливим є вибір між монокристалічними та полікристалічними панелями. Монокристалічні панелі забезпечують вищу ефективність, особливо за обмеженого простору для встановлення, оскільки мають вищу продуктивність на одиницю площі. Полікристалічні панелі можуть бути економічнішим варіантом, але вони менш ефективні в умовах слабого освітлення та високих температур.

Також варто звернути увагу на коефіцієнт температурного зниження потужності. Для станцій, які працюють у спекотних кліматичних умовах, слід вибирати панелі з мінімальним зменшенням ефективності при підвищенні температури. Важливими є показники потужності панелей та їхня сумісність із потужністю інвертора. Для зарядки електромобілів потрібно забезпечити достатню кількість енергії, тому доцільно обирати панелі з високим показником пікової потужності.

Особливу увагу потрібно приділити довговічності та гарантіям. Для проєктів такої складності краще обирати панелі із гарантією на 20–25 років, що свідчить про їхню високу якість. Покриття поверхні, наприклад, антивідбивні шари, також є важливим фактором, адже це сприяє підвищенню вироблення енергії в умовах змінної хмарності або слабого сонячного випромінювання.

Вибір слід робити на основі прогнозованого енергоспоживання станції, кліматичних умов регіону, наявності площі для встановлення та бюджету. Оптимальними варіантами для таких проєктів можуть стати сучасні монокристалічні панелі з технологією PERC або двосторонні модулі для збільшення енергетичного виходу.

Ось кілька сучасних моделей сонячних панелей, які добре підходять для створення зарядної станції для електромобілів завдяки високій ефективності, довговічності та потужності (рис. 4.3):

SunPower Maxeon 6 – одна з найефективніших панелей на ринку з ККД до 22,8%. Вона має надзвичайну довговічність і низький коефіцієнт деградації, що дозволяє отримувати стабільну продуктивність протягом десятиліть. Підходить для обмежених площ, де важлива максимальна продуктивність.

LG NeON R – монокристалічні панелі з ККД близько 22%. Вони забезпечують високу ефективність навіть за слабкого освітлення. Завдяки міцній конструкції та тривалій гарантії до 25 років є хорошим вибором для великих проєктів, зокрема зарядних станцій.

Jinko Solar Tiger Neo – серія високопродуктивних панелей з технологією N-Type. Вони забезпечують ККД до 22% і мінімальну деградацію потужності з часом. Панелі добре працюють в умовах високих температур і мають привабливе співвідношення ціни та якості.

Trina Solar Vertex S+ – двосторонні панелі з технологією PERC, які можуть генерувати додаткову енергію завдяки відбиттю світла ззаду. Вони ідеально підходять для станцій із розташуванням на світловідбивній поверхні або на ділянках із високим рівнем сонячного випромінювання.

Canadian Solar HiKu6 – потужні панелі з ККД до 21,5% і високою вихідною потужністю (до 670 Вт). Завдяки відмінній якості й доступній ціні вони підходять для великих комерційних станцій, включно з зарядними станціями для електромобілів.

REC Alpha Pure – преміум-моделі з ККД до 22,3% і низьким рівнем вуглецевого сліду. Вони відрізняються високою продуктивністю в різних кліматичних умовах і мають тривалий термін служби.

Вибір конкретної моделі залежить від бюджету, площі для встановлення, кліматичних умов і енергетичних потреб станції. Для великої станції рекомендується використовувати панелі з високою потужністю (500+ Вт), а для меншої – моделі середньої потужності, але з високим ККД.



Рисунок 4.3 – Найпоштрєніші сонячні панєлі

4.4 Розрахунок заряду

Стандартний метод заряджання змінним струмом. Потужність обладнання, що працює на основі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) і необхідна для заряджання електромобіля, визначається за формулою:

$$P_2 = P_1 / \eta_{\text{інв}} \quad (4.1)$$

де, P_1 – потужність зарядного пристрою електромобіля, кВт;

P_2 – потужність фотоелектричної батареї або вітрогенератора, кВт;

$\eta_{\text{інв}}$ – коефіцієнт корисної дії інвертора.

Отже, для заряджання одного електромобіля необхідно, щоб реальна потужність ФЕБ або ВЕУ не була меншою за P_2 . Якщо одночасно заряджаються кілька електромобілів (n), то потужність ФЕБ або ВЕУ повинна бути не меншою за $n \cdot P_2$.

На рисунку 4.4 представлений графік заряджання акумуляторної батареї електромобіля стандартним способом (заряд від джерела змінного струму).

Заряджання через буферний накопичувач. Розглянемо процес швидкого заряджання електромобіля постійним струмом. Структурна схема зарядної станції, яка забезпечує цей метод заряджання, наведена на рисунку 4.5

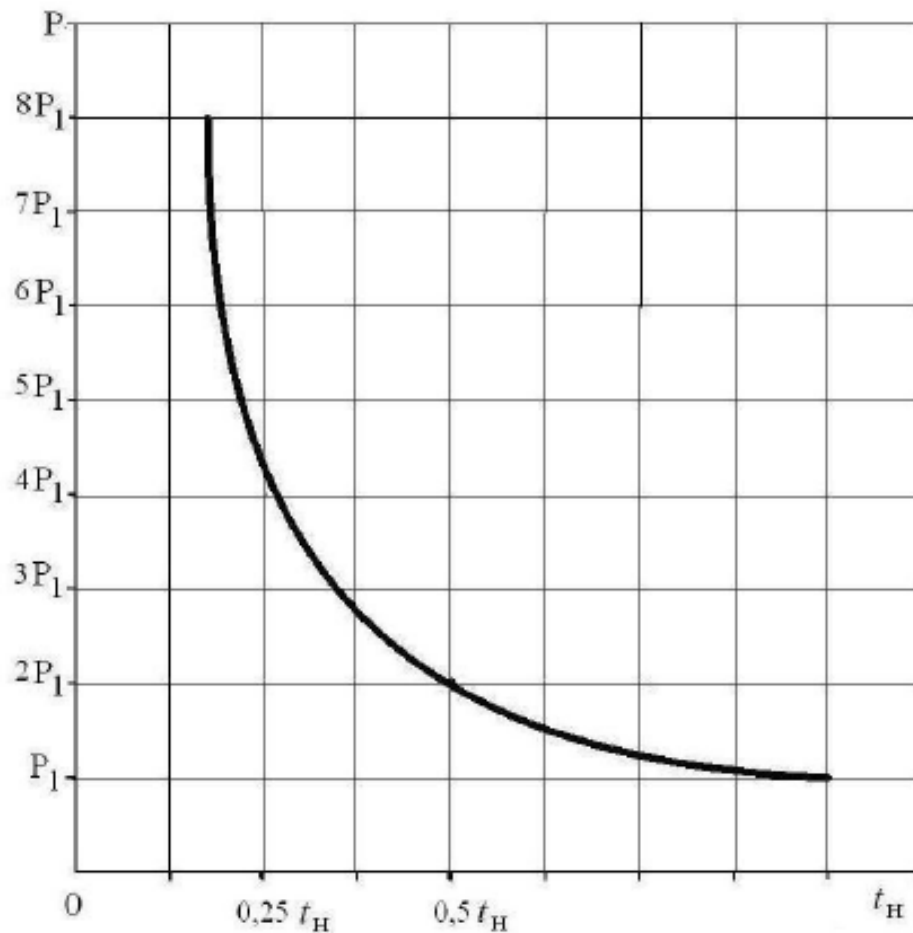


Рисунок 4.4 – Заряд зміним струмом

Буферний накопичувач виконує роль проміжного елемента, що дозволяє акумулювати енергію від джерела та швидко передавати її до акумуляторної батареї електромобіля. Такий підхід забезпечує стабільність енергоспоживання від основного джерела живлення, а також дозволяє уникнути пікових навантажень на мережу під час швидкого заряджання.

Схема заряджання електромобілів постійним струмом через буферний накопичувач із використанням установок на основі відновлюваних джерел енергії. ФЕБ – фотоелектрична батарея, ВЕУ – вітроелектрична установка, ЗП – зарядний пристрій, БА – буферний акумулятор, ІНВ – інвертор, СШЗ – станція швидкого заряджання, ЕМ – електромобіль.

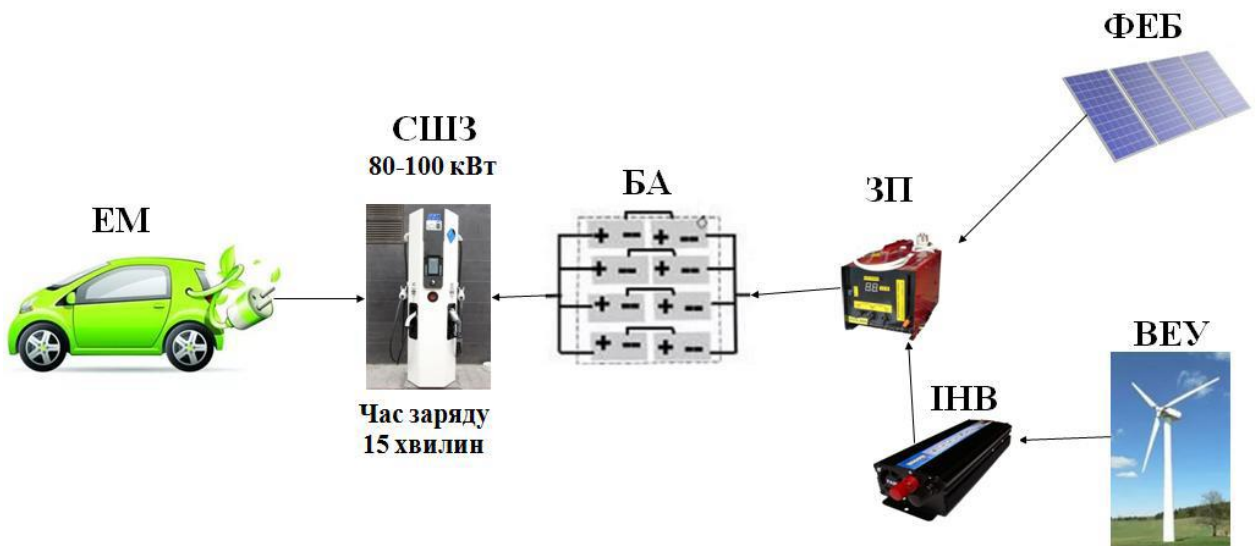


Рисунок 4.5 – Заряд швидким способом

Як буферний накопичувач можуть використовуватися акумуляторні батареї (АБ) або суперконденсатори (СК). Для організації заряджання через накопичувач першочергово визначається його енергоємність, необхідна для повного заряджання акумуляторної батареї електромобіля.

Енергоємність накопичувача розраховується за формулою:

$$Q_H = Q_{AB} / (\eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3), \quad (4.2)$$

де: Q_H – енергоємність акумуляторної батареї електромобіля, кВт·год;

Q_{AB} – енергоємність буферного накопичувача, кВт·год;

η_1 – коефіцієнт корисної дії накопичувача при розряді;

η_2 – ККД зарядного пристрою електромобіля;

η_3 – ККД акумуляторної батареї електромобіля під час заряджання.

Альтернативно, енергоємність накопичувача визначається за формулою:

$$Q_{AB} = P_2 \cdot t / (\eta_4 \cdot \eta_5), \quad (4.3)$$

де: t – час заряджання накопичувача;

η_4 – ККД зарядного пристрою від фотоелектричної батареї або вітрогенератора;

η_5 – ККД накопичувача під час заряджання.

На рисунку 4.6 наведені приклади швидкого заряджання акумуляторних батарей постійним струмом залежно від їхньої енергоємності та напруги, характерних для сучасних електромобілів.

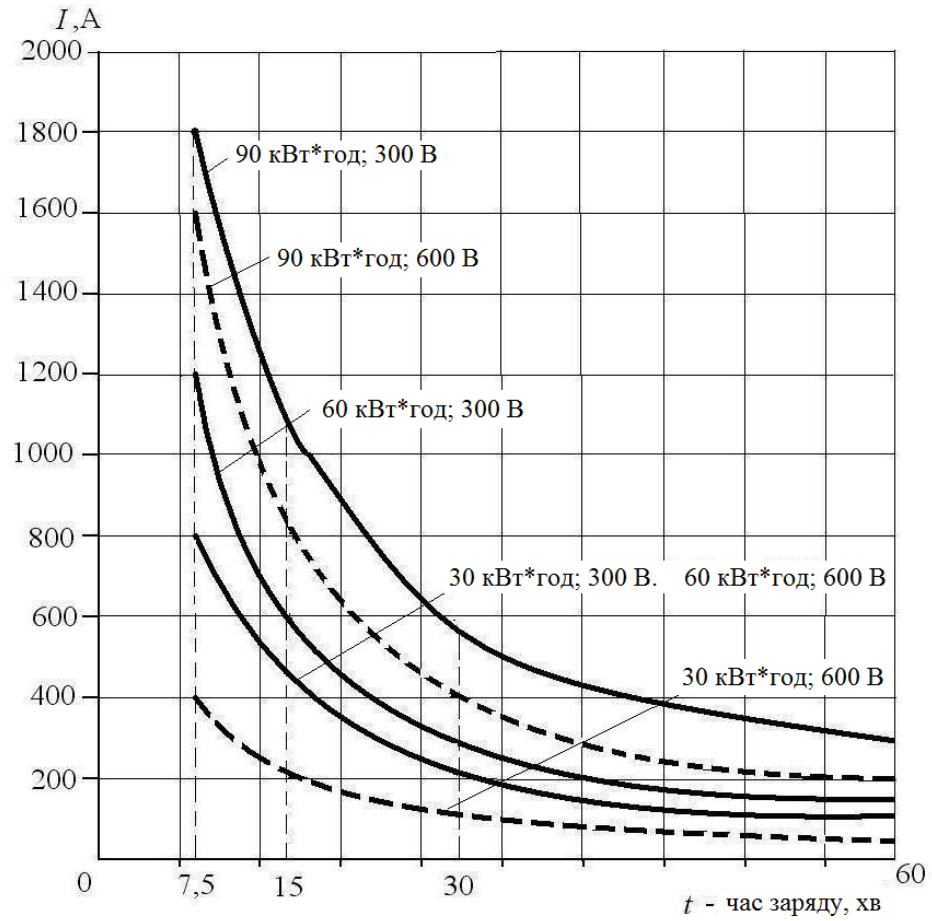


Рисунок 4.6 – Швидка зарядка

На рисунку 4.7 зображений тип пропонованої нами зарядної станції.



Рисунок 4.7 – Пропонована зарядна станція

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз травмонебезпечних ситуацій та вимоги безпеки під час експлуатації обладнання

Виробничий травматизм зумовлений організаційними, технічними, психофізіологічними та санітарно-гігієнічними причинами. Аналіз виробничого травматизму дозволяє не лише виявити причини, а визначити закономірності їх виникнення. На основі такої інформації розробляються заходи та засоби щодо профілактики травматизму [18].

Для аналізу виробничого травматизму застосовують багато різноманітних методів, основні з яких можна поділити на такі групи: статистичні, топографічні, монографічні, економічні, анкетування, ергономічні, психофізіологічні, експертних оцінок та інші [17].

Причини виробничого травматизму поділяються на такі основні групи: організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні, економічні, психофізіологічні.

Чинники та обставини, які впливають на хід подій за час від початкової до небажаної події можуть бути такими:

Наявність струму на корпусі світильника:

а) відсутність захисного заземлення:

- не виконувалося заземлення;
- пошкоджено захисне заземлення.

б) пошкодження ізоляції :

- відсутність профілактичних заходів;
- неправильна експлуатація.

Дотик обслуговуючого персоналу оголеними частинами тіла до корпусу світильника:

а) недотримання правил техніки безпеки:

- відсутність захисної огорожі;
- недотримання вимог щодо спецодягу обслуговуючого персоналу;

- невиконання правил техніки безпеки;
- б) невикористання засобів індивідуального захисту:
 - халатність працівника;
 - недостатній контроль працівників.

Отже, Такі чинники, відсутність засобів індивідуального захисту, невиконання профілактичних заходів щодо огляду робочого місця, нехтування правилами техніки безпеки можуть бути причиною травмування робочого персоналу.

Для нашого випадку можливими заходами та засобами запобігання дії шкідливого чинника є:

- проведення профілактичних заходів;
- завчасне проведення інструктажів з охорони праці.

Після обчислення ймовірностей всіх подій, починаючи з лівої нижньої гілки "дерева", позначаємо номерами всі випадкові події, що увійшли до даної моделі. Потім модель представляємо до математичного виконання ймовірностей випадкових подій, застосовуючи формули [16].

Вимоги безпеки до початку роботи:

- Заземлення є обов'язковим!
- Перевірити надійність заземлення електросвітильника і електрощитів.
- Опір ізоляції відносно землі електрично зв'язаних кіл повинен бути не менше 1,0 МОм.
- Опір ізоляції вимірюється мегомметром 1000-2500В.
- Перевірити візуальну справність органів контролю індикації,.
- Уважно оглянути робоче місце, привести його в порядок. Забрати всі предмети, що заважають роботі. Робочий інструмент, пристосування і допоміжний матеріал, перевірити їхню справність.

Вимоги безпеки під час роботи :

- Управління роботою освітлення у заданому режимі відбувається автоматично.

-При огляді працюючої системи освітлення забороняється виконувати любі роботи в системі автоматики і захисту і вимірювальних приладах.

-Не доторкатися голими руками до неізольованих поверхонь трубопроводів подачі гарячої води.

5.2 Планування заходів з покращення охорони праці

Основні заходи щодо попередження та усунення причин виробничого травматизму бувають на організаційні та технічні.

До технічних заходів належать заходи з виробничої санітарії та техніки безпеки.

Заходи з виробничої санітарії передбачають організаційні, гігієнічні та санітарно-технічні заходи та засоби, що запобігають дії на працюючих шкідливих виробничих чинників. Це створення комфортного мікроклімату шляхом влаштування відповідних систем опалення, вентиляції, теплоізоляція конструкцій будівлі та технологічного устаткування; заміна шкідливих речовин та матеріалів нешкідливими; герметизація шкідливих процесів; зниження рівнів шуму та вібрації; встановлення раціонального освітлення; забезпечення необхідного режиму праці та відпочинку, санітарного та побутового обслуговування [18].

До організаційних заходів належать: правильна організація роботи, навчання, контролю та нагляду з охорони праці; дотримання трудового законодавства, законодавчих та інших нормативно-правових актів з охорони праці; впровадження безпечних методів та наукової організації праці; проведення оглядів, лекційної та наочної агітації та пропаганди з питань охорони праці; організація планово-попереджувального ремонту устаткування, технічних оглядів та випробувань транспортних та вантажопідіймальних засобів, посудин, що працюють під тиском [16].

5.3 Моделювання процесів формування і виникнення небезпечних ситуацій під час експлуатації обладнання

Після обчислення ймовірностей всіх подій, починаючи з лівої нижньої гілки "дерева", позначаємо номерами всі випадкові події, що увійшли до даної моделі.

Кожна випадкова подія, до якої входять базові події, може формуватися й виникати при входженні у неї двох, трьох і більше базових подій за допомогою відповідних операторів.

Таблиця 5.1 – Ймовірності подій виникнення небезпеки

Шифр	Назва події	Ймовірність
P ₁	Відсутність захисного заземлення	0,04
P ₂	Пошкодження захисного заземлення	0,03
P ₃	Пошкодження ізоляції	0,1
P ₄	Неправильна експлуатація обладнання	0,02
P ₅	Відсутність профілактичних заходів	0,1
P ₆	Відсутність захисного щита	0,2
P ₇	Незнання правил техніки безпеки	0,09
P ₈	Недотримання правил техніки безпеки	0,1
P ₉	Відсутність засобів індивідуального захисту	0,3
P ₁₀	Халатність	0,06

Складемо логіко імітаційна модель процесу виникнення травм при роботі з електроопаленням (рис.5.1).

Нехай дві базові події з ймовірністю "I" входять у наступну третю подію. Тоді ймовірність виникнення цієї події P₃ можна визначити так:

$$P_3 = P_1 + P_2 \quad (5.1)$$

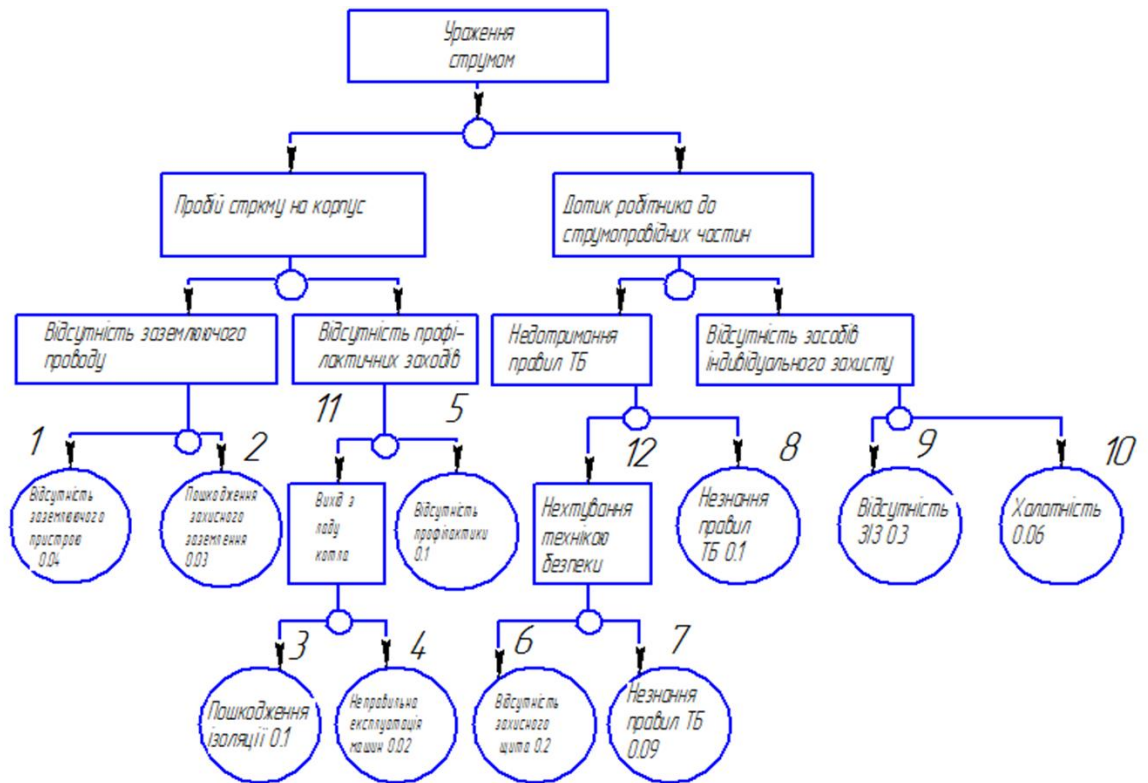


Рисунок 5.1 – Логіко імітаційна модель процесу виникнення травм при роботі з електрообладнанням.

Оператор "І" об'єднує n події з ймовірностями P_1, P_2, \dots, P_n . Тоді ймовірності вихідної події P буде:

$$P_3 = P_1 \times P_2 \times \dots \times P_n \quad (5.2)$$

Дві базові події з ймовірностями P_1 і P_2 за допомогою оператора "Або", входять до третьої події. Тоді ймовірність P_3 буде.

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \times P_2 \quad (5.3)$$

Оператор "Або" об'єднує 3 базові події з ймовірностями P_1, P_2, P_3 , які за допомогою цього оператора входять у наступну подію з ймовірністю P_4 . Тоді ймовірність цієї події можна визначити за формулою:

$$P_4 = P_1 + P_2 + P_3 - P_1 P_2 - P_1 P_3 - P_2 P_3 + P_1 P_2 P_3 \quad (5.4)$$

За допомогою даних залежностей ми проводимо розрахунок ймовірності виникнення травми про роботі з електроосвітленням. Ймовірність виникнення вихідних подій задаємо умовно. Підставивши дані ймовірностей базових подій у формулу (4.4), Отримаємо ймовірність події 13:

$$P_{13} = 0,03 + 0,01 - 0,03 - 0,01 = 0,0397.$$

Аналогічно визначаємо ймовірність інших подій:

$$P_{11} = P_4 + P_5 - P_4 \times P_5; \quad (5.5)$$

$$P_{11} = 0,02 + 0,1 \cdot 0,02 \cdot 0,1 = 0,118.$$

$$P_{12} = P_6 + P_7 - P_6 \times P_7; \quad (5.6)$$

$$P_{12} = 0,2 + 0,09 \cdot 0,2 \cdot 0,09 = 0,20.$$

$$P_{16} = P_9 + P_{10} - P_9 \times P_{10}; \quad (5.7)$$

$$P_{13} = 0,04 + 0,06 \cdot 0,04 \cdot 0,05 = 0,0401.$$

$$P_{14} = P_{11} \times P_5; \quad (5.8)$$

$$P_{14} = 0,118 \times 0,1 = 0,0118.$$

$$P_{15} = P_{12} \times P_8; \quad (5.9)$$

$$P_{15} = 0,20 \times 0,1 = 0,022.$$

$$P_{16} = P_{13} + P_{14} - P_{13} \times P_{14}; \quad (5.10)$$

$$P_{16} = 0,0401 + 0,0118 - 0,0401 \cdot 0,0118 = 0,0142.$$

$$P_{17} = P_{14} \times P_{15}; \quad (5.11)$$

$$P_{17} = 0,0118 \times 0,022 = 0,00250.$$

$$P_{18} = P_{16} + P_{17} - P_{16} \times P_{17}; \quad (5.12)$$

$$P_{18} = 0,0142 + 0,00250 - 0,0142 \times 0,0190 = 0,144.$$

Таким чином на під час роботи електричної освітлювальної системи на при наявності тих недоліків з охорони праці, які відображені у базових подіях на 100 таких місць, можна очікувати 14,4 травм. Якщо підвищити професійний рівень, поліпшити контроль та виготовити профілактичні засоби за всіма вимогами безпеки, то можна побачити на моделі шляхом повторного розрахунку, що рівень небезпеки буде наближатися до 0, а рівень безпеки - до 1[16].

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В результаті виконання роботи на тему: «Аналіз систем зарядки і обґрунтування ділянки зарядки електромобілів» було досягну такі висновки і результати.

У результаті проведеного дослідження електромобілів та систем заряджання можна зробити кілька важливих висновків. Електричні автомобілі представляють собою перспективний напрямок у розвитку транспорту завдяки своїм екологічним перевагам, зокрема значному зниженню викидів шкідливих газів та залежності від традиційних джерел палива. Вони є більш ефективними у порівнянні з автомобілями з двигунами внутрішнього згоряння, оскільки мають менші експлуатаційні витрати і вимагають меншого технічного обслуговування. Окрім того, електромобілі дозволяють зменшити рівень шумового забруднення у містах, що сприяє покращенню якості життя в урбаністичних зонах.

Одним із важливих аспектів є оцінка ефективності електромобілів, яка охоплює кілька ключових характеристик, таких як енергоємність акумуляторних батарей, час заряджання, довговічність батарей, а також енергетична ефективність під час використання транспортного засобу. Всі ці параметри впливають на економічну доцільність використання електромобіля. Важливим фактором є також екологічний вплив: електричні автомобілі, що заряджаються від відновлювальних джерел енергії, допомагають значно знизити викиди вуглекислого газу в атмосферу порівняно з традиційними автомобілями.

Системи заряджання електромобілів, зокрема методи заряджання постійним струмом і через буферний накопичувач, значно підвищують ефективність процесу заряджання, зменшуючи енергетичні втрати та знижуючи навантаження на електричні мережі. У випадку використання буферних накопичувачів можливо здійснювати заряджання за допомогою накопиченої енергії, що дозволяє знизити пікові навантаження на мережу. Крім того, впровадження відновлювальних джерел енергії, таких як сонячні

панелі та вітрогенератори, дає можливість значно знизити вартість заряджання та зробити його більш екологічним.

Розробка зарядної станції для електромобілів на основі сонячних панелей є ефективним і перспективним напрямком у галузі відновлювальної енергетики. Використання сонячної енергії для заряджання електричних автомобілів дозволяє значно знизити витрати на електроенергію та забезпечити екологічно чисте джерело енергії, що сприяє зменшенню викидів парникових газів та забруднення навколишнього середовища.

Ефективність такої зарядної станції залежить від кількох факторів, зокрема від площі встановлених сонячних панелей, географічного розташування станції, доступної кількості сонячного світла та технології перетворення енергії. У місцях з високим рівнем сонячної радіації та вдосконаленими панелями можна досягти високої ефективності системи, що дозволяє повністю заряджати електромобілі, використовуючи лише відновлювану енергію.

Сонячні зарядні станції забезпечують автономність та незалежність від традиційних енергетичних мереж, знижуючи навантаження на електричні мережі та зменшуючи витрати на електроенергію. Вони також мають потенціал для зниження експлуатаційних витрат на довгостроковій перспективі завдяки мінімальним витратам на обслуговування та використанню безкоштовного джерела енергії.

Незважаючи на високі початкові витрати на встановлення сонячних панелей і зарядних пристроїв, цей підхід має великий потенціал для зменшення витрат в майбутньому. Інтеграція таких систем у міську інфраструктуру чи на автомобільних стоянках також може суттєво сприяти популяризації електричних автомобілів і розвитку сталих транспортних систем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.bmw.ua/uk/all-models/bmw-i/i3/2017/at-a-glance.html?bmw=sea:UA--BMW-i3-Brand-Product:I01>.
2. Габріель Є. Обґрунтування полегшеної системи живлення електромобіля. Студентська молодь і науковий прогрес в АПК: тези доп. Міжнар. студ. наук. форуму. (4–6 жовтня 2023 року). Львів: Львівський національний університет природокористування, 2023. С. 432.
3. Кисликов В.Ф., Луцик В.В. Будова і експлуатація автомобілів. Київ: “Либідь”, 2006. 400 с.
4. Гладюк І., Олексів О. Долідження ринку послуг обслуговування електромобілів з на-пругою системи понад 1000 В. Студентська молодь і науковий прогрес в АПК: тези доп. Між-нар. студ. наук. форуму. (4–6 жовтня 2023 року). Львів: Львівський національний університет природокористування, 2023. С. 434
5. Сажко В. А. С14 Електрообладнання автомобілів і тракторів: Підручник. Київ. Каравела, 2008. 400 с. ISBN 966-96331-1-7
6. Electude - Автомобільні основи https://lnau.electude.su/bundle_17945301 (дата звернення 31.10.2022 р.)
7. Підручник з будови автомобіля. <https://greenway.com.ua/uk/dovidniki/pidruchnyk-po-vlashtuvannju-avtomobilj> (дата звернення 31.10.2022 р.)
8. Auto 24 https://auto.24tv.ua/budova_avtomobilia_chotyry_skladovi_n31927 (дата звернення 31.10.2022 р.).
9. Для автоелектриків <https://sites.google.com/site/dlaavtoelektrikiv/> (дата звернення 31.10.2022 р.).
10. ДСТУ 12.1.003-03 ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки. - Київ.: Видавництво стандартів, 2008.

11. Антощенко В.М. Трактори та автомобілі. Ч.4. Робоче, додаткове і допоміжне обладнання Харків, 2016. 164 с.
12. Водяник І.І. Експлуатаційні властивості тракторів і автомобілів Київ: Урожай, 1994. 224 с.
13. Бойко М.Ф. Трактори та автомобілі. Ч.2. Електрообладнання Київ: Вища школа, 2011. 180с.
14. Головчук А.Ф. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки. Книга 1. Трактори Київ: Грамота, 2013. 336 с.
15. Лебедєв А.Т. Трактори та автомобілі. Ч.3. Шасі Київ: Вища школа, 2014. 336с.
16. Надикто В.Т. Нові мобільні енергетичні засоби України. Теоретичні основи використання в землеробстві Мелітополь, 2015. 337 с.
17. Лехман С.Д., Целинський В.П., Козирєв С.М. Довідник з охорони праці в сільському господарстві: Запитання і відповіді. Київ: Урожай, 1999. 400с.
18. Лехман С. Д., Рубльов В. І., Рябцев Б. І. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. Київ: Урожай, 1993. 267с.
19. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.tesla.com/models>
20. Федішин Б.М., Борисик Б.В., Вовк М.В. Хімія та екологія атмосфери. Київ: Алеута, 2013. 272с.
21. Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. 206с.
22. [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.smart.com/en/en/index/smart-eq-fortwo-453/technical-data.html>
23. Будько В.І. Аналіз можливостей використання сонячної енергії як додаткового енергоджерела в НТУУ «КПІ» / В.І. Будько // XII Міжнародна науково-практична конференція «Відновлювана енергетика XXI століття». –Крим, 2011.– С.216–217.