

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 Й ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ
ДЛЯ ЇЗДИ НА НЕВЕЛИКІЙ ВІДСТАНІ**

Виконав: студент VI курсу групи Ат-71з

Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”

(шифр і назва)

Віталій ГАНУСЯК

(ім'я та прізвище)

Керівник: Степан ХІМКА

(ім'я та прізвище)

ДУБЛЯНИ 2024

УДК 629.113.066.

РЕФЕРАТ

«Аналіз й обґрунтування вибору електромобіля для їзди на невеликій відстані». – Ганусяк В.С. – Кваліфікаційна робота. Кафедра автомобілів та тракторів. - Дубляни, -Львівський НУП, 2024. 73 с. текст. 5 част. 41 рис., 4 табл., бібл. 22.

Електромобілі поділяються на напівгібриди, повні гібриди, підключаємні гібриди, електромобілі зі збільшеним пробігом і повністю електричні. Основними компонентами таких авто є електромотор, високовольтна батарея, інвертор, DC/DC перетворювач і зарядний пристрій.

Прогнозується, що до 2030 року ринок електромобілів перевищить 0,5 млн одиниць, що потребуватиме розвитку мережі зарядних станцій у містах і на міжміських маршрутах.

Основні характеристики для оцінки: ємність батареї, дальність пробігу, час зарядки, швидкість, розгін, витрата енергії та регенеративне гальмування. Лідерами серед моделей є Tesla Model 3, Opel Ampera-e та Nissan Leaf, які належать до різних класів і цінових сегментів.

Аналіз показав, що дальність ходу залежить від ємності батареї, а витрата енергії — від ваги й розмірів авто. Дорожчі моделі забезпечують кращий пробіг завдяки потужним батареям. Оптимальний вибір — електрокар із великою батареєю, низькими витратами на км і доступною ціною.

Ключові слова: електромобіль, критерії корисності, батарея, запас ходу.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕМИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ.....	9
1.1 Загальні аспекти проблеми транспорту на коротких відстанях.....	9
1.2 Оцінка енергоефективності автомобілів.....	13
1.3 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи.....	18
2 ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЇВ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ТА ЇХ СКЛАДОВИХ.....	21
2.1 Основні елементи конструкції електромобілів.....	21
2.2 Аналіз ключових характеристик електромобілів.....	24
2.3 Моделювання процесу зарядки електромобілів.....	30
2.4 Оцінка додаткових параметрів ефективності електромобілів.....	32
2.5 Визначення критеріїв оцінки корисності електромобілів.....	37
Висновки до розділу.....	38
3 АНАЛІЗ ЕНЕРГОСИСТЕМИ ЛЕГКОВИХ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ЗА КРИТЕРІЯМИ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	40
3.1 Характеристики ключових компонентів електромобілів	40
3.2 Оцінка технічних показників і вартості електромобілів.....	50
3.3 Аналіз легкових електромобілів відповідно до визначених критеріїв.....	52
Висновки до розділу.....	49
4 ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ ЕНЕРГОСИСТЕМИ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ	56
4.1 Результати проведеного аналізу.....	56
4.2 Обґрунтування оптимальної енергосистеми для легкового електромобіля.....	58

Висновки до розділу.....	61
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	62
5.1 Аналіз ризиків травмонебезпечних ситуацій та вимоги безпеки під час роботи з електрообладнанням.....	62
5.2 Планування заходів щодо покращення охорони праці.....	64
5.3 Моделювання виникнення небезпечних ситуацій під час експлуатації...	65
5.4 Забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях.....	68
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	69
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	72

ВСТУП

Проблему зростання цін на паливо для автомобілів можна розглядати з різних перспектив. Економічно це створює додаткове навантаження на власників авто, збільшуючи витрати на їхню експлуатацію, а для підприємств, які використовують транспорт, підвищує витрати на логістику та перевезення, що може призводити до зростання цін на товари та послуги. Крім того, підвищення вартості пального може вплинути на доступність автотранспорту для деяких соціальних груп, змушуючи їх відмовлятися від приватних автомобілів на користь громадського транспорту чи інших альтернатив.

З екологічної точки зору високі ціни на паливо стимулюють перехід до екологічно чистих технологій, таких як електромобілі, які здатні значно знизити рівень викидів парникових газів. Це також сприяє розвитку культури енергоефективності та відповідального споживання ресурсів. У той же час, підвищення вартості пального може бути інструментом зменшення його споживання, що позитивно впливає на довкілля.

Геополітичні фактори, як-от міжнародні конфлікти, економічні санкції або коливання валютних курсів, суттєво впливають на ціни на нафту, а отже, і на вартість пального. У країнах, які імпортують нафтопродукти, це може стати значним викликом для економіки та стимулювати пошук альтернативних енергетичних джерел.

Соціально зростання цін на паливо змінює поведінку споживачів. Багато людей переходять на громадський транспорт, велосипед чи електромобіль, що зменшує завантаженість доріг і рівень забруднення у містах. Це також стимулює розвиток транспортних інновацій, таких як каршеринг, спільне використання автомобілів та інші форми мобільності.

Підвищення цін на паливо стає поштовхом для розвитку нових технологій, зокрема електромобілів та альтернативних джерел енергії, таких як водень чи біопаливо. Водночас зростає увага до впровадження

енергоефективних рішень у транспортній галузі, що дозволяє зменшити витрати та підвищити продуктивність.

Попри позитивний вплив на інновації та екологію, головним каталізатором розвитку електромобілів є економічна ситуація. Постійне зростання цін на нафту змушує людей шукати вигідніші альтернативи, і електроенергія стає однією з найбільш перспективних замінів. Очікується, що у найближчі роки електромобілі значно збільшать свою частку на світовому ринку завдяки прогресу у технологіях, розширенню модельного ряду та зростанню доступності зарядної інфраструктури.

Державна підтримка також відіграє ключову роль у цьому процесі. Уряди багатьох країн активно стимулюють перехід на електротранспорт, пропонуючи субсидії, податкові пільги та програми лізингу, які роблять електромобілі економічно привабливішими. Водночас постійне розширення зарядної інфраструктури та інтеграція "зелених" технологій до енергетичних систем сприяють поширенню електротранспорту.

Загалом ринок електромобілів лише починає свій розвиток, але має великий потенціал для швидкого зростання. Його інтенсивність залежатиме від багатьох чинників, включно з цінами на нафту, розвитком технологій, рівнем державної підтримки та готовністю суспільства до змін. У сучасних економічних умовах електромобілі мають усі шанси стати ключовим сегментом транспортного ринку, сприяючи не лише економії ресурсів, але й збереженню довкілля. [2], [3].

1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕМИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1.1 Загальні аспекти проблеми транспорту на коротких відстанях

Транспортна політика країни охоплює комплекс заходів у різних сферах діяльності транспортно-дорожнього комплексу (ТДК), зокрема технічну модернізацію, адаптацію до ринкових умов, інституційні зміни, інтеграцію в європейські та світові транспортні системи, а також реформування власності, економічних відносин, управління та соціальної політики.

У рамках глобалізації економіки в останні роки значно зросли темпи транснаціональних транспортних потоків між Західною та Східною Європою, країнами Азії, Тихоокеанського регіону та Африки. Це визначає стратегічний напрямок розвитку транспортної політики країн Європейського Союзу та інших європейських держав, з акцентом на розвиток трансєвропейських комунікацій.

Транспортування полягає в переміщенні вантажу за певним маршрутом від пункту завантаження до розвантаження або перевантаження, а перевезення — це комплекс операцій, пов'язаних із переміщенням. Доставка ж визначається як процес якісного та своєчасного переміщення вантажу.

Транспорт поділяється на кілька категорій за призначенням:

- Внутрішньовиробничий технологічний транспорт, що обслуговує перевезення всередині підприємства.
- Міський транспорт, що забезпечує перевезення пасажирів та вантажів у межах міста чи населеного пункту.
- Приміський транспорт, який здійснює перевезення між містом і його передмістями (в межах 50 км).
- Внутрішньорайонний транспорт, що здійснює перевезення всередині економічного району.

- Міжрайонний транспорт, який забезпечує перевезення між сусідніми районами.
- Міжміський транспорт, що перевезення на відстань понад 50 км.
- Міжреспубліканський транспорт, що забезпечує перевезення між кількома республіками.
- Міжнародний транспорт, що здійснює перевезення за межі країни.

Проблема транспорту на коротких відстанях охоплює кілька важливих аспектів, що впливають на ефективність, економічність і екологічність транспортної системи. Однією з основних проблем є переповненість міського транспорту, особливо у великих містах. Вона призводить до заторів, підвищеного рівня шуму, зростання витрат пального та зниження продуктивності праці через великі часи на дорозі.

Іншою проблемою є нераціональне використання транспортних засобів, таких як приватні автомобілі для поїздок на короткі відстані. Це веде до зростання витрат на паливо, а також до негативних екологічних наслідків, таких як забруднення повітря внаслідок викидів вуглекислого газу та інших шкідливих речовин.

Інфраструктура для транспорту на коротких відстанях також часто є недостатньо розвинутою. В деяких містах відсутні належні пішохідні доріжки, велодоріжки або спеціально обладнані зупинки для громадського транспорту, що ускладнює переміщення людей.

Крім того, проблема економічної доступності транспорту є важливою для багатьох верств населення. Висока вартість проїзду в громадському транспорті або дорожні витрати для приватних автомобілістів можуть обмежити доступність транспортних послуг для малозабезпечених груп.

Загалом, ці питання можуть бути вирішені за допомогою розвитку альтернативних форм транспорту, таких як велосипеди, електросамокати, а також вдосконалення громадського транспорту і модернізації інфраструктури для зменшення навантаження на дорогу і зменшення екологічного впливу.

Транспортна мережа України характеризується високою ефективністю використання шляхів сполучення, що виявляється в показниках вантажнапруженості та пасажиронапруженості — кількості транспортної роботи (в тонно-кілометрах або пасажиро-кілометрах), що припадає на 1 км дороги. Важливим показником ефективності є також середня відстань для перевезення вантажів. Глянемо на деякі дані щодо відстаней перевезень та строків доставки вантажів різними видами транспорту у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Середні відстані перевезень

Вид транспорту	Відстань перевезень, км	Строки доставки, доба
Залізничний	785,0	41
Морський	3555,0	9,1
Річковий	465,0	7,1
Автомобільний	18,0	1,1
Трубопровідний	1840,0	7,1
Повітряний	1355,0	біля 1,1 доби

Переваги автомобільного транспорту включають високу маневреність, що дозволяє ефективно переміщати вантажі без перевантаження, а також низькі капітальні витрати на організацію перевезень малих обсягів вантажів на короткі відстані. Також автомобільний транспорт дозволяє здійснювати доставку «від дверей до дверей» і забезпечує можливість доставки малими партіями, що є зручним для багатьох споживачів. Окрім того, цей вид транспорту має регулярність поставок і менш жорсткі вимоги до упаковки вантажу.

Проте є й недоліки, які варто враховувати при виборі автомобільного транспорту. Це, зокрема, високі витрати на перевезення одиниці вантажу порівняно з іншими видами транспорту. Вартість перевезень є однією з основних проблем, а також існують вимоги до термінового розвантаження та обмеження вантажопідйомності. До недоліків можна віднести також

можливість розкрадання вантажу та викрадення транспортних засобів, а також недостатній рівень екологічної чистоти.

Використання автомобілів для коротких переїздів, таких як поїздки в межах міста чи до сусідніх населених пунктів, також пов'язане з кількома проблемами. Однією з основних є транспортні затори, особливо в години пік, коли на дорогах важко знайти місце для паркування, що збільшує час подорожі. Крім того, короткі поїздки на автомобілі призводять до надмірного використання пального і забруднення навколишнього середовища, що особливо важливо в міських умовах.

Вартість володіння автомобілем, яка включає витрати на паливо, обслуговування, страхування та паркування, робить цей варіант менш вигідним для коротких поїздок. У містах також можуть бути обмеження для доступу на дороги або наявність пішохідних зон, що ускладнює використання автомобіля.

З розвитком альтернативних транспортних засобів, таких як електричні скутери, велосипеди та інші екологічно чисті транспортні засоби, стає актуальним питання порівняння їх ефективності на коротких відстанях. У великих містах активно розвиваються системи громадського транспорту та ініціативи для зменшення негативного впливу автомобільного транспорту на довкілля.

Вибір транспорту для поїздок на роботу залежить від кількох факторів. Відстань, час, доступність та індивідуальні уподобання можуть впливати на вибір. Для коротких поїздок можуть підійти пішки, велосипед або самокат, тоді як для середніх і довших відстаней можливі варіанти з автомобілем, громадським транспортом або електроскутером. Порівняння вартості різних видів транспорту та зручності кожного варіанту є важливим аспектом при прийнятті рішення, а також екологічний вплив і користь для здоров'я.

Вибір транспорту для поїздок на роботу залежить від кількох важливих факторів. Перш за все, відстань від дому до місця роботи має суттєвий вплив на рішення. Якщо відстань коротка, зручними варіантами можуть бути пішки,

велосипед або самокат, в той час як для довших відстаней краще використовувати автомобіль, громадський транспорт чи електроскутер. Крім того, важливим є час, який ви готові витратити на дорогу. Автомобіль може бути швидшим, але у великих містах важко знайти місце для паркування, що збільшує час поїздки. Громадський транспорт може зайняти більше часу, але він дозволяє робити інші справи під час поїздки, наприклад, читати або працювати. Не менш важливий і фінансовий аспект. Володіння автомобілем передбачає витрати на паливе, обслуговування, страхування та паркування, що може бути дорогим, у той час як громадський транспорт або велосипеди можуть стати більш економічними варіантами. Вибір також залежить від зручності транспорту. Якщо вам подобається водити, автомобіль може бути найкращим варіантом, але для тих, хто хоче працювати або відпочивати під час поїздки, громадський транспорт буде більш підходящим. Екологічний аспект також важливий для багатьох, і використання електричного транспорту або велосипедів дозволяє зменшити вплив на навколишнє середовище. Вибір транспорту також може бути пов'язаний із здоров'ям. Активні види транспорту, такі як пішохідні прогулянки, велосипед чи самокат, можуть покращити фізичну форму і здоров'я. У підсумку, вибір транспорту залежить від індивідуальних умов і уподобань, а також від того, який варіант забезпечить найбільшу ефективність і комфорт у поїздках.

1.2 Оцінка енергоефективності автомобілів

Електромобілі здобули популярність як ефективніший варіант для коротких поїздок, особливо у порівнянні з автомобілями з двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ). Це можна пояснити кількома ключовими факторами, які роблять електричні транспортні засоби більш зручними і вигідними в умовах міського середовища та на коротких дистанціях.

Перш за все, електричні мотори мають високу реактивність і здатність генерувати великий крутний момент практично миттєво. Це означає, що

електромобілі мають більшу швидкість реагування на зміну швидкості, що особливо важливо при частих зупинках і стартах, наприклад, на світлофорах або при обгоні інших автомобілів на вузьких вулицях. Така швидка реакція дозволяє ефективно використовувати електромобілі в умовах міського руху, де важлива маневреність.

Ще однією перевагою є енергетична ефективність електричних автомобілів. Двигуни внутрішнього згоряння мають значні енергетичні втрати у вигляді тепла, що викидається через вихлопну систему та охолодження. У той час як електричні двигуни мають значно вищу ефективність перетворення енергії: майже вся енергія, отримана з батареї, використовується для руху автомобіля. Це дозволяє знизити витрати енергії на коротких відстанях, де традиційний двигун внутрішнього згоряння може виявлятися менш ефективним.

Електромобілі також мають менше рухомих частин у порівнянні з автомобілями з ДВЗ, що зменшує знос і потребу в частих ремонтах. Всі ці характеристики дозволяють знизити витрати на обслуговування і збільшити тривалість служби електричного автомобіля. Менше рухомих частин означає також менше ймовірності поломок і збоїв, що робить електромобілі більш надійними для щоденних поїздок.

Ще однією важливою перевагою є екологічність електричних транспортних засобів. Електромобілі не мають викидів вуглекислого газу чи інших шкідливих газів під час експлуатації, що робить їх ідеальним варіантом для коротких поїздок, коли немає необхідності в довготривалому викиді шкідливих речовин в атмосферу. В умовах міського середовища, де забруднення повітря є однією з головних проблем, електричні автомобілі можуть значно зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

Крім того, електричні автомобілі мають можливість рекуперації енергії під час гальмування, що дозволяє заряджати акумулятор автомобіля, знижуючи загальне споживання енергії. Це робить електромобілі ще більш

ефективними, особливо в умовах постійних зупинок і стартів, які характерні для руху по місту.

Ще однією важливою перевагою є економічність. Заряджати електромобіль набагато дешевше, ніж заправляти автомобіль на бензині чи дизелі, особливо для коротких поїздок, де не потрібно багато енергії для здійснення поїздки. Це робить електромобілі більш доступними для щоденного використання в порівнянні з традиційними автомобілями, що мають високі витрати на паливо.

Міські умови, з їх численними зупинками та пробками, насправді можуть бути ідеальними для використання електромобілів. Постійні гальмування і прискорення — це саме те, що дозволяє електричним транспортним засобам розкрити всі свої переваги. Водночас, для водіїв, які часто стикаються з проблемами пошуку паркувальних місць, електричні автомобілі можуть бути ідеальним варіантом завдяки компактним розмірам і можливості заряджати їх безпосередньо вдома або на спеціальних зарядних станціях.

Зважаючи на всі ці переваги, електромобілі на коротких відстанях можуть бути не тільки практичним, але й економічно вигідним рішенням для багатьох користувачів.

У ДВЗ є втрати: втрати на випромінювання, втрати на охолодження, втрати тепла з вихлопом, механічні втрати (рис. 1.1).

В електродвигуні є наступні втрати: електричні та механічні втрати.

Людський організм неможливий без енергії, яку ми отримуємо з їжі. Їжа є джерелом енергії для нашого тіла. Подібно до цього, двигун внутрішнього згоряння не може функціонувати без палива, яке є енергетичним ресурсом для нього. А електричний мотор потребує електричної енергії, яку забезпечує акумуляторна батарея.

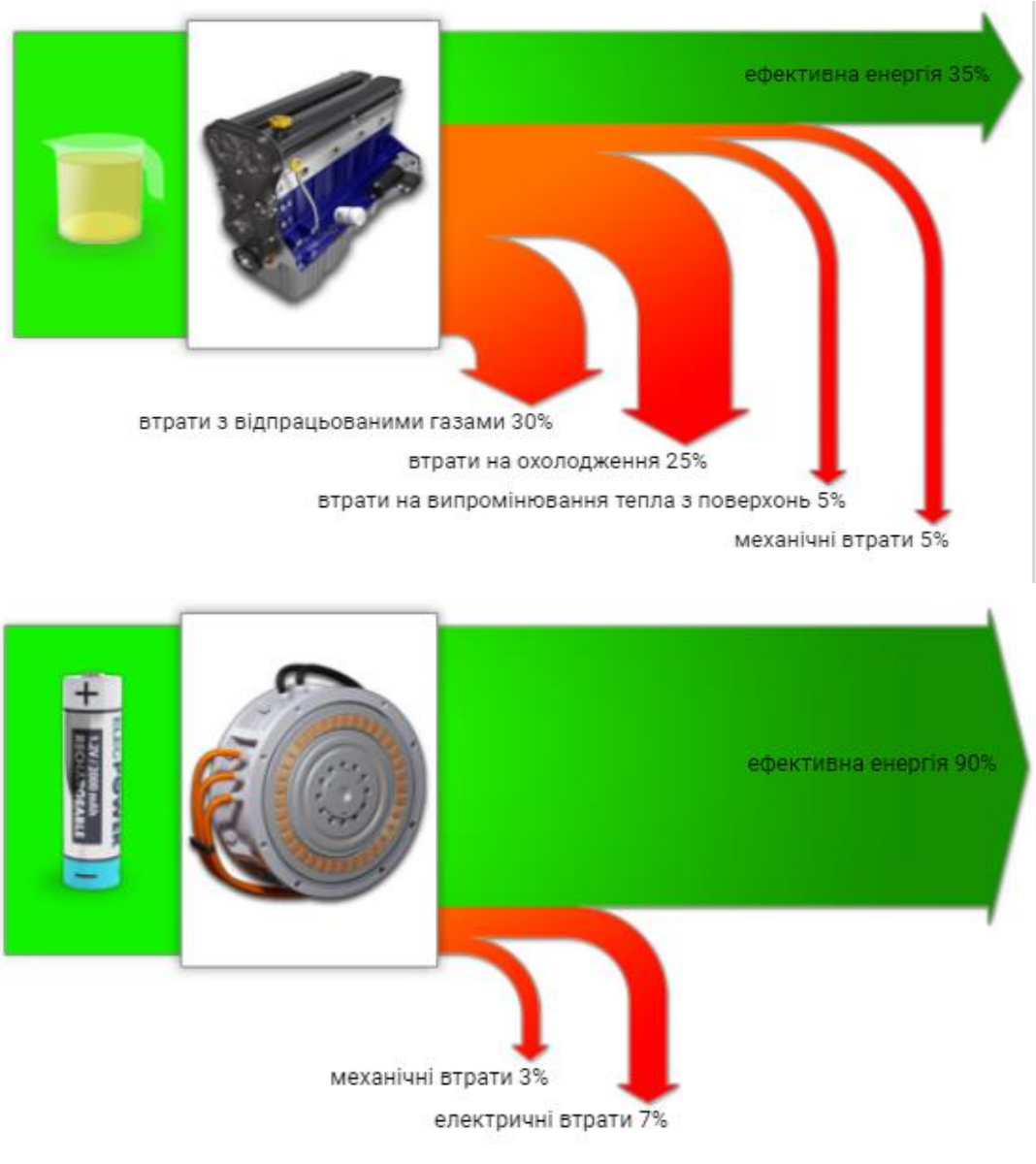


Рисунок 1.1 – Витрати енергії в ДВЗ і електромоторів.

Густина енергії — це фізична величина, що характеризує кількість енергії, яку можна зберігати або отримати з одиниці маси чи об'єму матеріалу або джерела енергії. Вона вказує на ефективність енергетичних носіїв або джерел в контексті їх маси чи об'єму. Для різних видів палива або джерел енергії цей показник має різні значення. Наприклад, у рідкому паливі (наприклад, бензині чи дизельному паливі) густина енергії буде значно вищою, ніж у звичайних акумуляторах, що використовуються в електричних автомобілях. Це означає, що для однакової кількості енергії, яке може бути збережено або використано, акумуляторна батарея буде мати більшу масу, порівняно з бензиновим або дизельним паливом. Густина енергії є важливим показником при порівнянні

різних видів палива або джерел енергії, оскільки вона впливає на тривалість використання енергії, зручність транспортування та вартість енергетичних ресурсів. (рис. 1.2)

				
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 – Густини енергій

Для розрахунку густини енергії в об'ємі є така формула:

$$\omega = \frac{E}{V}, \quad (1.1)$$

де: ω – густина енергії, E – енергія, V – її об'єм;

У об'ємному вимірі густина енергії дозволяє визначити, скільки енергії можна зберігати в певному об'ємі, наприклад, в резервуарі або в обсязі певного об'єкта. Цей показник важливий, коли потрібно оцінити, скільки енергії можна зберегти або витратити на певній площі або в певному об'ємі, що впливає на проектування енергоефективних систем і транспортних засобів.

Енергія вимірюється в різних одиницях, залежно від її джерела. Одиниці виміру енергії, що ми отримуємо з їжею, є калорії (кал, Ca) або джоулі (Дж, J). В акумуляторних батареях, одиницями вимірювання заряду є ампер-години (A·год, Ah), а одиницями вимірювання напруги - вольти (В, V).

Щодо перерахунку одиниць, одна з найбільш поширених рівностей виглядає так: $1 \text{ Вт}\cdot\text{год (Wh)} = 3600 \text{ Дж (J)} = 3,6 \text{ кДж (кДж)}$. Ці співвідношення використовуються для переведення енергетичних величин між різними одиницями вимірювання, що дозволяє зручніше порівнювати та аналізувати енергетичні ресурси в різних контекстах, наприклад, при порівнянні ефективності різних акумуляторів чи джерел енергії.

За допомогою густини енергії взнаємо вагу, яку необхідно мати з собою, щоб подолати відстань (рис. 1.3).





				
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 – Порівняння енергії

Як ми бачимо потрібно у 80 разів важчий акумулятор ніж вага пального.

1.3 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи

Наземна логістика продовжує швидко еволюціонувати завдяки новітнім технологіям і змінам у споживчих потребах. Одним із головних напрямів є діджиталізація, що включає технології, такі як GPS-трекінг, моніторинг у

реальному часі та програмне забезпечення для оптимізації маршрутів. Вони значно підвищують ефективність перевезень, забезпечуючи прозорість і точність у відстеженні вантажів. Також активно впроваджуються електричні та автономні транспортні засоби, що сприяють зменшенню викидів та підвищенню продуктивності. Використання інтермодальних рішень — комбінування різних видів транспорту, таких як автомобільний і залізничний, допомагає оптимізувати витрати та зменшити час на доставку товарів.

Що стосується електромобілів, їх вважають більш ефективними для коротких поїздок у порівнянні з автомобілями з двигунами внутрішнього згоряння. Це пов'язано з низкою переваг, таких як висока реактивність та ефективність приводу, тривалий термін служби і низькі витрати на обслуговування.

Крім того, вибір електромобіля залежить від кількох факторів. Наприклад, важливим є діапазон ходу, що визначається ємністю батареї і впливає на можливість подорожувати на довгі відстані без необхідності зарядки. Інфраструктура зарядних станцій також має значення, особливо для тих, хто не може заряджати автомобіль вдома. Вартість електромобіля може бути високою, але з розвитком ринку ціни знижуються, а державні пільги можуть значно скоротити витрати. Технічні характеристики, такі як потужність і швидкість, є важливими для покупців, а системи безпеки та споживана енергія — це додаткові фактори для вибору. Крім того, для тих, хто піклується про екологію, електромобілі надають можливість знизити викиди CO₂ і зменшити використання нафти.

Зважаючи на ці різноманітні аспекти, покупець може зробити обґрунтований вибір, враховуючи свої потреби, фінансові можливості та пріоритети в питаннях екології та ефективності.

Використання електромобілів має кілька суттєвих переваг. По-перше, вони є екологічно чистими, оскільки не викидають шкідливі гази або CO₂ під час руху, що допомагає зменшити забруднення повітря та вплив на клімат. Крім того, електричні транспортні засоби значно знижують залежність від

викопних енергоресурсів, що також позитивно впливає на навколишнє середовище.

По-друге, електромобілі мають вищу енергоефективність порівняно з автомобілями з двигунами внутрішнього згорання. Електричний двигун перетворює більше енергії з батареї на рух, тоді як двигуни внутрішнього згорання значну частину енергії втрачають у вигляді тепла.

Ще однією перевагою є низькі експлуатаційні витрати. Електромобілі вимагають мінімального технічного обслуговування, оскільки в них менше рухомих частин порівняно з автомобілями з ДВЗ. Це означає меншу кількість поломок і менші витрати на ремонт.

Електричні автомобілі також мають низьку вартість енергоспоживання. Зарядка батареї коштує значно дешевше, ніж заправка бензином або дизелем, особливо в умовах коротких поїздок, що робить їх економічно вигідними.

Електромобілі забезпечують комфорт та зручність, оскільки працюють майже безшумно та мають високу реактивність, що дозволяє швидко прискорюватися та рухатися по міських умовах, де важливі маневреність і швидкість.

Метою роботи є – обґрунтування вибору автомобіля для їзди на невеликі віждстанні.

Об'єкт дослідження – елементи систем живлення електромобілів.

Предмет дослідження – критерії корисності використання електромобілів і елементів системи живлення.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

1. Провести аналіз проблем використання електромобілів.
2. Визначити критерії корисності електромобілів і їх компонентів.
3. Зробити аналіз системи живлення легкових електромобілів згідно критеріїв їх корисності.
4. Визначити оптимальний електромобіль.

2 ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЇВ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ТА ЇХ СКЛАДОВИХ

2.1 Основні елементи конструкції електромобілів

Гібридні і електричні авто ми можемо розділити на категорії: (рис. 2.1).

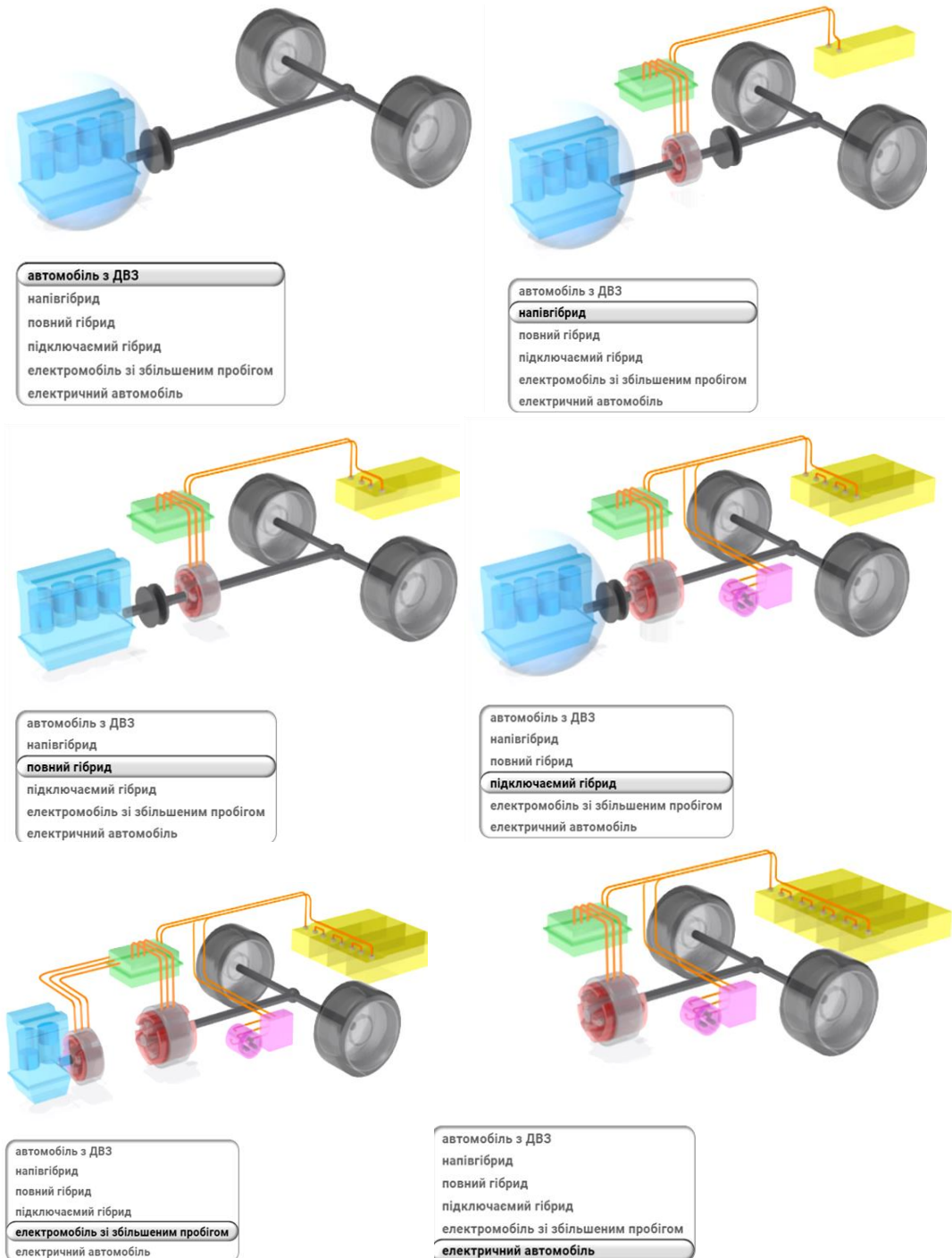


Рисунок 2.1 – Види гібридних і електричних карів.

Напівгібрид (Mild Hybrid) – це транспортний засіб, що оснащений як двигуном внутрішнього згоряння (ДВЗ), так і електричним двигуном. Електродвигун не може самостійно рухати автомобіль, але підтримує ДВЗ, покращуючи паливну ефективність і знижуючи викиди.

Повний гібрид (Full Hybrid) – в такому автомобілі електричний двигун і ДВЗ можуть працювати як окремо, так і разом. Це дозволяє здійснювати короткі поїздки на електричній тязі, а при потребі вищої потужності – використовувати двигун внутрішнього згоряння.

Підключаємий гібрид (Plug-in Hybrid, PHEV) – автомобіль, що має можливість заряджатися від мережі, що дозволяє йому здійснювати значні відстані на електричній тязі. Після розряду батареї включається двигун внутрішнього згоряння.

Електромобіль зі збільшеним пробігом (Extended Range Electric Vehicle, EREV) – це електричний автомобіль, який має додатковий бензиновий або дизельний двигун для зарядки батареї, що дозволяє продовжити пробіг на великі відстані після того, як батарея вичерпається.

Електричний автомобіль (Electric Vehicle, EV) – це повністю електричний транспортний засіб, що живиться від акумуляторної батареї і не має двигуна внутрішнього згоряння.

У гібридних автомобілях (рис. 2.2) двигун поєднаний з електромотором, і обидва ці джерела енергії працюють разом для забезпечення приводу транспортного засобу. Це дозволяє автомобілю використовувати переваги як традиційного двигуна, так і електричної тяги, що знижує споживання пального та викиди CO₂, одночасно підвищуючи економічність та ефективність транспорту. Система може автоматично перемикатися між використанням тільки електричного двигуна, лише ДВЗ або комбінацією обох для оптимізації витрат пального залежно від умов руху. (рис. 2.2).

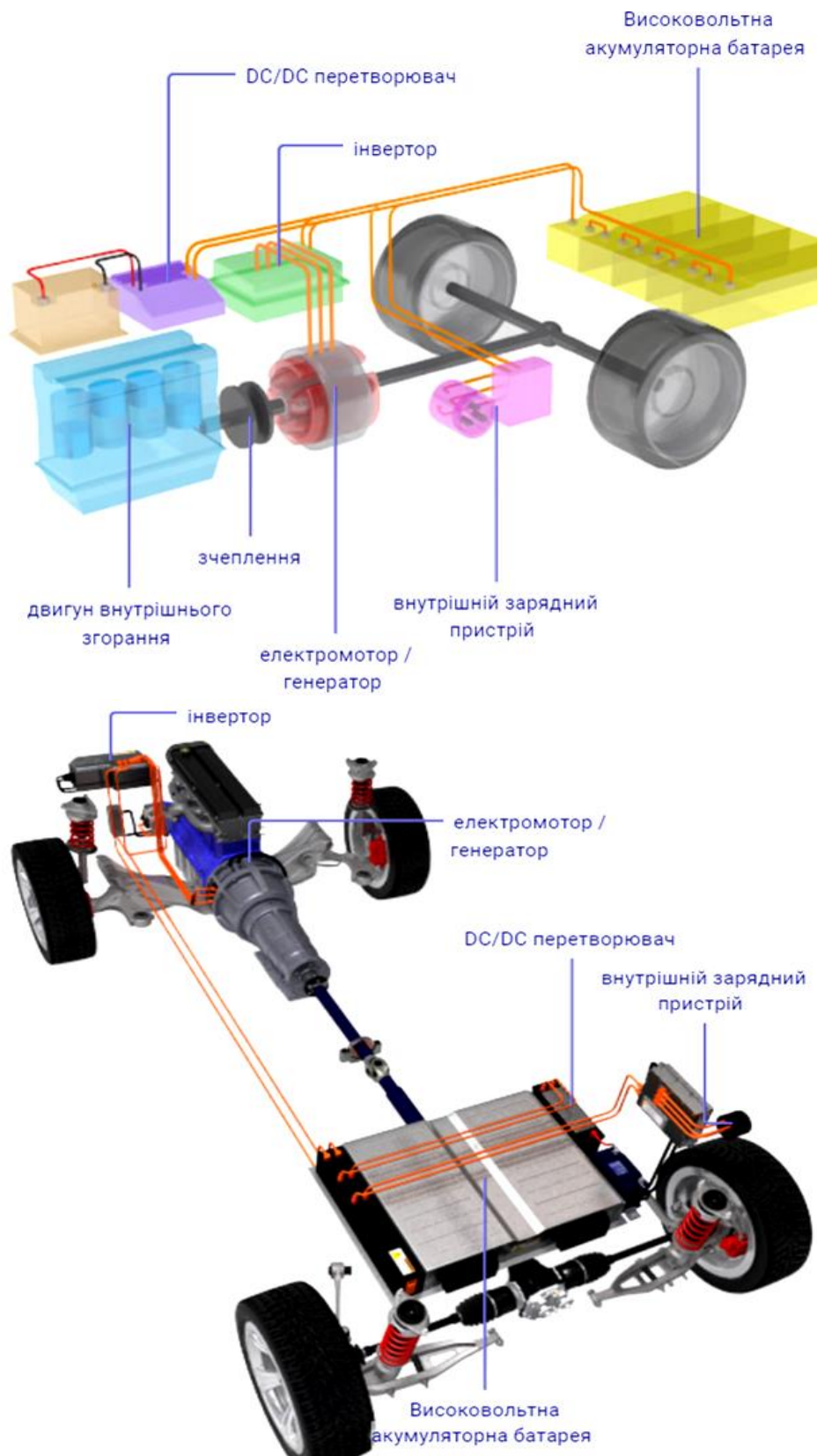


Рисунок 2.2 – Компоненти Hybrid.

Компоненти. У гібридних і електромобілях автомобілях, окрім двигуна внутрішнього згорання, використовуються різні елементи системи:

Електромотор/генератор: Відповідає за привід автомобіля і може генерувати електроенергію під час гальмування.

Високовольтна батарея: Зберігає електричну енергію для подальшого використання.

Інвертор: Управляє електромотором/генератором, перетворюючи високовольтну постійну напругу в трьохфазний змінний струм для приводу електромотора.

DC/DC перетворювач: Перетворює високу напругу для заряджання 12-вольтового акумулятора. Замінює стандартний генератор змінного струму в звичайному автомобілі.

Внутрішній зарядний пристрій: Забезпечує зарядку високовольтної батареї зовнішньою електричною енергією.

2.2 Аналіз ключових характеристик електромобілів

Згідно з аналізом [4] (рис. 2.3), прогнозу розвитку ринку електромобілів у світі, а також з урахуванням динаміки останніх 5 років, був розроблений прогноз для розвитку ринку легкових електричних засобів в Україні (рис. 2.4). Під час складання цього прогнозу були враховані загальні тенденції та прогнози світового ринку. Згідно з прогнозами, до 2030 року ринок електромобілів в Україні може зрости до понад 0,5 мільйона одиниць. Це зростання потребуватиме значного розвитку інфраструктури, зокрема будівництва станцій швидкої зарядки, розташованих як на міжміських маршрутах біля магістралей, так і в містах і їхніх околицях. Додатково, зростання попиту на електричні транспортні засоби вимагатиме покращення політики державної підтримки, стимулювання виробництва, а також розвитку системи переробки акумуляторів, що забезпечить сталий розвиток цієї галузі. Враховуючи ці фактори, в Україні очікується значний приріст кількості електромобілів на дорогах, що створить умови для енергетичної трансформації та зниження екологічного навантаження на країну.

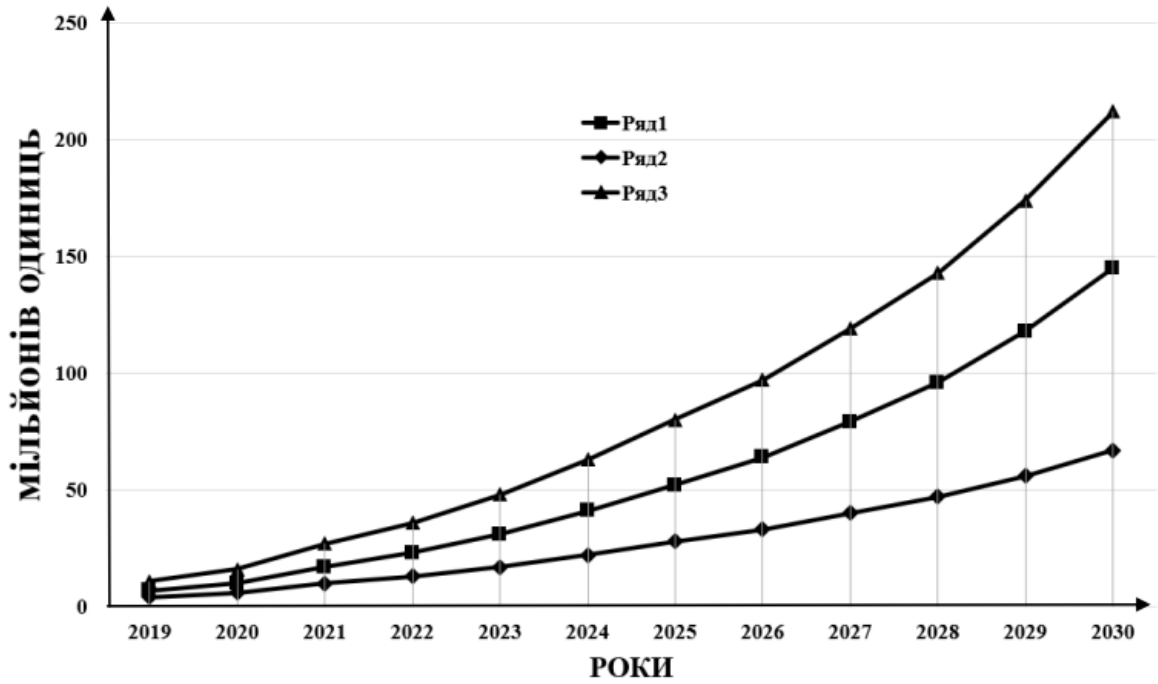


Рисунок 2.3 – Прогноз розвитку електромобілів в світі до 2030 року: ряд 1 - (EV); ряд 2 - (PHEV); ряд 3 – сумарний показник

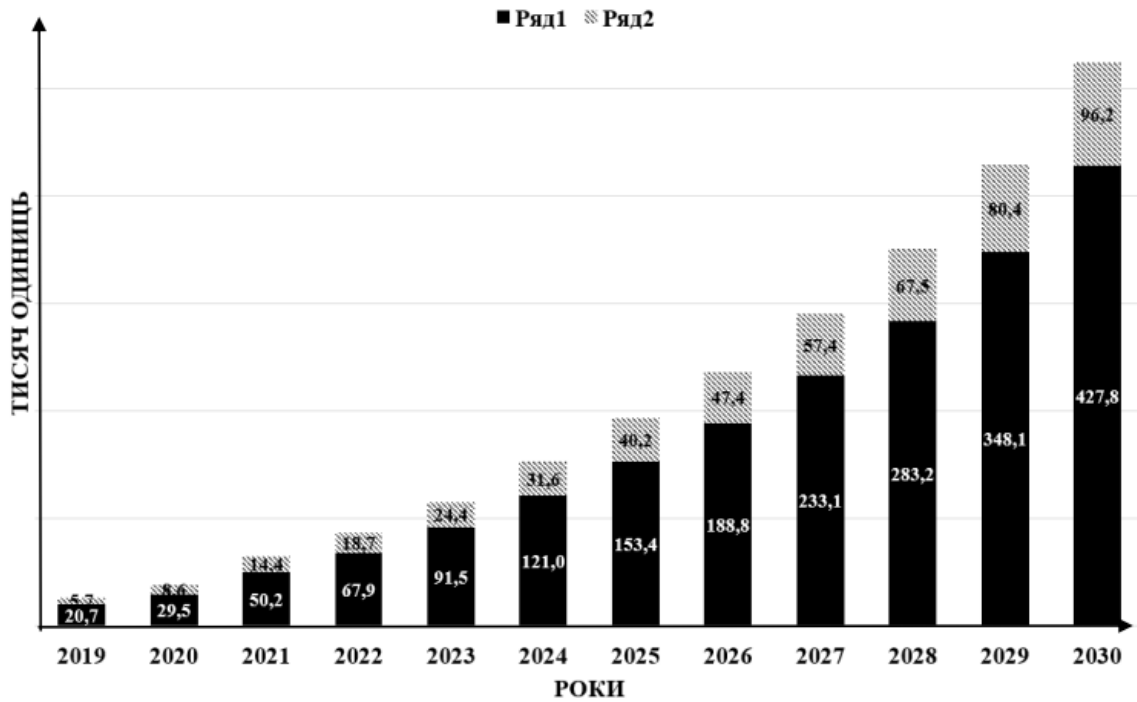


Рисунок 2.4 – Прогноз розвитку електромобілів в Україні до 2030 року: ряд 1 - (EV); ряд 2 - (PHEV); ряд 3 – сумарний показник (EV) та (PHEV)

Зростання популярності електричних автомобілів по всьому світу стало однією з основних тенденцій останніх років, і одним із головних факторів, що впливає на вибір автомобіля для споживачів, є запас ходу. Запас ходу — це

відстань, яку електричний автомобіль може проїхати на одному заряді, і для багатьох покупців це один з найважливіших критеріїв при покупці. Щоб точно визначити запас ходу електромобіля, застосовуються стандартизовані цикли тестування, такі як NEDC, WLTP та EPA, які враховують різні аспекти використання автомобіля. Ці цикли надають важливу інформацію про те, як автомобіль працює в реальних умовах і як ефективно він використовує свою енергію.

Цикл NEDC, або Новий європейський цикл руху, був розроблений у 1980-х роках для вимірювання споживання пального та викидів у легкових автомобілях в Європейському Союзі. Він був одним із перших стандартів тестування для оцінки ефективності і екологічних характеристик автомобілів, але його методи на сьогоднішній день вважаються застарілими, оскільки не враховують сучасних умов руху та технологічних досягнень в автомобілебудуванні. Цикл NEDC складається з двох основних частин: циклу холодного старту та циклу гарячого старту. Холодний старт імітує початок поїздки з автомобілем, що не працює, і включає в себе фази прискорення, постійної швидкості, уповільнення та зупинки. Цикл гарячого старту моделює умови, коли автомобіль працює при високих швидкостях, з активованими додатковими системами, такими як кондиціонер чи обігрівач. Однак, на жаль, цей цикл не може відобразити реальні умови водіння, оскільки він не враховує таких факторів, як трафік, індивідуальний стиль водіння або специфіку маршруту. З цієї причини в 2017 році в Європейському Союзі було введено новий стандарт — цикл WLTP.

Цикл WLTP (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure) був створений з метою забезпечити більш точне і реалістичне вимірювання викидів та споживання пального, враховуючи сучасні технології і умови експлуатації автомобілів. Він більш детально описує різні етапи руху, включаючи зміну швидкості, зупинки, прискорення, і навіть взаємодію з додатковими системами автомобіля. Цей цикл враховує реалістичні умови водіння і є набагато точнішим від попереднього NEDC, оскільки він може

передбачити, як автомобіль буде поводитися в реальних умовах, таких як міський трафік або інші зовнішні фактори.

Важливим тестовим циклом, що застосовується в США, є цикл EPA, розроблений Агентством з охорони навколишнього середовища Сполучених Штатів. Цей цикл складається з двох основних частин: міського циклу (City Cycle) і трасового циклу (Highway Cycle). Міський цикл імітує поїздки по місту, де автомобіль часто зупиняється на перехрестях або в трафіку, а трасовий цикл моделює рух по швидкісних дорогах з постійною швидкістю. Обидва цикли складаються з різних етапів, що включають прискорення, уповільнення і зупинку, що допомагає оцінити реальні умови водіння на різних типах доріг. Важливо відзначити, що у 2020 році EPA оновило свої тести, використовуючи стандарт, базований на WLTP, що забезпечує ще точніші результати. Оновлений цикл більш чітко відображає реалістичні умови водіння та ефективність використання енергії в електричних автомобілях.

Використання цих тестових циклів дозволяє не лише точніше визначити запас ходу автомобіля, а й дає споживачам чітке уявлення про те, як автомобіль буде працювати в реальних умовах. Завдяки цим даним покупці можуть краще оцінити, який автомобіль найкраще відповідатиме їхнім потребам і умовам експлуатації. Для розвитку ринку електричних автомобілів важливо також враховувати потреби в інфраструктурі зарядних станцій. Адже чим більше точних даних про запас ходу електричних автомобілів, тим краще можна передбачити, де будуть необхідні нові зарядні станції, що є важливою умовою для подальшого зростання попиту на електричні транспортні засоби. В цілому, ці цикли тестування сприяють розвитку ринку електричних автомобілів і допомагають створити умови для більш обґрунтованого вибору транспортного засобу для споживачів по всьому світу.

Для надання споживачам найбільш реалістичних і точних даних про запас ходу електричних автомобілів, на тестування обираються лише ті моделі, що мають пробіг не менше 1600 км. Це дозволяє отримати детальну інформацію

про їх реальні характеристики при різних умовах експлуатації. Важливо, що під час тестування експерти самостійно здійснюють перезарядку акумуляторних блоків, виконуючи цикли, передбачені "Стандартним дорожнім циклом". Цей цикл включає в себе різні етапи руху: старт, рух і зупинки на швидкості від 48 до 113 км/год на відрізку довжиною 6 км.

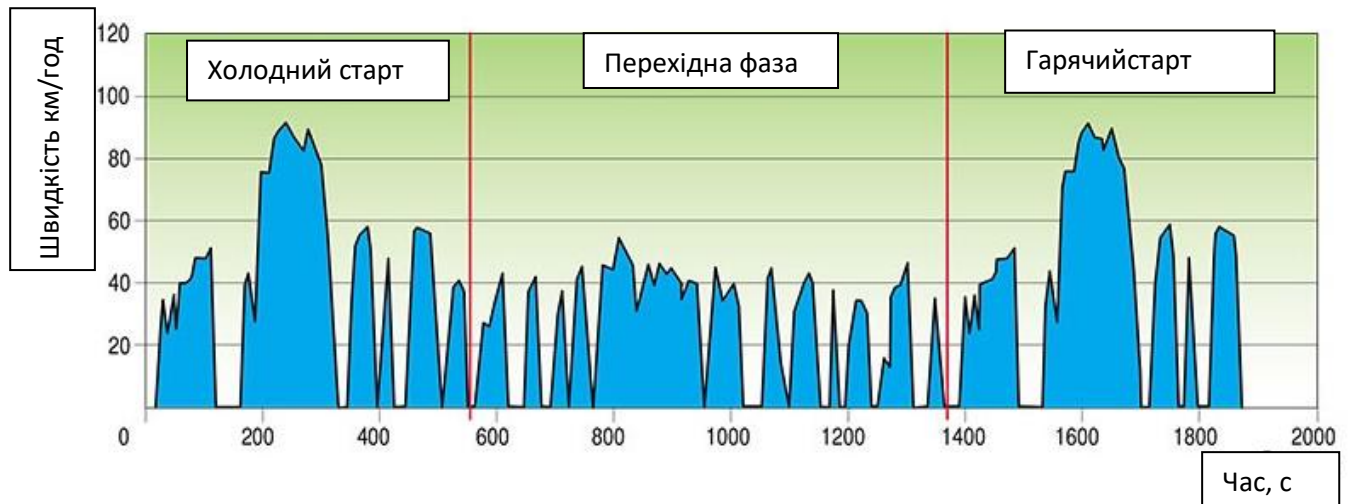


Рисунок 2.5 – Режими циклу ЕРА розроблений Агентством з охорони навколишнього середовища

Крім того, ємність акумулятора автомобіля, навіть якщо він є старішим, під час тестування повинна відповідати заводським специфікаціям, при цьому пробіг не перевищує 9980 км. Це важливо для забезпечення коректності тесту, адже старіння акумулятора може значно змінити його характеристики, зокрема ємність і ефективність.

Для оцінки електромобіля необхідно розглянути його технічні, експлуатаційні та ергономічні характеристики. Потужність батареї визначає, скільки електричної енергії може зберігати акумулятор. Це вимірюється в кіловат-годинах (кВт·год). Дальність ходу — це відстань, яку електричний автомобіль може проїхати на одному повному заряді батареї, і зазвичай вимірюється в кілометрах або милях. При розрахунку запасу ходу за стандартом ЕРА (Агентство з охорони навколишнього середовища США) враховується комбіноване використання міського руху (55%) і руху по шосе (45%), що дозволяє надати більш реалістичні дані.

Потужність двигуна електромобіля вказує на те, скільки енергії може виділити електричний мотор для руху автомобіля, і вимірюється в кінських силах (к.с.) або кіловатах (кВт). Час зарядки батареї варіюється залежно від типу зарядки — швидкість заряджання може бути значною або ж вимагати більше часу. Максимальна швидкість, яку здатен розвивати електромобіль, також є важливою характеристикою, яку зазвичай вимірюють у кілометрах або милях на годину. Розгін — це час, необхідний для того, щоб автомобіль прискорився від 0 до певної швидкості. Крім того, важливою є функція регенеративного гальмування, яка дозволяє електромобілю заряджати батарею під час гальмування або спуску, перетворюючи кінетичну енергію в електричну.

Для визначення реального запасу ходу електричного автомобіля слід враховувати ряд важливих факторів. Ємність акумулятора — чим більший обсяг акумулятора, тим більше енергії він може зберігати, що дозволяє покращити запас ходу. Витрата енергії автомобіля залежить від характеристик його електричної системи, включаючи електродвигун і інші компоненти, а також від ефективності цих систем, що безпосередньо впливає на запас ходу. Стиль водіння також має великий вплив — агресивне прискорення, часті гальмування і високі швидкості можуть збільшити витрату енергії і, відповідно, скоротити запас ходу. Крім того, умови дороги, такі як наявність гірських ділянок, поганий стан доріг або інші перешкоди, можуть підвищити енергоспоживання. Погодні умови, зокрема температура навколишнього середовища, також впливають на продуктивність акумулятора. У холодну погоду акумулятори зазвичай працюють менш ефективно, що призводить до скорочення запасу ходу.

Тому важливо враховувати всі ці фактори при розрахунку реального запасу ходу електричного автомобіля, щоб забезпечити точні й реалістичні дані для кінцевих споживачів.

2.3 Моделювання процесу зарядки електромобілів

Зарядка акумулятора електричного автомобіля залежить від кількох факторів, серед яких важливою є потужність зарядної станції. Оскільки існують різні типи зарядних станцій, необхідно розглянути, як від них залежить час зарядки акумуляторної батареї, достатньої для пробігу 100 км.

Зарядні станції, які працюють при напрузі 230 В з однією фазою, зазвичай використовуються для домашніх умов або в побутових ситуаціях. Вони мають меншу потужність і, відповідно, потребують більше часу для зарядки акумулятора. В середньому такі зарядні станції можуть забезпечувати потужність від 3,7 кВт до 7,4 кВт. Час зарядки залежить від ємності акумулятора, але для пробігу в 100 км, як правило, така зарядна станція може потребувати від 8 до 12 годин, щоб повністю зарядити батарею.

Інші зарядні станції, які працюють на 380 В з трифазною системою, забезпечують значно більшу потужність, що дозволяє зменшити час зарядки. Вони здатні видавати потужність до 22 кВт, що дозволяє заряджати акумулятор набагато швидше. Зарядка на таких станціях може зайняти всього кілька годин, в залежності від ємності батареї та її поточної зарядки.

Швидкі зарядні пристрої працюють з постійною напругою в діапазоні від 300 до 500 В. Ці пристрої використовуються для швидкої зарядки акумулятора, що дозволяє значно скоротити час зарядки. За допомогою таких зарядних станцій можна зарядити акумулятор електромобіля до 80% всього за 30-60 хвилин, залежно від типу автомобіля і потужності зарядної станції.

Таким чином, час зарядки акумулятора безпосередньо залежить від потужності зарядної станції та напруги, при якій вона працює. У кожному конкретному випадку цей час може варіюватися, але розрахунок базується на таких факторах, як ємність акумулятора, його поточний заряд та тип зарядної станції.



	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 – Порівняння часу зарядки на 100 км в год і хв при затраті 20 кВт*год (лампа на 40 Вт буде світити приблизно 500 годин)

На рисунку 2.7 показана комплектна система зарядки, в якій сила струму обмежується. Потужність зарядної станції визначається її підключенням до електромережі. Напруга зарядного кабелю залежить від площі поперечного перерізу кабелю. Напруга вбудованого зарядного пристрою обмежується силою струму та кількістю фаз, що використовуються в системі..

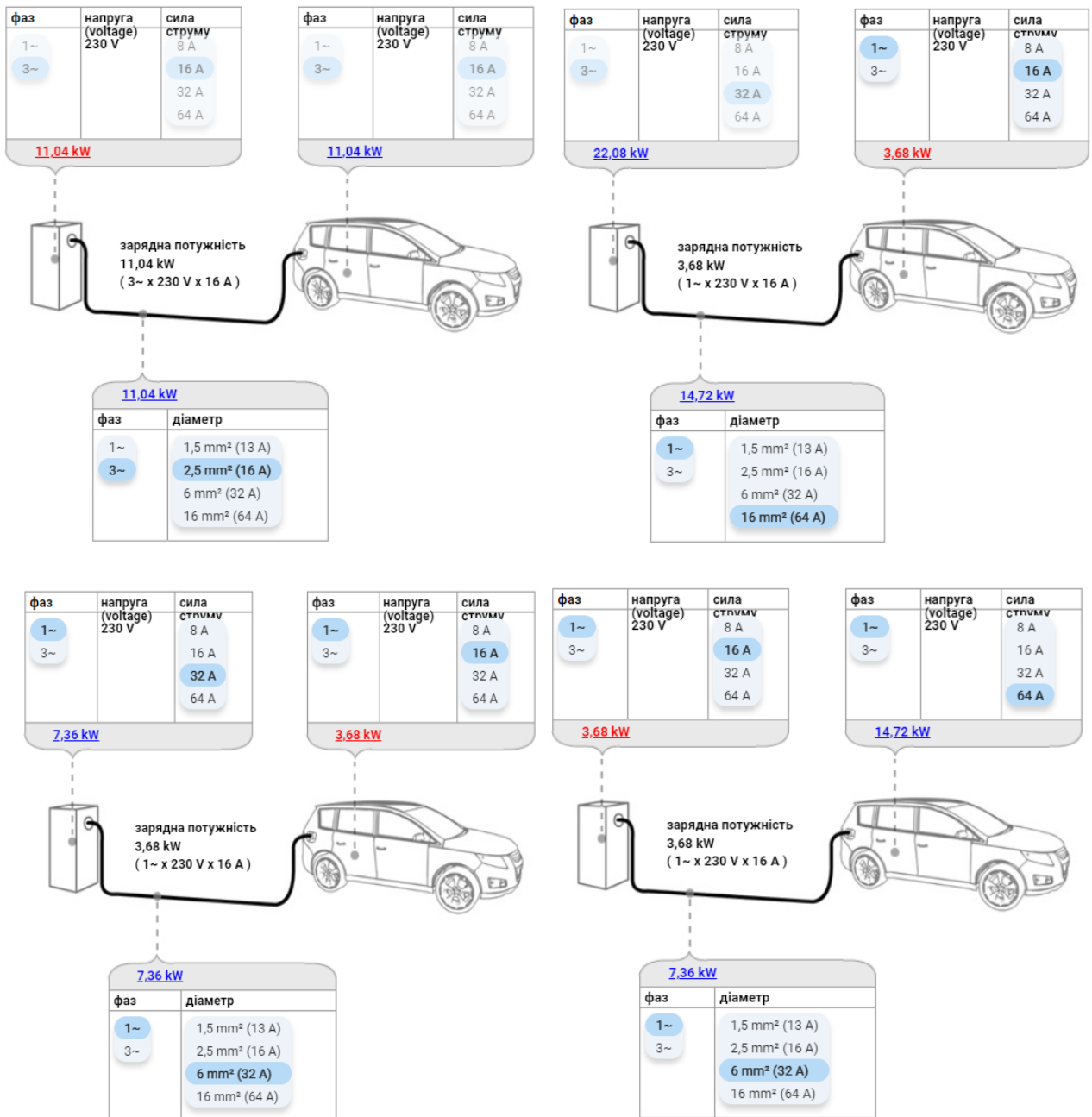


Рисунок 2.7 - Узгодження параметрів системи зарядки

2.4 Оцінка додаткових параметрів ефективності електромобілів

Додатковими показниками корисності використання електромобілів можуть бути не лише технічні, але й «людські фактори», які безпосередньо впливають на споживчий вибір. Одним із таких факторів є ціна електромобіля, яка варіюється від 20 тисяч до 160 тисяч у.о. за даними сайту EPA на InsideEVs. (рис.2.8) [5].

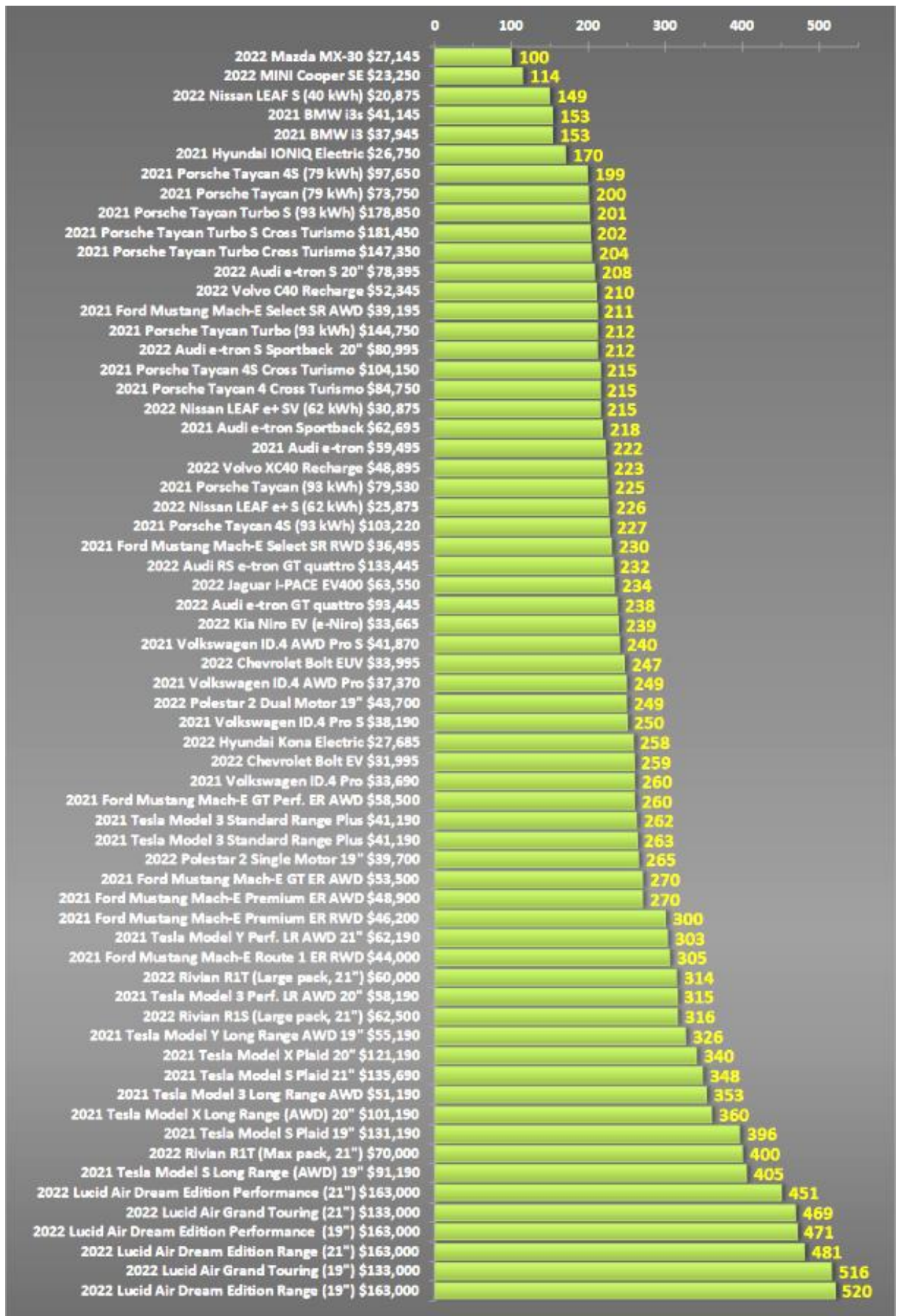


Рисунок 2.8 – Ціни електромобілів на 2022р

Вартість залежить від моделі, характеристик автомобіля та бренду, і ці межі ще не є остаточними. Ціна може бути визначальним фактором для багатьох покупців, хоча в перспективі зниження вартості електромобілів із зростанням популярності та розвитку технологій може зробити їх доступнішими для більшої кількості людей.

Окрім технічних характеристик, важливими факторами при виборі електромобіля є популярність моделі в регіоні, складність ремонту та обслуговування, а також зручність цього обслуговування. Всі ці фактори можуть впливати на загальний досвід користувача та на ефективність експлуатації електромобіля в довгостроковій перспективі.

Один із важливих аспектів, що впливає на зручність використання електричних транспортних засобів, це тип зарядки, наявність зарядних станцій і зручність процесу заряджання. У підключених гібридних та електричних автомобілях високовольтну батарею можна заряджати через електричне з'єднання з мережею живлення. Система зарядки автомобіля відповідає за подачу струму і напруги до акумулятора.

Зарядні системи можуть бути внутрішніми або зовнішніми. Якщо зарядка вбудована в автомобіль, вона називається бортовим зарядним пристроєм. Якщо зарядний пристрій розташований поза автомобілем, його називають зовнішнім зарядним пристроєм. У різних країнах для зарядки електромобілів використовуються різні роз'єми, наприклад:

- Тип 1 — для Північної Америки.
- Тип 2 — для Європи.
- Тип 3 — для Франції та Італії.

Ці роз'єми мають кілька контактів живлення: L1, L2, L3 — для трьох фаз, N — нейтральну фазу, а також PE — для захисного заземлення. Крім того, для зв'язку між зарядною станцією, кабелем і зарядним пристроєм використовуються два сигнальні контакти:

- Контакт керування режимами заряджання (Control Pilot, CP), що забезпечує зв'язок між зарядною станцією та автомобілем.

- Контакт присутності (Proximity Pilot, PP), що дає інформацію про переріз кабелю та наявність штекера в зарядному гнізді.

Ці фактори визначають, наскільки зручним та доступним буде процес зарядки для власників електромобілів, і можуть впливати на загальний досвід користування. У різних країнах для зарядки автомобілів використовуються різні роз'єми (рис. 2.9).



Рисунок 2.9 – Зарядні роз'єми: 1, 2, 3

Існують також швидкі зарядні пристрої

Існують також швидкі зарядні пристрої, які дозволяють заряджати електромобілі значно швидше, порівняно з традиційними зарядними станціями. Вони працюють з високою силою струму і використовують спеціальні роз'єми для підключення. Серед найбільш поширених стандартів для швидкої зарядки (рис. 2.10):

- CHAdeMO — це стандарт швидкої зарядки постійного струму, який використовується в усьому світі. Цей роз'єм дозволяє здійснювати швидку зарядку електромобілів, значно скорочуючи час, необхідний для поповнення енергії в акумуляторах.

- CCS combo тип 1 — використовується в Північній Америці. Це комбінований роз'єм, що поєднує зарядку постійним і змінним струмом, дозволяючи швидку зарядку.

- CCS combo тип 2 — це стандарт для Європи. Він схожий на тип 1, але має деякі відмінності, що відповідають європейським стандартам і умовам живлення.

Ці швидкі зарядні системи дозволяють значно скоротити час зарядки, що є важливим фактором для популяризації електричних транспортних засобів. внічна Америка

- CCS combo тип 2: Європа



Рисунок 2.10 – Швидкі пристрої: CHAdeMO, CCS combo тип 1 (Північна Америка), CCS combo тип 2 (Європа)

Автомобіль можна підключити до зарядної станції в різних режимах, залежно від типу зарядки та напруги.

Перший режим передбачає підключення автомобіля безпосередньо до електромережі, без використання додаткового захисту, окрім стандартного запобіжника.

Другий режим використовує стандартну зарядну станцію змінного струму, яку можна зустріти як у побуті, так і на електрозаправках. У кабелі цієї станції є комунікаційний пристрій, який дозволяє налаштувати максимальний струм для зарядки автомобіля.

Третій режим є найпотужнішим і використовується на зарядних станціях зі змінним струмом. У цьому режимі зарядна станція постійно підключена до електромережі і налаштована на оптимальний рівень потужності.

Четвертий режим — це швидка зарядка з використанням постійного струму. Для цього використовуються спеціальні роз'єми і зарядні станції, що забезпечують значно швидшу зарядку.

Коли електричний струм проходить через провідник, генерується тепло. Якщо сила струму підвищується, для забезпечення безпеки і коректної роботи використовують кабелі з більшою площею поперечного перерізу. Наприклад, для кабелю з перерізом 1,5 мм² можна передавати струм до 13 А, для 2,5 мм² — до 20 А, для 6 мм² — до 32 А, а для 16 мм² — до 63 А.

Для коректної роботи транспортного засобу важливо, щоб автомобіль отримував точну інформацію про площу поперечного перерізу провідників, через які проходить струм. Це завдання виконує резистор всередині роз'єму, розташований між вилкою (PP) і заземленням (PE). Значення резистора вказує на діаметр кабелю і, відповідно, на максимальну силу струму, який може проходити через цей кабель: 1500 Ом — 13 А, 680 Ом — 20 А, 220 Ом — 32 А, 100 Ом — 63 А.

2.5 Визначення критеріїв оцінки корисності електромобілів

Отже, ми визначили основні технічні характеристики електромобіля, такі як питома витрата енергії, потужність батареї, дальність ходу, потужність двигуна, час зарядки, максимальна швидкість, розгін і наявність регенеративного гальмування. Тепер важливо оцінити, як ці характеристики впливають на вибір електромобіля та визначити їхній критерій корисності.

Крім технічних характеристик, для вибору електромобіля можна врахувати й інші критерії корисності, що не завжди пов'язані з технічними аспектами. Це можуть бути: ціна автомобіля, популярність моделі в регіоні, складність ремонту і обслуговування, зручність обслуговування та тип зарядки.

Щоб оцінити вибір електромобіля для поїздок на невеликі відстані, можна використовувати систему оцінки за шкалою „+”, „-” і „0”. Це дозволяє оцінити,

наскільки кожен критерій корисності є позитивним, негативним або середнім для конкретної моделі.

Важливі критерії для вибору електромобіля на невеликі відстані, на нашу думку, включають: ціну, питому витрату енергії, дальність ходу і час зарядки. Ці критерії мають оцінку від 7 до 9 балів за важливістю.

Середні критерії включають потужність двигуна, потужність батареї, максимальну швидкість, регенеративне гальмування, популярність моделі в регіоні. Вони оцінюються від 4 до 6 балів за важливістю.

Менш важливими є такі критерії, як розгін, складність ремонту і обслуговування, зручність обслуговування, тип зарядки. Їх оцінка становить від 1 до 2 балів.

Це дозволяє зібрати комплексну картину, яка допоможе визначити, який електромобіль найкраще підходить для конкретних потреб і умов експлуатації.

Висновки до розділу

Ми розділили електромобілі на кілька категорій, зокрема: напівгібрид, повний гібрид, підключаємий гібрид, електромобіль зі збільшеним пробігом та електричний автомобіль. Кожен тип має свої специфікації та призначення, але всі вони мають спільні ключові компоненти: електромотор/генератор, високовольтну батарею, інвертор, DC/DC перетворювач та внутрішній зарядний пристрій.

Прогнозується, що до 2030 року ринок електромобілів збільшиться до понад 0,5 мільйона одиниць. Це означає, що інфраструктура для зарядки, зокрема станції швидкого заряду, повинна розвиватися як на магістралях для міжміських маршрутів, так і в містах та їхніх околицях.

Для аналізу електромобілів ми виділили кілька основних характеристик, серед яких: потужність батареї, дальність ходу, потужність двигуна, час зарядки, швидкість, розгін і регенеративне гальмування. Ці технічні

характеристики є важливими для порівняння та оцінки ефективності різних моделей.

Окрім технічних характеристик, важливими факторами є ціна автомобіля, яка може варіюватися від 20 тис. до 160 тис. доларів США, популярність моделі в регіоні, складність та зручність обслуговування, а також тип зарядки та наявність зарядних станцій. Ці додаткові фактори також відіграють важливу роль у виборі моделі для користувачів.

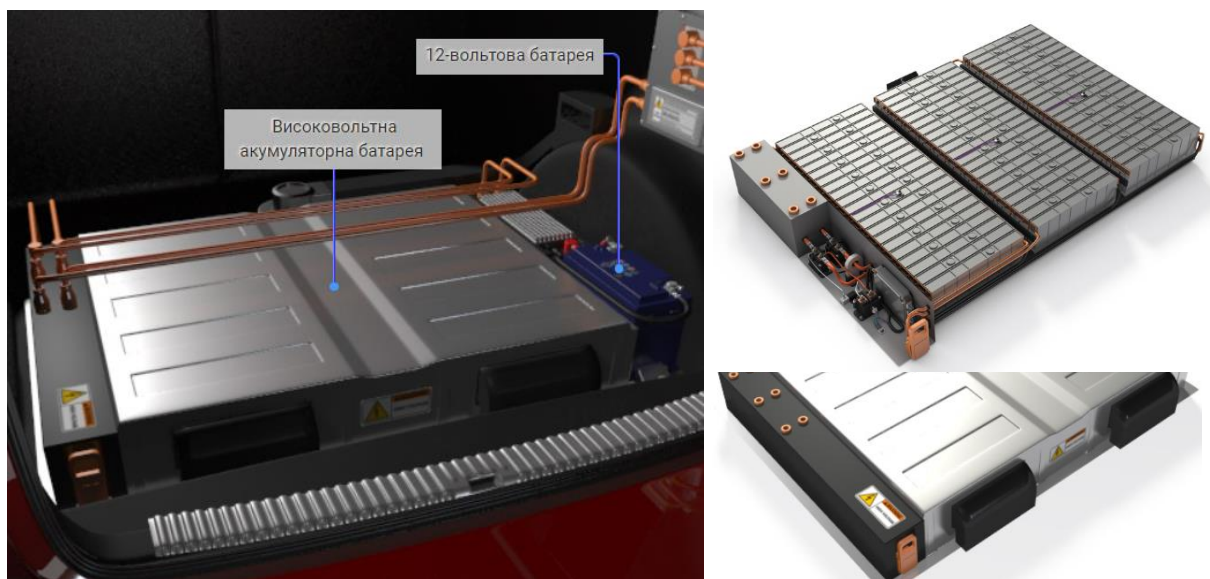
Одним з важливих аспектів є система зарядки. Запас ходу електромобіля часто визначається на основі тестових циклів, таких як NEDC, WLTP та EPA, що дозволяє визначити реальний запас енергії для поїздок на різні відстані. Моделювання зарядки показало значну різницю в часі зарядки в залежності від типу струму і його сили: від 10 хвилин до 11 годин для заряду на 100 км, що свідчить про важливість використання зарядних станцій з високим значенням постійного струму для досягнення ефективності.

Таким чином, для досягнення оптимальної роботи електромобіля важливо враховувати як технічні, так і економічні аспекти, а також інфраструктуру зарядки та зручність її використання.

3 АНАЛІЗ ЕНЕРГОСИСТЕМИ ЛЕГКОВИХ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ЗА КРИТЕРІЯМИ ЕФЕКТИВНОСТІ

3.1 Характеристики ключових компонентів електромобілів

Гібридні та електричні автомобілі мають дві батареї(рис.3.1): 12-вольтову акумуляторну батарею і високовольтну батарею. 12-вольтова акумуляторна батарея подає електрику на додаткові електричні системи автомобіля, такі як освітлення, аудіосистема або інші дрібні електричні компоненти. Водночас високовольтна батарея (англ. HV battery або High Voltage) є основним джерелом енергії для електричного двигуна і забезпечує електрикою високовольтні компоненти автомобіля, такі як електродвигун, інвертор та інші потужні системи.



	Свинцево-кислотний акумулятор	літій-іонний	нікель-метал-гідридний
напруга джерела живлення (В)	2,1	3,75	1,2
цикл зарядки	700	1200	750
енергія/маса (Вт·год/кг)	35	200	125
енергія/об'єм (Вт·год/л)	80	250	350

Рисунок 3.1 - Батареї і їх характеристики

Високовольтна батарея часто розміщується в багажнику або під днищем автомобіля для забезпечення кращого розподілу ваги та безпеки. Існує кілька типів хімічних складів, які використовуються для виготовлення високовольтних батарей у електричних та гібридних автомобілях. Найбільш поширеними є літій-іонні (Li-ion) батареї, які характеризуються високою енергоємністю, довговічністю та ефективністю. Іншим популярним варіантом є нікель-металогідридні (NiMh) батареї, які також мають хороші експлуатаційні характеристики, але зазвичай мають менший запас ходу порівняно з літій-іонними.

Високовольтна батарея (рис. 3.2) має:

Акумуляторні модулі – це елементи, що зберігають електричну енергію, забезпечуючи електричним струмом основні компоненти автомобіля, зокрема електродвигун.

Сервісний роз'єм – з'єднує батарею з іншими частинами електричної системи автомобіля, забезпечуючи доступ для технічного обслуговування, діагностики або заміни елементів.

Головне реле – служить для ізоляції високовольтної системи від інших частин автомобіля в разі відключення або потреби у безпеці. Це критично важливий компонент для запобігання коротким замиканням чи інших аварійних ситуацій.

Струмовимірювальний датчик – цей датчик вимірює потік струму в системі, що дозволяє контролювати рівень заряду батареї, її ефективність і безпеку під час експлуатації.

ЕБК батареї (електронний блок керування батареєю) – це система, яка моніторить і регулює процеси заряду та розряду батареї, забезпечуючи її оптимальну роботу і продовжуючи термін служби акумулятора.

Ці компоненти працюють разом, щоб забезпечити безпеку, ефективність і тривалу роботу високовольтної батареї в електричному або гібридному автомобілі.

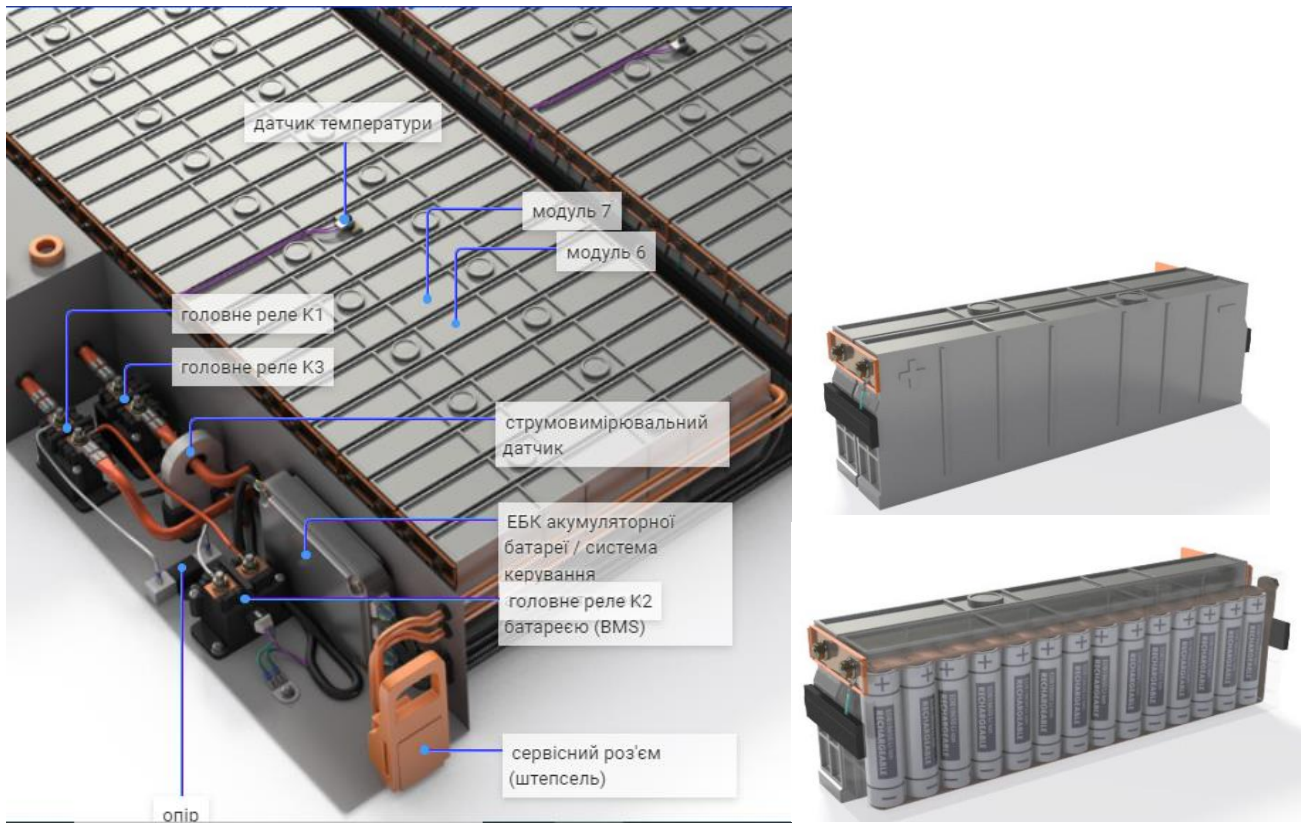


Рисунок 3.2 - High Voltage

Високовольтна батарея складається з декількох секцій, які можуть бути з'єднані послідовно або паралельно, в залежності від того, що необхідно досягти: підвищення напруги або збільшення ємності. Послідовне з'єднання секцій збільшує напругу, що важливо для досягнення необхідної потужності, тоді як паралельне з'єднання дозволяє збільшити ємність батареї для забезпечення більш тривалого пробігу.

Сервісний роз'єм служить для ізоляції високовольтної системи при ремонті або в екстрених ситуаціях, щоб забезпечити безпеку. Він має помаранчевий колір, що допомагає легко ідентифікувати його в будь-яких умовах. Роз'єм можна розташувати в будь-якому місці між модулями, оскільки струм протікає тільки в замкнутому ланцюзі, що дозволяє забезпечити гнучкість у розміщенні.

Головні реле відіграють важливу роль в ізоляції високовольтної батареї від інших частин автомобіля. Вони розмикають плюсовий і мінусовий полюс батареї, забезпечуючи її відключення від електричної системи автомобіля в разі необхідності. При використанні третього реле обмежується пусковий

струм завдяки послідовному підключенню резистора, що запобігає перегріву та інших пошкоджень.

Конденсатори в інверторі забезпечують короткочасний високий зарядний струм при включенні, а резистор обмежує цей струм, запобігаючи шкоді. Для відключення головного реле в гібридному або електричному автомобілі необхідно виконати кілька умов: коли запалювання вимкнене, обидва полюси високовольтної батареї повинні бути ізольовані, а контакти реле повинні бути розімкнуті, оскільки відсутня комутаційна напруга. В аварійних ситуаціях усі контакти повинні бути розімкнуті для забезпечення безпеки.

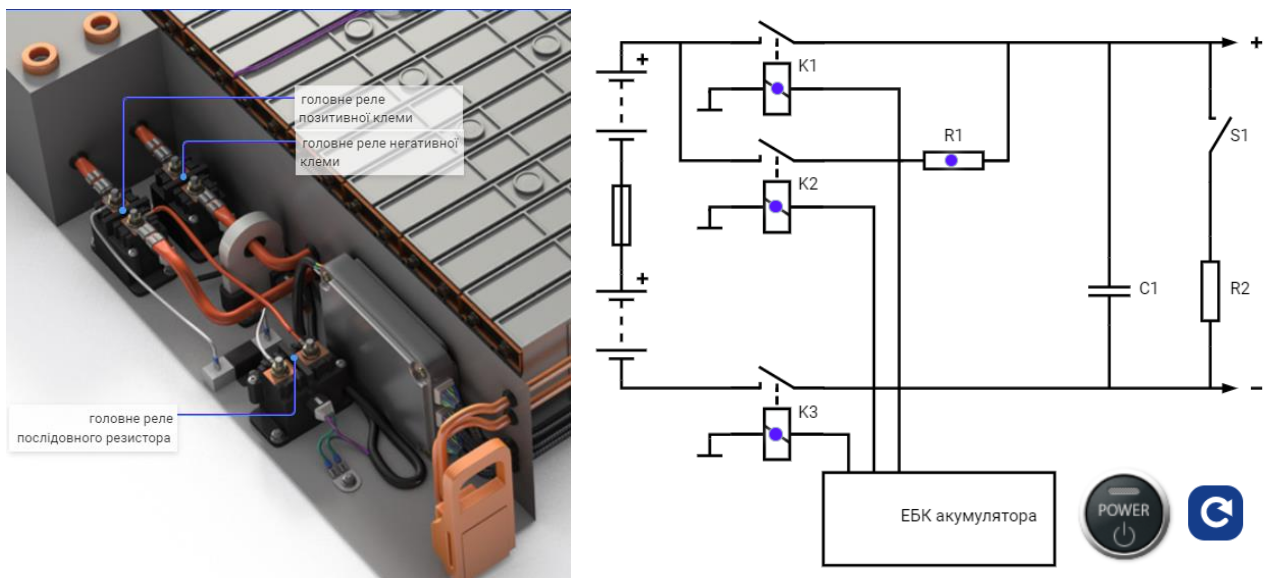


Рисунок 3.3 – Реле і розєм.

Струмовимірювальний датчик (рис.3.4) підключений до електричної батареї, вимірює вхідний і вихідний струм високовольтної батареї. Це необхідно для точного визначення кількості енергії в батареї, яку ще називають "станом заряду" (State of Charge, SOC).

Для визначення сили струму в системі використовується датчик на основі ефекту Холла. Цей ефект дозволяє точно вимірювати силу струму в умовах змінного або постійного магнітного поля. Схема підключення датчика включає джерело живлення, сигнал датчика на ефекті Холла та заземлення. Напруга джерела живлення, сигнал від датчика і заземлення утворюють замкнуту систему для вимірювання струму, що дозволяє точно визначити енергію в батареї, а отже і стан заряду.

Таким чином, за допомогою цього датчика можна відстежувати вхідний і вихідний струм батареї, що дозволяє точно обчислити SOC та оцінити ефективність роботи батареї в будь-який момент часу.

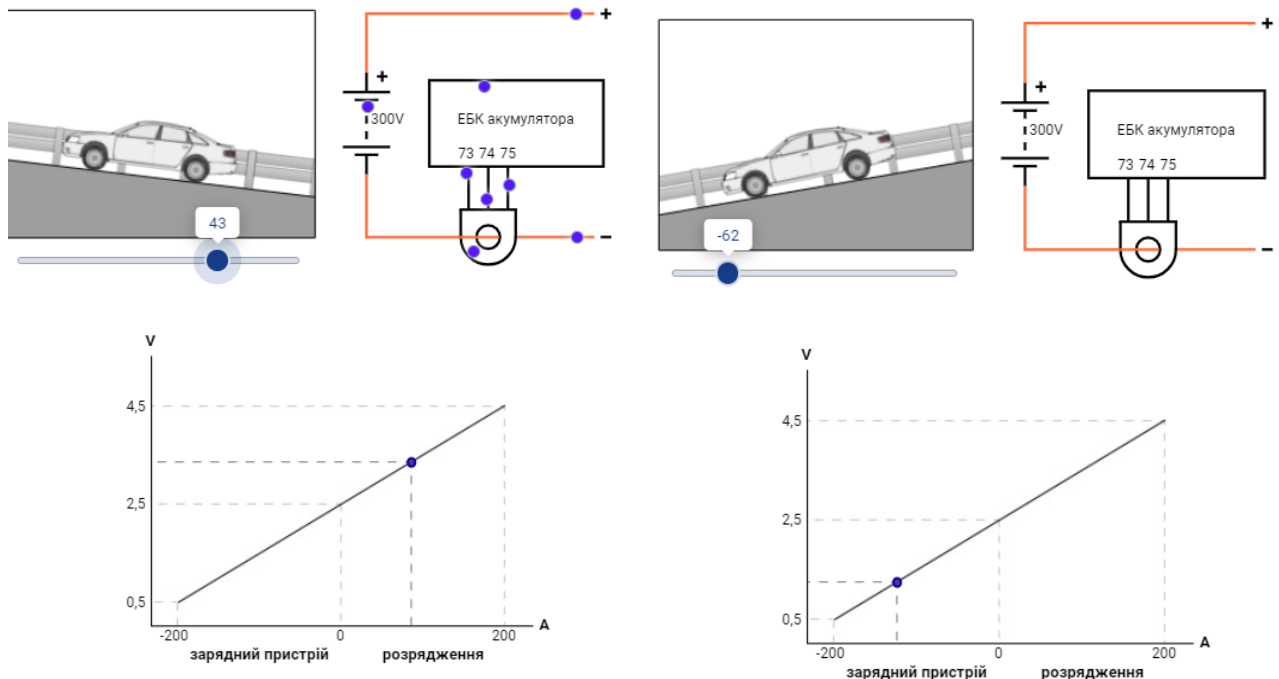


Рисунок 3.4 – Струмвимірвальний сенсор

Електронний блок керування (ЕБК) батареї відповідає за забезпечення безпечної та ефективної роботи високовольтної батареї. Для цього він постійно контролює різні параметри батареї, зокрема температуру високовольтної батареї, температуру охолоджуючого повітря, вхідний і вихідний струм батареї, а також напругу на модулі.

ЕБК також виконує такі важливі функції:

- вирівнювання щільності електроліту в секціях, що допомагає підтримувати рівномірний заряд усіх елементів батареї;
- керування роботою вентилятора для охолодження батареї;
- визначення стану заряду (SOC) батареї, щоб оптимізувати її роботу;
- обмеження або запобігання надмірному розрядженню або зарядженню батареї у випадку несправності, що може загрожувати її працездатності.

Особливо важливою є система охолодження. Якщо температура батареї підвищується надто високо, це може призвести до втрати потужності або

навіть пошкодження батареї. Тому в батареї передбачена система охолодження, яка включає вентиляцію. Повітря надходить з салону, потім подається в простір між модулями і виводиться назовні.

У деяких електричних автомобілях також може бути система охолодження через кондиціонування, що дозволяє додатково регулювати температуру батареї для забезпечення її оптимальної роботи.

DC/DC перетворювач (рис.3.5) перетворює високу напругу в низьку, для зарядки 12-вольтової батареї.

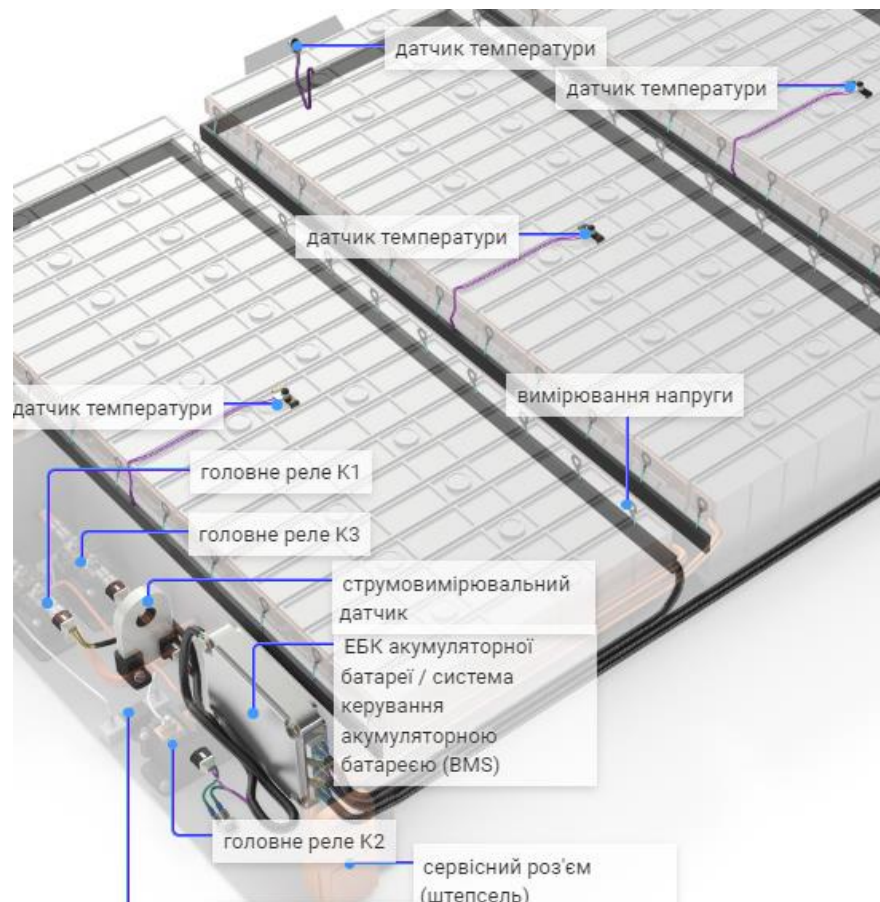


Рисунок 3.4 – ЕБК батареї

Перетворювач (DC/DC converter) є важливим компонентом в електричних та гібридних автомобілях, оскільки він дозволяє перетворювати високу постійну напругу, яку забезпечує батарея, у більш низьку напругу для живлення різних електричних компонентів автомобіля, таких як електроніка, система освітлення та інші споживачі енергії.

Процес перетворення високої напруги в низьку відбувається через кілька етапів:

1. Напруга постійного струму з високовольтної батареї перетворюється в змінний струм (AC).
2. Потім змінний струм знижує свою напругу.
3. Останнім етапом є випрямлення змінного струму, що дозволяє отримати потрібну низьку постійну напругу (DC).

У гібридних або електричних автомобілях перетворювач забезпечує адаптацію енергії між різними джерелами живлення. Наприклад, високовольтна батарея забезпечує постійну напругу для приводу електродвигуна, а перетворювач дозволяє перетворити цю енергію для інших систем, що потребують змінного струму або низької постійної напруги. Це допомагає оптимізувати використання енергії в транспортному засобі.

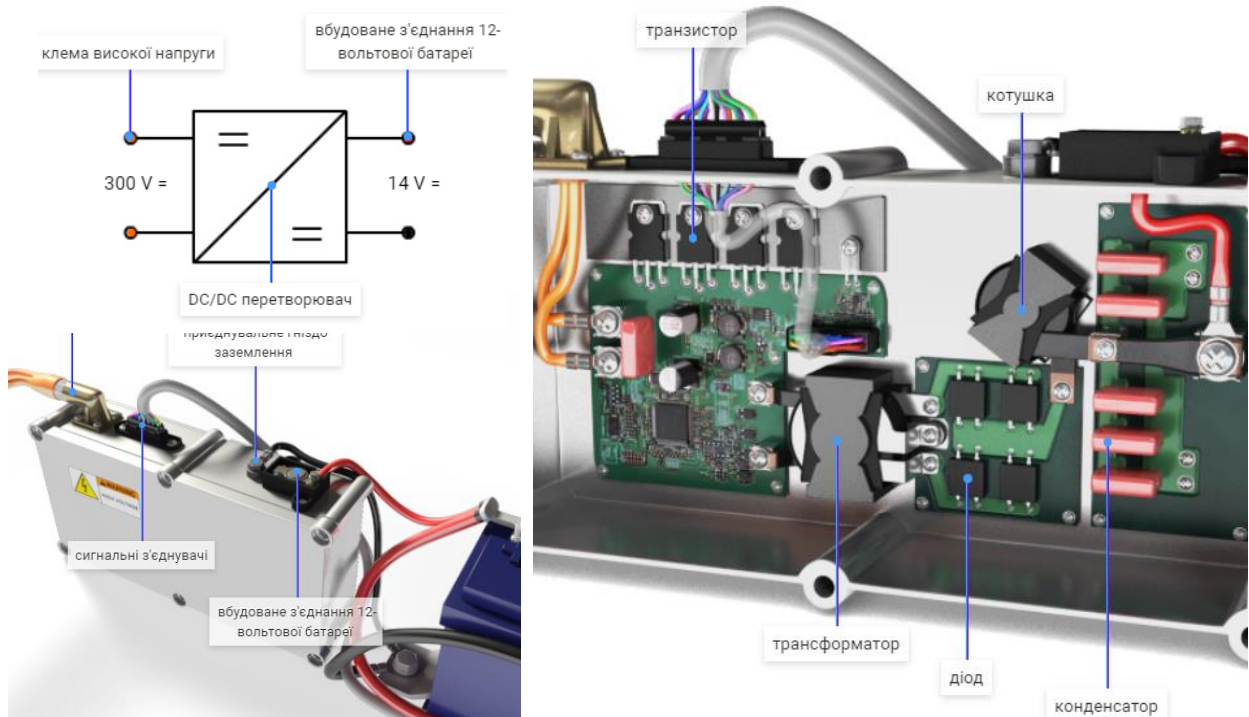


Рисунок 3.5 – DC/DC перетворювач

Інвертор (рис. 3.6) є важливим компонентом в системі електричного або гібридного автомобіля. Він дозволяє перетворювати постійну напругу високовольтної батареї в змінну трифазну напругу, що необхідна для роботи електричного двигуна. Коли автомобіль прискорюється, інвертор забезпечує перетворення постійної напруги в змінну для приводу двигуна. Коли автомобіль сповільнюється, інвертор працює в зворотному режимі,

перетворюючи змінну напругу в постійну для заряджання високовольтної батареї.

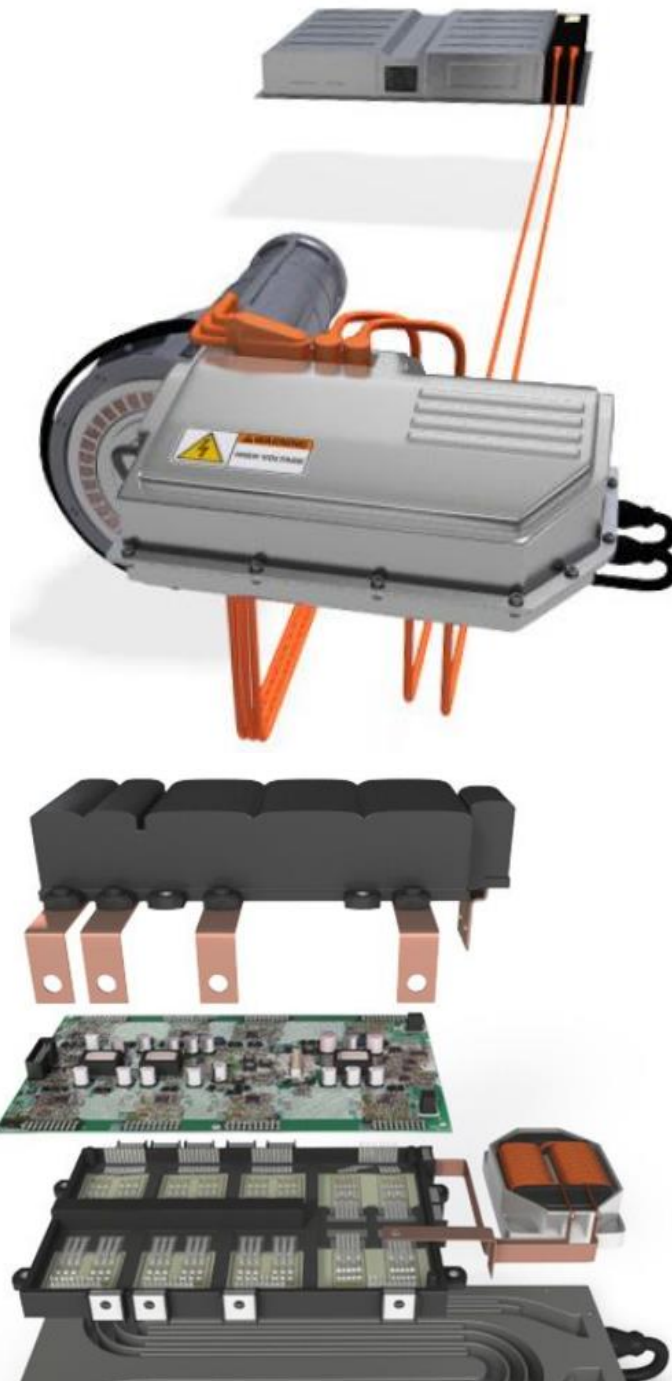


Рисунок 3.6 – Інвертор

Схема роботи пристрою(рис.3.7) Синхронний двигун з постійними магнітами (PMSM) — це тип синхронного електродвигуна, у якому індуктор складається з постійних магнітів. Такий двигун широко використовується в гібридних та електричних автомобілях завдяки високій ефективності і компактним розмірам.

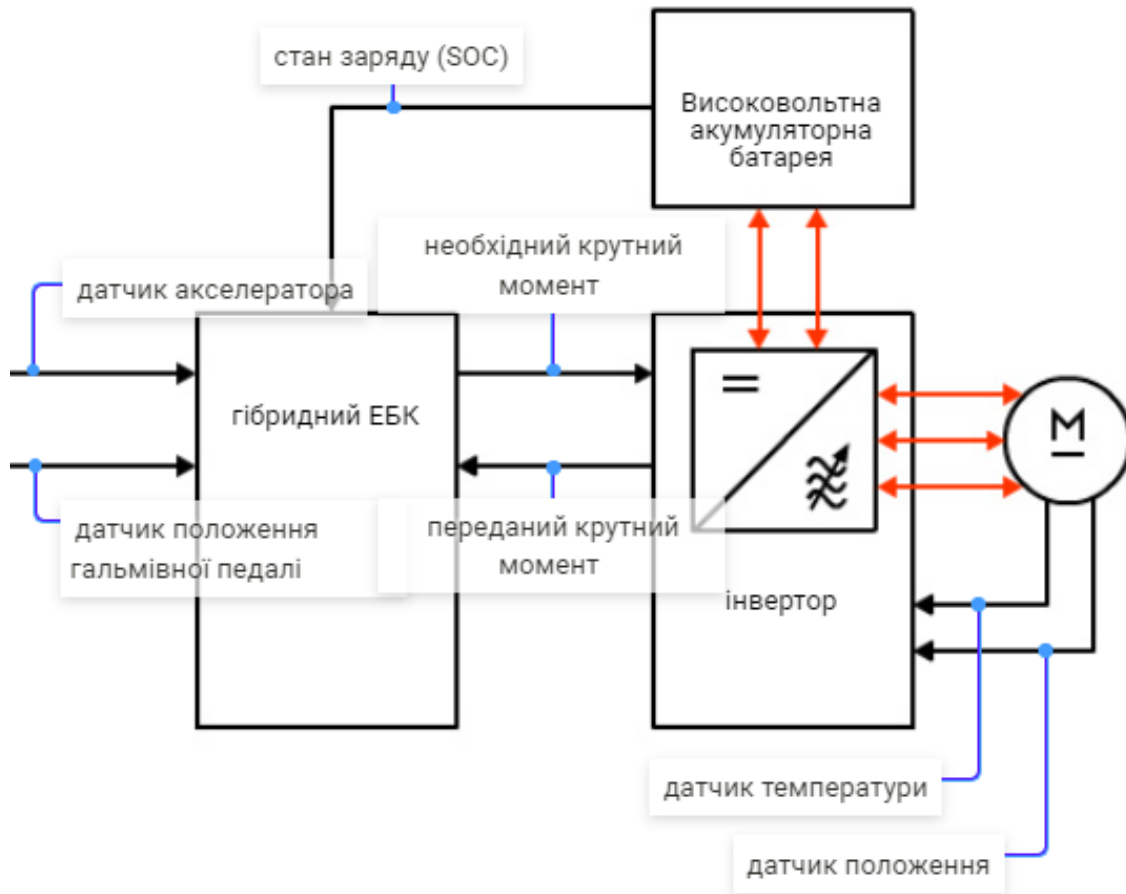


Рисунок 3.7 – Схема роботи пристрою

Основною перевагою синхронних двигунів з постійними магнітами є їх здатність працювати на високих обертах, що дозволяє знижувати витрати енергії та збільшувати ефективність транспортного засобу (рис. 3.8).

Синхронний двигун називається таким через те, що частота обертання його ротора точно збігається з частотою обертання магнітного поля, що створюється в статорі. Статор такого двигуна складається з ламінованих плит з пазами, через які проходять мідні проводи, утворюючи обмотки. Обмотки можуть бути дво- або трифазними, що дозволяє створювати обертове магнітне поле для обертання ротора. У ротора, на відміну від інших типів двигунів, немає обмоток, бо магнітне поле створюють постійні магніти, що вмонтовані в його конструкцію.



Рисунок 3.8 – Синхронний двигун з магнітами

Асинхронний двигун (рис.3.9) з короткозамкненим ротором працює на принципі індукції, перетворюючи електричну енергію, що подається на обмотки статора, в механічну. Частота обертання ротора асинхронного двигуна завжди менша за частоту магнітного поля статора, що є характерною рисою цього типу двигуна. Завдяки простій і міцній конструкції, асинхронні двигуни широко використовуються не лише в електричних автомобілях, а й в інших пристроях та побутових приладах.

Короткозамкнений ротор, також відомий як сердечник, є важливою частиною асинхронного двигуна. Він складається з стрижнів, які з'єднані між собою короткозамкнутими кільцями на торцях.

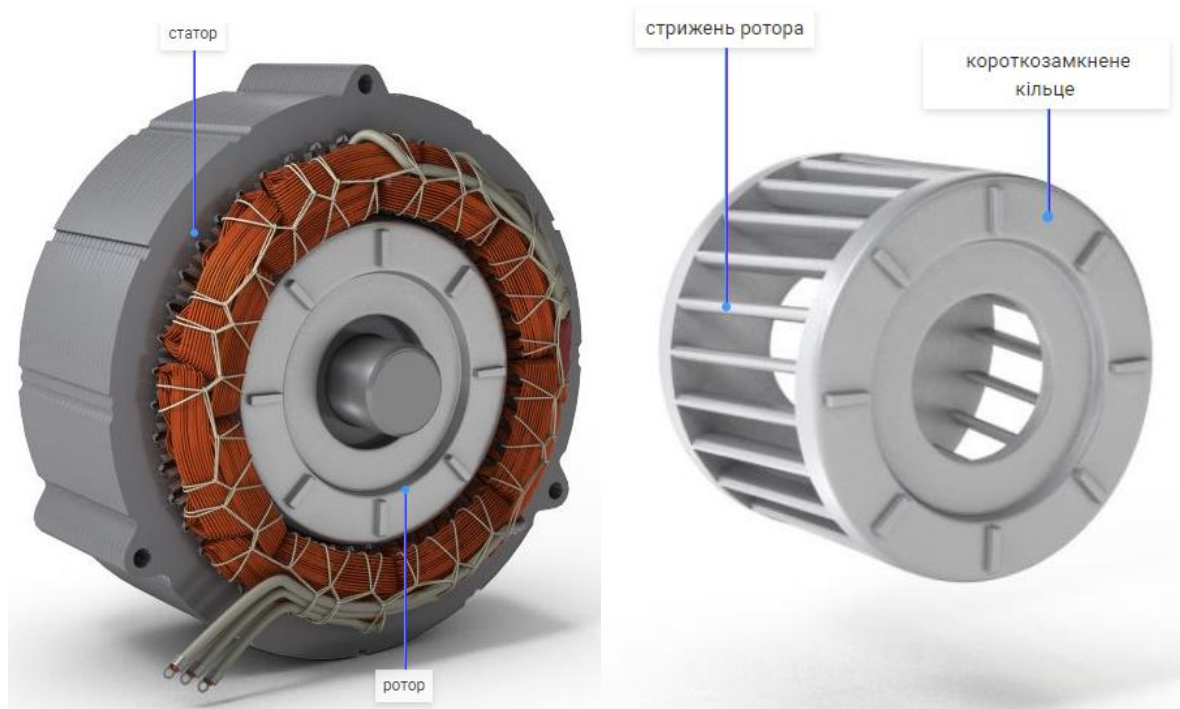


Рисунок 3.9 – Асинхронний двигун

Ці кільця і стрижні виготовляються з провідних матеріалів, таких як мідь або алюміній, і разом утворюють кілька обмоток, що дозволяють отримати в статорі струм великої сили. Важливою частиною конструкції є блок ступінчастих пластин, що розташовується між стрижнями. Ці пластини покращують магнітну провідність і забезпечують ефективну індукцію магнітного поля, що в свою чергу сприяє кращому перетворенню електричної енергії в механічну.

3.2 Оцінка технічних показників і вартості електромобілів

Щоб здійснити аналіз технічних характеристик найпопулярніших на ринку електричних автомобілів, можна створити таблицю, яка включатиме такі дані, як питома витрата енергії, потужність батареї, дальність ходу, потужність двигуна, час зарядки, максимальна швидкість, розгін і регенеративне гальмування для кожної моделі електрокара.

Зібравши інформацію про ці моделі, можна порівняти їх технічні характеристики, що дозволить зробити висновки щодо переваг і недоліків кожного з автомобілів для різних типів використання. (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 Пробигу, 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 S 75D	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	2хСД 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

Результати таблиці 3.1. побачимоу наступному розділі.

Зрозуміло. Тепер, якщо ви хочете точніше оцінити час зарядки електромобіля в залежності від типу зарядного пристрою, можна використовувати формулу.

Це дозволить врахувати варіації в потужності зарядних пристроїв, які можуть бути:

Стандартні домашні розетки (220 В) мають потужність, зазвичай, до 2-3 кВт.

Швидкі зарядні пристрої можуть мати потужність до 50-100 кВт, що дозволяє значно скоротити час зарядки.

Для прикладу:

Nissan Leaf з батареєю 40 кВт·год і зарядка через стандартну розетку (3,3 кВт):

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

Якщо швидкий зарядний пристрій з потужністю 50 кВт:

$$\text{Час зарядки} = 40 \text{ кВт}\cdot\text{год} / 50 \text{ кВт} = 0,8 \text{ години} (\approx 48 \text{ хвилин}).$$

Залежно від того, який саме тип зарядного пристрою використовувати, час зарядки може коливатися від кількох годин до менш ніж години для найшвидших зарядних станцій.

3.3 Аналіз легкових електромобілів відповідно до визначених критеріїв

Для аналізу та визначення найкращого електромобіля та його компоновки складемо таблицю 3.2, у якій вертикально буде вказано марки електромобілів, а горизонтально — їх критерії корисності. Для оцінки марок електромобілів та їх характеристик використаємо позначення „+”, „-”, „0”, де „+” означає позитивну оцінку за критерієм, „-” — негативну, а „0” — середню. Залежно від важливості критерію оцінка буде такою: важливі критерії отримують оцінки 6, 8, 10; критерії середньої важливості — 4, 5, 6; менш важливі — 1,

1.5, 2. До важливих критеріїв для вибору електромобіля відносимо: ціну, питому витрату енергії, дальність ходу та час зарядки. До критеріїв середньої важливості: потужність двигуна, енергія батареї, максимальна швидкість, популярність моделі в регіоні. Інші критерії, як-от розгін, складність ремонту та обслуговування, зручність обслуговування та тип зарядки, будуть менш важливими. У передостанньому стовпчику таблиці буде підраховано загальні бали та визначено рейтинг, а в останньому стовпчику — ранги.

Таблиця 3.2 – Аналіз електромобілів згідно визначених критеріїв

Марка	Критерії											Рейтинг	Ранг	
	Важливі (6, 8, 10)				Середні (3-5)				Менш важливі (1-2)					
	ціна	питома витрата енергії	дальність ходу	час зарядки AC 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

Як видно із таблиці лідерами є Tesla, Opel, Nissan Leaf.

Розглянемо графіки порівняння їхніх характеристик (рис 3.10).

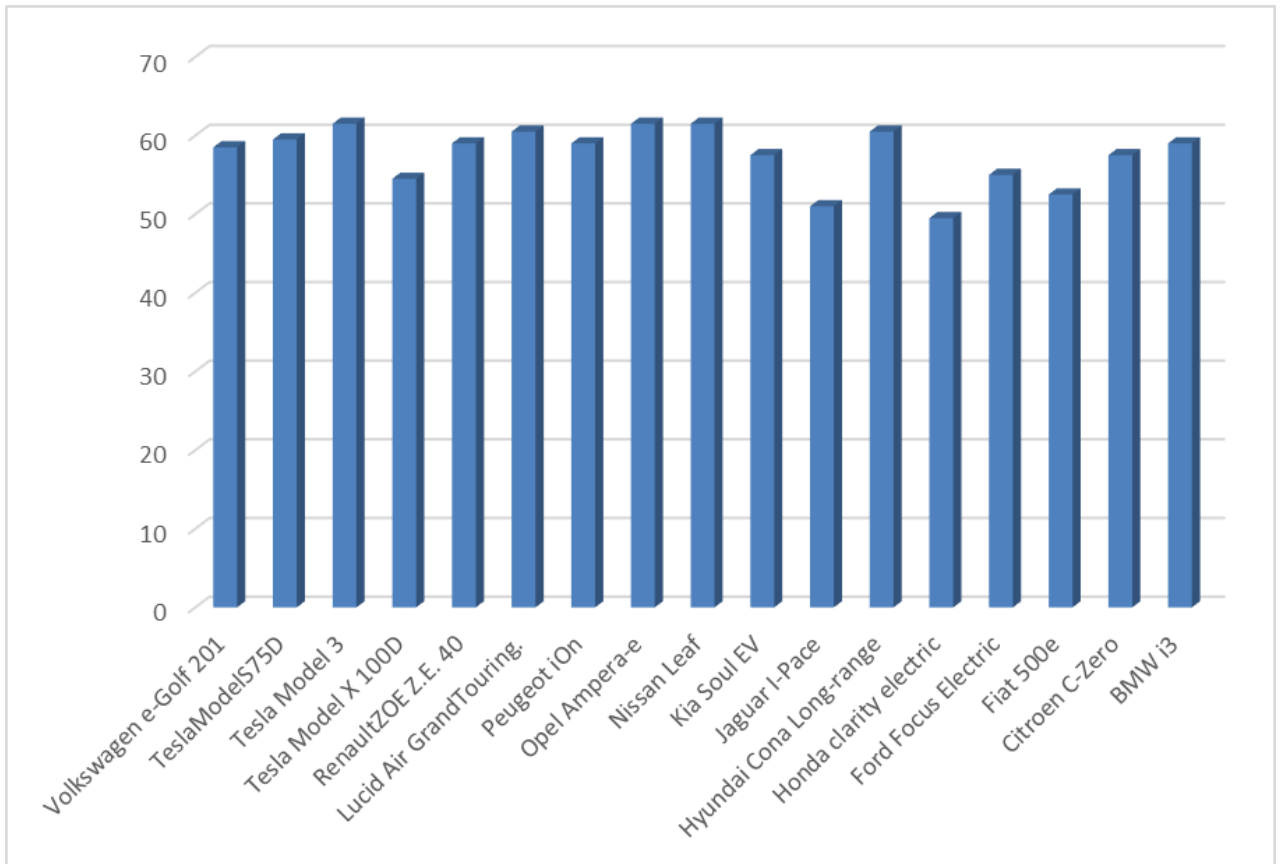


Рисунок 3.10 – Рейтинг електромобілів згідно критеріїв корисності

З рисунка 3.10 видно, що лідерами за критеріями корисності є Tesla Model 3, Opel Ampera-e та Nissan Leaf. Ці моделі займають високі позиції у різних цінових категоріях та класах.

Висновки до розділу

Ми розглянули основні компоненти електромобілів, зокрема високовольтну батарею, яка має найбільше циклів зарядки та найкраще співвідношення енергії до маси. Високовольтна батарея складається з акумуляторних модулів, сервісного роз'єму, головного реле, струмовимірювального сенсора та ЕБК батареї. DC/DC перетворювач перетворює високу напругу на більш низьку, а для перетворення постійного струму в змінний зі зміною величини напруги використовується інвертор. Серед двигунів, що використовуються в електромобілях, ми розглянули

синхронний двигун з постійними магнітами, який є більш поширеним, та асинхронний двигун, що застосовується рідше.

Також ми провели аналіз технічних характеристик та вартості кількох популярних електромобілів, таких як Volkswagen e-Golf, Tesla Model S, Tesla Model 3, Renault ZOE, Lucid Air, Nissan Leaf та інші. Згідно з результатами, найбільш оцінені моделі – це Tesla Model 3, Opel Ampera-e та Nissan Leaf, які займають лідируючі позиції в різних цінових категоріях і класах.

Тепер необхідно проаналізувати схеми живлення електромобілів для визначення найбільш оптимальної для виконання завдання.

4 ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ ЕНЕРГОСИСТЕМИ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

4.1 Результати проведеного аналізу

На основі таблиці 3.1 можна провести аналіз характеристик зібраних електромобілів. Розглянемо основні показники, такі як питома витрата енергії в кВт·год/км (рис. 4.1), дальність ходу в кілометрах відповідно до циклу ЕРА (рис. 4.2), час зарядки від мережі 220 В і на швидкій зарядній станції (рис. 4.3), а також вартість електромобілів (рис. 4.4).

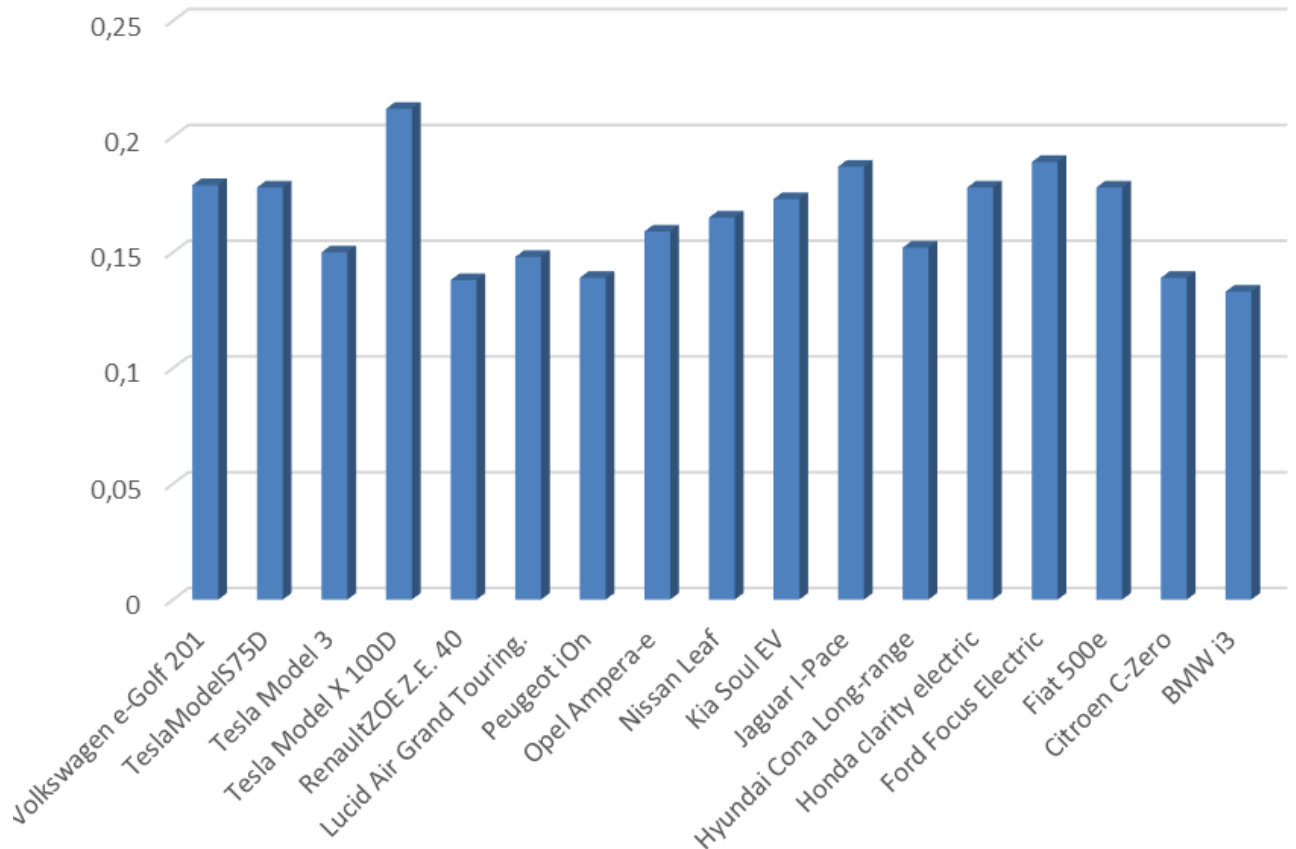


Рисунок 4.1 – Питома витрата електроенергії, кВт·год/км

Питома витрата енергії варіюється в діапазоні від 0,132 до 0,213 кВт·год/км, причому чіткої залежності між цим показником і іншими характеристиками автомобілів не простежується. Проте загалом важчі, більші та представницькі моделі зазвичай демонструють вищу витрату енергії.

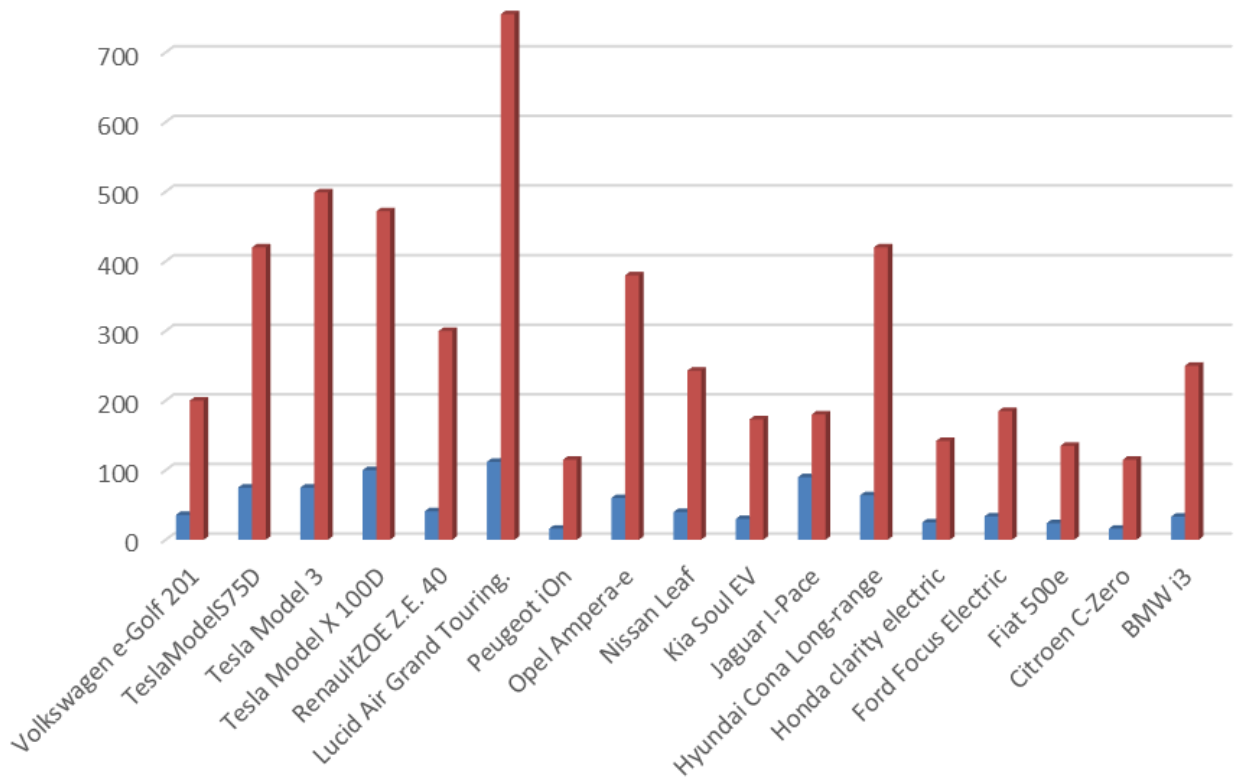


Рисунок 4.2 – Дальність пробігу справа і енергія АКБ(кВт*год) зліва

Як ми бачимо з рисунку 4.2 пробіг майже пропорційний енергії акумулятора.

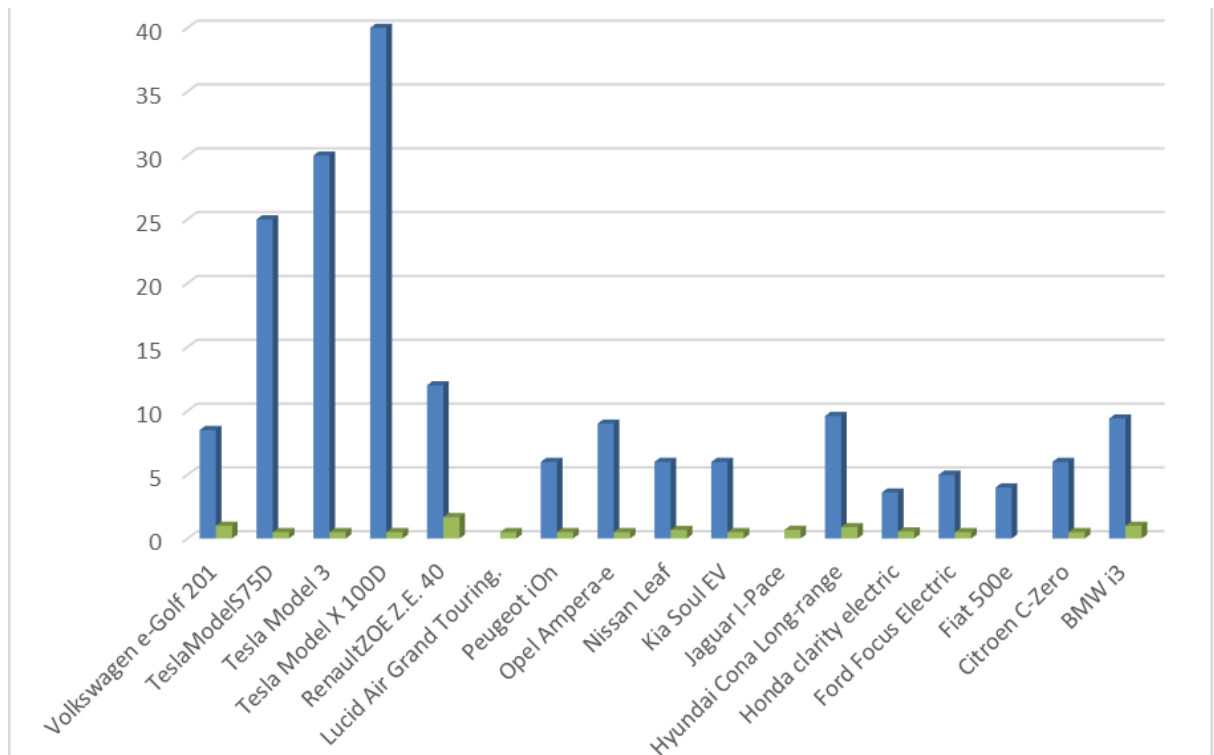


Рисунок 4.3 – Час зарядки від мережі 220В зліва і швидкої зарядки справа

Час заряджання обмежується типом зарядного пристрою і в різних комплектаціях електрокарів може бути дуже різномайтним.

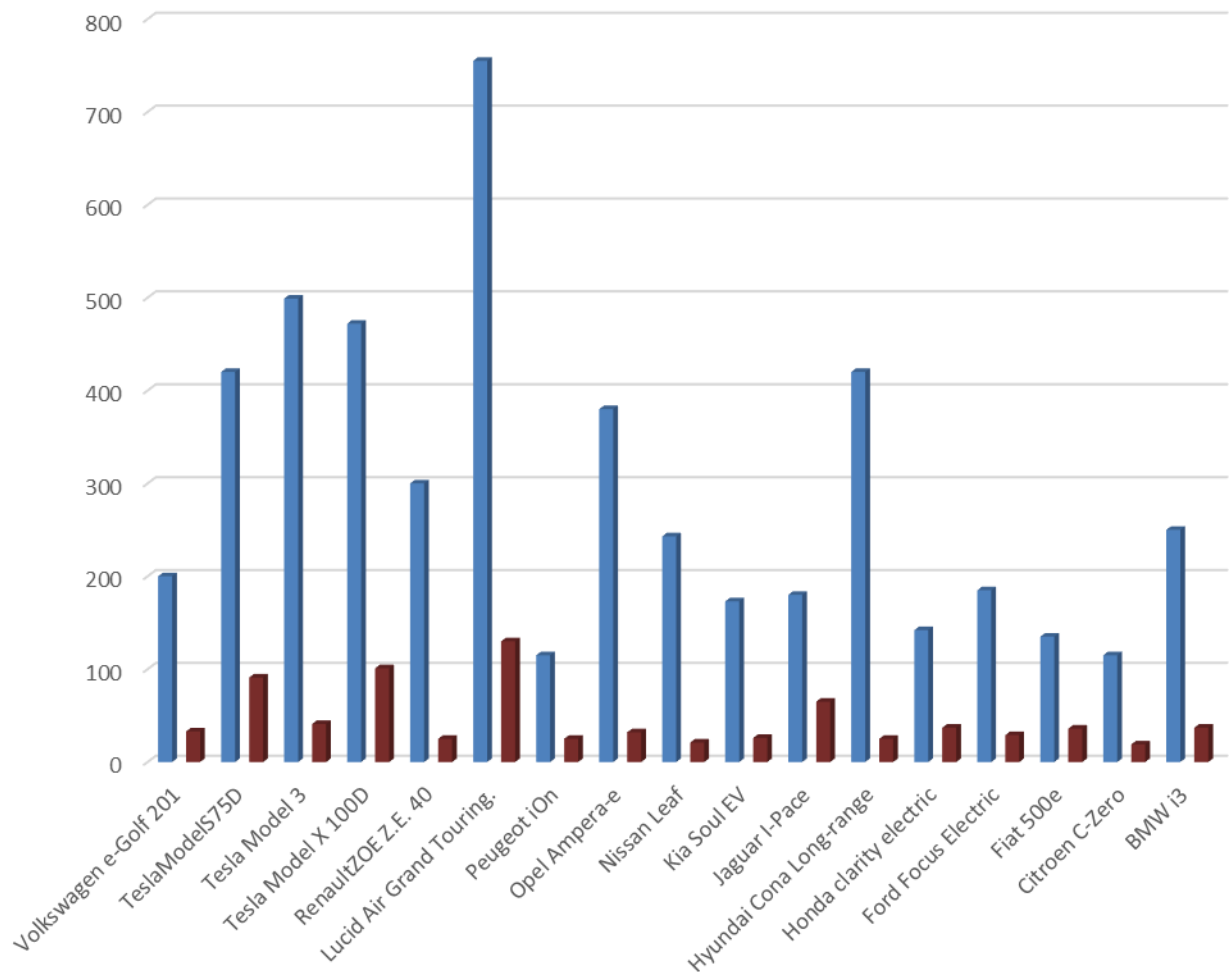


Рисунок 4.4 – Пробіг (км) зліва і ціна (тис. дол) справа.

Як видно з рисунку 4.4 залежність пробігу від ціни електромобіля в більшості випадків є пропорційна.

4.2 Обґрунтування оптимальної енергосистеми для легкового електромобіля

Розглянемо схеми електроживлення наших лідерів: Tesla Model 3 (рис. 4.5), Nissan Leaf (рис. 4.6) і Opel Ampera-e (рис. 4.7). Порівняння дозволить визначити переваги кожної з них та обрати найбільш оптимальну для нашого завдання.

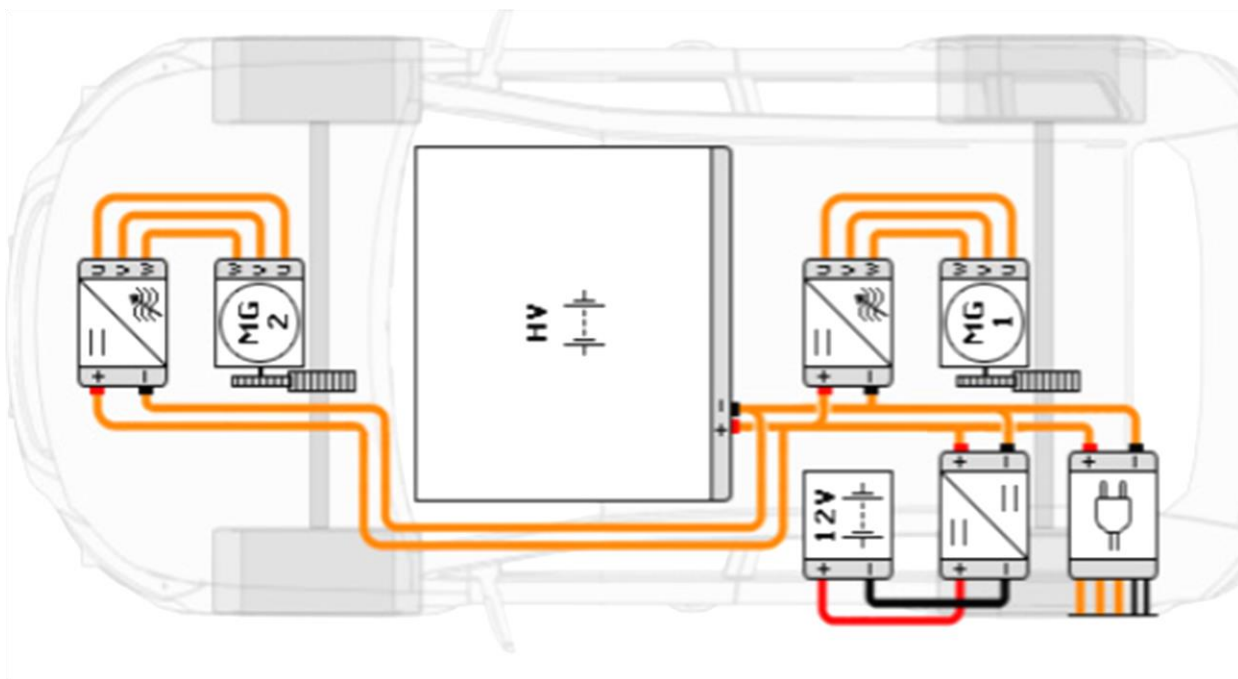


Рисунок 4.5 – Схема електрокара Model 3 Tesla

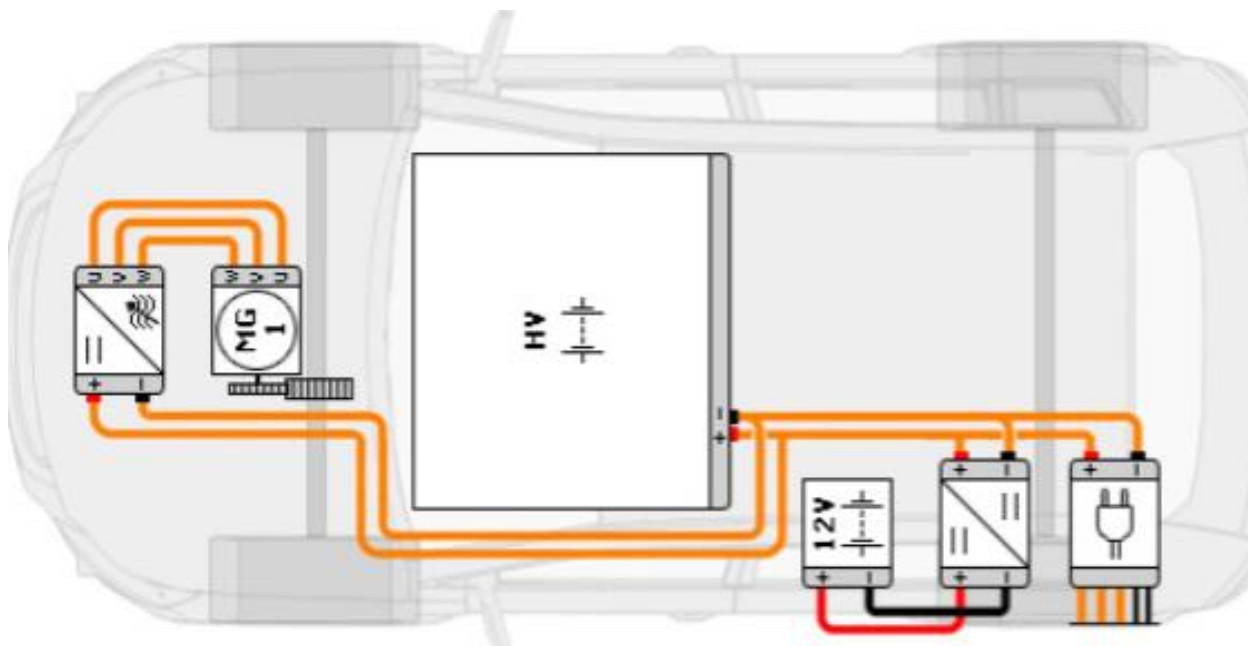


Рисунок 4.6 – Схема електрокара Nissan «Leaf»

Зі схем видно, що Nissan Leaf і Tesla Model 3 використовують подібні системи живлення та приводу. В обох випадках застосовуються синхронні електродвигуни, інвертори для перетворення постійного струму з високовольтної батареї в змінний струм, а також системи регенеративного гальмування. Це свідчить про те, що обидві моделі орієнтовані на високу ефективність і енергозбереження.

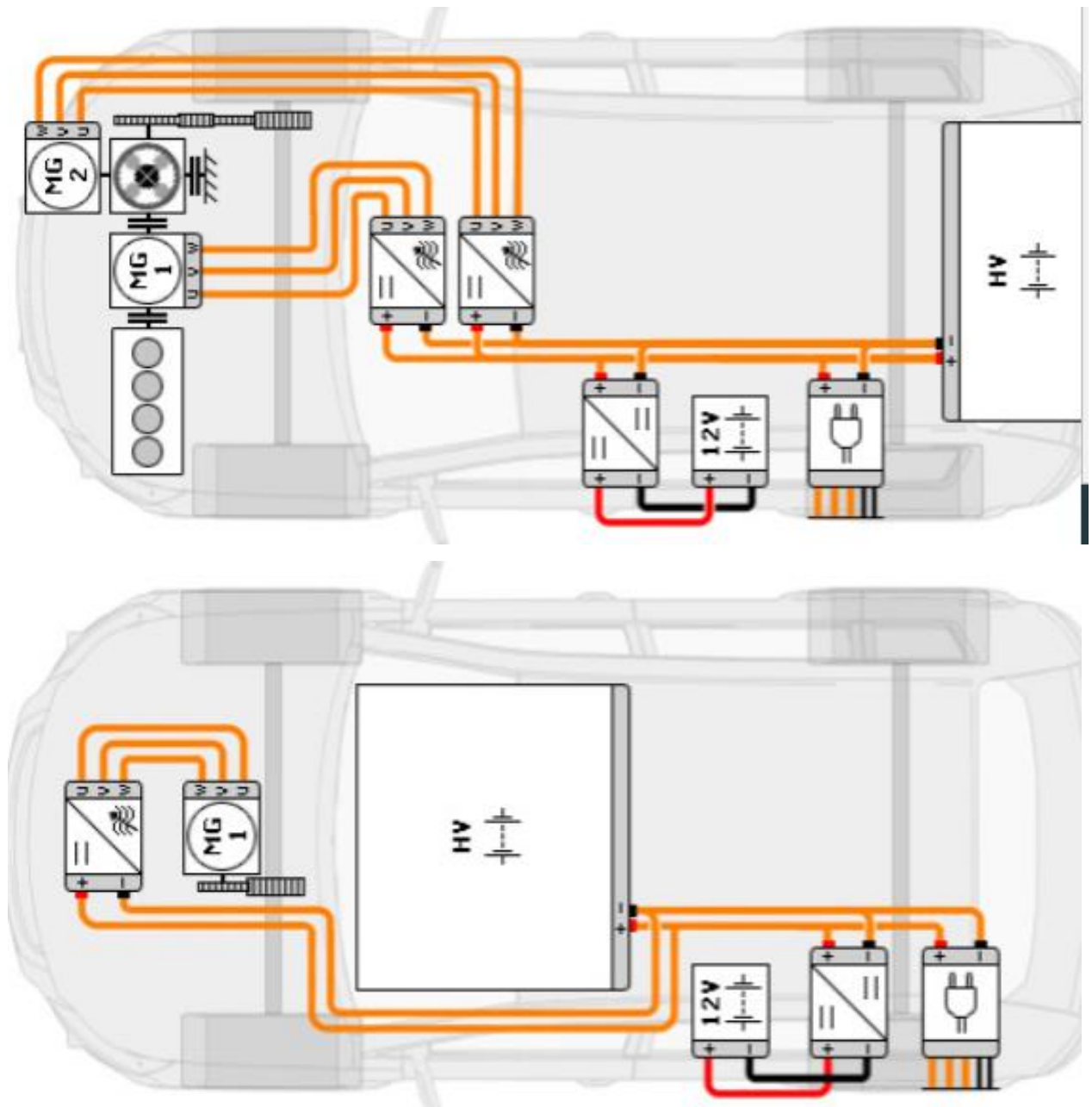


Рисунок 4.7 – Схема Opel Ampera-e(гібрид до 2016р) і електрокар після

Opel Ampera-e еволюціонував з гібридної моделі до повністю електричного автомобіля після 2016 року. Це свідчить про перехід бренду до сучасних тенденцій ринку електромобілів, які орієнтуються на зниження викидів і підвищення ефективності. Всі три лідери, включно з Tesla Model 3, Nissan Leaf і Opel Ampera-e, є повністю електричними автомобілями, що мають можливість заряджатися як від звичайної мережі, так і від станцій швидкої зарядки. Це робить їх зручними для використання у міських умовах і на довгих дистанціях.

Висновки до розділу

Ми провели всебічний аналіз ключових характеристик електромобілів, включаючи питому витрату енергії (рис. 4.1), дальність ходу за циклом ЕРА (рис. 4.2), час зарядки від мережі 220 В і швидкої зарядки (рис. 4.3), а також їхню вартість (рис. 4.4).

Питома витрата енергії варіюється в межах 0,132–0,213 кВт·год/км. Хоча немає строгої залежності, автомобілі більшої маси та класу зазвичай споживають більше енергії. Дальність пробігу безпосередньо залежить від ємності батареї — чим більший обсяг зберігання енергії, тим довше автомобіль може проїхати на одному заряді. Час зарядки визначається потужністю зарядного пристрою та типом зарядної системи, причому навіть у межах однієї моделі час зарядки може суттєво відрізнитися залежно від комплектації. Більш дорогі моделі зазвичай пропонують більшу дальність ходу, що обумовлено використанням високоякісних та ємних батарей, хоча це збільшує їхню кінцеву вартість.

Аналіз схем живлення та приводу показав, що Nissan Leaf, Tesla Model 3 і Opel Ampera-e другого покоління мають схожі архітектури, орієнтовані на ефективність і зручність. Відмінності переважно полягають у компонентах та технологіях, які впливають на ефективність, швидкість зарядки та регенерацію енергії під час гальмування. Opel Ampera-e, який раніше був гібридом, перейшов на повністю електричну платформу, що свідчить про загальну тенденцію до повної електрифікації.

Отже, оптимальний вибір електромобіля базується на декількох ключових критеріях: максимальна ємність батареї, низька питома витрата енергії, велика дальність ходу, швидкість зарядки та доступність ціни. Крім того, важливими факторами залишаються надійність, доступність інфраструктури зарядки та технічне обслуговування. і.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Аналіз ризиків травмонебезпечних ситуацій та вимоги безпеки під час роботи з електрообладнан

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 щодо 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 виникнення небезпечних ситуацій під час експлуатації

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).

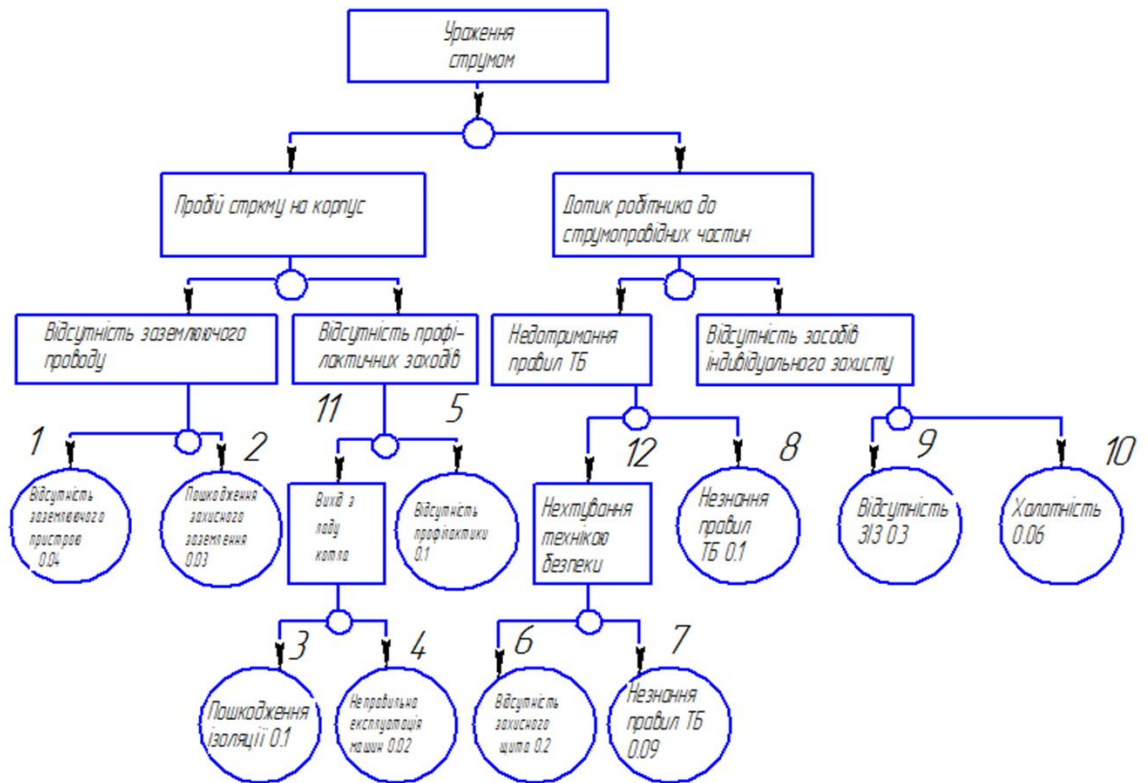


Рисунок 5.1 – Логіко імітаційна модель процесу виникнення травм при роботі з електрообладнанням.

Нехай дві базові події з ймовірністю "I" входять у наступну третю подію. Тоді ймовірність виникнення цієї події P_3 можна визначити так:

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

Оператор "I" 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:

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

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.

5.4 Забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях

Захист цивільного населення у разі загрози виникнення надзвичайних ситуацій є одним з найважливіших завдань держави.

Актуальність проблеми забезпечення природо-техногенної безпеки населення і території зумовлена тенденціями зростання втрат людей та шкоди територіям, що спричиняються небезпечними природними явищами, промисловими аваріями і катастрофами.

Забезпечення безпеки та захисту населення, об'єктів економіки і національного надбання держави від масштабних наслідків надзвичайних ситуацій повинно розглядатись як невід'ємна частина державної політики, національної безпеки та державного будівництва, як одна з найважливіших функцій центральних органів виконавчої влади.

При загрозі радіоактивного забруднення місцевості керівник ЦЗ об'єкта відповідно до плану ЦЗ дає розпорядження привести в готовність формування для захисту тварин. Для догляду за тваринами в приміщеннях залишають мінімальну кількість працівників 3-5 осіб, але не менше 3 на приміщення. За наявності дійних корів залишають 5-7 осіб на 150-200 тварин [16].

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

В результаті виконання роботи на тему: «Аналіз й обґрунтування вибору електромобіля для їзди на невеликій відстані.

Ми розділили електромобілі на кілька категорій, зокрема: напівгібрид, повний гібрид, підключаємий гібрид, електромобіль зі збільшеним пробігом та електричний автомобіль. Кожен тип має свої специфікації та призначення, але всі вони мають спільні ключові компоненти: електромотор/генератор, високовольтну батарею, інвертор, DC/DC перетворювач та внутрішній зарядний пристрій.

Прогнозується, що до 2030 року ринок електромобілів збільшиться до понад 0,5 мільйона одиниць. Це означає, що інфраструктура для зарядки, зокрема станції швидкого заряду, повинна розвиватися як на магістралях для міжміських маршрутів, так і в містах та їхніх околицях.

Для аналізу електромобілів ми виділили кілька основних характеристик, серед яких: потужність батареї, дальність ходу, потужність двигуна, час зарядки, швидкість, розгін і регенеративне гальмування. Ці технічні характеристики є важливими для порівняння та оцінки ефективності різних моделей.

Окрім технічних характеристик, важливими факторами є ціна автомобіля, яка може варіюватися від 20 тис. до 160 тис. доларів США, популярність моделі в регіоні, складність та зручність обслуговування, а також тип зарядки та наявність зарядних станцій. Ці додаткові фактори також відіграють важливу роль у виборі моделі для користувачів.

Одним з важливих аспектів є система зарядки. Запас ходу електромобіля часто визначається на основі тестових циклів, таких як NEDC, WLTP та EPA, що дозволяє визначити реальний запас енергії для поїздок на різні відстані. Моделювання зарядки показало значну різницю в часі зарядки в залежності від типу струму і його сили: від 10 хвилин до 11 годин для заряду на 100 км, що свідчить про важливість використання зарядних станцій з високим значенням постійного струму для досягнення ефективності.

Таким чином, для досягнення оптимальної роботи електромобіля важливо враховувати як технічні, так і економічні аспекти, а також інфраструктуру зарядки та зручність її використання.

Ми розглянули основні компоненти електромобілів, зокрема високовольтну батарею, яка має найбільше циклів зарядки та найкраще співвідношення енергії до маси. Високовольтна батарея складається з акумуляторних модулів, сервісного роз'єму, головного реле, струмовимірювального сенсора та ЕБК батареї. DC/DC перетворювач перетворює високу напругу на більш низьку, а для перетворення постійного струму в змінний зі зміною величини напруги використовується інвертор. Серед двигунів, що використовуються в електромобілях, ми розглянули синхронний двигун з постійними магнітами, який є більш поширеним, та асинхронний двигун, що застосовується рідше.

Також ми провели аналіз технічних характеристик та вартості кількох популярних електромобілів, таких як Volkswagen e-Golf, Tesla Model S, Tesla Model 3, Renault ZOE, Lucid Air, Nissan Leaf та інші. Згідно з результатами, найбільш оцінені моделі – це Tesla Model 3, Opel Ampera-e та Nissan Leaf, які займають лідируючі позиції в різних цінових категоріях і класах.

Ми провели всебічний аналіз ключових характеристик електромобілів, включаючи питому витрату енергії (рис. 4.1), дальність ходу за циклом ЕРА (рис. 4.2), час зарядки від мережі 220 В і швидкої зарядки (рис. 4.3), а також їхню вартість (рис. 4.4).

Питома витрата енергії варіюється в межах 0,132–0,213 кВт·год/км. Хоча немає строгої залежності, автомобілі більшої маси та класу зазвичай споживають більше енергії. Дальність пробігу безпосередньо залежить від ємності батареї — чим більший обсяг зберігання енергії, тим довше автомобіль може проїхати на одному заряді. Час зарядки визначається потужністю зарядного пристрою та типом зарядної системи, причому навіть у межах однієї моделі час зарядки може суттєво відрізнитися залежно від комплектації. Більш дорогі моделі зазвичай пропонують більшу дальність

ходу, що обумовлено використанням високоякісних та ємних батарей, хоча це збільшує їхню кінцеву вартість.

Аналіз схем живлення та приводу показав, що Nissan Leaf, Tesla Model 3 і Opel Ampera-e другого покоління мають схожі архітектури, орієнтовані на ефективність і зручність. Відмінності переважно полягають у компонентах та технологіях, які впливають на ефективність, швидкість зарядки та регенерацію енергії під час гальмування. Opel Ampera-e, який раніше був гібридом, перейшов на повністю електричну платформу, що свідчить про загальну тенденцію до повної електрифікації.

Отже, оптимальний вибір електромобіля базується на декількох ключових критеріях: максимальна ємність батареї, низька питома витрата енергії, велика дальність ходу, швидкість зарядки та доступність ціни. Крім того, важливими факторами залишаються надійність, доступність інфраструктури зарядки та технічне обслуговування.

Також ми розробили заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

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. Ганусяк В. Аналіз і обґрунтування вибору електромобіля для їзди на невеликі відстані. 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., Лущик 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://green-way.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.Федишин 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>