

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему **ОБҐРУНТУВАННЯ ПОЛЕГШЕНОЇ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ
ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ**

Виконав: студент VI курсу групи Ат-62

Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”
(шифр і назва)

Орест ОЛЕКСІВ
(ім'я та прізвище)

Керівник: Степан ХІМКА
(ім'я та прізвище)

ДУБЛЯНИ 2024

РЕФЕРАТ

«Обґрунтування полегшеної системи живлення електромобіля». – Олексів О.П. – Кваліфікаційна робота. Кафедра автомобілів та тракторів. - Дубляни, -Львівський НУП, 2024. 68 с. текст. 5 част. 41 рис., 4 табл., бібл. 22.

Метою роботи є – обґрунтування полегшеної системи живлення електромобіля.

Об'єкт дослідження – компоненти систем живлення електромобілів.

Предмет дослідження – критерії корисності використання електромобіліві компонентів їх 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 оптимальну систему живлення для легкових електромобілів.
5. Зробити техніко економічне обґрунтування запропонованої системи живлення.

Ключові слова: ЕЛЕКТРОМОБІЛЬ, КРИТЕРІЇ КОРИСНОСТІ, БАТАРЕЯ, ЗАПАС ХОДУ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕМИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ.....	9
1.1 Загальна характеристика проблеми використання транспорту на коротких відстанях	9
1.2 Ефективність використання енергії автомобілями.....	18
1.3 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи.....	29
2 ВИЗНАЧЕННЯ КРИТЕРІЇВ КОРИСНОСТІ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ І ЇХ КОМПОНЕНТІВ	31
2.1 Основні компоненти електромобілів.....	31
2.2 Визначення основних характеристик електромобілів.....	31
2.3 Моделювання часу зарядки електромобіля.....	32
2.4 Додаткові показники корисності електромобілів.....	33
2.5 Визначення критеріїв корисності електромобілів.....	34
Висновки до розділу.....	35
3 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ЛЕГКОВИХ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ЗГІДНО КРИТЕРІЇВ ЇХ КОРИСНОСТІ.	42
3.1 Характеристики основних компонентів електромобілів	
3.2 Аналіз технічних характеристик та вартості електромобілів.....	42
3.3 Аналіз легкових електромобілів згідно критеріїв.....	46
Висновки до розділу.....	49
4 ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ЛЕГКОВИХ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ	51
4.1 Підсумки проведеного аналізу.....	51

4.2. Обґрунтування кращої системи живлення для легкового електромобіля	53
Висновки до розділу.....	56
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	58
5.1 Аналіз травмонебезпечних ситуацій та вимоги безпеки під час експлуатації електричного обладнання.....	58
5.2 Планування заходів з покращення охорони праці.....	60
5.3 Моделювання процесів формування і виникнення небезпечних ситуацій під час	61
5.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	63
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	67

ВСТУП

Проблеми підвищення ціни палива для автомобілів можна розглядати з кількох перспектив:

I. Економічна Навантаженість на власників автомобілів. Підвищення цін на пальне призводить до зростання витрат на експлуатацію автомобілів, що може створити фінансовий тиск для власників. Для підприємців та компаній, які використовують автотранспорт, зростання цін на паливо може призвести до підвищення витрат на логістику та транспортування.

II. Екологічні засоби. Підвищення цін на паливо може стати стимулом для переходу до більш екологічних технологій, таких як електромобілі. З іншого боку, зростання цін може бути заходом для зменшення використання палива та, таким чином, зниження рівня забруднення.

III. Геополітичні Фактори. Політичні конфлікти та геополітичні турбулентності можуть вплинути на ціни на нафту та, відповідно, на ціни на пальне. Зміни валютних курсів можуть впливати на місцеві ціни на пальне, зокрема, якщо країна імпортує нафтопродукти.

IV. Соціальний Вплив. Зростання цін може стати перешкодою для доступності автотранспорту для деяких соціальних груп. З підвищенням цін на пальне може збільшитися інтерес до громадського транспорту та альтернативних засобів пересування.

V. Пошук альтернативних рішень. Підвищення цін на пальне може спонукати розвиток нових технологій, таких як електромобілі та альтернативні джерела енергії. Визначення гнучких тарифів та пошук шляхів підвищення енергоефективності може стати відповіддю на зростання цін.

Ці аспекти можуть слугувати основою для аналізу та обговорення проблем, пов'язаних із зростанням цін на пальне для автомобілів.

Незважаючи на те, що розвиток електромобілів часто висвітлюється через призму їхнього позитивного впливу на навколишнє середовище, головною каталізаторкою їх поширення залишається економічна ситуація. Постійне

зростання вартості нафтопродуктів автоматично спонукає людей шукати альтернативи у сфері транспорту, і в даному випадку, електроенергія виглядає найбільш перспективною.

Очікується, що у найближчі роки електромобілі значно збільшать свою частку на світовому ринку. Проте, слід бути обережними і не очікувати раптового вибуху або стрибка, оскільки розвиток цієї галузі супроводжується численними труднощами, які поки що не були вирішені. Треба визнати, що електромобілі вже здійснили значний крок у напрямку комерціалізації: їхня доступність для споживачів зросла, ринок моделей став більш різноманітним, а інфраструктура для їх обслуговування постійно розширюється.

Додатковою ключовою визначальною точкою для перспектив електрокарів є підтримка з боку держав. Багато країн надають покупцям екологічного транспорту різноманітну допомогу у вигляді субсидій, кредитів та лізингу, що робить електромобіль привабливішим з економічної точки зору.

Загалом, ринок електрокарів лише розпочинає свій шлях і може очікувати значного зростання. Інтенсивність цього росту залежатиме від багатьох факторів, включаючи динаміку цін на нафту. Однак постійний розвиток технологій та реалії сучасної економіки обумовлюють те, що електромобілі стануть повноцінними учасниками ринку, можливо, навіть його лідерами [2], [3].

1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕМИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1.1 Загальна характеристика проблеми використання транспорту на коротких відстанях

Транспортна політика країни включає в себе комплексну програму заходів у різних сферах діяльності транспортно-дорожнього комплексу (ТДК), яка включає в себе технічну модернізацію, адаптацію до умов ринкового господарювання, інституціональні трансформації, інтеграцію в європейські та світові транспортні системи, а також реформування в сферах власності, економічних відносин, управління та соціальної політики.

У зв'язку з тенденціями 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 держав Європи, який акцентується на розвитку трансєвропейських комунікацій.

"Транспортування представляє собою дію переміщення вантажу вздовж певного маршруту від пункту завантаження до пункту розвантаження або перевантаження". "Перевезення - це комплекс операцій з переміщення". "Доставка - це процес якісного та своєчасного переміщення вантажу"[2].

Залежно від призначення, транспорт може поділятися на наступні категорії:

а) Внутрішньовиробничий технологічний транспорт, який відповідає за переміщення вантажів або пасажирів в межах підприємства і не включається до загальної структури транспортної галузі національної економіки.

б) Міський транспорт, що забезпечує перевезення пасажирів та вантажів в межах міста чи населеного пункту.

в) Приміський транспорт, який здійснює перевезення пасажирів та вантажів між об'єктами міста та його передмістя (в зоні радіусом до 50 км від межі міста).

г) Внутрішньорайонний транспорт, що виконує переміщення між об'єктами всередині економічного району.

д) Міжрайонний транспорт, який організовує перевезення між сусідніми економічними районами.

е) Міжміський транспорт, який виконує переміщення за межі міста (населеного пункту) на відстань, більшу за 50 км.

ж) Міжреспубліканський транспорт, що забезпечує перевезення на території кількох республік.

з) Міжнародний транспорт, який виконує переміщення за межі або з-за меж території країни.

Для транспортної мережі України властива висока ефективність використання шляхів сполучення, що виражається у вантажонапруженості (або пасажиронапруженості) - це кількість транспортної роботи (в тонно-кілометрах або пасажиро-кілометрах), яка припадає на 1 кілометр мережі доріг. Середня відстань для перевезення вантажів є також ключовим показником ефективності транспорту на транспортній мережі. Приведемо деякі дані щодо середніх 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	780,0	40
Морський	3550,0	9,0,
Річковий	460,0	7,
Автомобільний	17,0	1,0
Трубопровідний	1830,0	7,0
Повітряний	1350,0	біля 1,0 доби

Автомобільний транспорт використовується переважно для внутрішньоміських та порівняно невеликих міжміських та міжрайонних перевезень. Серед переваг цього виду транспорту можна відзначити: високу швидкість доставки вантажів; можливість здійснювати точкові перевезення вантажів без перевантаження завдяки великій маневреності автомобілів; порівняно невеликі капітальні витрати для організації перевезень малих обсягів вантажів на невеликі відстані. Висока маневреність. Доставка «від дверей до дверей». Можливість поставки малими партіями. Регулярність поставки. Менш жорсткі вимоги щодо упакування вантажу

За недоліки автомобільного транспорту можна вважати вищі, ніж у інших видів транспорту, витрати на перевезення одиниці вантажу. Висока вартість перевезень. Терміновість розвантаження. Порівняно невелика вантажопідйомність. Можливість розкрадання вантажу і викрадення автотранспорту. Недостатня екологічна чистота

Використання автомобілів для переїзду на короткі відстані може виникати з різних причин, таких як переїзд в межах міста чи близьких населених пунктів. Однак існують певні проблеми, які можуть виникнути при цьому:

Транспортні затори та паркування: На коротких відстанях у місті можуть виникати транспортні затори, особливо в години пік. Також може бути важко знайти зручне місце для паркування, що може призвести до зайнятості доріг і збільшення часу переїзду.

Екологічні аспекти: Короткі поїздки на автомобілі можуть призводити до невиправданого використання пального та забруднення довкілля. Це особливо актуально у міських районах, де існують альтернативні транспортні засоби з меншим впливом на навколишнє середовище.

Вартість та обслуговування: Володіння автомобілем припускає витрати на пальне, обслуговування, страхування та інші витрати. Для коротких відстаней це може виглядати неефективно з фінансової точки зору порівняно з іншими видами транспорту чи послугами перевезення.

Проблеми доступності: У деяких випадках у містах може бути обмежена доступність доріг або облаштовані пішохідні зони, що робить використання автомобіля менш зручним для коротких подорожей.

Альтернативні транспортні засоби: З розвитком електричних скутерів, велосипедів та інших альтернативних транспортних засобів виникає питання їх ефективного використання на короткі відстані порівняно з автомобілями.

У великих містах виникає тенденція до розвитку систем громадського транспорту, альтернативних видів пересування та ініціатив для зменшення впливу автотранспорту на довкілля.

Вибір транспорту для доїзду на роботу залежить від кількох факторів, таких як відстань, час, доступність та особисті уподобання. Ось деякі аспекти, які варто врахувати:

Відстань: Якщо ваша робота розташована на короткій відстані від дому, то можливо, найзручнішим буде пішки, велосипед чи навіть самокат, якщо це практично та безпечно. Для середніх та довших відстаней може підійти автомобіль, велосипед, громадський транспорт або їзда на електроскутері.

Час: Обчисліть час, який ви готові витратити на дорогу. Автомобіль може бути швидшим, але порівняно з громадським транспортом в деяких містах може бути проблемно знаходити паркувальне місце. Громадський транспорт може займати більше часу, але дозволяє вам робити щось інше під час поїздки.

Вартість: Розгляньте вартість різних видів транспорту. Володіння автомобілем включає в себе пальне, страхування, обслуговування та паркування. Громадський транспорт може виявитися більш економічним.

Зручність: Яка транспортна опція для вас більш зручна? Чи вам подобається водіння, чи ви віддаєте перевагу читанню чи роботі під час поїздки в громадському транспорті?

Екологічний вплив: Якщо для вас важливий екологічний аспект, розгляньте використання електротранспорту або велосипеда.

Здоров'я: Піші прогулянки, велосипед та інші види активного транспорту можуть покращити ваше здоров'я та фізичну форму.

Вибір транспорту – це індивідуальне рішення, яке враховує ваші конкретні умови та уподобання.

1.2 Ефективність використання енергії автомобілями

Електромобілі часто вважаються більш ефективними для їзди на короткі відстані порівняно з автомобілями з двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ), і це пояснюється декількома причинами:

Ефективність. Електромотори дуже реактивні та надають великий крутний момент відразу, що робить електромобілі дуже швидкими на коротких відстанях, наприклад, при русі на світлофорах або обгані.

Ефективність приводу. Електричні автомобілі в цілому мають вищу ефективність енергоспоживання порівняно з традиційними автомобілями з ДВЗ. Двигуни внутрішнього згоряння можуть витрачати енергію на виробництво тепла, що втрачається відразу.

Тривалість служби і обслуговування. Менше рухомих частин. Електромобілі мають менше рухомих частин, особливо порівняно з автомобілями з ДВЗ, що призводить до меншого зносу і зменшує потребу в обслуговуванні та ремонті.

Сприятливе для навколишнього середовища. Нульові викиди: Електромобілі не мають викидів та викидів CO₂ на місці використання, що робить їх екологічно чистими для коротших поїздок.

Економія енергії. Рекуперація енергії: Електромобілі можуть використовувати системи рекуперації енергії під час гальмування, що дозволяє повертати енергію назад у батарею при гальмуванні або спуску.

Економічність. Низька вартість електроенергії: Заряджати електромобіль дешевше, ніж заправляти автомобіль бензином або дизельним паливом, зокрема на коротких відстанях, коли вам не потрібно багато електроенергії.

На коротких відстанях електромобілі можуть бути більш практичними і економічно вигідними варіантами порівняно з автомобілями з ДВЗ, особливо

у міському середовищі, де часті зупинки і рух в пробках можуть бути оптимальними умовами для використання електротранспорту.

Двигуни внутрішнього згоряння перетворює хімічну енергію (паливо) в кінетичну енергію (енергію руху); електромотори перетворюють електричну енергію в рух. В обох випадках відбуваються **втрати енергії**.

У двигунах внутрішнього згоряння відбуваються наступні втрати: втрати на випромінювання, втрати на охолодження, втрати тепла з вихлопом, механічні втрати (рис. 1.1).

В електродвигуні відбуваються наступні втрати: електричні втрати, механічні втрати.

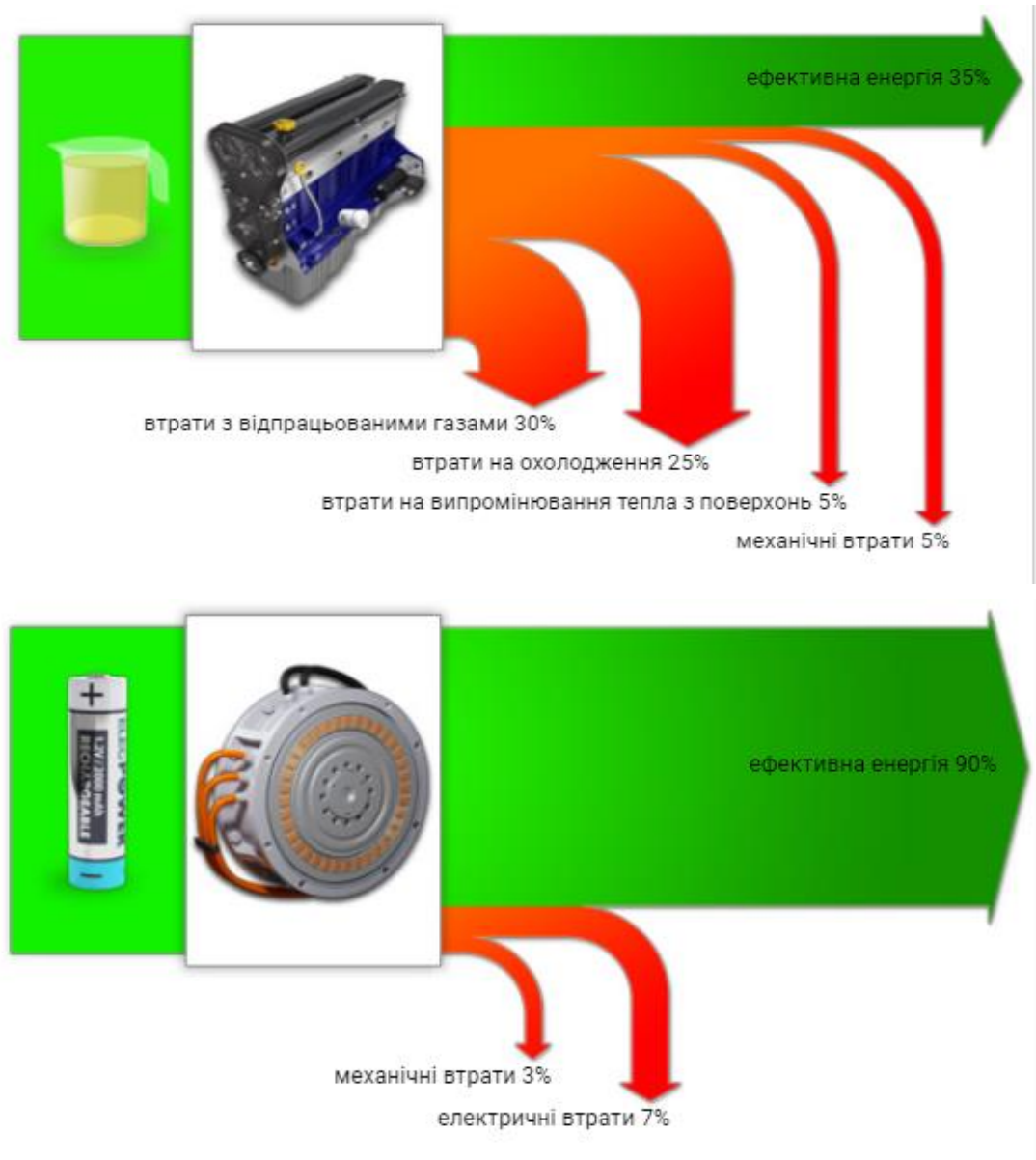


Рисунок 1.1 – Втрати енергії в ДВЗ і електромотору.

Людський організм не може існувати без енергії; їжа - це енергія для нашого організму.

Двигун внутрішнього згоряння не може працювати без палива; паливо - це енергія для двигуна. У свою чергу, електромотор не може працювати без електрики, наявність у якої забезпечує акумуляторна батарея (акумулятор, АКБ).

Густина енергії (рис. 1.2)- це співвідношення між кількістю енергії та її вагою.

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

Рисунок 1.2 – Густина енергії

Для розрахунку густини енергії в об'ємному вимірі використовується така формула:

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

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

В об'ємному вимірі густина енергії може використовуватися для визначення, скільки енергії міститься в певному об'ємі простору, наприклад, у резервуарі або в обсягу об'єкта.

Енергія має декілька одиниць виміру. Одиницями виміру енергії, що ми отримуємо від їжі є калорії (кал, Ca) або джоулі (Дж, J). В акумуляторних батареях одиницями вимірювання заряду є ампер-години (А год, Ah), а одиницями вимірювання напруги - вольти (В; V).

Співвідношення одиниць: • 1 Вт*год (Wh) = 3600 Дж (J) = 3,6 кДж (кJ)

За допомогою густини енергії визначається вага, яку необхідно взяти з собою, щоб подолати певну відстань (рис. 1.3).

Густина енергії:

- акумуляторна батарея: 0,22 МДж/кг
- бензин: 45 МДж/кг
- печиво: 15 МДж/кг



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

Рисунок 1.3 – Споживання енергії

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

1.3 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи

Наземна логістика динамічно змінюється разом із розвитком технологій та оновленням споживчих потреб, тепер використовуються:

Діджиталізація: Технології, такі як GPS-трекінг, моніторинг у реальному часі та програмне забезпечення для оптимізації маршрутів, підвищують ефективність і прозорість вантажних перевезень.

Електричні та автономні транспортні засоби: Лідери галузі вже почали впроваджувати електричні та автономні вантажівки та інші транспортні засоби для зменшення викидів і підвищення ефективності.

Інтермодальні рішення: Поєднання різних видів транспорту (наприклад, автомобільного та залізничного) дозволяє оптимізувати витрати та час транспортування.

Електромобілі часто вважаються більш ефективними для їзди на короткі відстані порівняно з автомобілями з двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ), і це пояснюється декількома причинами:

Швидкість (реактивність). Ефективність приводу. Тривалість служби і обслуговування. Сприятливість для навколишнього середовища. Економія енергії. Рекуперація енергії: Економічність. Низька вартість електроенергії: Практичність.

Вибір електромобіля може залежати від численних факторів, враховуючи потреби, стиль життя та індивідуальні уподобання. Ось деякі ключові фактори, які впливають на вибір електромобіля:

Діапазон ходу: Розмах, на який впливає ємність батареї, визначає відстань, яку можна подолати на одному заряді. Важливий фактор для тих, хто планує подолати значні відстані без зарядки.

Інфраструктура зарядки: Наявність зарядних станцій у вашому регіоні важлива. Для тих, хто має можливість заряджати автомобіль вдома, це може бути менш критичним.

Вартість автомобіля: Ціна електромобіля може бути визначальною. Однак із зростанням популярності цих автомобілів, може зменшитися їхня вартість.

Державні пільги: Багато країн надають пільги та знижки для покупців електромобілів, що може суттєво вплинути на рішення.

Технічні характеристики: Потужність, швидкість, функціональні можливості та інші технічні характеристики важливі для багатьох покупців.

Безпека: Важливий аспект для будь-якого автомобіля. Багато електромобілів мають передові системи безпеки.

Споживана електроенергія: Розходи на зарядку можуть відрізнятися в залежності від моделі. Ефективність використання енергії є ключовим фактором для вартості експлуатації.

Екологічні переваги: Якщо екологічна стійкість є важливою для вас, вибір електромобіля може бути обґрунтований меншим викидом CO₂ та меншим використанням нафти.

Враховуючи ці фактори, покупець може зробити обдумане рішення щодо вибору конкретного електромобіля.

Метою роботи є – Обґрунтування полегшеної системи живлення електромобіля.

Об'єкт дослідження – компоненти систем живлення електромобілів.

Предмет дослідження – критерії корисності використання електромобілів і компонентів їх 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 оптимальну систему живлення для легкових електромобілів.

2 ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТА КРИТЕРІЇВ КОРИСНОСТІ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

2.1 Основні компоненти електромобілів

Гібридні і електричні автомобілі можна розділити на кілька категорій: (рис. 2.1). напівгібрид, повний гібрид, підключаємий гібрид, електромобіль зі збільшеним пробігом, електричний автомобіль

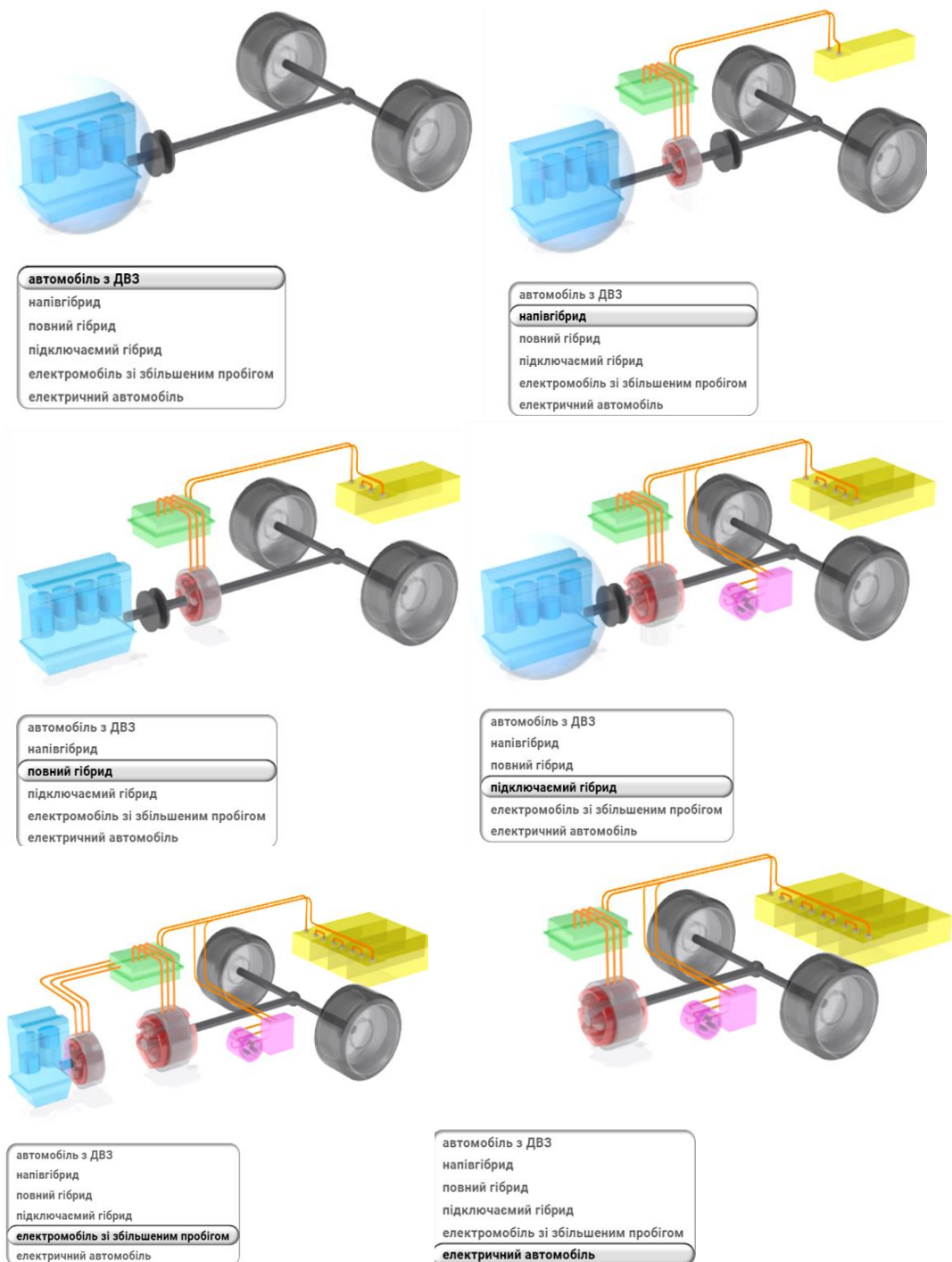


Рисунок 2.1 – Категорії гібридних і електричних автомобілів.

Слово гібрид означає "комбінація, поєднання": поєднання різних технологій для керування транспортним засобом. У гібридних автомобілях(рис. 2.2) двигун внутрішнього згорання (ДВЗ) об'єднаний з електромотором, і вони разом здійснюють привід транспортного засобу.

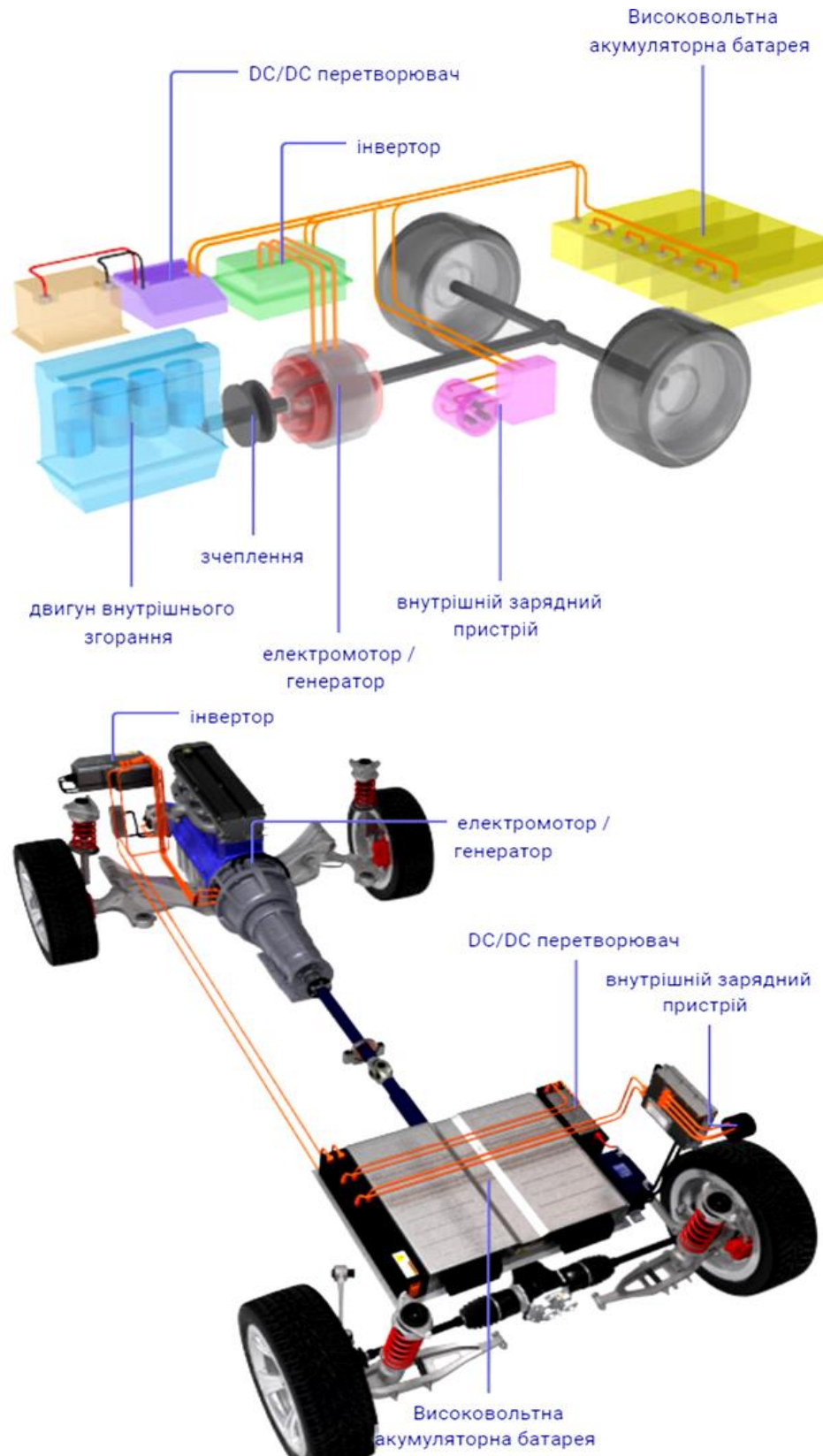


Рисунок 2.2 – Компоненти гібридного автомобіля.

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 Визначення основних характеристик електромобілів

Згідно аналізу [4] (рис. 2.3) прогнозу розвитку ринку електромобілів в світі, з урахуванням динаміки за 5 років розроблено прогноз розвитку легкових електричних засобів в Україні(рис. 2.4).

Під час формулювання цього прогнозу щодо розвитку ринку електромобілів в Україні, ми врахували загальні тенденції та прогнози світового ринку. Згідно з прогнозами до 2030 року, можна очікувати збільшення ринку електромобілів до понад 0,5 мільйона одиниць. Це зростання вимагатиме відповідного розвитку інфраструктури, зокрема станцій швидкого заряду, розташованих як поруч з магістралями (для міжміських маршрутів), так і у містах та їхніх околицях.

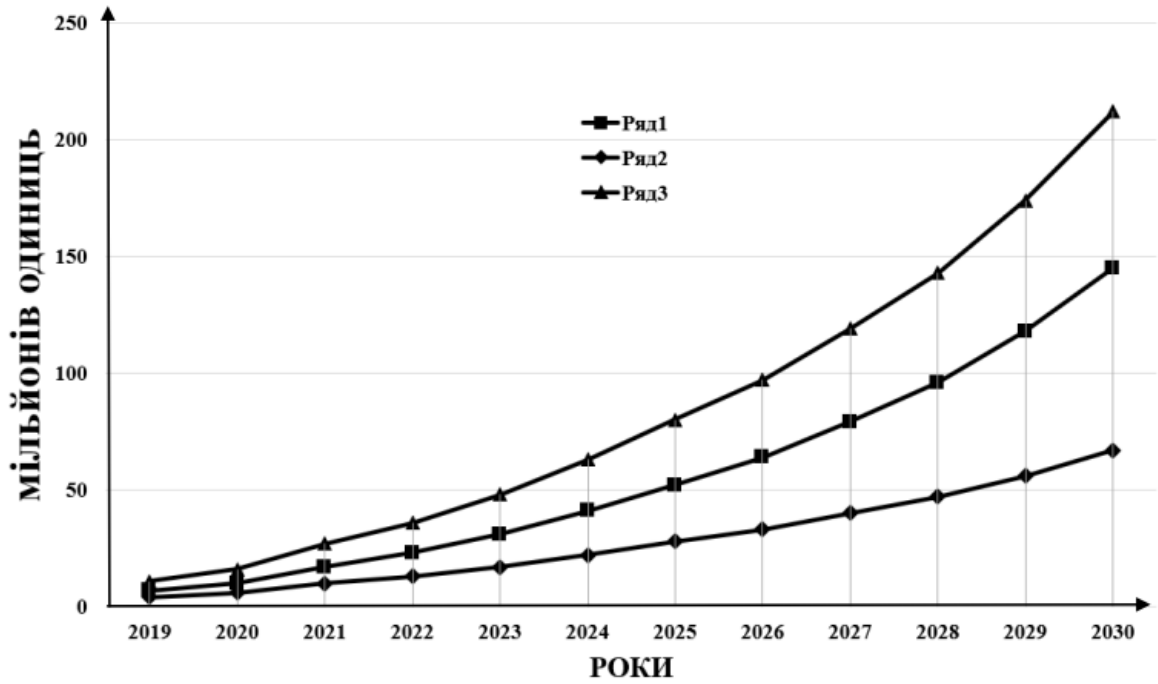


Рисунок 2.3 – Прогноз розвитку легкових електромобілів в світі з 2019 до 2030 року: ряд 1 - повністю електричних (EV); ряд 2 - підзаряджуваних гібридів (PHEV); ряд 3 – сумарний показник електричних (EV) та підзаряджуваних (PHEV)

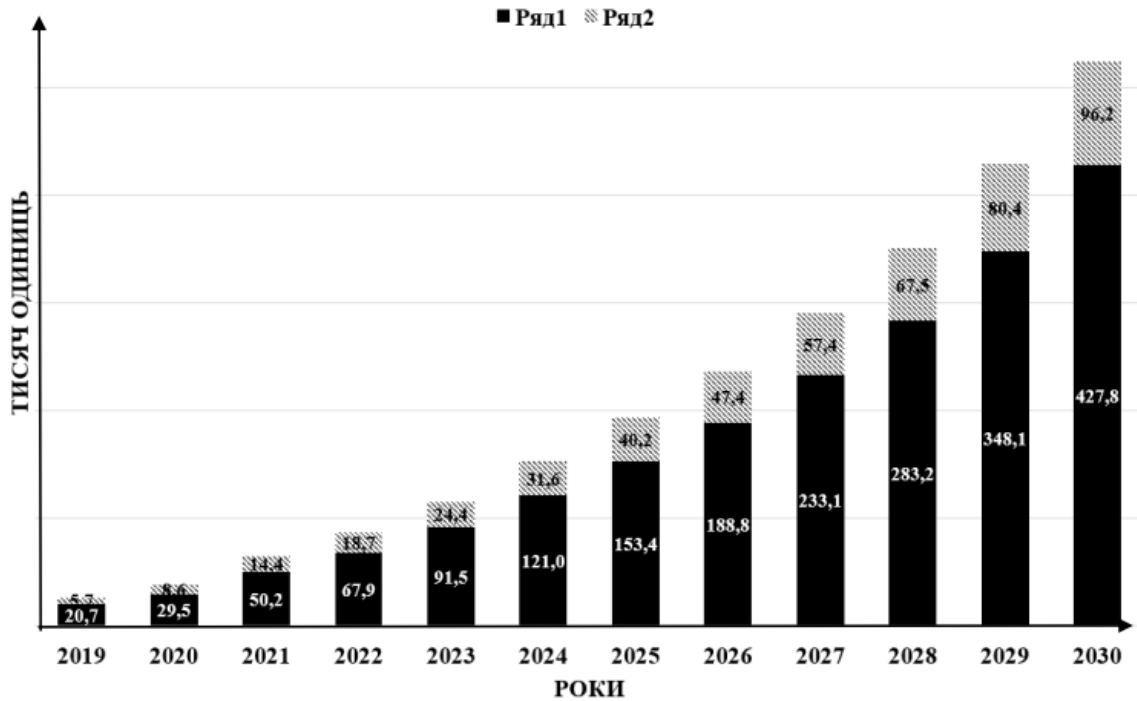


Рисунок 2.4 – Прогноз розвитку легкових електромобілів в Україні до 2030 року: ряд 1 - повністю електричних (EV); ряд 2 - підзаряджуваних гібридів (PHEV); ряд 3 – сумарний показник електричних (EV) та підзаряджуваних (PHEV)

Розповсюдження електромобілів серед автолюбителів по всьому світу продовжує зростати, і одним з важливих критеріїв для покупців є запас ходу електромобіля. Розрахунок запасу ходу базується на проведенні спеціальних циклів тестування, таких як NEDC, WLTP та EPA. У даній роботі ми розглянемо ці цикли та методи визначення запасу ходу електромобілів.

Цикл NEDC (New European Driving Cycle) – це стандартизований тест, розроблений у Європейському Союзі для оцінки ефективності та екологічних характеристик легкових автомобілів. Цикл включає послідовні дорожні ситуації та швидкості, що моделюють типові умови міського та позаміського руху.

Цикл NEDC, винайдений у 1980-х роках, і довгий час використовувався в Європі для вимірювання викидів і споживання пального у легкових автомобілях, представляє собою циклічну послідовність різних етапів, що імітують типовий рух у міських та позаміських умовах. Цей цикл включає дві основні частини: цикл холодного старту і цикл гарячого старту. Цикл холодного старту починається з холодного автомобіля і включає різні фази руху, такі як прискорення, постійна швидкість, уповільнення і зупинка.

Цикл гарячого старту додає етапи, що моделюють рух на вищих швидкостях та активацію різних систем автомобіля, таких як кондиціонер чи обігрівач. Під час цього циклу автомобіль проходить різні швидкісні зони, включаючи низькі, середні та високі швидкості, а також фази уповільнення та зупинки, щоб врахувати реалістичну поведінку автомобіля в різних умовах руху.

Метою циклу NEDC є визначення викидів шкідливих речовин, таких як вуглекислий газ (CO₂), оксиди азоту (NO_x) та тверді частки, а також споживання пального. Вимірювання проводяться в спеціальних лабораторних умовах, де автомобіль поміщається на рухомі ролики, і його двигун працює за визначеним профілем, який встановлений для циклу NEDC.

Але цикл NEDC має певні недоліки. По-перше, він був розроблений у 1980-х роках, коли технічні характеристики автомобілів були іншими, тому

він не завжди точно відображає сучасне споживання пального та викиди. По-друге, він не враховує впливу факторів, таких як трафік, маршрут та індивідуальний стиль водіння, які можуть значно впливати на реальні викиди та споживання пального.

У зв'язку з цим з 2017 року в Європейському Союзі був замінений цикл NEDC новим стандартом вимірювань WLTP (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure), який був розроблений з урахуванням сучасних технологій та умов водіння, і більш точно відображає екологічні характеристики автомобілів.

ЦИКЛ WLTP (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure) – це новий стандарт вимірювання викидів та споживання пального для легкових автомобілів, що був введений в Європейському Союзі з 1 вересня 2017 року. Він був розроблений з метою надання більш точної та реалістичної оцінки екологічних характеристик автомобілів, враховуючи сучасні технології та умови експлуатації.

Цикл EPA (Агентство з охорони навколишнього середовища) – це стандартний тестовий цикл, розроблений в Сполучених Штатах для оцінки екологічних характеристик легкових автомобілів, включаючи викиди та споживання палива.

Цей цикл включає різні етапи руху, що імітують типові умови міського і трасового руху. Складається з двох частин: циклу міського руху (City Cycle) і циклу трасового руху (Highway Cycle). Обидва цикли мають певні профілі швидкості та часові інтервали, які є реалістичними умовами руху.

Цикл міського руху (City Cycle) включає фази акселерації, уповільнення та зупинки, що імітують рух у міському середовищі з частими пробками та перехрестями. Враховує велику кількість зупинок та низьку середню швидкість руху.

Цикл трасового руху (Highway Cycle) моделює рух на відкритих трасах чи швидкісних дорогах, включаючи фази постійної швидкості та помірного прискорення.

У 2020 році ЕРА внесла зміни до циклу тестування для покращення його реалістичності та відповідності реальним умовам експлуатації автомобілів. Оновлений цикл, відомий як WLTP-based Fuel Economy Test Procedure, базується на світовому стандарті вимірювання WLTP і пропонує більш точні та надійні результати споживання палива та викидів (рис.2.5).

Мета циклу ЕРА – надання консистентної та порівнянної інформації щодо екологічних характеристик автомобілів для усвідомлених виборів споживачів та відповідність нормативам викидів та споживання палива для автовиробників.

Агентство з охорони навколишнього середовища (ЕРА) США вже понад 50 років проводить випробування транспортних засобів для визначення рівня шкідливих викидів та ефективності витрати палива. З ініціативою електромобілів агентство розпочало враховувати запас ходу без підзарядки, що є ключовим параметром для більшості споживачів під час вибору моделі.

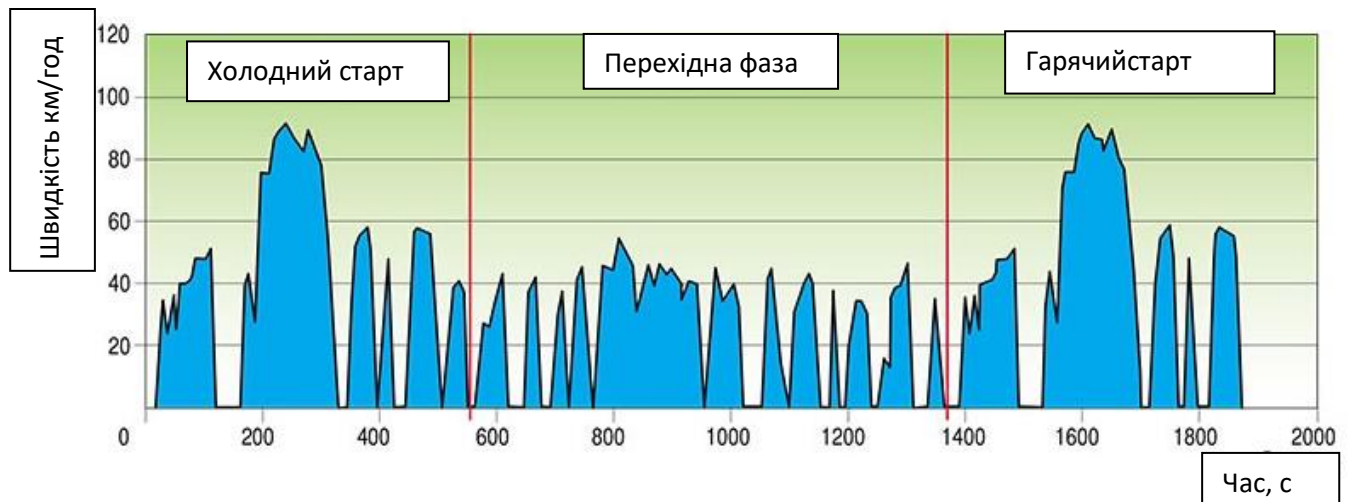


Рисунок 2.5 – Режими циклу ЕРА

З метою надання реалістичних даних споживачам, на тестування обирають електромобілі, які мають пробіг не менше 1600 км. Крім того, ці кілометри експерти проходять самостійно, перезаряджаючи акумуляторні блоки відповідно до "Стандартного дорожнього циклу". Цей цикл включає в себе старт, рух та зупинку на швидкості від 48 до 113 км/год на відрізку завдовжки 6 км.

Важливо відзначити, що ємність акумулятора "старіючого" автомобіля під час тестування залишається в межах заводських специфікацій, і пробіг не перевищує 9980,0 км.

Для аналізу електромобілів потрібно визначити їх технічні, експлуатаційні і ергономічні характеристики. Такими на нашу думку будуть:

Потужність батареї (батареї): Визначає, скільки електроенергії може зберігати батарея. Вимірюється у кіловат-годинах (кВт·год).

Дальність ходу: Це відстань, яку може пройти електромобіль на одному заряджанні батареї. Зазвичай вимірюється в милях чи кілометрах. Запас ходу по EPA — сукупність руху по місту 55% та шосе 45%. Це дозволяє надавати максимально реалістичні дані запасу ходу

Потужність двигуна: Вказує, яку кількість енергії може виділити електромотор для приведення автомобіля в рух. Міряється в кількості кінських сил (к.с.) чи кіловатів (кВт).

Час зарядки: Це той час, який потрібен для повного заряджання батареї від порожнього до повного. Залежно від типу зарядки, цей час може значно варіюватися.

Швидкість: Максимальна швидкість, яку може розвивати електромобіль. Зазвичай вимірюється в милях (кілометрах) на годину.

Розгін: Час, за який електромобіль може розігнатися від 0 до певної швидкості. Вимірюється в секундах.

Регенеративне гальмування: Функція, яка дозволяє автомобілю заряджати батарею під час гальмування або спуску, перетворюючи кінетичну енергію у електричну.

Ці характеристики можуть варіювати в залежності від конкретної моделі та виробника електромобіля.

Діапазон подорожі електромобіля залежить від ряду факторів, які слід враховувати під час його розрахунку:

Ємність акумулятора: Чим більший обсяг акумулятора, тим більше енергії можна зберегти, і відповідно, автомобіль може проїхати більше кілометрів.

Енергоспоживання: Витрата енергії електромобіля залежить від характеристик його електричної системи, електродвигуна та інших компонентів. Ефективність цих систем впливає на запас ходу.

Стиль водіння: Агресивне прискорення, часті гальмування та високі швидкості можуть підвищити енергоспоживання та зменшити запас ходу.

Умови дороги: Фактори, такі як пересічення гірських районів, стан доріг та наявність перешкод, можуть впливати на витрату енергії та скорочувати запас ходу.

Погодні умови: Температурні умови навколишнього середовища впливають на продуктивність акумулятора. У холодну погоду акумулятор може видавати менше енергії, що призводить до скорочення запасу ходу.

2.2 Моделювання часу зарядки електромобіля

Через те що зарядні станції мають різні характеристики, розглянемо розрахунок час зарядки акумуляторної батареї, якої повинно вистачити на 100 км (рис. 2.6).

Існують зарядні станції, що працюють при 230 вольт з однією фазою. Існують також зарядні станції, що працюють при напрузі 380 вольт, в яких використовуються три фази.

Швидкі зарядні пристрої працюють з напругою постійного струму, що дорівнює 300 - 500 В.

На рисунку 2.7 показана комплектна система зарядки, сила струму в ній обмежується.

- Потужність зарядної станції обмежується підключенням до електромережі.



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

Рисунок 2.6 – Розрахунок часу зарядки на 100 км в год і хв при затраті 20 кВт*год (лампа 40 Вт буде світити 500 год)

- Напруга зарядного кабелю обмежується площею поперечного перерізу кабелю.
- Напруга вбудованого зарядного пристрою обмежується силою струму і кількістю фаз.

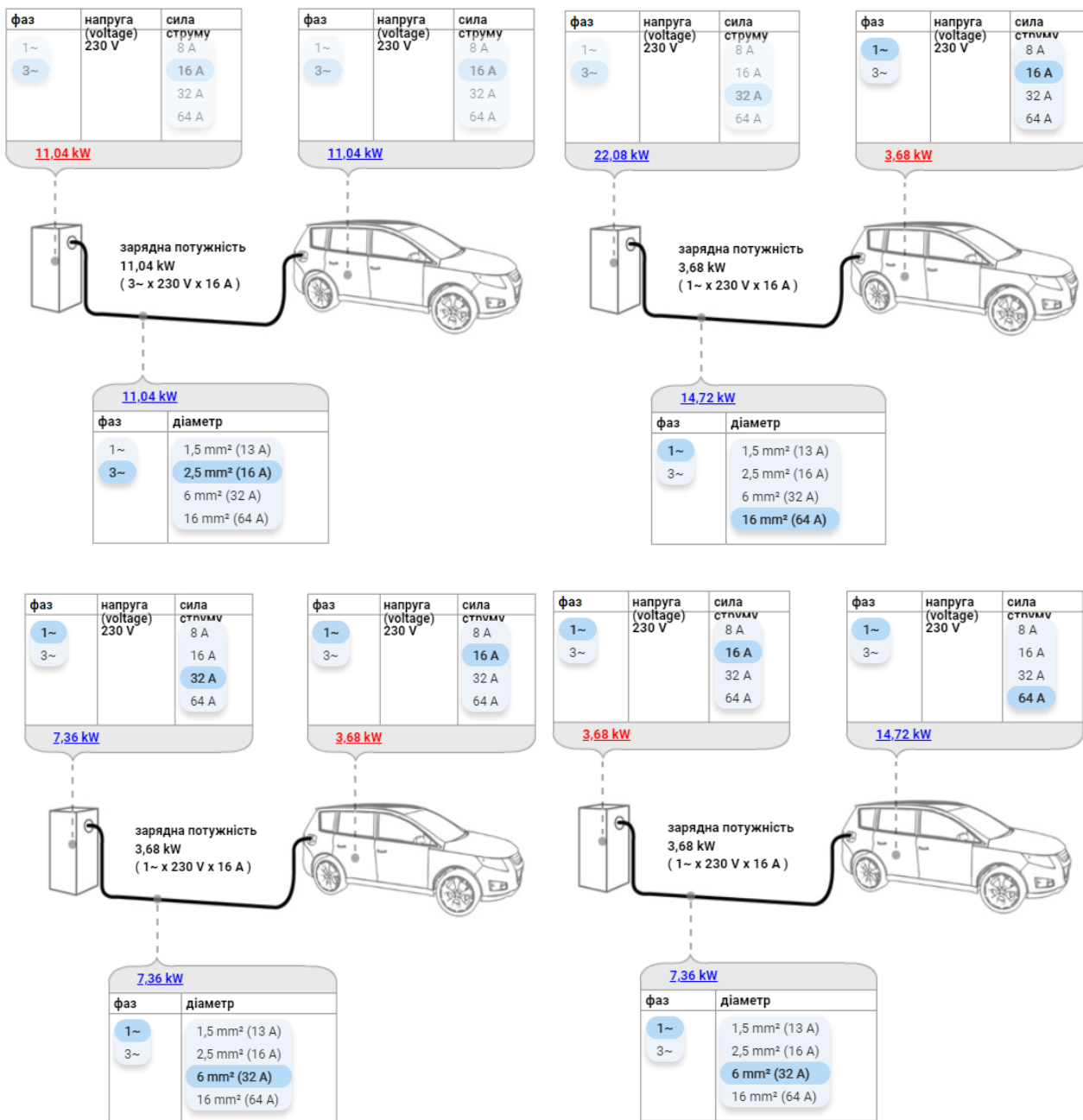


Рисунок 2.7 - Узгодження параметрів зарядної системи

2.3 Додаткові показники корисності електромобілів

Додатковими показниками корисності використання електромобілів на нашу думку можуть бути не технічні а більше «людські фактори» використання електромобілів.

Звичайно це ціна (рис.2.8) електромобіля яка коливається в межах від 20 тис у.о. до 160 тис у.о ЕРА на сайті InsideEVsi, це ще не межі [5].

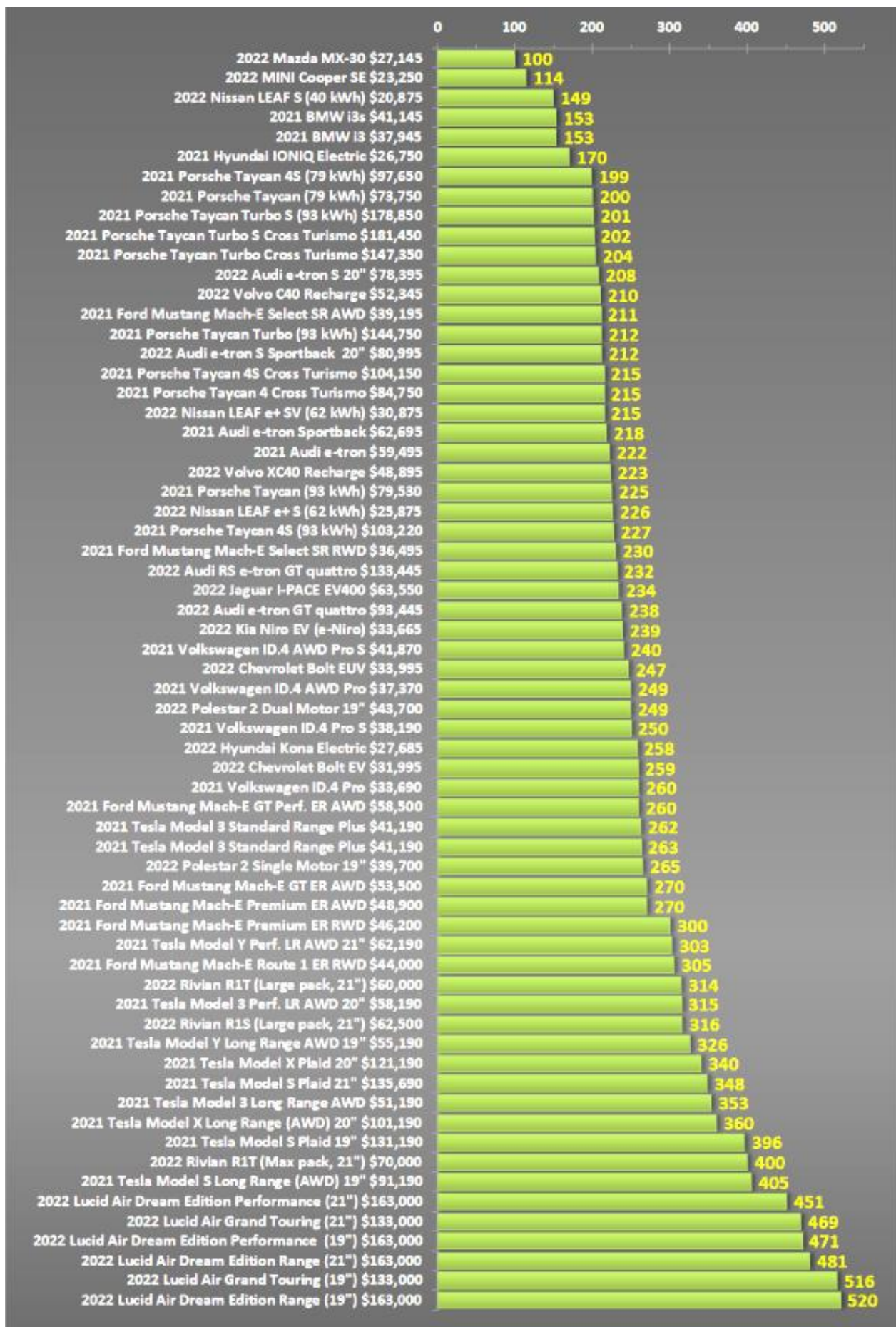


Рисунок 2.8 – Ціни і дальність пробігу електромобілів на 2022р

Це і популярність моделі в регіоні, складність ремонту і обслуговування, зручність обслуговування,

Наступним фактивним фактором буде тип зарядки, наявність зарядних станцій і зручність зарядки.

У підключених гібридах і електромобілях високовольтну батарею (англ. HV battery) можна заряджати. Для зарядки високовольтної батареї використовується енергія від мережі електроживлення, що отримується за допомогою електричного з'єднання в автомобілі.

Система зарядки направляє струм і напругу, що подаються до акумуляторної батареї.

Система зарядки може перебувати як усередині автомобіля, так і зовні.

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

- Якщо зарядка встановлюється зовні, то її називають зовнішнім зарядним пристроєм.

У різних країнах для зарядки автомобілів використовуються різні роз'єми (рис. 2.6).

- 1 тип: Північна Америка
- 2 тип: Європа
- 3 тип: Франція та Італія

Дані роз'єми мають кілька контактів живлення:

- L1 = перша фаза
- L2 = друга фаза
- L3 = третя фаза
- N = нейтральна фаза
- PE = захисне заземлення

Для зв'язку між зарядною станцією, кабелем і зарядним пристроєм використовуються два сигнальні контакти.

- CP = контакт керування режимами заряджання (анг. control pilot)

Забезпечує зв'язок між зарядною станцією і автомобілем.

- PP = контакт присутності (англ. Proximity Pilot)

Надає інформацію про переріз зарядного кабелю та наявність зарядного штекера в зарядному штепселі.



Рисунок 2.9 – Зарядні роземи: 1 тип (Північна Америка), 2 тип (Європа), 3 тип (Франція, Італія)

Існують також швидкі зарядні пристрої (рис. 2.10). Вони працюють з високою силою струму і з використанням спеціального роз'єму.

- CHAdeMO - це стандарт швидкої зарядки постійного струму, який використовується у всьому світі
- CCS combo тип 1: Північна Америка
- CCS combo тип 2: Європа



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

Автомобіль можна підключити до зарядної станції в різних режимах.

- Перший режим (Mode 1): Автомобіль підключається до електромережі безпосередньо. Єдиний захист -запобіжник.

- Другий режим (Mode 2): Стандартна зарядна станція змінного струму, яку застосовують і в побуті, і на електрозаправках. У кабелі знаходиться комунікаційний пристрій, що дозволяє налаштувати максимальний струм.

- Третій режим (Mode 3): Найпотужніший режим для зарядних станцій зі змінним струмом. Зарядна станція постійно підключена до електромережі і налаштована на неї.

- Четвертий режим (Mode 4): Швидкісна зарядка з використанням постійного струму. Додаткова швидка зарядка здійснюється за допомогою спеціальних роз'ємів і зарядних станцій.

Якщо електричний струм проходить через провідник, генерується тепло. Коли сила струму підвищується, використовують кабель з більшою площею поперечного перерізу.

Існує кілька нормативних положень допустимої величини струму в залежності від площі поперечного перерізу: $1,5\text{мм}^2=13\text{А}$, $2,5\text{ мм}^2 = 20\text{ А}$, $6\text{ мм}^2 = 32\text{ А}$, $16\text{ мм}^2 = 63\text{ А}$.

Для коректної роботи транспортного засобу необхідно, щоб системи автомобіля отримували інформацію про площі поперечного перерізу провідників, через які буде проходити струм.

Цю задачу виконує резистор всередині роз'єму, розташований між вилкою (PP) і заземленням (PE). Значення резистора вказує на діаметр кабелю і, отже, на максимальну силу струму, яка може проходити через цей кабель: $1500\text{ Ом (Q)} = 13\text{ А}$, $680\text{ Ом} = 20\text{ А}$, $220\text{ Ом} = 32\text{ А}$, $100\text{ Ом} = 63\text{ А}$.

2.3 Визначення критеріїв корисності електромобілів

Отже ми визначили основні технічні характеристики і як їх визначають, це:

- питома витрата енергії (кВт•год/км),
- потужність батареї (кВт•год),
- дальність ходу(км),
- потужність двигуна (кВт),
- час зарядки (год),
- максимальна швидкість(км/год),
- розгін (с),
- регенеративне гальмування.

Тепер потрібно визначити як вони впливають, який їхній критерій корисності, і які ще є критерії корисності крім технічних даних щодо вибору електромобіля, це на нашу думку можуть бути:

- ціна атомобіля (грн),
- популярність моделі в регіоні,
- складність ремонту і обслуговування,
- зручність обслуговування,
- тип зарядки.

Для оцінки вибору електромобіля для їзди на невеликі відстані введемо позначення „+”, „-”, „0”, де „+” – позитивна оцінка електромобіля відносно критерію корисності, „-” – негативна оцінка електромобіля відносно критерію корисності, „0” – середня оцінка електромобіля відносно критерію корисності. Залежно від важливості оцінки критерію корисності , будемо оцінювати їх: важливі критерії від 7 до 9, критерії середньої важливості корисності – від 4 до 6, менш важливі критерії корисності від – 1 до 2.

До важливих критеріїв корисності щодо вибору електромобіля для проїзду на невеликі відстані віднесемо: ціну, питома витрата енергії ,дальність ходу(км), час зарядки. До середніх критеріїв віднесемо: потужність двигуна, потужність батареї, максимальна швидкість, регенеративне гальмування, популярність моделі в регіоні , інші будуть меншої важливості, а саме: розгін, складність ремонту і обслуговування, зручність обслуговування, тип зарядки.

Висновки до розділу

Ми визначили що електромобілі можна розділити на: напівгібрид, повний гібрид, підключаємий гібрид, електромобіль зі збільшеним пробігом, електричний автомобіль.

Основними компонентами електромобіля є: електромотор/генератор, високовольтна батарея, інвертор, DC/DC перетворювач, внутрішній зарядний пристрій.

Згідно з прогнозами до 2030 року, можна очікувати збільшення ринку електромобілів до понад 0,5 мільйона одиниць. Це зростання вимагатиме відповідного розвитку інфраструктури, зокрема станцій швидкого заряду, розташованих як поруч з магістралями (для міжміських маршрутів), так і у містах та їхніх околицях.

Для аналізу електромобілів ми визначили їх технічні, експлуатаційні і ергономічні характеристики. Такими на нашу думку будуть: потужність батареї (кВт·год), дальність ходу (км), потужність двигуна (кВт), час зарядки (год), швидкість (км/год), розгін(с), регенеративне гальмування.\

Додатковими факторами є: ціна електромобіля яка коливається в межах від 20 тис у.о. до 160 тис у.о [5], популярність моделі в регіоні, складність ремонту і обслуговування, зручність обслуговування.

Наступним фактивним фактором буде тип зарядки, наявність зарядних станцій і зручність зарядки. Ми провели аналіз систем зарядки.

Визначення запасу ходу базується на проведенні спеціальних циклів тестування, таких як NEDC, WLTP та EPA.

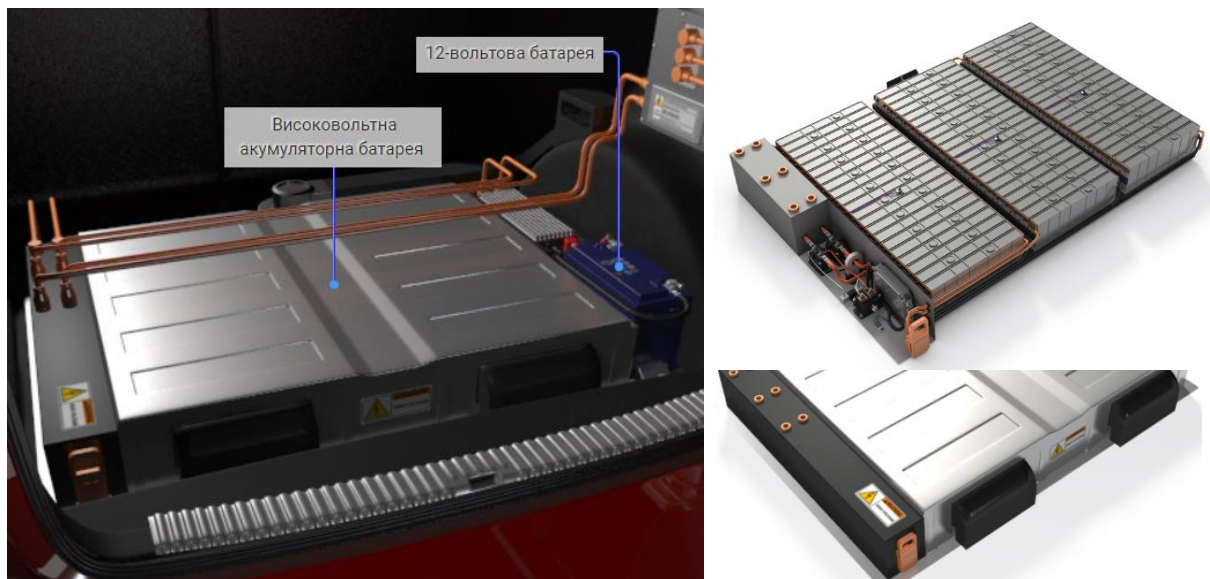
Провівши моделювання заряду електрокара різними струмами з різною силою струму ми отримали результат часу зарядки для проїзду 100 км від 10 хв до 11 годин (652 хв), різниця у 7 разів. Найефективніше проводити зарядку високим значенням постійного струму.

3 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ЛЕГКОВИХ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ ЗГІДНО КРИТЕРІЇВ ЇХ КОРИСНОСТІ. ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ЛЕГКОВИХ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

3.1 Характеристики основних компонентів електромобілів

Гібридний або електричний автомобіль має дві батареї (рис.3.1): 12-вольтову акумуляторну батарею (англ. 12 V battery): подає електрику на додаткові електричні системи і високовольтну батарею (англ. HV battery англ. High Voltage) яка забезпечує електрикою високовольтні компоненти.

Високовольтна батарея встановлюється в багажнику або під днищем автомобіля. Найбільш поширені хімічні склади високовольтних батарей для електромобілів: нікель-металогідрид (NiMh), літій-іонна (Li-ion).



	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 електричного автомобіля і їх характеристики

Високовольтна батарея складається з наступних компонентів(рис. 3.2): акумуляторні модулі(зберігають електричну енергію), сервісний роз'єм, головне реле, (ізолює високовольтну систему від іншої частини автомобіля), струмовимірювальний датчик, ЕБК батареї.

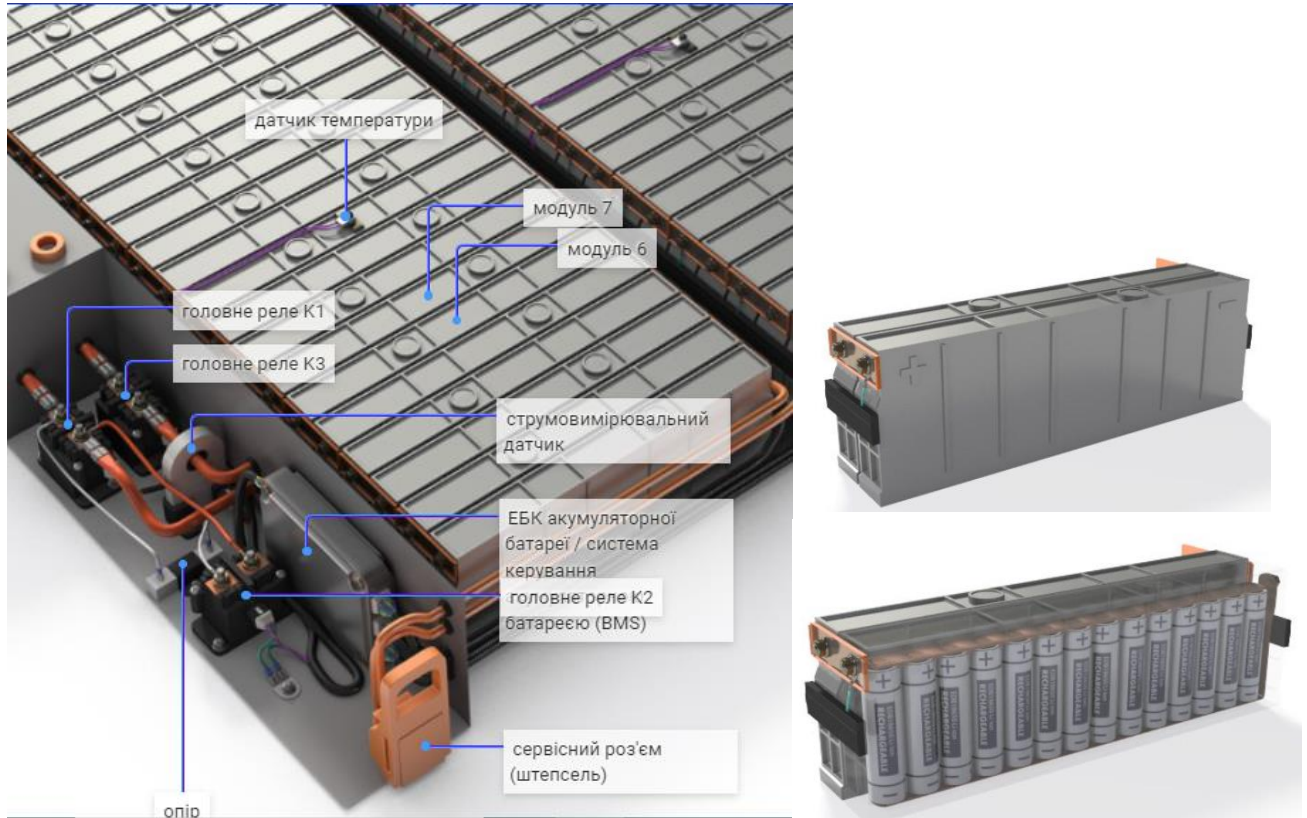


Рисунок 3.2 - Високовольтна батарея

Як і 12-вольтова, високовольтна батарея складається з декількох секцій.

Секції у високовольтній батареї можуть бути з'єднані послідовно і паралельно. Послідовно з'єднані секції збільшують напругу, паралельно збільшують ємність.

Сервісний роз'єм використовується під час ремонту (і в екстрених ситуаціях) для ізоляції високої напруги автомобіля.

Як правило, сервісний роз'єм має помаранчевий колір, що дозволяє його легко ідентифікувати.

Оскільки струм протікає тільки в замкненому ланцюзі, сервісний роз'єм можливо встановити в будь-якому місці між двома модулями.

Два головних реле (рис. 3.3) відокремлюють високовольтну батарею від іншої частини автомобіля шляхом ізоляції плюсового і мінусового полюса.

При використанні третього реле пусковий струм обмежується послідовним підключенням резистора.

Конденсатори в інверторі подають короткий високий зарядний струм при включенні, а послідовний резистор його обмежує.

Щоб відключити головне реле в гібридному або електричному автомобілях, необхідно виконати наступні умови:

- коли запалювання вимкнене, обидва полюси високовольтної батареї повинні бути ізольовані.
- контакти реле повинні бути розімкнуті, тому що комутаційна напруга відсутня.
- в аварійних ситуаціях всі контакти повинні бути розімкнуті.

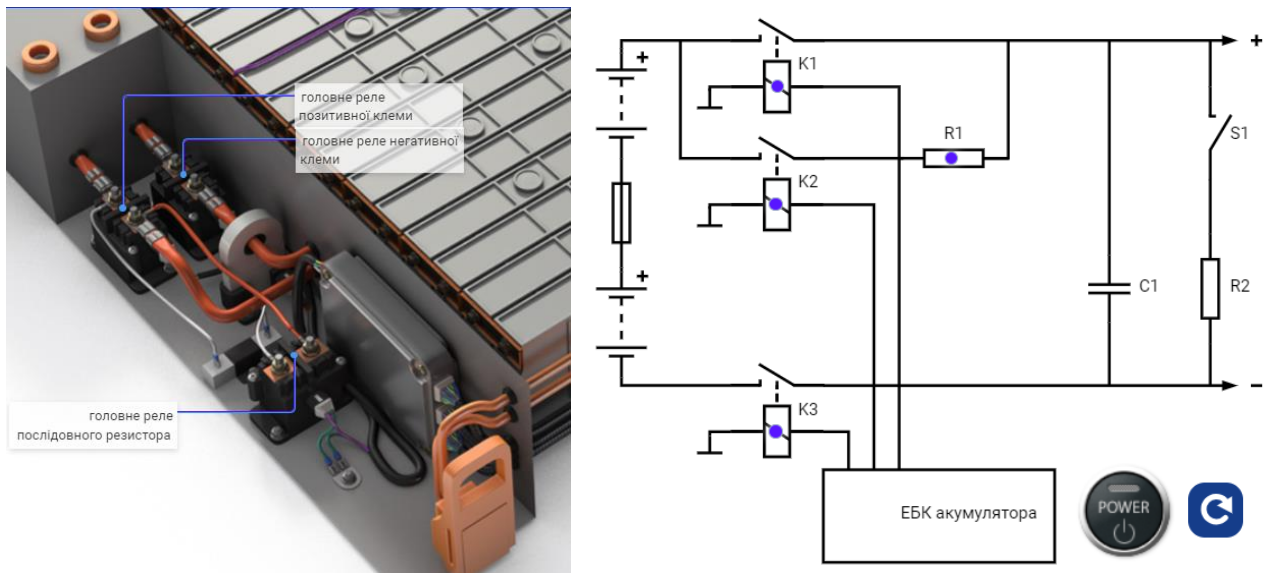


Рисунок 3.3 – Реле батареї.

Струмовимірювальний датчик (рис.3.4) підключається до ЕБК батареї і вимірює вхідний і вихідний струм високовольтної батареї.

Щоб розрахувати кількість енергії у високовольтній батареї, потрібно визначити точне значення сили струму. Кількість енергії у високовольтній батареї називається "станом заряду" (State of Charge, SOC).

Оскільки високовольтна батарея подає пряму напругу, сила струму вимірюється за допомогою датчика на ефекті Холла. Схема підключення: 73: напруга джерела живлення, 74: сигнал датчика на ефекті Холла, 75: заземлення.

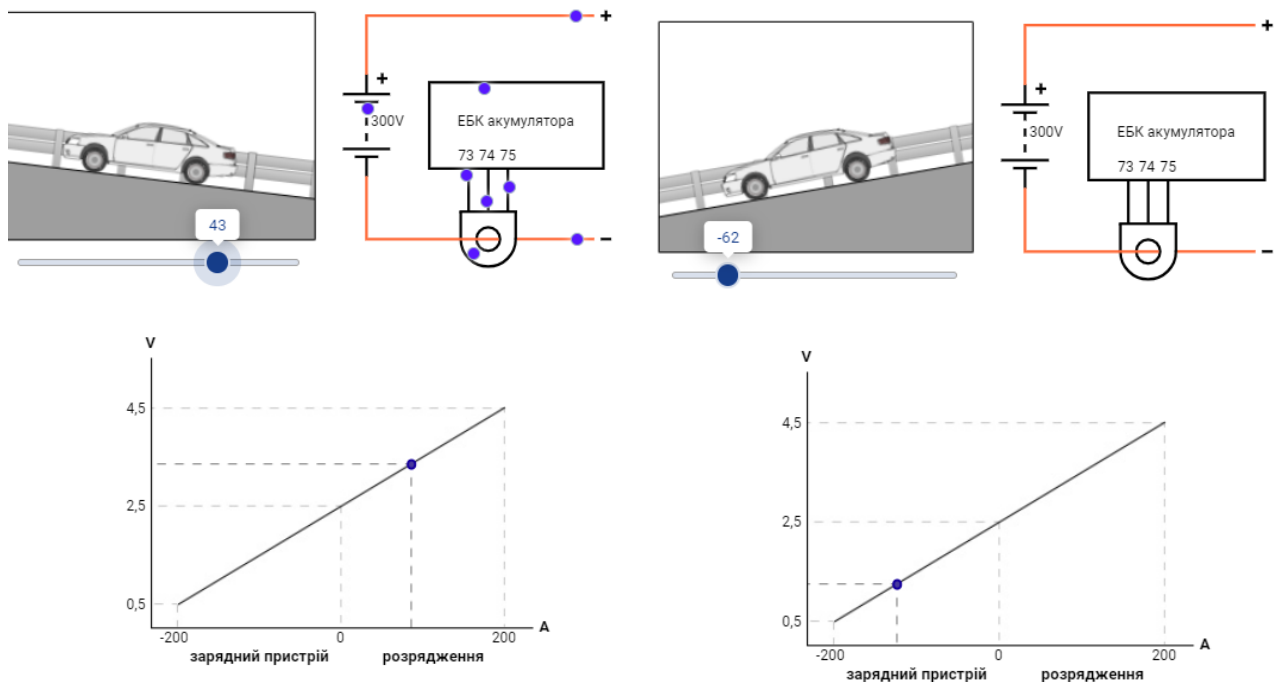


Рисунок 3.4 – Струмвимірювальний сенсор

ЕБК батареї опрацьовує інформацію, щоб забезпечити безперерйну роботу високовольтної батареї.

ЕБК батареї вимірює: температуру високовольтної батареї, температуру охолоджуючого повітря, вхідний і вихідний струм батареї, напругу на модулі.

ЕБК батареї: вирівнює щільність електроліту в секціях, керує вентилятором, визначає стан заряду, обмежує або запобігає розрядженню/зарядженню батареї в разі несправності.

Якщо температура стає занадто високою, високовольтна батарея може втратити потужність і пошкодиться. Щоб цього уникнути, в батареї передбачена система охолодження.

Повітря надходить з салону і подається в простір між модулями, а потім виводиться назовні.

Як правило, температура в автомобілі оптимально підходить для охолодження високовольтної батареї. Також можна охолоджувати батарею за допомогою системи кондиціонування; така система застосовується в повністю електричних автомобілях.

DC/DC перетворювач (рис.3.5) перетворює високу напругу в більш низьку, щоб забезпечити електричну систему автомобіля енергією для зарядки

12-вольтової батареї. DC/DC перетворювач заміняє генератор змінного струму в традиційній машині.

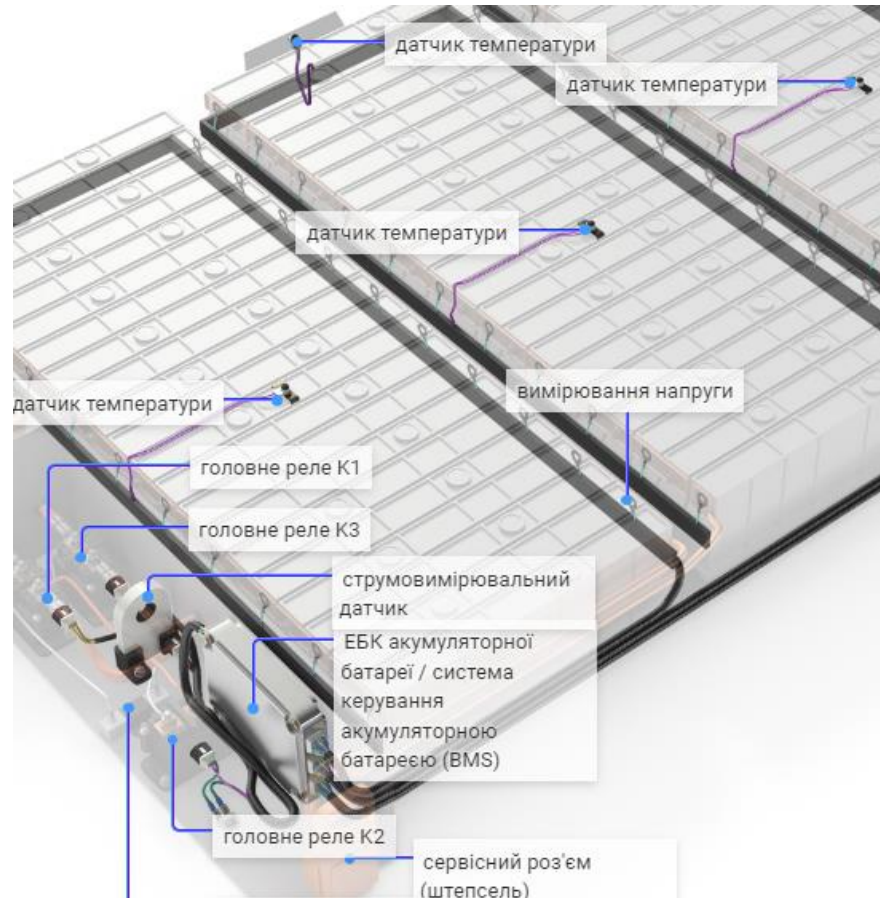


Рисунок 3.4 – ЕБК батареї

Як випливає з назви, перетворювач (конвертер, converter) перетворює високу напругу (DC - постійну напругу) в низьку напругу (DC)

Для перетворення високої напруги в зарядну DC/DC перетворювач виконує наступні кроки: З напруги постійного струму створюється напруга змінного струму. Напруга змінного струму перетворюється в більш низьку напругу змінного струму. Потім отримана низька напруга змінного струму випрямляється.

Електромотор гібридного або електричного автомобіля отримує потужність від трифазної змінної / напруги (AC). Високовольтна батарея забезпечує постійний струм (DC). Для перетворення постійного струму в змінний зі зміною величини напруги використовується спеціальний пристрій: інвертор (рис. 3.6). Інвертор може розпізнати дві ситуації:

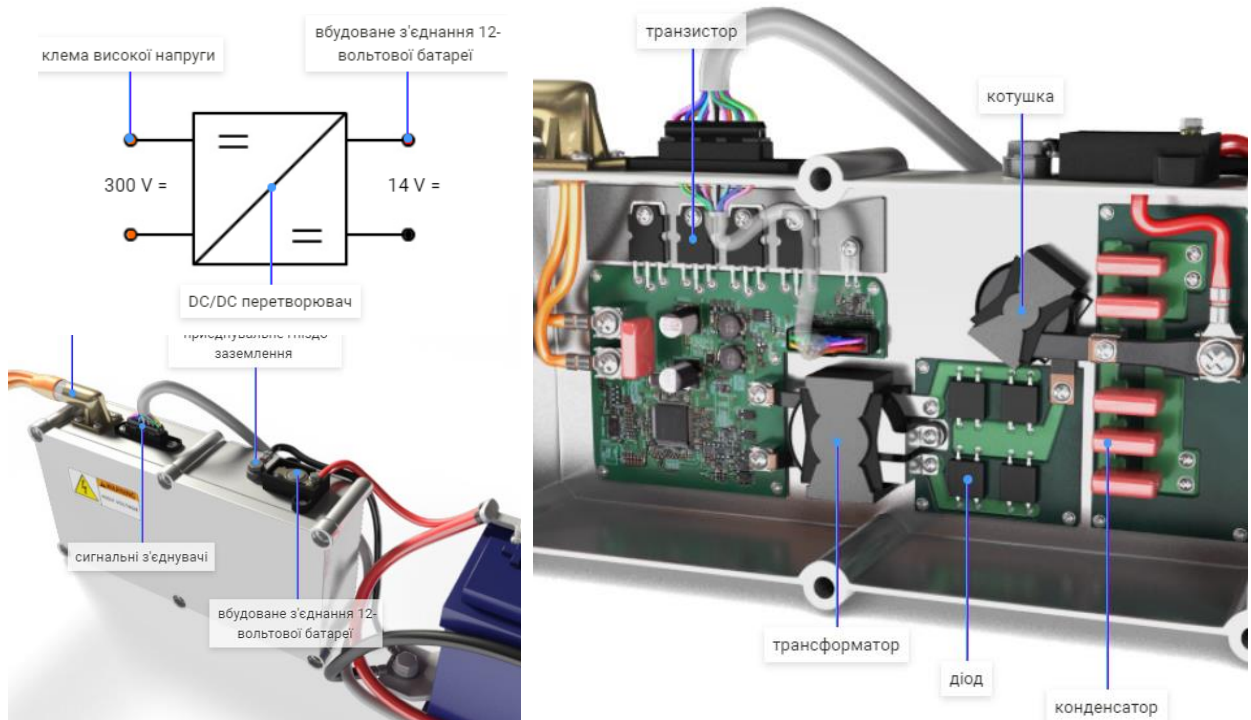


Рисунок 3.5 – DC/DC перетворювач

1. Автомобіль прискорюється. В цьому випадку електромотор працює як двигун, і енергія споживається. Інвертор перетворює постійну напругу високовольтної батареї в трифазну змінну напругу, і таким чином здійснюється привід двигуна.

2. Автомобіль сповільнюється. У даній ситуації електромотор працює як генератор, енергія генерується. Інвертор перетворює трифазну змінну напругу в постійну напругу, і таким чином високовольтна батарея заряджається.

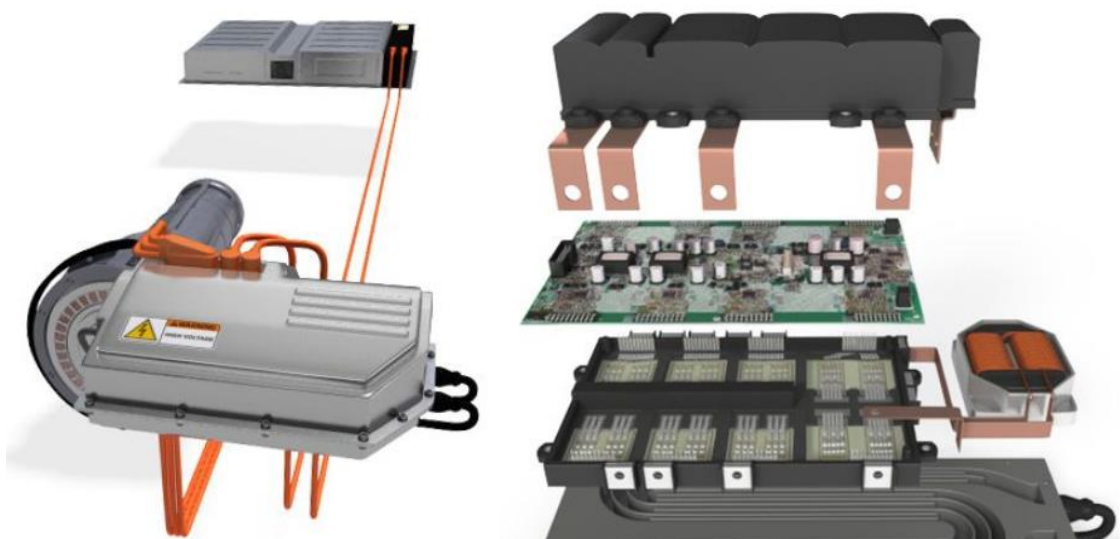


Рисунок 3.6 – Інвертор

Крім високовольтних з'єднань інвертор також має сигнальні виводи для зв'язку з ЕБК гібрида і два з'єднання для охолодження.

Усередині інвертора знаходяться:

- конденсатори фільтрують і вирівнюють напругу
- електронні схеми обробляють інформацію і керують БТІЗ
- БТІЗ (біполярний транзистор з ізольованим затвором) перемикає струм в котушках електромотора
- котушка трансформатора підвищує напругу
- система охолодження охолоджує БТІЗ і котушку трансформатора

Електронні пристрої (рис.3.7) інтерпретують інформацію, яку інвертор отримує від гібридного ЕБК. Інформація передається в якості сигналу на БТІЗ, який забезпечує протікання струму через котушки електродвигуна.

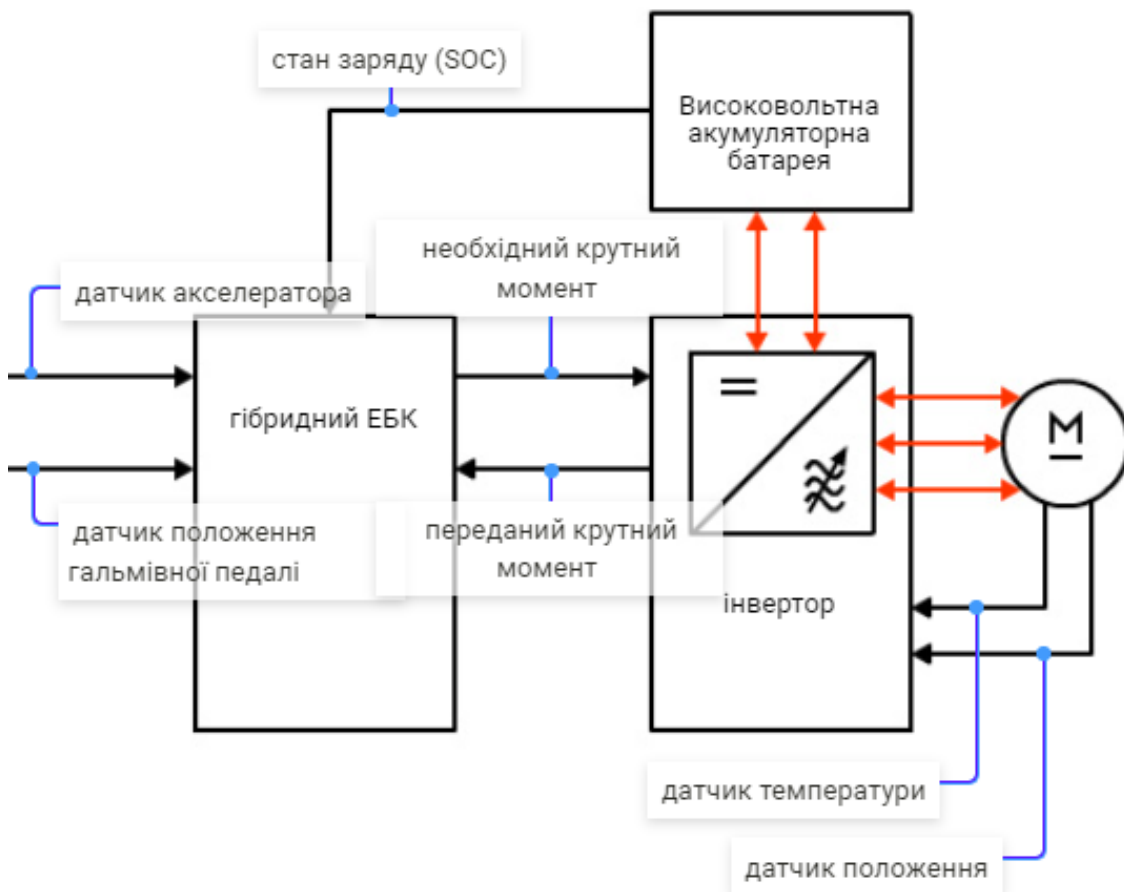


Рисунок 3.7 – Схема роботи інвертора

- Гібридний ЕБК отримує інформацію від водія за допомогою активації педалі газу і педалі гальма.

- Гібридний ЕБК відправляє інформацію про необхідний крутний момент двигуна в інвертор.

- Інвертор відправляє інформацію про крутний момент, що подається назад на ЕБК.

- Також, завдяки датчикам, інвертор отримує інформацію про температуру електродвигуна і положенні ротора.

Синхронний двигун з постійними магнітами (рис. 3.8) (англ. Permanent magnet synchronous motor, PMSM) - це синхронний електродвигун, індуктор якого складається з постійних магнітів. Синхронний двигун змінного струму з постійними магнітами часто використовується для приводу гібридних і електричних автомобілів.



Рисунок 3.8 – Синхронний двигун з постійними магнітами

Синхронний двигун складається зі статора з обмотками і ротора з постійними магнітами.

Даний двигун називається синхронним, тому що частота обертання ротора дорівнює частоті магнітного поля.

Статор сконструйований як блок ламінованих плит з пазами. Пази забезпечують хорошу магнітну провідність. Мідні проводи проходять через ці пази, утворюючи, таким чином, обмотки.

Статор складається з корпусу і сердечника з обмоткою. Найбільш поширені конструкції з двох-і трифазною обмоткою, коли по ній проходить трифазний струм, в статорі створюється обертове магнітне поле.

У роторі обмотки відсутні, оскільки постійні магніти генерують магнітне поле. Ротор складається з декількох магнітів, які разом утворюють кілька полюсів.

У 1887 році винахідник Нікола Тесла в своїй лабораторії створив перший асинхронний двигун з короткозамкненим ротором. Даний тип двигунів має просту і міцну конструкцію, і вимагає відносно невисоких витрат на виробництво.

Асинхронний двигун (рис.3.9) встановлюється в електромобілях, різних пристроях і деяких побутових приладах.

В асинхронному двигуні з короткозамкненим ротором частота обертання ротора менше частоти магнітного поля статора.

Асинхронний двигун перетворює електричну енергію, що подається на обмотки статора, в механічну. Асинхронний двигун також називають індуктивним, тому що перетворення енергії відбувається за допомогою індукції, і, отже, відпадає необхідність використання контактних кілець і вугільних щіток.

Конструкція статора асинхронного двигуна нагадує синхронний трифазний двигун. Мідні провідники в статорі утворюють кілька обмоток, які, в свою чергу, створюють магнітне поле. Коли на обмотки надходить трифазна напруга, в статорі створюється обертове магнітне поле.

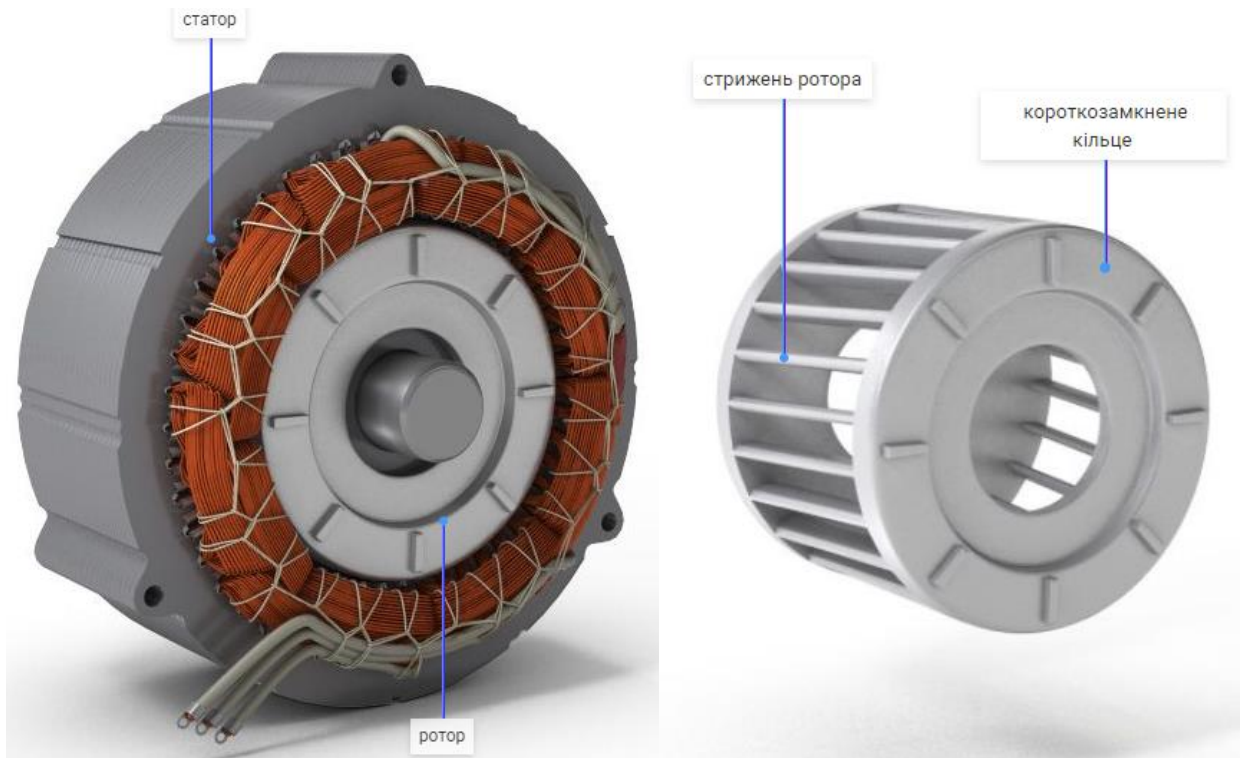


Рисунок 3.9 – Асинхронний двигун і його ротор

Короткозамкнений ротор, також називається сердечником, складається зі стрижнів на короткозамкнутих кільцях з торців.

Кільця і стрижні виготовляються з провідного матеріалу, такого як мідь або алюміній, і разом утворюють кілька обмоток, що дозволяє отримати в статорі струм великої сили.

Між стрижнями знаходиться блок ступінчастих пластин, який покращує провідність магнетизму.

3.2 Аналіз технічних характеристик та вартості електромобілів

Отже ми визначили основні технічні характеристики: питома витрата енергії (кВт·год/км), потужність батареї (кВт·год), дальність ходу(км), потужність двигуна (кВт), час зарядки (год), максимальна швидкість(км/год), розгін (с), регенеративне гальмування.

Тепер потрібно проаналізувати технічні характеристики найпопулярніших на нашому ринку електрокарів (табл.3.1).

Таблиця 3.1 – Характеристики найвідоміших на нашому ринку електрокарів

Марка електро-мобіля	Потужність ел.двигуна, кВт	Напруга АБ, В	Енергія бортової АБ, кВт•год	Дальність Пробігу, км (ЕРА)	Максимальна швидкість, км/год	Звичайний заряд від АС мережі 220В, год	Звичайний заряд від АС мережі 380В, год	Прискорений заряд від мережі DC до 0,8Сн, год	Питома витрата енергії, кВт•год/км	Ціна, від тис дол.
Volkswagen e-Golf 201	СД 100,0		35,8	200	150	7-10	4-5	1,0	0,179	33
Tesla Model 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	2xСД 294,0	390,0	90,0	180	200		1,5	0,68	0,187	65
Hyundai Cona Long-range	Д 150,0	356,0	64,0	420	167	9,6		0,9	0,152	25
Honda clarity electric	АД 120,0	348,0	25,0	142		3,6		0,55	0,178	37
Ford Focus Electric	Д 107,0		33,6	185	135	5		0,5	0,189	29
Fiat 500e	Д 83,0	364,0	24,0	135	141	4			0,178	36
Citroen C-Zero	Д 64,0	330,0	16,0	115	130	6		0,5	0,139	19
BMW i3	СД 125,0	353,0	33,2	250	150	9,4	2,75	1,0	0,133	37

Результати таблиці 3.1. ми можемо побачити у наступному розділі.

Час зарядки електромобіля від мережі 220 В буде залежати від версії автомобіля, його потужності, а також від типу зарядного обладнання, яке ви використовуєте.

Зазвичай час зарядки можна оцінити за допомогою рівня потужності. Наприклад, якщо у Nissan Leaf є батарея з потужністю 40 кВт*год, а ви під'їдете до зарядного пристрою потужністю 3,3 кВт (який може використовувати стандартну домашню розетку), то час зарядки може бути приблизно:

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

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

Варто зауважити, що це лише приклад і є різні варіанти зарядних пристроїв, які можуть мати різні рівні потужності. Більш потужні зарядні пристрої, які використовують стандартні домашні розетки 220 В, можуть зменшити час зарядки. Якщо у вас є конкретні дані щодо версії Nissan Leaf або типу зарядного обладнання, яке ви використовуєте, це може надати більш точну інформацію.

3.3 Аналіз легкових електромобілів згідно критеріїв

Для аналізу й визначення кращого електромобіля і його компоновки складемо табл. 3.2, в якій вертикально відзначимо марки електромобілів, горизонтально їх критерії корисності [2-20].

Для оцінки марок електромобілів і їх характеристик введемо позначення „+”, „-”, „0”, де „+” – позитивна оцінка відносно критерію, „-” – негативна, „0” – середня. Залежно від важливості критерію, будемо оцінювати їх: важливі від 6, 8, 10, середньої важливості – від 4. 5, 6, менш важливі від – 1, 1.5, 2.

До важливих критеріїв корисності щодо вибору електромобіля і його компоновки ми віднесли: ціну, питома витрата енергії, дальність ходу, час зарядки. До середніх критеріїв віднесли: потужність двигуна, енергія батареї, максимальна швидкість, популярність моделі в регіоні, інші будуть меншої

важливості, а саме: розгін, складність ремонту і обслуговування, зручність обслуговування, тип зарядки.

У передостанньому стовпчику таблиці підіб'ємо підсумок балів і визначимо рейтинг, а в останньому стовпчику – ранги.

Таблиця 3.2 – Аналіз електромобілів згідно критеріїв

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

Як видно із таблиці лідерами є Tesla Model 3, Opel Ampera-e, Nissan Leaf.

Розглянемо графіки порівняння їхніх характеристик рисунок 3.10.

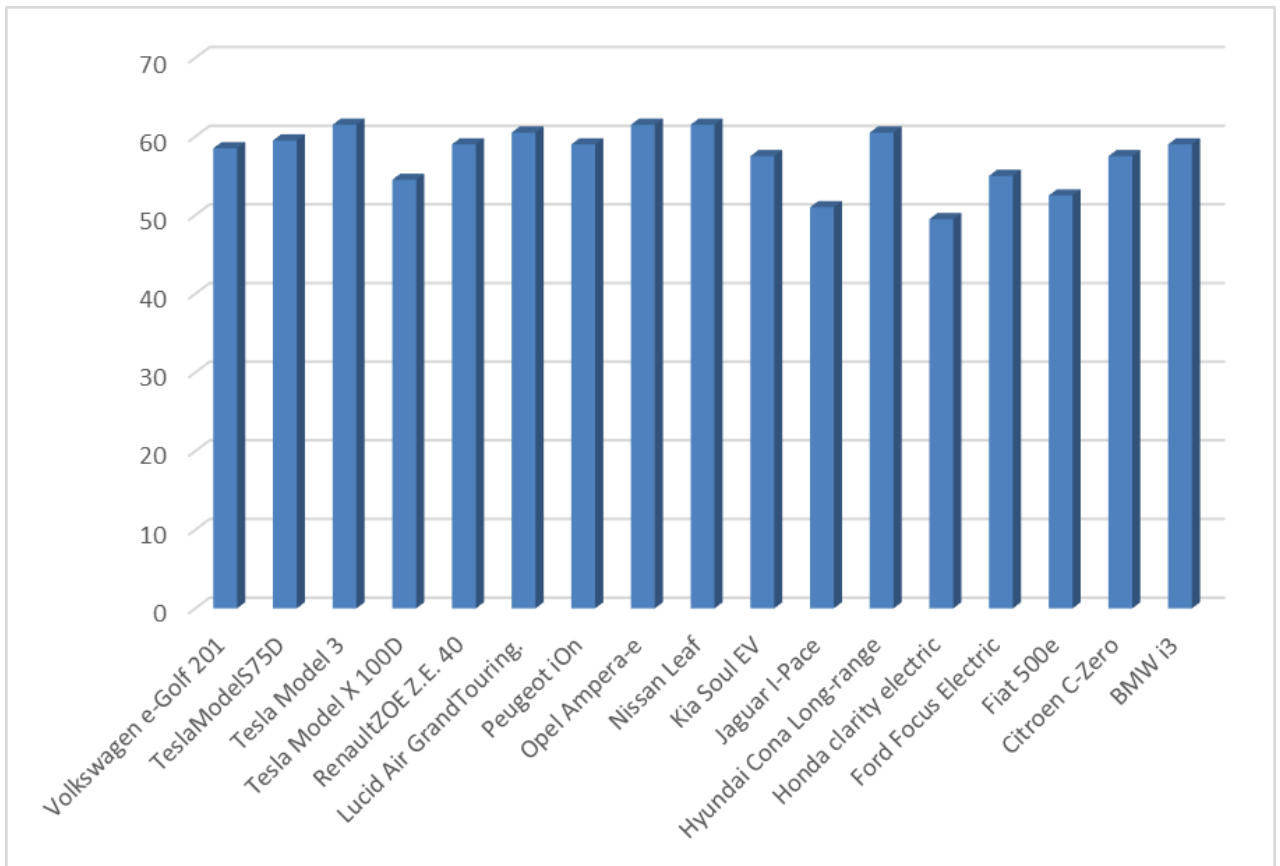


Рисунок 3.10 – Рейтинг електромобілів згідно критеріїв корисності

Як бачимо з рисунка 3.10 лідерами є Tesla Model 3, Opel Ampera-e, Nissan Leaf, ці моделі є в різних цінових категоріях і класах.

Висновки до розділу

Ми розглянули характеристики основних компонентів електромобілів. Це високовольтна батарея вона має найбільше циклів зарядки і найкраще відношення енергія/маса. Високовольтна батарея складається з наступних компонентів (див. рис. 3.2): акумуляторні модулі, сервісний роз'єм, головне реле, струмовимірювальний сенсор, ЕБК батареї. DC/DC перетворювач (див. рис.3.5) перетворює високу напругу в більш низьку. Для перетворення постійного струму в змінний зі зміною величини напруги використовується спеціальний пристрій: інвертор (див. рис. 3.6). Також двигуни: синхронний двигун з постійними магнітами (див. рис. 3.8) і асинхронний двигун (див. рис.3.9) який використовується в електромобілях рідше.

Ми провели аналіз технічних характеристик та вартості електромобілів (див. табл. 3.1) і провели аналіз електромобілів згіднокритеріїв корисності. Автомобілі які оцінювали це: Volkswagen e-Golf 201, TeslaModelS75D, Tesla Model 3, Tesla Model X 100D, RenaultZOE Z.E. 40, Lucid Air GrandTouring, Peugeot iOn, Opel Ampera-e, Nissan Leaf, Kia Soul EV, Jaguar I-Pace, Hyundai Cona Long-range, Honda clarity electric, Ford Focus Electric, Fiat 500e, Citroen C-Zero, BMW i3.

Як бачимо з рисунка 3.10 переможцями оцінювання є Tesla Model 3, Opel Ampera-e, Nissan Leaf, ці моделі є в різних цінових категоріях і класах.

Потрібно проаналізувати їхні схеми і вибрати найкращу схему для живлення електромобіля згідно поставленого завдання.

4 ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ЛЕГКОВИХ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

4.1 Підсумки проведеного аналізу

З таблиці 3.1.ми можемопровести аналіз характеристик електромобілів які ми зібрали. Проаналізуємо основні це питома витрата енергії, кВт•год/км (рис.4.1) дальність ходу, км (рис. 4.2) згідно циклу ЕРА, часзарядки від мережі 220В і швидкої зарядки (рис 4.3) ну і звичайно ціну(рис. 4.4)

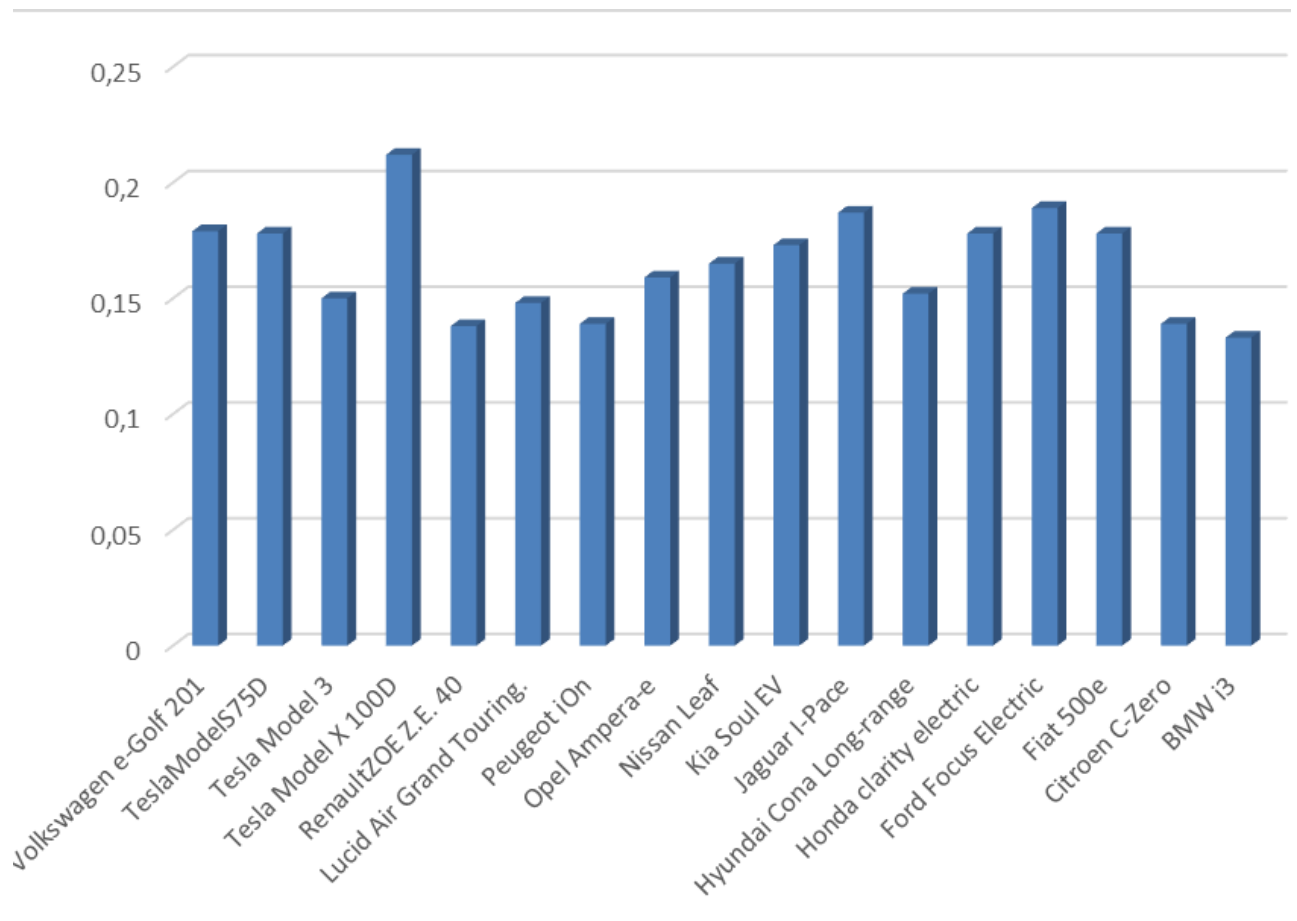


Рисунок 4.1 – Питома витрата енергії, кВт•год/км електромобілів

Як бачимо питома витрата енергії коливається від 0,133 до 0,212 кВт•год/км і немає чіткої залежності. Хоча важчі, більші і представницькі автомобілі зазвичай мають більшу питому витрату енергії.

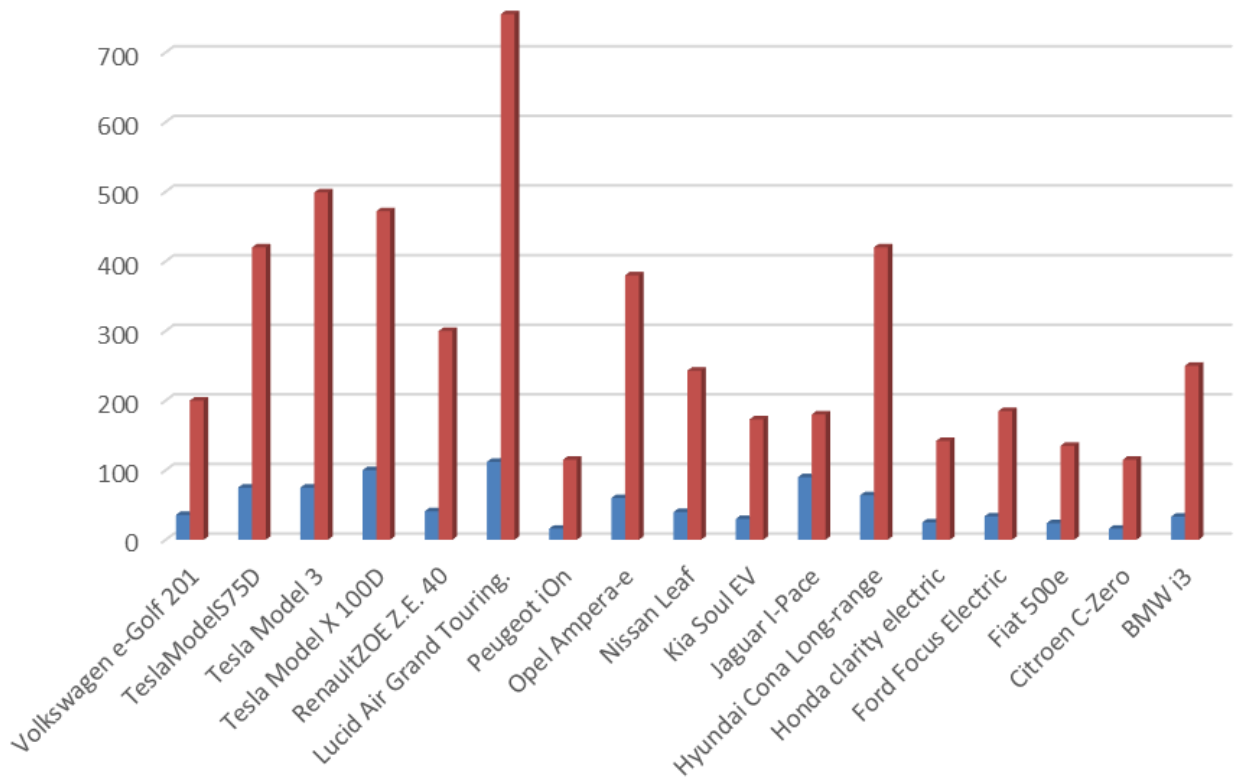


Рисунок 4.2 – Дальність пробігу(км) правий стовпчик і енергія АКБ(кВт*год) лівий стовпчик

Як видно з рисунку 4.2. дальність пробігу майже пропорційна енергії акумулятора.

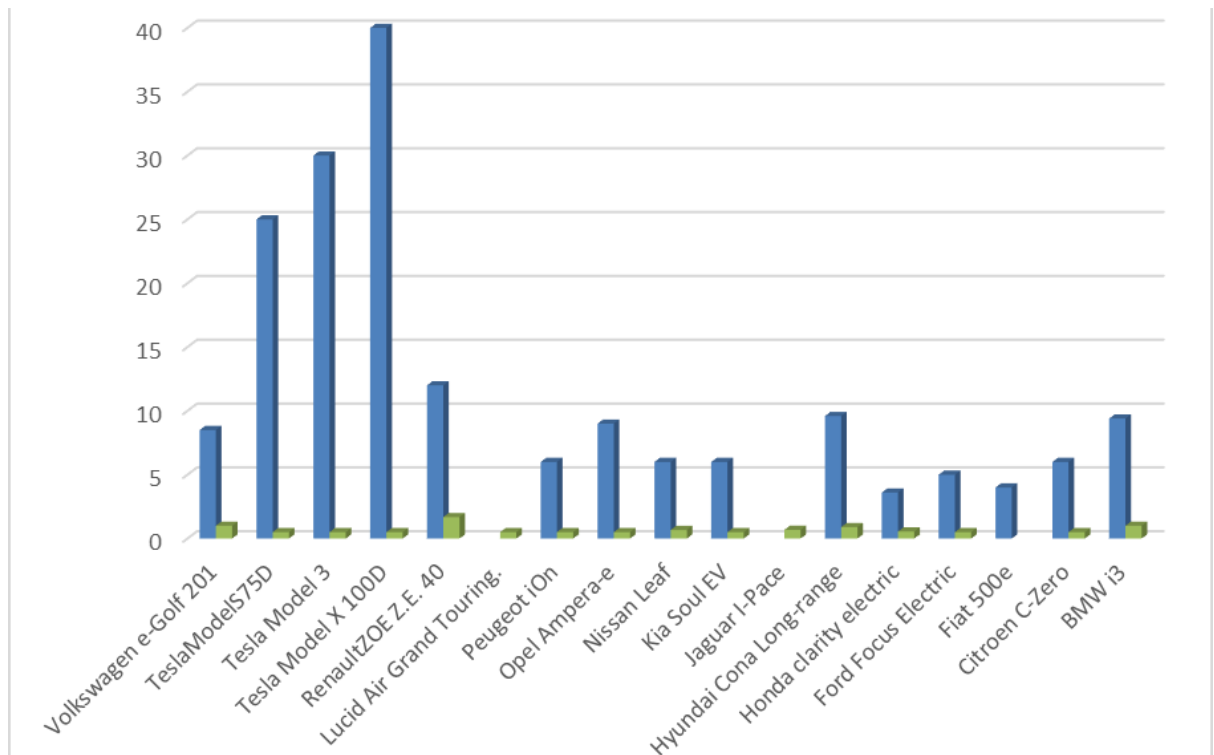


Рисунок 4.3 – Час зарядки від мережі 220В лівий стовпчик і швидкої зарядки правий стовпчик

Час зарядки обмежується типом зарядного пристрою і в різних комплектаціях моделей може бути різним.

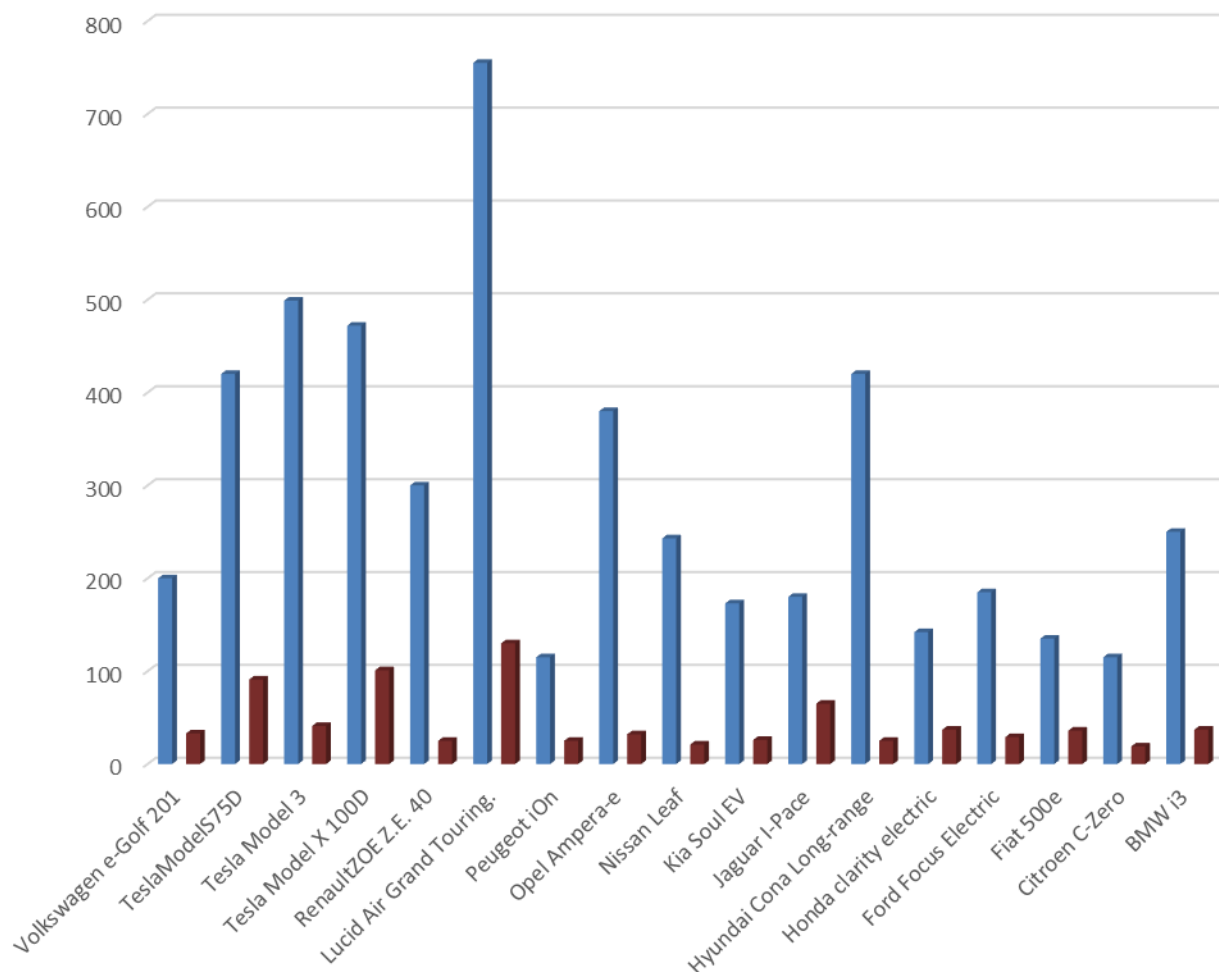


Рисунок 4.4 – Дальність пробігу (км) лівий стовпчик і ціна (тис. дол) правий стовпчик.

Як видно з рисунку 4.4 ми також бачимо залежність дальності пробіг у від ціни електромобіля.

4.2 Обґрунтування кращої системи живлення для легкового електромобіля

Давайте порівняємо схеми наших лідерів Tesla Model 3 (рис. 4.5), Nissan Leaf (рис. 4.6), Opel Ampera-e (рис. 4.7).

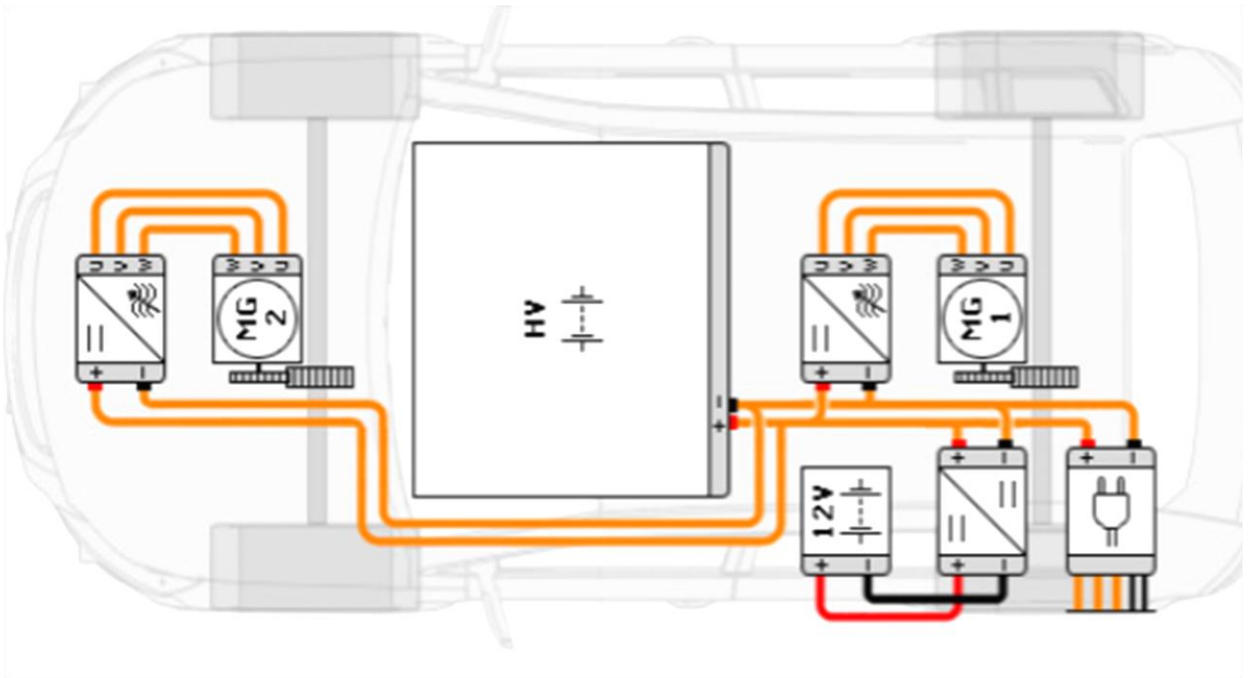


Рисунок 4.5 – Схема Tesla Model 3

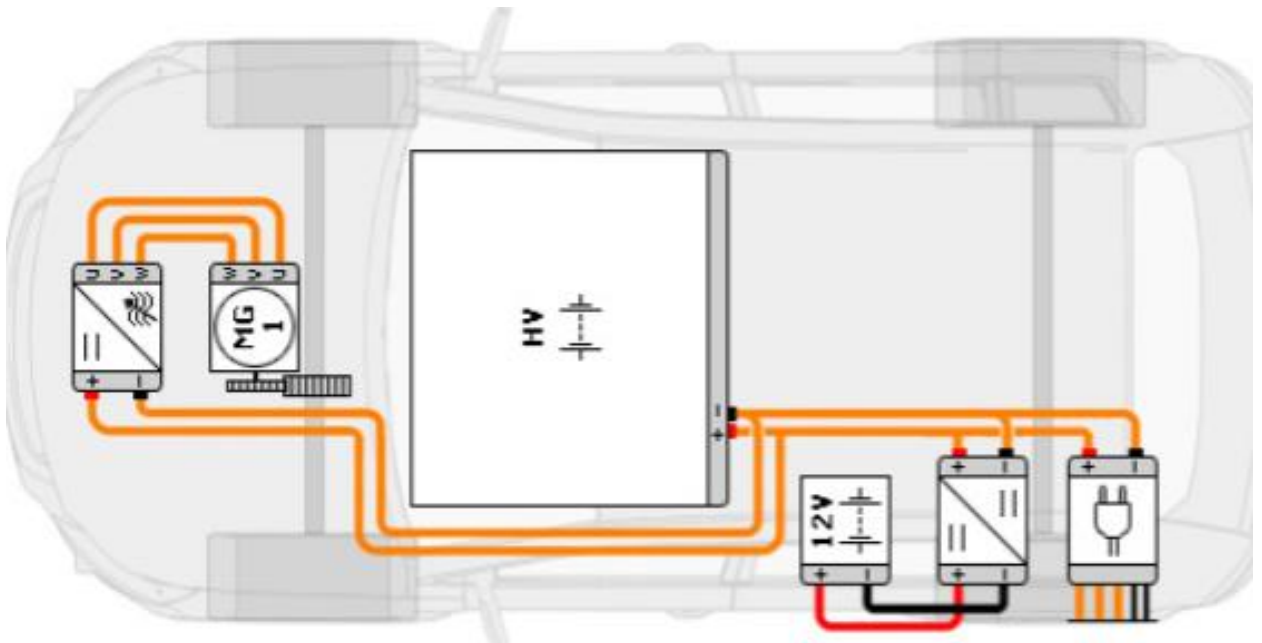


Рисунок 4.6 – Схема Nissan Leaf

Ми бачимо що Nissan Leaf і Tesla мають дуже схожі схеми живлення і приводу.

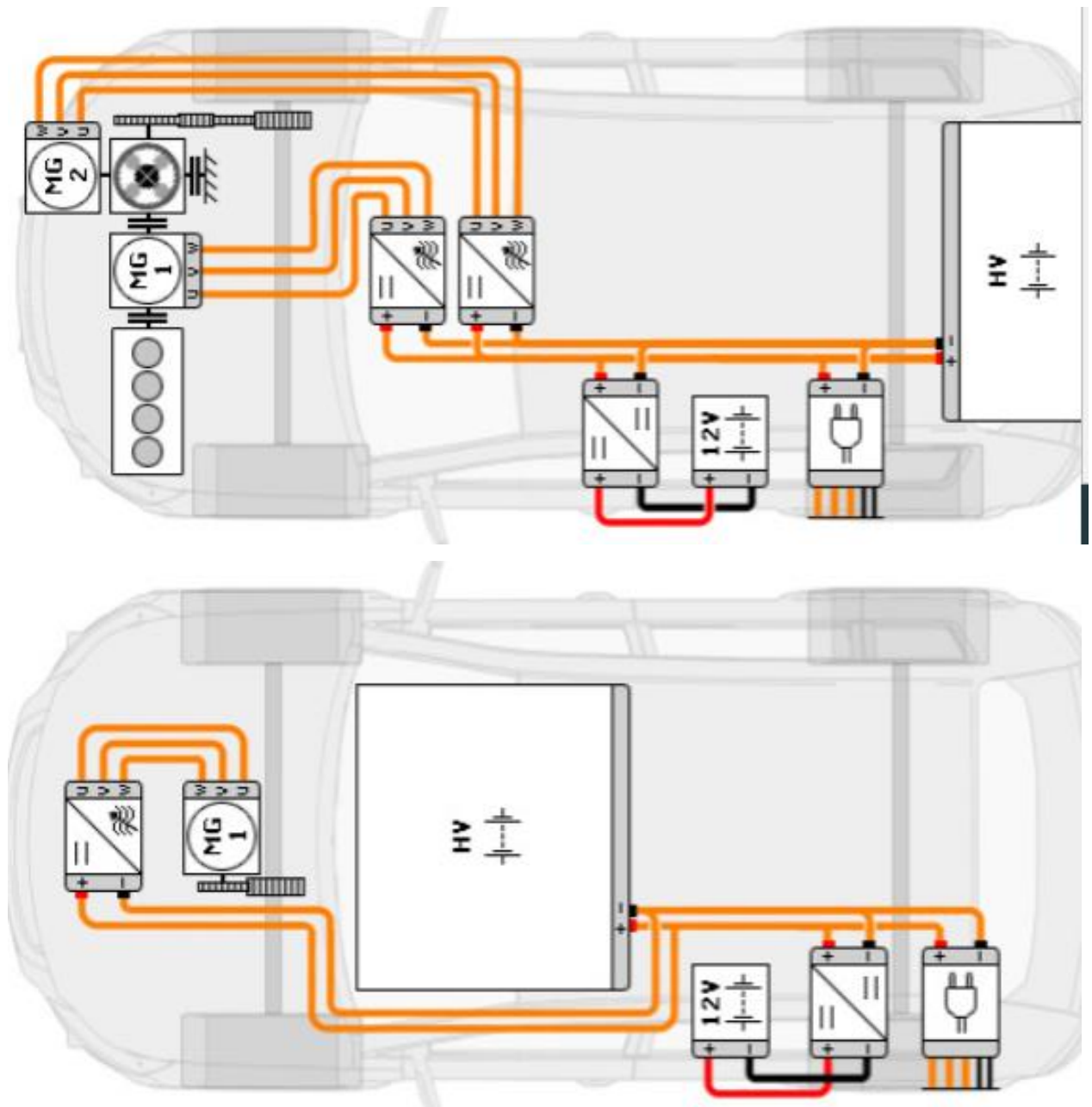


Рисунок 4.7 – Схема Opel Ampera-e(гібрид до 2016р) і електрокар після Як бачимо Opel Ampera-e з гібриду перейшов на повністю електрокар.

Як бачимо всі нашілідери є повністю електрокарами із можливістю зарядки від мережі і швидкої зарядки.

Висновки до розділу

Ми провели аналіз основних показників це питома витрата енергії, кВт•год/км (рис.4.1) дальність ходу, км (рис. 4.2) згідно циклу ЕРА, часзарядки від мережі 220В і швидкої зарядки (рис 4.3) ну і звичайно ціну(рис. 4.4).

Питома витрата енергії коливається від 0,133 до 0,212 кВт•год/км і немає чіткої залежності. Хоча важчі, більші і представницькі автомобілі зазвичай мають більшу питому витрату енергії.

Дальність пробігу майже пропорційна енергії акумулятора.

Час зарядки обмежується типом зарядного пристрою і в різних комплектаціях моделей може бути різним.

Дорожчі автомобілі зазвичай мають більшудальність пробігу, це зумовлено високою вартістю батареї.

Провівши аналіз схеми електрокарів ми бачимо що Nissan Leaf і Tesla мають дуже схожі схеми живлення і приводу як і Opel Ampera-e другого покоління.

Отже оптимальним вибором буде повністю електрокар з якомога більшою і кращою батареєю, меншими витратами на кілометр проїзду і нижчою ціною.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Аналіз травмонебезпечних ситуацій та вимоги безпеки під час експлуатації обладнання

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

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

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

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

Наявність струму на корпусі світильника:

а) відсутність захисного заземлення:

- не виконувалося заземлення;
- пошкоджено захисне заземлення.

б) пошкодження ізоляції :

- відсутність профілактичних заходів;
- неправильна експлуатація.

Дотик обслуговуючого персоналу оголеними частинами тіла до корпусу світильника:

а) недотримання правил техніки безпеки:

- відсутність захисної огорожі;

- недотримання вимог щодо спецодягу обслуговуючого персоналу;
- невиконання правил техніки безпеки;

б) невикористання засобів індивідуального захисту:

- халатність працівника;
- недостатній контроль працівників.

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

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

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

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

Вимоги безпеки до початку роботи:

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

Вимоги безпеки під час роботи :

- Управління роботою освітлення у заданому режимі відбувається автоматично.

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

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

5.2 Планування заходів з покращення охорони праці

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

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

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

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

5.3 Моделювання процесів формування і виникнення небезпечних

ситуацій під час експлуатації обладнання

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

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

Таблиця 5.1 – Ймовірності подій виникнення небезпеки

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

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

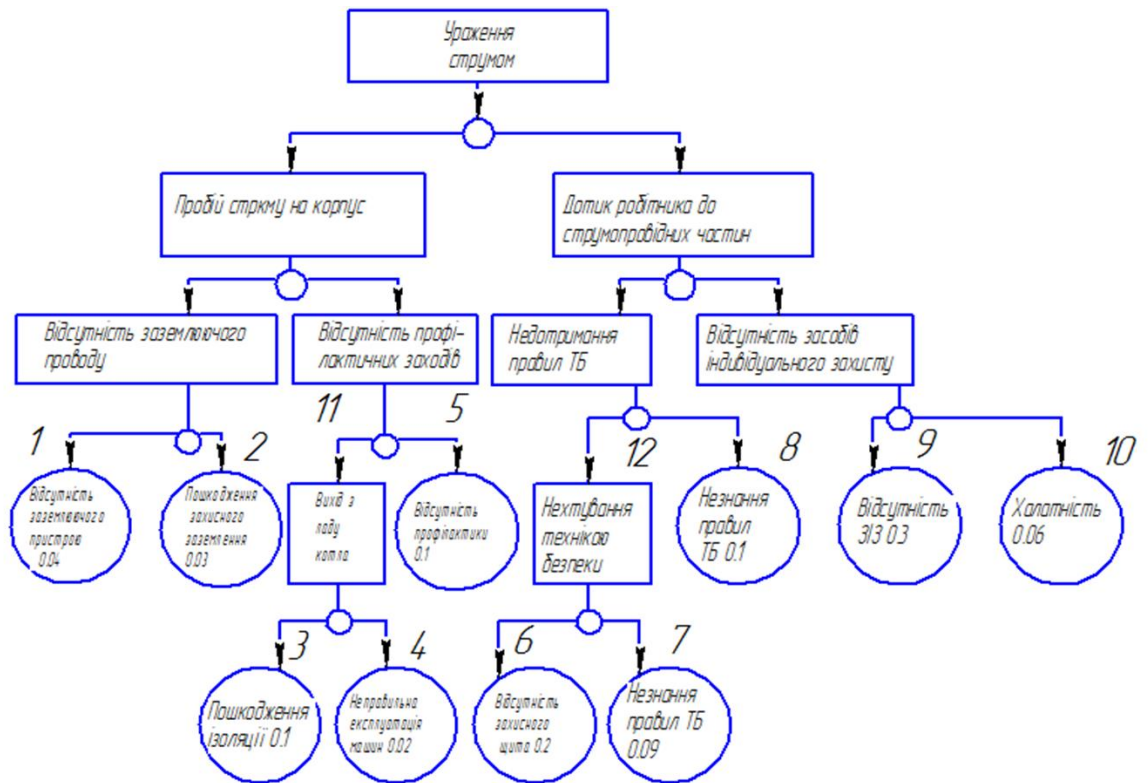


Рисунок 5.1 – Логіко імітаційна модель процесу виникнення травм при роботі з електрообладнанням.

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 Безпека в 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: «Обґрунтування полегшеної системи живлення електромобіля» було досягну такі висновки і результати.

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 оптимальну систему живлення для легкових електромобілів.

Ми визначили що електромобілі можна розділити на: напівгібрид, повний гібрид, підключаємий гібрид, електромобіль зі збільшеним пробігом, електричний автомобіль.

Основними компонентами електромобіля є: електромотор/генератор, високовольтна батарея, інвертор, DC/DC перетворювач, внутрішній зарядний пристрій.

Згідно з прогнозами до 2030 року, можна очікувати збільшення ринку електромобілів до понад 0,5 мільйона одиниць. Це зростання вимагатиме відповідного розвитку інфраструктури, зокрема станцій швидкого заряду, розташованих як поруч з магістралями (для міжміських маршрутів), так і у містах та їхніх околицях.

Для аналізу електромобілів ми визначили їх технічні, експлуатаційні і ергономічні характеристики. Такими на нашу думку будуть: потужність батареї (кВт·год), дальність ходу (км), потужність двигуна (кВт), час зарядки (год), швидкість (км/год), розгін(с), регенеративне гальмування.

Додатковими факторами є: ціна електромобіля яка коливається в межах від 20 тис у.о. до 160 тис у.о [5], популярність моделі в регіоні, складність ремонту і обслуговування, зручність обслуговування.

Наступним фактивним фактором буде тип зарядки, наявність зарядних станцій і зручність зарядки. Ми провели аналіз систем зарядки.

Визначення запасу ходу базується на проведенні спеціальних циклів тестування, таких як NEDC, WLTP та EPA.

Провівши моделювання заряду електрокара різними струмами з різною силою струму ми отримали результат часу зарядки для проїзду 100 км від 10 хв до 11 годин (652 хв), різниця у 7 разів. Найефективніше проводити зарядку високим значенням постійного струму.

Ми розглянули характеристики основних компонентів електромобілів. Це високовольтна батарея вона має найбільше циклів зарядки і найкраще відношення енергія/маса. Високовольтна батарея складається з наступних компонентів (див. рис. 3.2): акумуляторні модулі, сервісний роз'єм, головне реле, струмовимірювальний сенсор, ЕБК батареї. DC/DC перетворювач (див. рис.3.5) перетворює високу напругу в більш низьку. Для перетворення постійного струму в змінний зі зміною величини напруги використовується спеціальний пристрій: інвертор (див. рис. 3.6). Також двигуни: синхронний двигун з постійними магнітами (див. рис. 3.8) і асинхронний двигун (див. рис.3.9) який використовується в електромобілях рідше.

Ми провели аналіз технічних характеристик та вартості електромобілів (див. табл. 3.1) і провели аналіз електромобілів згідно критеріїв корисності. Автомобілі які оцінювали це: Volkswagen e-Golf 201, Tesla Model S 75D, Tesla Model 3, Tesla Model X 100D, Renault ZOE Z.E. 40, Lucid Air Grand Touring, Peugeot iOn, Opel Ampera-e, Nissan Leaf, Kia Soul EV, Jaguar I-Pace, Hyundai Cona Long-range, Honda clarity electric, Ford Focus Electric, Fiat 500e, Citroen C-Zero, BMW i3.

Як бачимо з рисунка 3.10 переможцями оцінювання є Tesla Model 3, Opel Ampera-e, Nissan Leaf, ці моделі є в різних цінових категоріях і класах.

Потрібно проаналізувати їхні схеми і вибрати найкращу схему для живлення електромобіля згідно поставленого завдання.

Ми провели аналіз основних показників це питома витрата енергії, кВт•год/км (рис.4.1) дальність ходу, км (рис. 4.2) згідно циклу EPA,

часзарядки від мережі 220В і швидкої зарядки (рис 4.3) ну і звичайно ціну(рис. 4.4).

Питома витрата енергії коливається від 0,133 до 0,212 кВт•год/км і немає чіткої залежності. Хоча важчі, більші і представницькі автомобілі зазвичай мають більшу питому витрату енергії.

Дальність пробігу майже пропорційна енергії акумулятора.

Час зарядки обмежується типом зарядного пристрою і в різних комплектаціях моделей може бути різним.

Дорожчі автомобілі зазвичай мають більшудальність пробігу, це зумовлено високою вартістю батареї.

Провівши аналіз схеми електрокарів ми бачимо що Nissan Leaf і Tesla мають дуже схожі схеми живлення і приводу як і Opel Ampera-e другого покоління.

Отже оптимальним вибором буде повністю електрокар з якомога більшою і кращою батареєю, меншими витратами на кілометр проїзду і нижчою ціною.

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

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