

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: “Підвищення техніко - економічних показників
ефективності використання електричних батарей
електромобілів.”

Виконав: студент IV курсу групи Ат-41
Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”

(шифр і назва)

Віталій ХАХУЛА

(ім'я та прізвище)

Керівник: Степан ХІМКА

(ім'я та прізвище)

Дубляни 2024

УДК 629.113.066.

РЕФЕРАТ

Хахула В. І. «Підвищення техніко - економічних показників ефективності використання електричних батарей електромобілів». – Кваліфікаційна робота. Кафедра автомобілів та тракторів. - Дубляни, -Львівський НУП, 2024. 56 с. текст. 4 част. 21 рис., 8 табл., бібл. 22.

У першому розділі розглянуто проблеми переходу від ДВЗ до електромобілів, а також розглянуті види електромобілів і їх будова.

У другому розділі розглянуто основні характеристики компонентів електромобілів.

У третьому розділі проведено аналіз батарей електромобілів їх заряджання і розряджання.

Перевищення струму заряду або розряду може негативно вплинути на літій-іонну батарею типу NCR, яка використовується в електромобілях Tesla та інших. Важливо збалансувати і контролювати струм під час зарядки та розряду для збереження оптимальної тривалості служби і безпеки батареї

Отже, для забезпечення довговічності і безпеки літій-іонних батарей важливо дотримуватися рекомендацій виробника щодо струмів заряду і розряду, а також використовувати системи управління батареєю, які контролюють ці параметри.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕМИ РОБОТИ.....	
1.1 Проблеми переходу від ДВЗ до електромобілів	10
1.2 Види електромобілів і їх склад	12
1.3 Обґрунтування теми досліджень.....	15
2 АНАЛІЗ БУДОВИ ТА СКЛАДОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ	
2.1 Складові компоненти електромобілів.....	18
2.2 Основні характеристики електромобілів.....	26
2.3 Додаткові характеристики електромобілів	31
2.4 Визначення найважливіших параметрів використання електромобілів	33
3 АНАЛІЗ ТЕХНІКО - ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ БАТАРЕЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ	
3.1 Порівняння характеристик акумуляторних батарей різних типів	36
3.2 Перевищенні верхньої межі напруги заряджання	39
3.3 Характеристики зовнішніх зарядних станцій	42
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	
4.1 Аналіз травмонебезпечних ситуацій та вимоги безпеки під час експлуатації електричного обладнання.....	47
4.2 Планування заходів з покращення охорони праці.....	49

4.3	Моделювання процесів формування і виникнення небезпечних ситуацій під час	52
4.4	Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	53
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	54
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	55

ВСТУП

Електромобілі мають низку переваг, які роблять їх привабливими для споживачів та сприяють зростанню їх популярності.

Електромобілі не викидають в атмосферу шкідливих газів, таких як вуглекислий газ, оксиди азоту та інші забруднювачі, що сприяє покращенню якості повітря та зниженню рівня шуму в містах.

Електромотори мають вищий ККД (коефіцієнт корисної дії) порівняно з традиційними двигунами внутрішнього згоряння. Вони перетворюють більшу частину електроенергії на рух.

Витрати на електроенергію зазвичай нижчі, ніж на бензин чи дизель. Крім того, електромобілі мають менше рухомих частин, що знижує витрати на технічне обслуговування та ремонт.

Електромобілі працюють значно тихіше, ніж автомобілі з двигунами внутрішнього згоряння, що зменшує рівень шуму в містах.

У багатьох країнах існують програми субсидій та податкових пільг для покупців електромобілів, що робить їх купівлю більш привабливою.

Постійно збільшується кількість зарядних станцій, що робить користування електромобілями зручнішим.

Багато сучасних електромобілів оснащені передовими технологіями, такими як автопілот, системи допомоги водієві, інтелектуальні інформаційно-розважальні системи та інше.

Використання електромобілів сприяє зниженню залежності від викопного палива, що позитивно впливає на енергетичну безпеку та економіку.

Зменшення забруднення повітря та шуму сприяє покращенню здоров'я та загального добробуту населення.

Електромобілі можуть заряджатися від відновлюваних джерел енергії (сонячні, вітрові, гідроелектростанції), що робить їх ще більш екологічно чистими.

Завдяки цим перевагам електромобілі стають все більш популярними, сприяючи переходу до сталого та екологічно чистого транспорту.

Актуальність електробатарей для електромобілів стрімко зростає через кілька ключових причин:

Електромобілі не виробляють викидів CO₂ під час роботи, що значно зменшує загальне забруднення повітря та вплив на зміну клімату.

Електродвигуни мають вищу енергоефективність порівняно з бензиновими чи дизельними двигунами. Це означає, що вони використовують менше енергії для того, щоб здійснити ту саму роботу.

Протягом останніх років відбувся значний прогрес у технології акумуляторів. З'явилися нові типи батарей з більшою ємністю, швидшим зарядженням та довшим терміном служби.

Завдяки масовому виробництву та технологічному розвитку вартість акумуляторів знижується, що робить електромобілі більш доступними для споживачів.

Багато країн пропонують субсидії та податкові пільги для покупців електромобілів, а також інвестують в інфраструктуру для зарядки, що сприяє зростанню популярності електромобілів.

Електромобілі дозволяють зменшити залежність від нафти, що має важливе значення для енергетичної безпеки та стабільності цін на паливо.

Розвиваються методи утилізації та переробки відпрацьованих батарей, що зменшує екологічний вплив виробництва та використання електробатарей.

Загалом, розвиток та вдосконалення електробатарей є ключовим фактором у переході до більш сталого та екологічно чистого транспорту. [2, 4].

1 АНАЛІЗ ПРОБЛЕМ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ. ОБГРУНТУВАННЯ ТЕМИ РОБОТИ

1.1 Проблеми переходу від ДВЗ до електромобілів

Перехід від транспорту з двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ) до електромобілів (EV) є складним і багатоступеневим процесом, що включає різні економічні, технологічні, соціальні та політичні аспекти. Ось як цей перехід відбувається.

Основним двигуном переходу є розвиток технологій акумуляторних батарей. Підвищення енергоємності, зменшення часу зарядки та збільшення тривалості служби батарей роблять електромобілі більш привабливими для споживачів.

Масове виробництво та технологічні інновації сприяють зниженню вартості батарей та електромобілів в цілому, роблячи їх доступнішими.

Будівництво мережі зарядних станцій, включаючи швидкі зарядні станції, є критично важливим для підтримки зростаючого парку електромобілів.

Розвиток "розумних" мереж, які можуть керувати попитом та пропозицією електроенергії, а також інтеграція відновлюваних джерел енергії.

Багато урядів пропонують фінансові стимули для покупців електромобілів, такі як субсидії, податкові пільги та безкоштовні зарядки.

Запровадження стандартів викидів, заборона на продаж нових автомобілів з ДВЗ до певної дати та інші нормативні акти, що стимулюють використання електромобілів.

Менші витрати на паливо та технічне обслуговування порівняно з автомобілями з ДВЗ.

Створення нових робочих місць у галузях виробництва батарей, зарядних станцій, програмного забезпечення та інших суміжних сферах.

Зростання екологічної свідомості та бажання зменшити свій вуглецевий слід стимулює покупців вибирати електромобілі.

Адаптація до нових технологій зарядки та планування поїздок з урахуванням наявності зарядних станцій.

Висока початкова вартість електромобілів, яка все ще є бар'єром для багатьох споживачів.

На ринку все ще обмежений вибір моделей електромобілів у різних сегментах.

Недостатня кількість зарядних станцій у деяких регіонах, особливо у віддалених та сільських місцевостях.

Подальший розвиток технологій, таких як твердотільні батареї, бездротова зарядка та автономні транспортні засоби.

Очікується, що до середини 2030-х років більшість нових автомобілів будуть електричними, а парк автомобілів з ДВЗ поступово зменшуватиметься.

Перехід від транспорту з ДВЗ до електромобілів є невідворотним процесом, що вимагає злагоджених дій з боку урядів, бізнесу та суспільства.

Згідно з аналізом (рис. 1.1) прогнозу розвитку світового ринку електромобілів, враховуючи динаміку останніх п'яти років, розроблено прогноз розвитку легкових електричних транспортних засобів в Україні (рис. 1.2). Під час формулювання цього прогнозу були враховані загальні тенденції та прогнози світового ринку. За прогнозами, до 2030 року очікується зростання ринку електромобілів в Україні до понад 0,5 мільйона одиниць. Це зростання вимагатиме розвитку відповідної інфраструктури, зокрема станцій швидкої зарядки, розташованих як вздовж магістралей для міжміських маршрутів, так і у містах та їх околицях. Крім того, важливим буде впровадження програм державної підтримки та стимулів для покупців електромобілів, а також підвищення обізнаності населення про переваги електричного транспорту [4]

Крім того, важливим буде впровадження програм державної підтримки та стимулів для покупців електромобілів, таких як субсидії, податкові пільги та зниження митних зборів на ввезення електромобілів. Інтеграція електромобілів в транспортну систему країни потребуватиме оновлення

законодавчої бази, зокрема щодо стандартів зарядної інфраструктури та безпеки експлуатації.

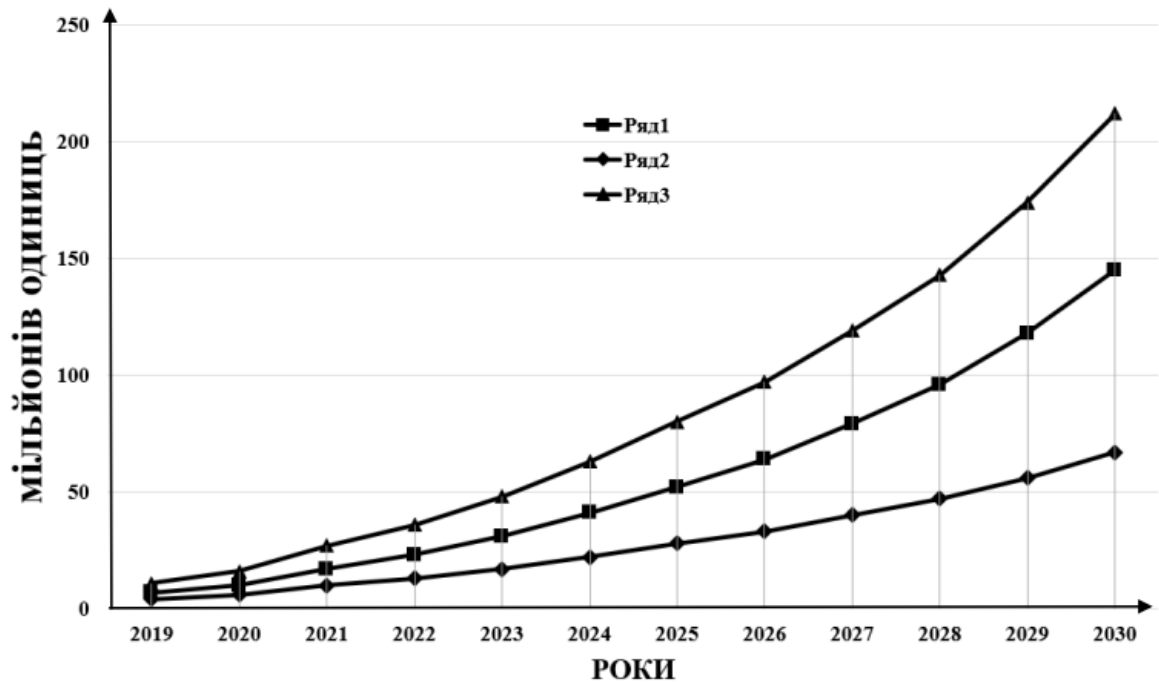


Рисунок 1.1 – Прогноз розвитку електромобілів в світі з 2019 до 2030 року: 1 - повністю електричних (EV); 2 - підзаряджуваних гібридів (PHEV); 3 – сумарний показник

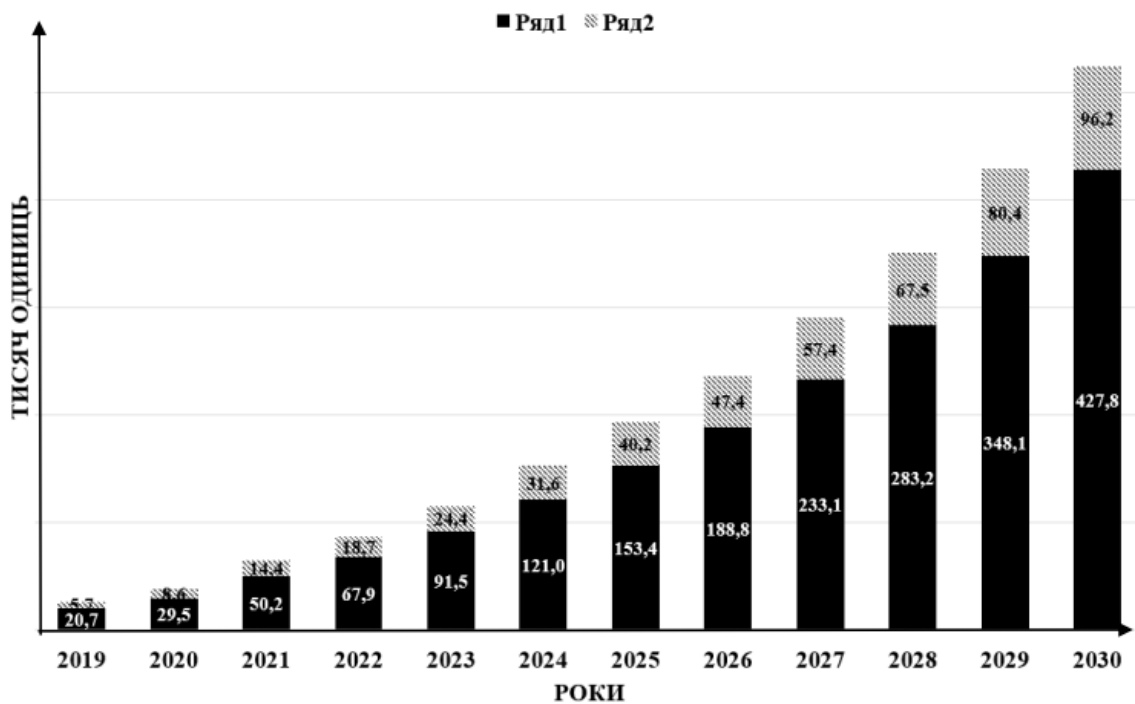


Рисунок 1.2 – Прогноз легкових електро мобілів в Україні до 2030 року: 1 - повністю електричних (EV); 2 - підзаряджуваних гібридів (PHEV); ряд 3 – сумарний показник

Також необхідно буде інвестувати в освітні програми та інформаційні кампанії для підвищення обізнаності населення про переваги електромобілів та їхній позитивний вплив на довкілля. Важливою складовою стане розвиток сервісної інфраструктури, яка включатиме технічне обслуговування та ремонт електромобілів, навчання спеціалістів з обслуговування електричних транспортних засобів.

Успішна реалізація цього плану сприятиме не лише зниженню рівня забруднення повітря, але й підвищенню енергетичної незалежності країни, створенню нових робочих місць та стимулюванню інновацій у галузі відновлюваної енергетики.

1.2 Види електромобілів і їх склад

Електромобілі можна розділити на кілька категорій (рис. 1.3): напівгібрид, повний гібрид, підключаємий гібрид, електромобіль з подовженим пробігом та повністю електричний автомобіль.

Термін "гібрид" означає "поєднання" або "комбінація", зокрема різних технологій для керування транспортним засобом. У гібридних автомобілях (рис. 1.4) двигун внутрішнього згоряння (ДВЗ) поєднаний з електромотором, і вони разом приводять автомобіль у рух.

Складові частини гібридних та електромобілів:

Електромотор/генератор. Виконує функції приводу автомобіля та може генерувати електроенергію під час гальмування (рекуперативне гальмування).

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

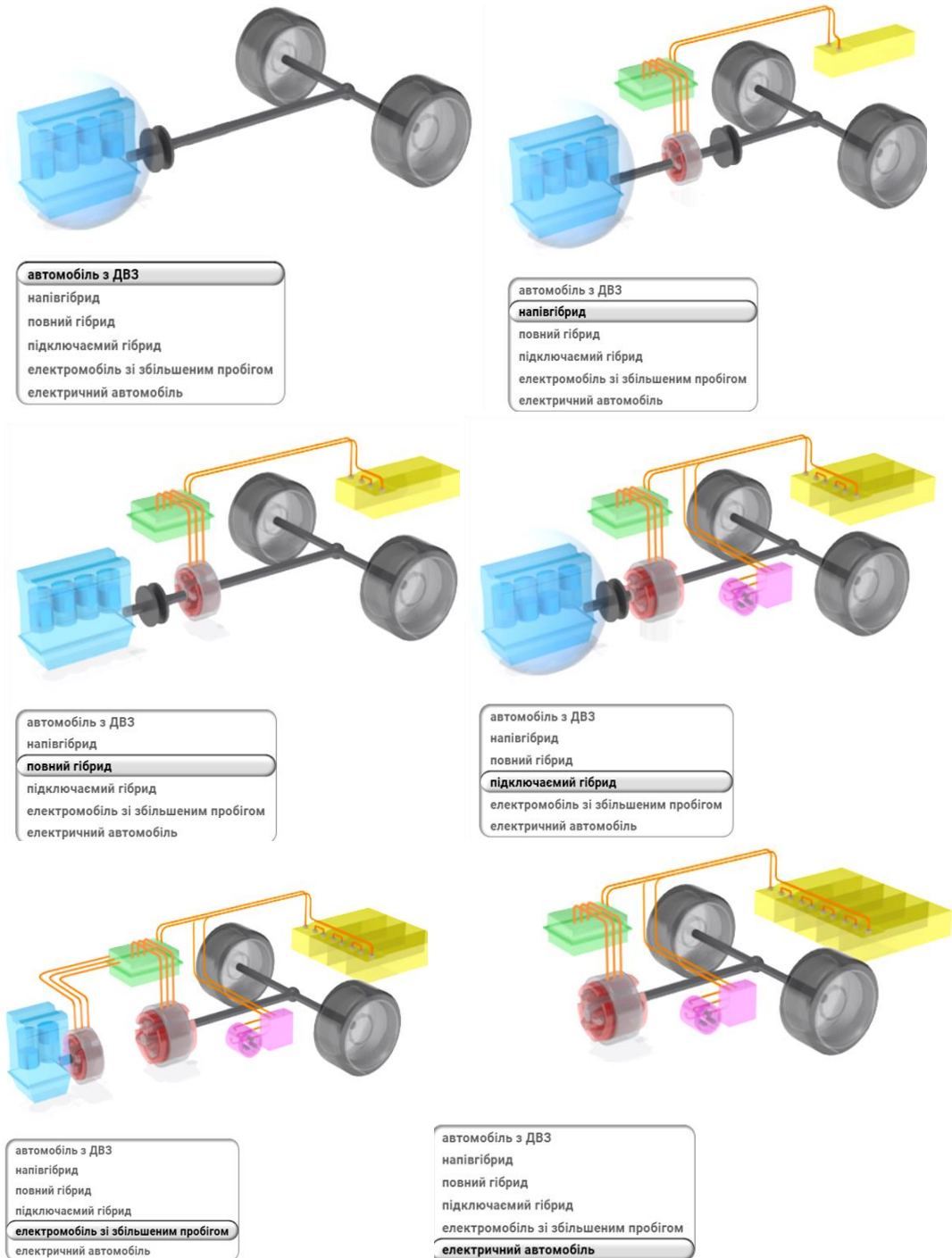


Рисунок 1.3 – Типи електричних автомобілів.

Вбудований зарядний пристрій. Забезпечує зарядку високовольтної батареї від зовнішнього джерела електроенергії, що дозволяє заряджати автомобіль від домашньої електромережі або публічних зарядних станцій.

DC/DC перетворювач. Перетворює високу напругу для заряджання 12-вольтового акумулятора, замінюючи стандартний генератор змінного струму в традиційних автомобілях. Це забезпечує живлення бортової електроніки та інших систем.

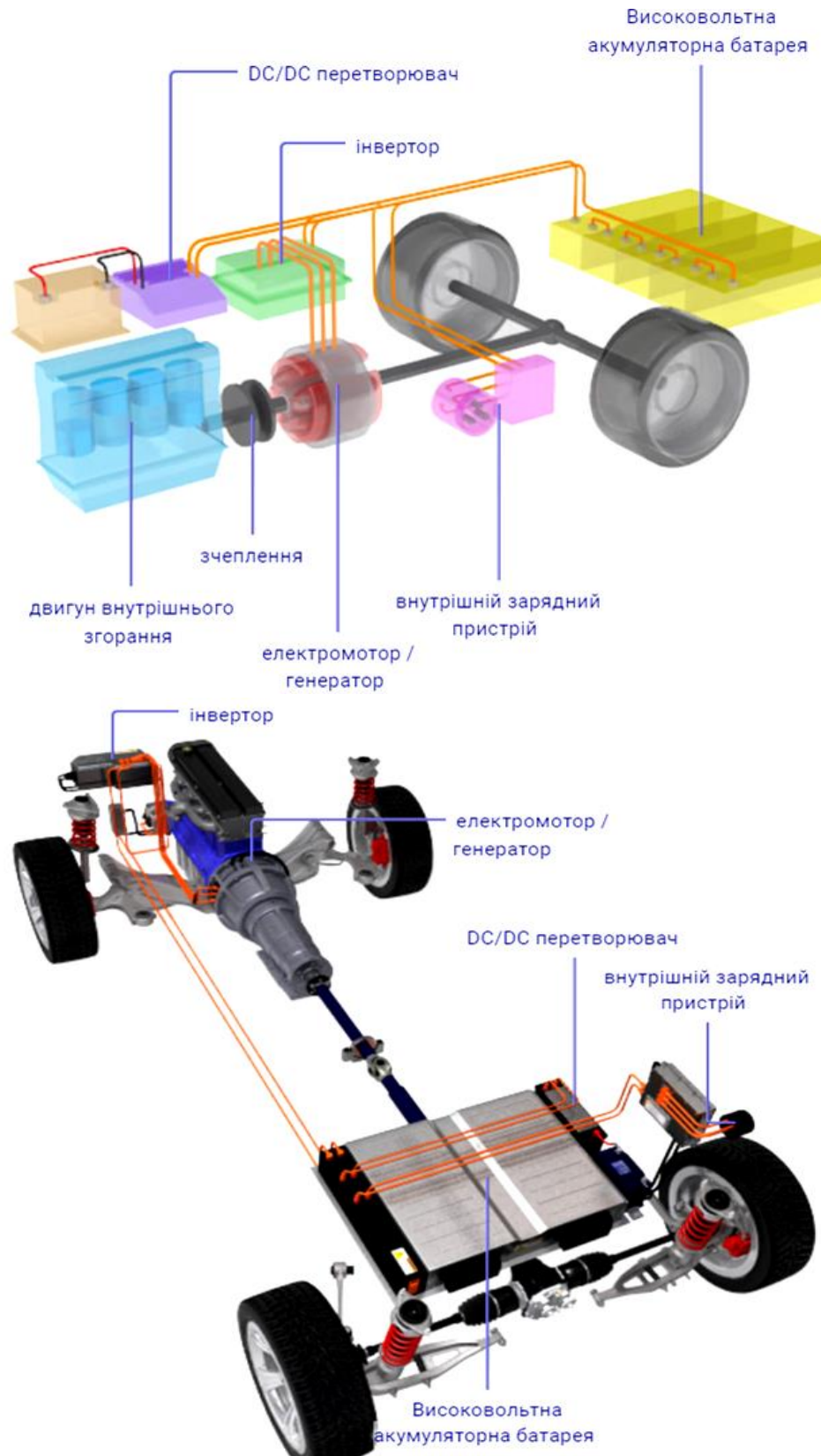


Рисунок 1.4 – Частини гібридного електромобіля.

Високовольтна батарея. Зберігає електричну енергію для подальшого використання, забезпечуючи живлення електромотора.

Додаткові аспекти: рекуперативне гальмування та системи управління енергією

Важлива функція, яка дозволяє використовувати енергію гальмування для зарядки батареї, збільшуючи ефективність використання енергії рекуперативне гальмування.

Включають програмне забезпечення та контролери, які оптимізують роботу ДВЗ та електромотора для максимальної ефективності та продуктивності системи управління енергією.

Гібридні та електромобілі представляють собою сучасні технологічні досягнення, що спрямовані на підвищення ефективності та зменшення впливу на довкілля. Вони поєднують переваги електричного та традиційного приводу, забезпечуючи економічність та екологічність.

1.3 Обґрунтування теми досліджень

Енергоефективність у промисловості традиційно оцінюється та контролюється шляхом нормування питомих витрат енергії. Це базується на створенні та аналізі енергетичних балансів виробничо-господарських об'єктів. Основною метою є досягнення високої енергетичної ефективності господарської діяльності при плануванні, організації, координуванні, обліку та контролі для оптимального використання всіх видів ресурсів і надання відповідних послуг для забезпечення функціонування об'єкта.

За останні десятиліття спостерігається стійкий перехід від транспорту з двигунами внутрішнього згоряння до електродвигунів, що охоплює поїзди, кораблі та електромобілі. Розширення використання електромобілів (EV) є надзвичайно перспективним з огляду на можливе зменшення забруднення повітря транспортними засобами, особливо у великих містах.

Протягом останніх кількох років технології гібридних електричних транспортних засобів (HEV) та повністю електричних транспортних засобів (EV) забезпечили ефективні рішення для економії палива з вищою

продуктивністю та зниженими викидами порівняно зі звичайними автомобілями. Електрифікація автомобільного транспорту є одним з основних трендів розвитку світової автомобільної галузі. У 2015 році частка електромобілів у світовому автопарку складала лише 0,1 %, але, за прогнозами, до 2030 року вона становитиме близько 10 %, а до 2050 року – близько 40 %.

Однією з ключових переваг використання електромобілів є значне зниження витрат на енергоресурси, а також потенційне зменшення витрат на ремонт і технічне обслуговування порівняно зі звичайними автомобілями. У більшості країн електроенергія є найдешевшим енергоресурсом для транспортних засобів. Наприклад, електромобілі Tesla споживають у середньому 17 кВт·год на 100 км, тоді як бензинові автомобілі споживають у середньому 7 літрів палива на 100 км. В Україні електроенергія коштує 1,68 грн за 1 кВт·год, а паливо – 1,14 \$ за літр.

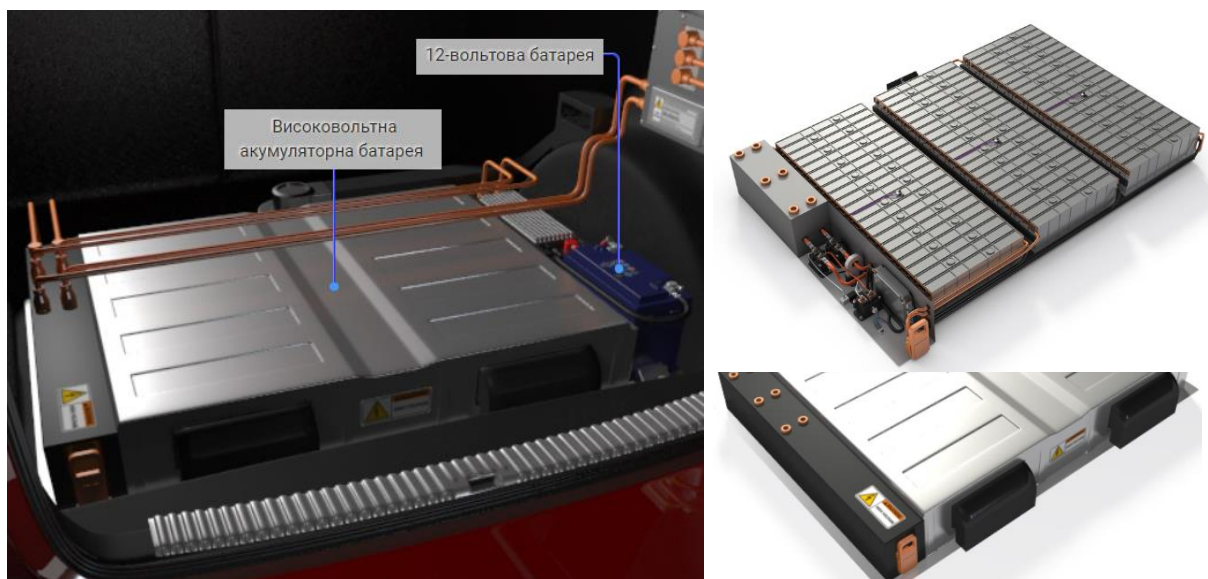
Перехід до електротранспорту та підвищення енергоефективності у промисловості є важливими кроками на шляху до сталого розвитку. Впровадження новітніх технологій, оптимізація використання ресурсів та підтримка з боку держави сприятимуть зниженню впливу на довкілля, економії енергії та поліпшенню якості життя.

Ця робота присвячена огляду технічних характеристик електромобілів та пошуку шляхів для їх покращення з метою забезпечення більш ефективного та конкурентоспроможного функціонування на ринку.

2 АНАЛІЗ БУДОВИ ТА СКЛАДОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

2.1 Складові компоненти електромобілів

Гібридний або електричний автомобіль оснащений двома батареями (рис. 2.1): 12-вольтовою акумуляторною батареєю, яка живить додаткові електричні системи, та високовольтною батареєю, що забезпечує електроенергією високовольтні компоненти. Високовольтна батарея зазвичай розташована в багажнику або під днищем автомобіля. Найпоширеніші хімічні склади високовольтних батарей для електромобілів включають нікель-металогідридні (NiMh) та літій-іонні (Li-ion) батареї.



	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 2.1 - Батареї електричного автомобіля і їх характеристики

Високовольтна батарея включає такі компоненти (рис. 2.2): акумуляторні модулі, що зберігають електричну енергію, сервісний роз'єм, головне реле, яке ізолює високовольтну систему від іншої частини автомобіля, струмовимірювальний датчик та ЕБК батареї.

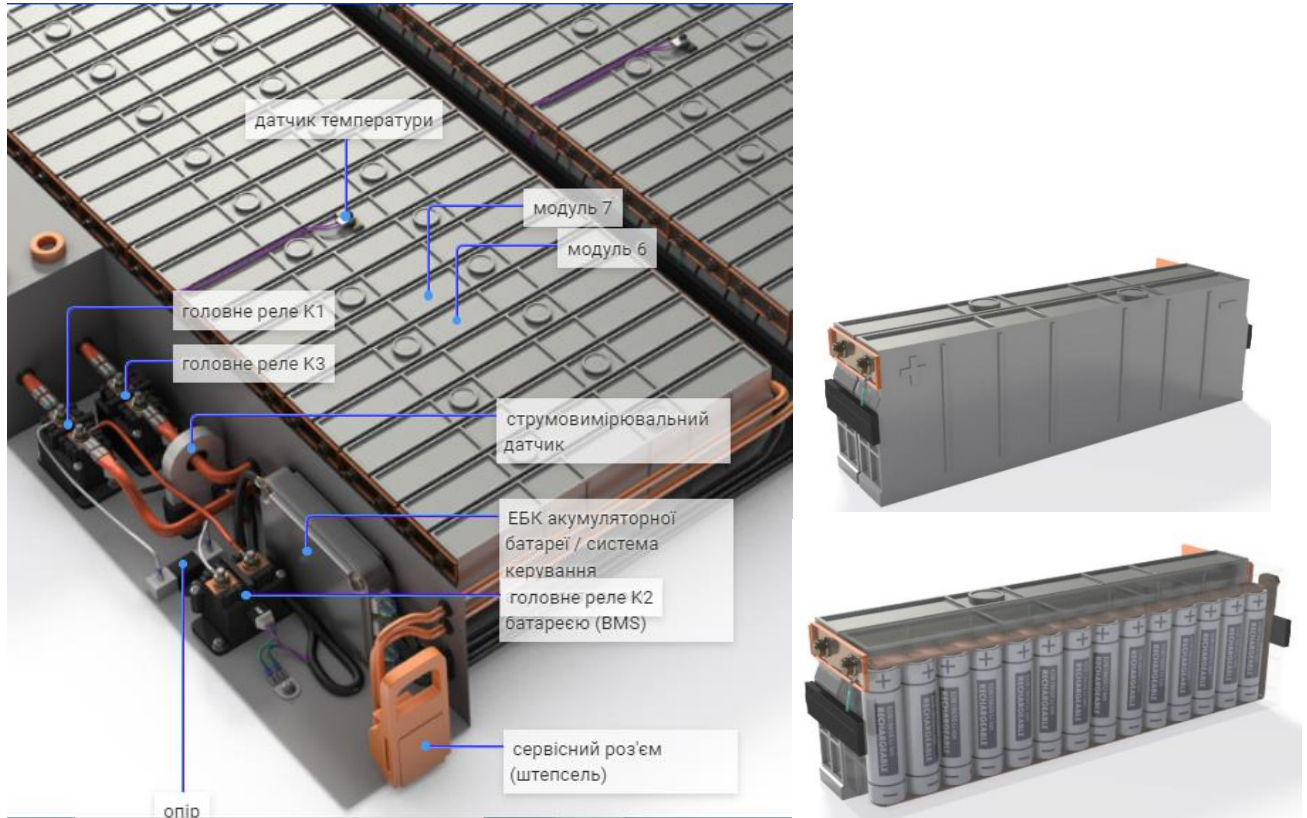


Рисунок 2.2 - Високовольтна батарея

Як і 12-вольтова, високовольтна батарея складається з кількох секцій. Секції у високовольтній батареї можуть бути з'єднані як послідовно, так і паралельно: послідовне з'єднання підвищує напругу, а паралельне – ємність. Сервісний роз'єм використовується під час ремонту та в екстрених ситуаціях для ізоляції високої напруги автомобіля. Він зазвичай має помаранчевий колір для легкої ідентифікації. Оскільки струм протікає тільки в замкненому ланцюзі, сервісний роз'єм може бути встановлений у будь-якому місці між двома модулями.

Два головні реле (рис. 2.3) відокремлюють високовольтну батарею від решти автомобіля, ізолюючи плюсовий і мінусовий полюси. При використанні третього реле пусковий струм обмежується шляхом послідовного

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

Щоб відключити головне реле в гібридному або електричному автомобілі, необхідно виконати такі умови:

- коли запалювання вимкнене, обидва полюси високовольтної батареї повинні бути ізольовані;
- контакти реле повинні бути розімкнуті через відсутність комутаційної напруги;
- в аварійних ситуаціях всі контакти повинні бути розімкнуті.

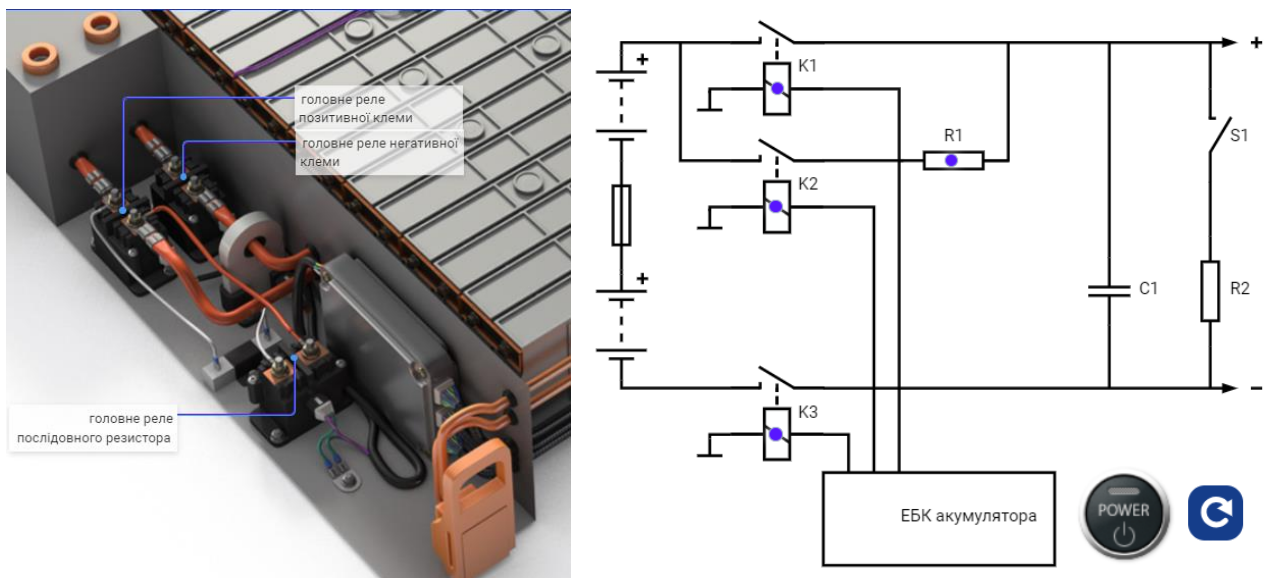


Рисунок 2.3 – Реле батареї.

Струмовимірювальний датчик (рис. 2.4) підключається до ЕБК батареї та вимірює вхідний і вихідний струм високовольтної батареї. Для розрахунку кількості енергії у високовольтній батареї необхідно точно визначити силу струму. Кількість енергії у високовольтній батареї називається "станом заряду" (State of Charge, SOC).

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

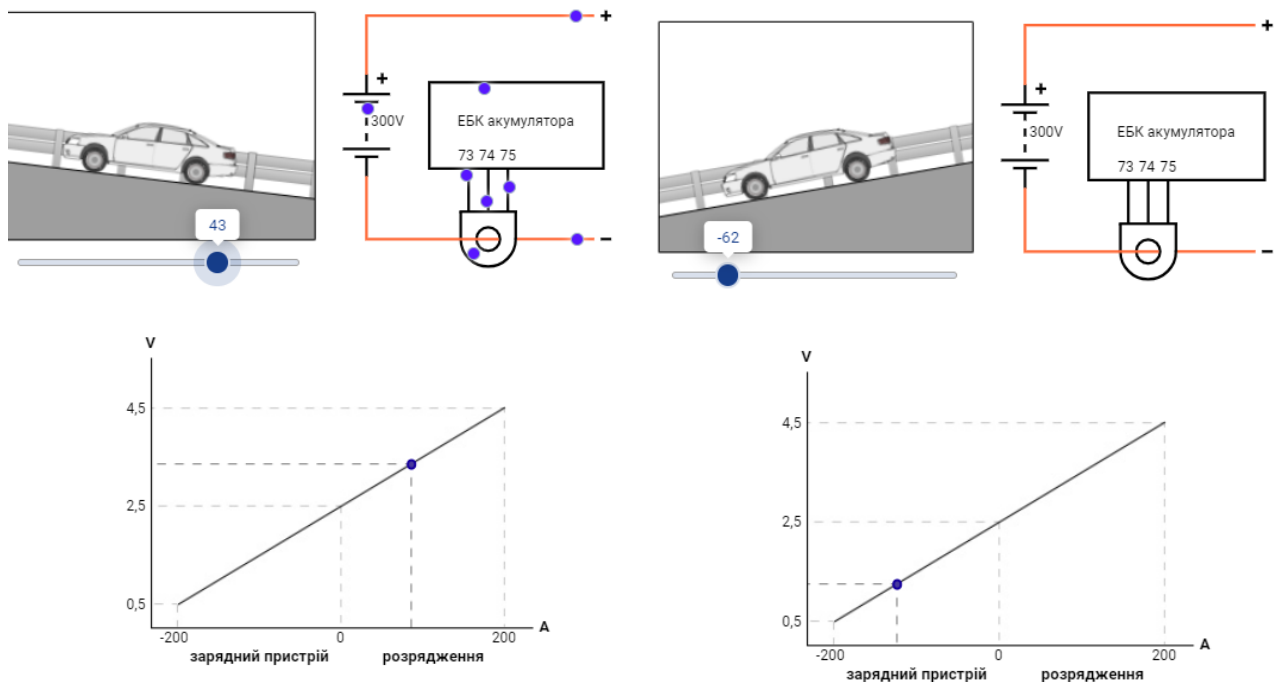


Рисунок 2.4 – Струмвимірвальний сенсор

ЕБК батареї обробляє інформацію для забезпечення безперервної роботи високовольтної батареї. ЕБК батареї вимірює температуру високовольтної батареї, температуру охолоджуючого повітря, вхідний і вихідний струм батареї та напругу на модулі. ЕБК батареї виконує вирівнювання щільності електроліту в секціях, керування вентилятором, визначення стану заряду, а також обмежує або запобігає розрядженню/зарядженню батареї в разі несправності.

Якщо температура стає занадто високою, високовольтна батарея може втратити потужність і пошкодитися. Щоб цього уникнути, в батареї встановлена система охолодження. Повітря надходить з салону, проходить між модулями та виводиться назовні. Зазвичай температура в салоні автомобіля є оптимальною для охолодження високовольтної батареї. У повністю електричних автомобілях можна також охолоджувати батарею за допомогою системи кондиціонування.

DC/DC перетворювач (рис. 2.5) перетворює високу напругу в нижчу для забезпечення енергією електричної системи автомобіля і зарядки 12-вольтової батареї. DC/DC перетворювач замінює генератор змінного струму в традиційному автомобілі.

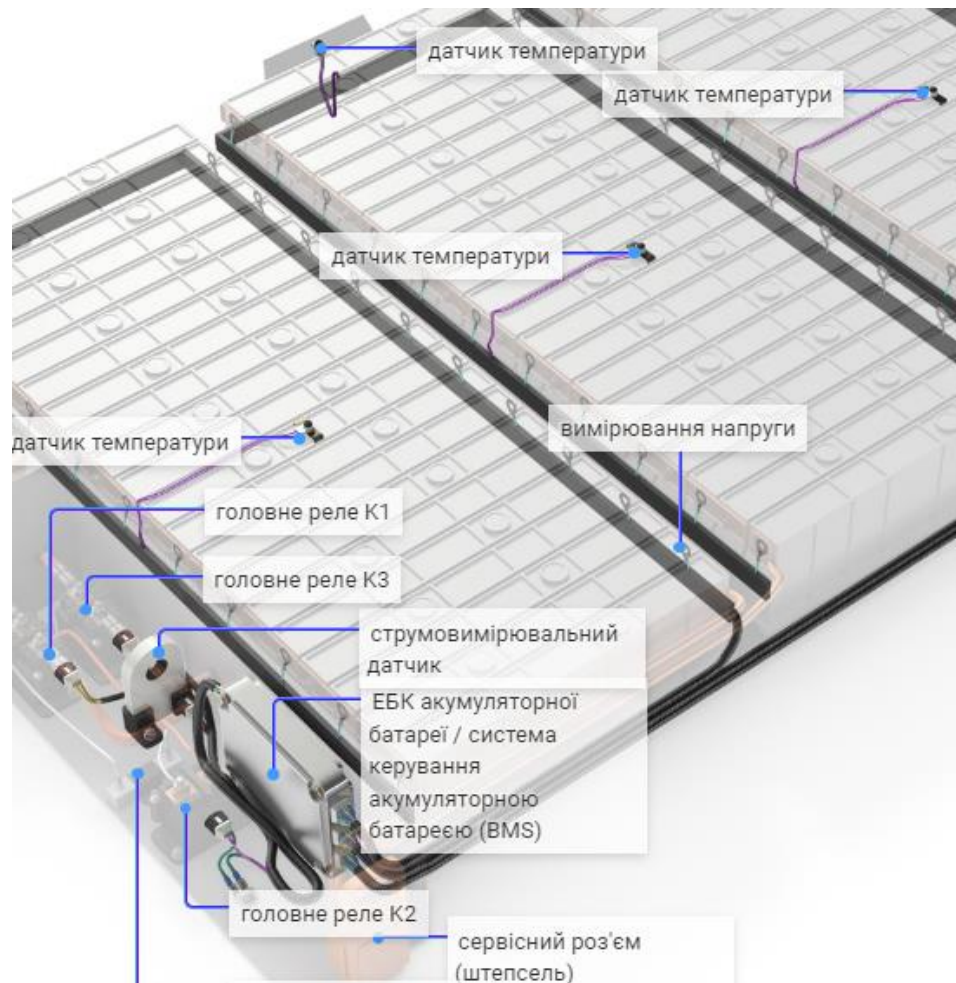


Рисунок 2.4 – ЕБК батареї

Як випливає з назви, перетворювач (конвертер) змінює високу напругу постійного струму (DC) на низьку напругу постійного струму (DC). Для цього процесу DC/DC перетворювач виконує наступні кроки: спочатку напруга постійного струму перетворюється на змінну, потім змінна напруга знижується, і, нарешті, отримана низька змінна напруга випрямляється назад у постійну.

Електромотор гібридного або електричного автомобіля отримує потужність від трифазної змінної напруги (AC), тоді як високовольтна батарея забезпечує постійний струм (DC). Для перетворення постійного струму на змінний і зміни величини напруги використовується спеціальний пристрій — інвертор (рис. 2.6). Інвертор може розпізнавати дві ситуації:

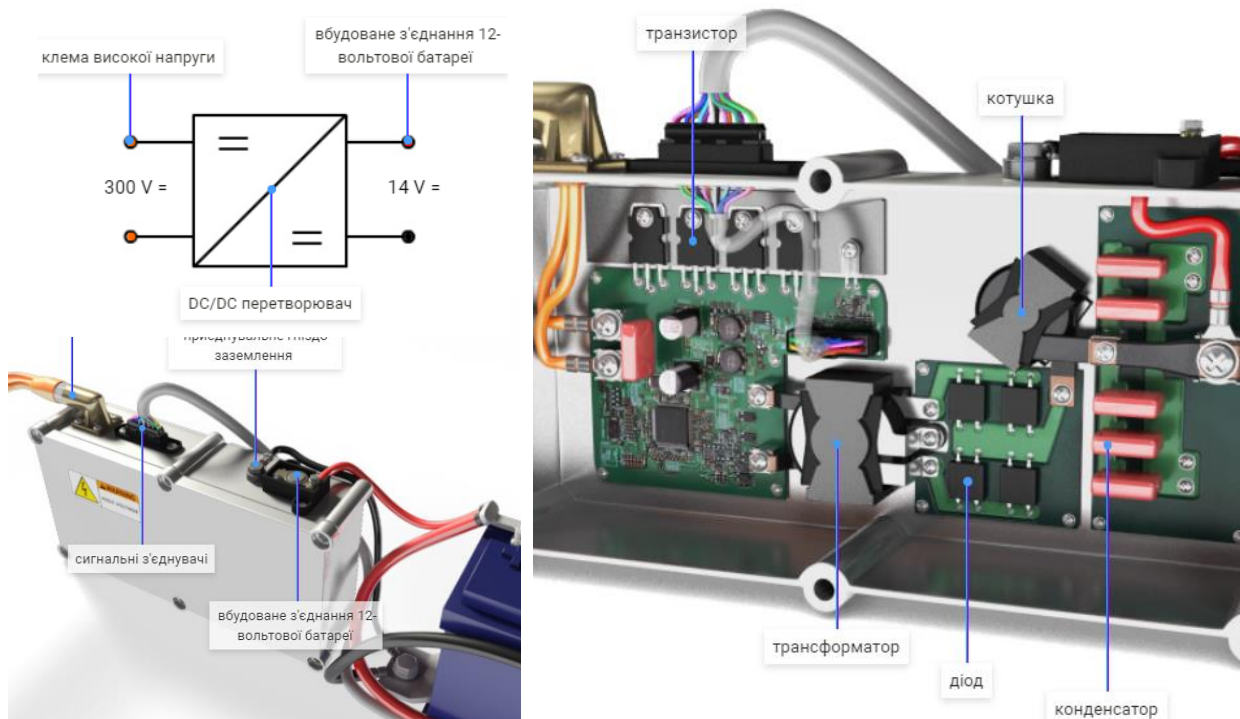


Рисунок 2.5 – DC/DC перетворювач

1. Автомобіль прискорюється. У цьому випадку електромотор працює як двигун і споживає енергію. Інвертор перетворює постійну напругу високовольтної батареї на трифазну змінну напругу, приводячи в дію двигун.
2. Автомобіль сповільнюється. У цій ситуації електромотор працює як генератор і генерує енергію. Інвертор перетворює трифазну змінну напругу на постійну напругу, заряджаючи високовольтну батарею.

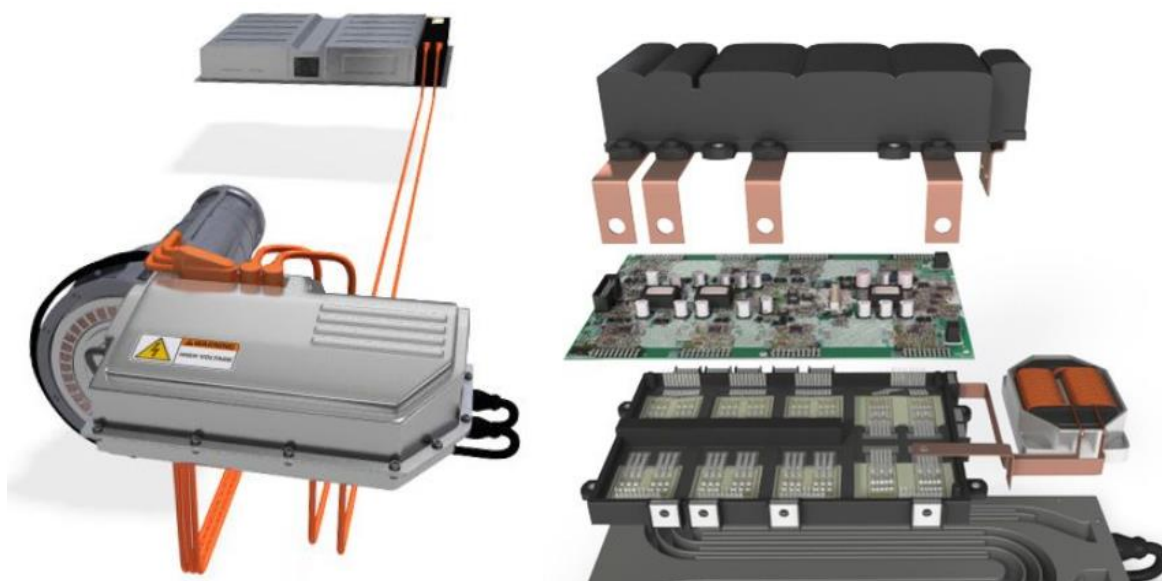


Рисунок 2.6 – Інвертор

Окрім високовольтних з'єднань, інвертор також має сигнальні виводи для зв'язку з ЕБК гібрида і два з'єднання для охолодження. Всередині інвертора розташовані:

- конденсатори, які фільтрують і вирівнюють напругу,
- електронні схеми, що обробляють інформацію і керують БТІЗ,
- БТІЗ (біполярний транзистор з ізольованим затвором), який перемикає струм у котушках електромотора,
- котушка трансформатора, що підвищує напругу,
- система охолодження для охолодження БТІЗ і котушки трансформатора.

Електронні пристрої (рис. 2.7) інтерпретують інформацію, яку інвертор отримує від гібридного ЕБК. Ця інформація передається у вигляді сигналу на БТІЗ, який забезпечує протікання струму через котушки електродвигуна.

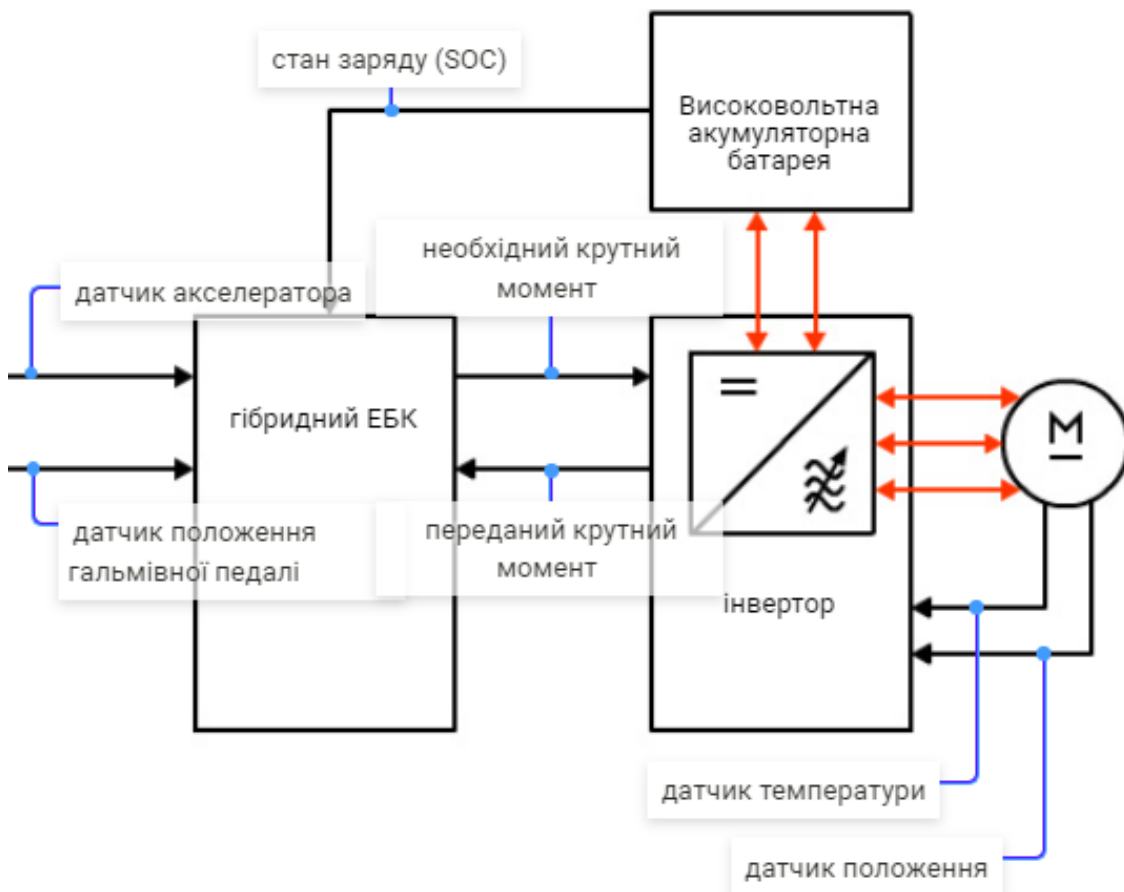


Рисунок 2.7 – Схема роботи інвертора

- Гібридний ЕБК отримує інформацію від водія через активацію педалі газу і педалі гальма.

- Гібридний ЕБК відправляє інформацію про необхідний крутний момент двигуна до інвертора.

- Інвертор передає інформацію про фактичний крутний момент назад до ЕБК.

- Інвертор також отримує дані про температуру електродвигуна і положення ротора від датчиків.

Синхронний двигун з постійними магнітами (англ. Permanent Magnet Synchronous Motor, PMSM) - це синхронний електродвигун, у якому індуктор складається з постійних магнітів. Цей тип двигуна змінного струму часто використовується для приводу гібридних і електричних автомобілів (рис. 2.8).



Рисунок 2.8 – Синхронний двигун з постійними магнітами

Синхронний двигун складається зі статора з обмотками і ротора з постійними магнітами. Цей тип двигуна названий синхронним через те, що частота обертання ротора відповідає частоті магнітного поля.

Статор сконструйований як блок з ламінованих плит з пазами, які забезпечують хорошу магнітну провідність. Мідні проводи проходять через ці пази і утворюють обмотки.

Статор має корпус і сердечник з обмоткою. Найпоширеніші конструкції включають двох- або трифазні обмотки, через які пропускається трифазний струм, що створює обертове магнітне поле в статорі.

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

У 1887 році Нікола Тесла в своїй лабораторії створив перший асинхронний двигун з короткозамкненим ротором. Цей тип двигунів характеризується простою і міцною конструкцією, яка вимагає відносно невеликих витрат на виробництво.

Асинхронний двигун (рис. 2.9) використовується в електромобілях, різних пристроях і побутових приладах. У такому двигуні з короткозамкненим ротором частота обертання ротора менша за частоту магнітного поля статора.

Асинхронний двигун перетворює електричну енергію, яка подається на обмотки статора, у механічну енергію. Цей тип двигуна також відомий як індуктивний, оскільки перетворення енергії відбувається за допомогою індукції, що усуває потребу у контактних кільцях і вугільних щітках.

Конструкція статора асинхронного двигуна схожа на конструкцію синхронного трифазного двигуна. Мідні провідники в статорі утворюють кілька обмоток, які, в свою чергу, створюють магнітне поле. При подачі трифазної напруги на обмотки в статорі утворюється обертове магнітне поле.

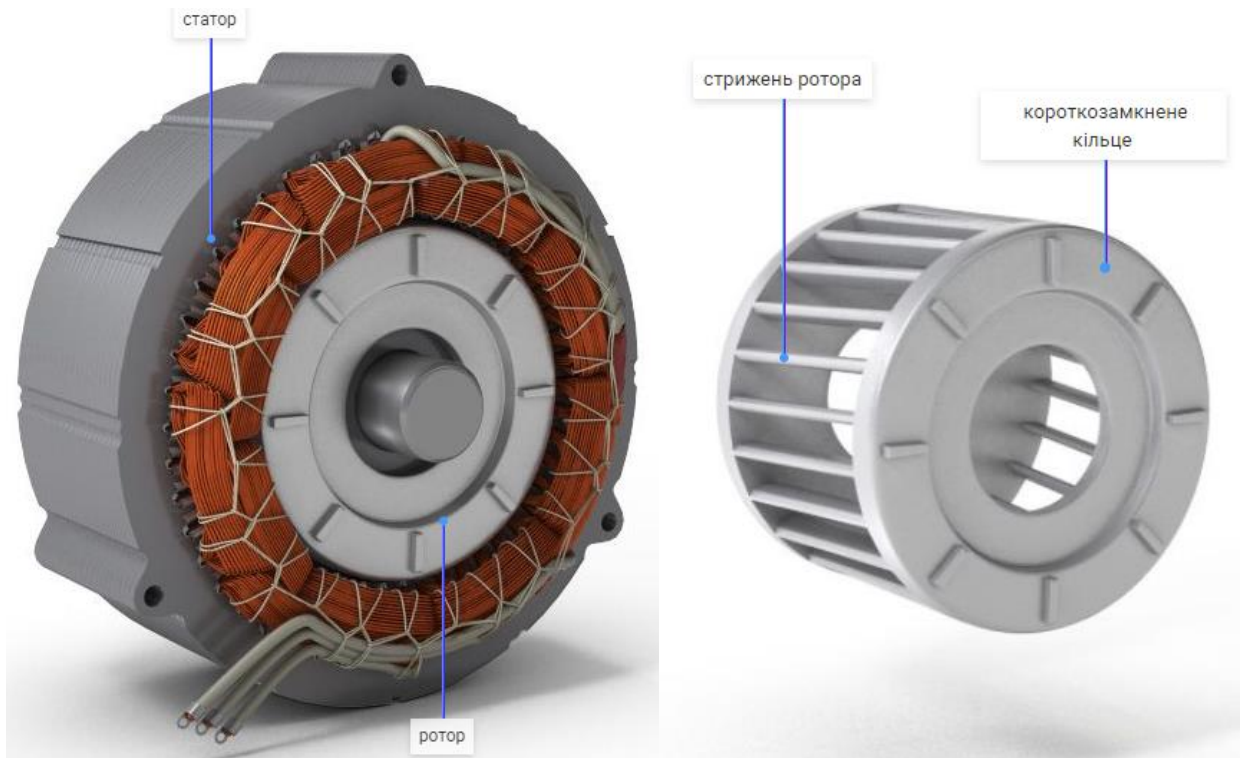


Рисунок 2.9 – Асинхронний двигун і його ротор

Короткозамкнутий ротор, відомий також як сердечник, складається з провідних стрижнів або кільцевих сегментів на його торцях. Ці кільця і стрижні виготовлені з провідного матеріалу, такого як мідь або алюміній, і разом вони утворюють кілька обмоток, через які проходить сильний струм в статорі. Між стрижнями знаходиться блок ступінчастих пластин, який покращує магнітну провідність.

2.2 Основні характеристики електромобілів

Популярність електромобілів серед автолюбителів стрімко зростає, і одним з важливих аспектів вибору є їх запас ходу, який визначається за допомогою спеціальних циклів тестування, таких як NEDC, WLTP та EPA.

Цикл NEDC (New European Driving Cycle), розроблений ще у 1980-х роках в ЄС, спроектований для оцінки ефективності та екологічних характеристик автомобілів у міських та позаміських умовах руху. Проте з часом він став менш релевантним через нестачу урахування сучасних технологій та реальних умов експлуатації.

У 2017 році в ЄС був запроваджений новий стандарт WLTP (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedure), який ураховує сучасні технології та умови експлуатації автомобілів. Цей стандарт набагато точніше відображає екологічні характеристики транспортних засобів.

Цикл EPA, (рис. 2.10) розроблений у США, оцінює екологічні параметри автомобілів, включаючи викиди та споживання палива. Він складається з двох частин: циклу міського руху (City Cycle) і циклу трасового руху (Highway Cycle). Оновлення 2020 року покликане ще точніше відповідати реальним умовам експлуатації автомобілів.

Метою цих циклів є надання споживачам точної та порівняльної інформації про екологічні характеристики автомобілів, що допомагає їм при прийнятті обґрунтованих рішень під час вибору транспортного засобу.

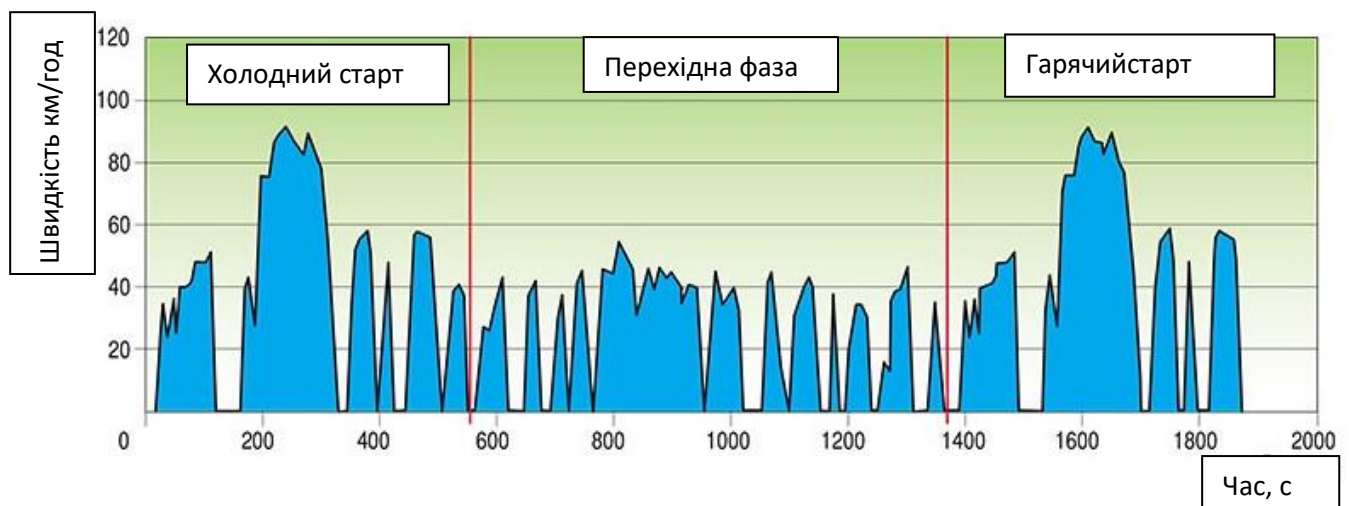


Рисунок 2.10 – Режими EPA

Щоб надати реалістичні дані споживачам, для тестування обирають електромобілі з пробігом не менше 1600,0 км. Експерти проходять ці кілометри самостійно, перезаряджаючи акумуляторні блоки відповідно до "Стандартного дорожнього циклу", який включає старт, рух та зупинку на швидкості від 48,0 до 113,0 км/год на відрізку завдовжки 6,0 км. Під час тестування ємність акумулятора залишається в межах заводських специфікацій, а пробіг не перевищує 9980,0 км.

Основні характеристики електромобілів для аналізу:

1. Потужність батареї. Визначає, скільки електроенергії може зберігати батарея, (кВт·год).
2. Дальність ходу. Відстань, яку може пройти електромобіль на одному заряді батареї.
3. Потужність двигуна. (кВт).
4. Час зарядки. Час, необхідний для повного зарядження батареї від порожнього до повного, залежить від типу зарядки.
5. Максимальна швидкість.
6. Розгін. Час, за який електромобіль може розігнатися від 0 до певної швидкості.
7. Регенеративне гальмування. Функція, яка дозволяє автомобілю заряджати батарею під час гальмування або спуску, перетворюючи кінетичну енергію в електричну.

У зв'язку з різними характеристиками зарядних станцій, розглянемо розрахунок часу для зарядження акумуляторної батареї для пробігу 100,0 км (див. рис. 2.11). Існують зарядні станції, які працюють при напрузі 230,0 вольт з однією фазою, а також станції з напругою 380 вольт, що використовують три фази. Швидкі зарядні пристрої використовують постійний струм при напрузі від 300,0 до 500,0 В.

Розглянемо докладніше різні характеристики зарядних станцій і їх вплив на час зарядження акумуляторних батарей для пробігу 100,0 км. Існують різні типи зарядних станцій залежно від напруги і типу струму, що використовується.

Зарядні станції з однією фазою (230 вольт). Ці станції використовуються для однофазного зарядження і зазвичай підходять для домашнього використання або міських зарядних мереж. Час зарядження зазвичай більший через обмежену потужність однієї фази.

Зарядні станції з трьома фазами (380 вольт). Ці станції забезпечують швидше зарядження, оскільки використовують трьохфазний змінний струм.

Вони зазвичай встановлюються на комерційних зарядних станціях або у промислових комплексах.

Швидкі зарядні пристрої з постійним струмом (300-500 вольт). Ці пристрої забезпечують найшвидше зарядження, оскільки використовують постійний струм. Вони найбільш ефективні для швидкого поповнення заряду, зокрема у довгих поїздках або на автозаправках.



	fase	напруга (В)	сила струму (А)	потужність (кВт)	час зарядки		
					ГОД	ИН	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 2.11 – Розрахунок часу зарядки на 100 км в год і хв при затраті 20 кВт*год (лампа у 40,0 Вт буде світити 500,0 год)

На рисунку 2.12 зображена комплектна система зарядки, де сила струму має свої обмеження.

- Площа поперечного перерізу зарядного кабелю впливає на його електричний опір.

- Сила струму та кількість фаз впливають на напругу, яку може забезпечити вбудований зарядний пристрій.

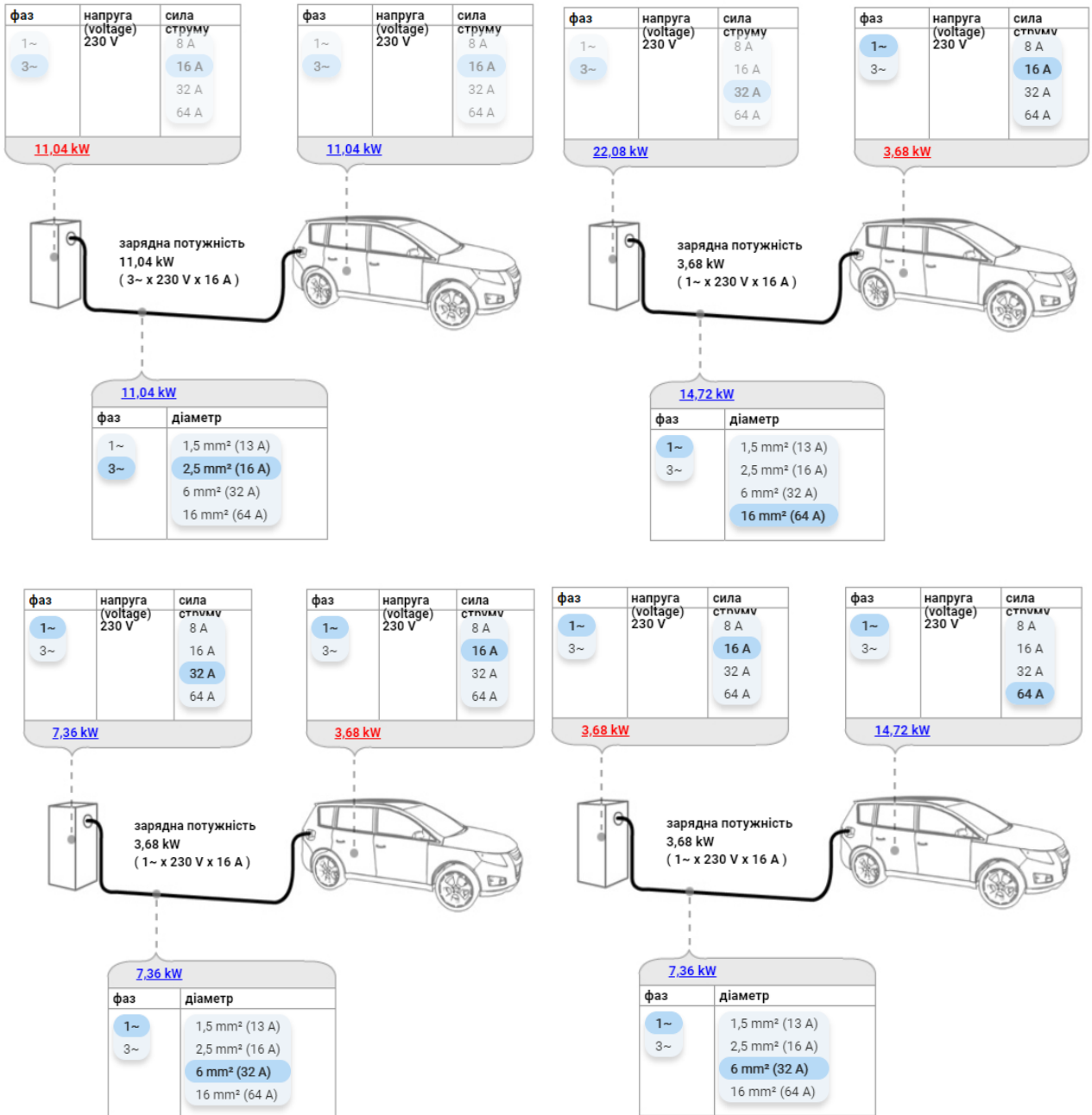


Рисунок 2.12 - Параметри зарядної станції

2.3 Додаткові характеристики електромобілів

З нашого боку, додатковими показниками переваг використання електромобілів можуть бути не технічні, а скоріше "людські аспекти". Одним із таких аспектів, звичайно, є ціновий діапазон електромобілів (рис. 2.13), який варіюється від 18 тис. до 165 тис. доларів США за даними ЕРА на сайті InsideEVs, проте це лише одна з компонент. [5].

Це охоплює популярність конкретної моделі в регіоні, складність та доступність обслуговування, а також зручність процесу зарядки. Додатковими аспектами можуть бути наявність інфраструктури зарядних станцій у даному регіоні, якість підтримки від виробника та доступність сервісних центрів для обслуговування і ремонту електромобіля.

Для гібридів і електромобілів з високовольтними батареями, які підключаються до електричної мережі для заряджання, використовується електричне з'єднання в автомобілі. Система зарядки керує потоком струму і напруги, що подаються до акумуляторної батареї, і може бути внутрішньою або зовнішньою для автомобіля.

Вища електромобіля ціна часто відображається в більш потужній та довговічній батареї, що дозволяє автомобілю проїжджати більші відстані між зарядками.

Дорожчі моделі можуть мати покращені технології управління енергією, що забезпечує більшу ефективність споживання електроенергії і, відповідно, більший пробіг на одному заряді.

Висока ціна часто супроводжується використанням більш легких матеріалів і кращою аеродинамікою, що сприяє зменшенню споживання енергії і підвищенню пробігу.

Дорожчі моделі можуть підтримувати швидше заряджання, що робить їх більш практичними для подолання великих відстаней. Крім того, вони частіше можуть бути оснащені розширеною мережею зарядних станцій або підтримувати більш розвинені технології заряджання в домашніх умовах.

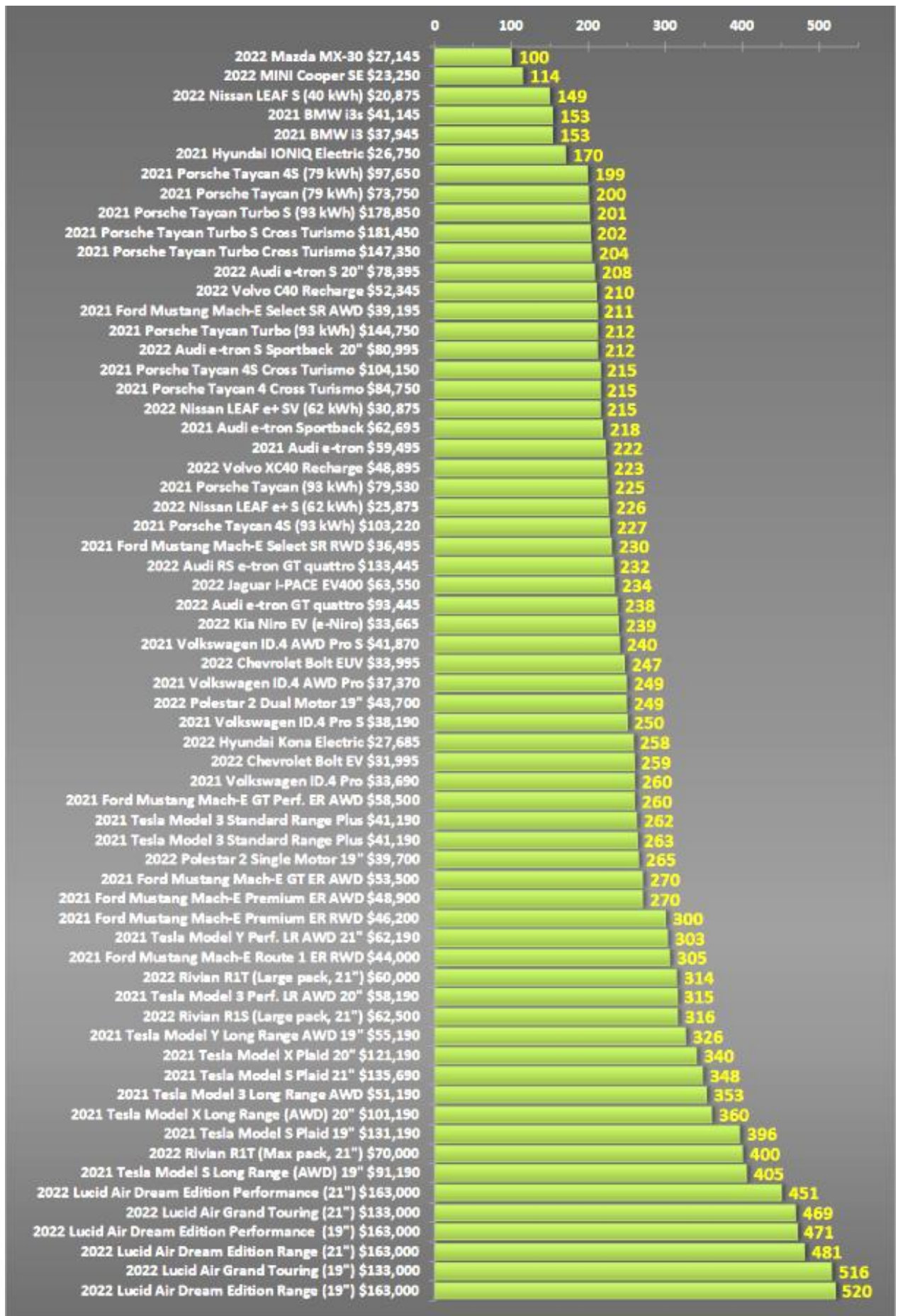


Рисунок 2.13 – Ціни і дальність пробігу електрокарів на 2023р

2.4 Визначення найважливіших параметрів використання електромобілів

Отже, ми визначили основні технічні характеристики електромобіля і як їх вимірюють:

- 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 оцінити, як ці характеристики впливають на корисність електромобіля, а також розглянути інші критерії корисності, окрім технічних даних, які можуть враховуватися при виборі електромобіля:

- Ціна автомобіля (грн),
- Популярність моделі в регіоні,
- Складність ремонту і обслуговування,
- Зручність обслуговування,
- Тип зарядки.

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 необхідно провести аналіз технічних характеристик найпопулярніших на нашому ринку електрокарів (табл. 2.1) для подальшої оцінки їх ефективності та вибору.

Таблиця 2.1 – 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

За результатами аналізу таблиці 2.1 видно, що Tesla Model 3, Opel Ampera-e та Nissan Leaf виявляються лідерами серед інших моделей електромобілів, завдяки своїм високим технічним характеристикам і значній популярності на ринку. Tesla Model 3 не лише відома передовою технологією автопілота і вражаючим запасом ходу, але й визнана як символ інновацій в автомобільній промисловості. Opel Ampera-e відзначається високою ефективністю і комфортом, що робить її привабливою для споживачів, які цінують зручність і надійність. Nissan Leaf, з своєю історією піонерства в масовому використанні електромобілів, продовжує залишати сильний враження завдяки збалансованій комбінації характеристик і конкурентоспроможній ціновій політиці.

Електромобіль Lucid Air Grand Touring відомий своїм значним запасом ходу завдяки декільком ключовим факторам:

Lucid Air використовує передові літєві батареї з високою енергетичною щільністю, які забезпечують велику ємність акумуляторів без значного збільшення ваги і розмірів.

Система приводу Lucid Air добре оптимізована для мінімізації енергетичних втрат, що дозволяє ефективніше використовувати енергію з батареї.

Модель Lucid Air має вражаючий коефіцієнт аеродинамічного опору, що допомагає знижувати опір повітря і покращує загальну ефективність електромобіля.

Інтелектуальне управління енергією і регенеративне гальмування дозволяють Lucid Air ефективно використовувати кінетичну енергію при гальмуванні для заряджання батареї.

Використання передових технологій у всіх аспектах конструкції автомобіля, включаючи систему керування, охолодження батареї та систему регулювання енергопотоків, сприяє підвищенню загальної ефективності і, відповідно, запасу ходу.

3 АНАЛІЗ ТЕХНІКО - ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ БАТАРЕЙ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

3.1 Порівняння характеристик акумуляторних батарей різних типів

PEV (plug-in electric vehicle) - це тип електромобілів, які можуть заряджатися від зовнішніх джерел живлення. Цей термін охоплює два основних типи:

BEVs (battery electric vehicles) - це електромобілі, які мають виключно електричні двигуни і живляться виключно від електричних акумуляторів. Вони потребують зарядки від зовнішнього зарядного обладнання.

PHEVs (plug-in hybrid electric vehicles) - це електромобілі з гібридними енергетичними установками, які оснащені як електричними двигунами, так і силовими установками на іншому виді палива (наприклад, бензиновими або дизельними двигунами). Вони також можуть заряджатися від зовнішніх джерел живлення.

Крім PEV, існують інші типи електромобілів:

HEVs (hybrid electric vehicles) - це електромобілі з гібридними енергетичними установками, які не мають можливості заряджатися від зовнішніх джерел живлення і заряджаються лише від бортового зарядного обладнання.

FCHEVs (fuel cell hybrid electric vehicles) - це електромобілі з гібридними енергетичними установками, які працюють на паливних елементах і також не мають можливості заряджатися від зовнішніх джерел живлення.

Акумуляторна батарея є одним з ключових елементів, який визначає перспективи розвитку електромобілів. Вона впливає на потенційну дальність їх пересування на одному заряджанні та відіграє важливу роль у визначенні економічної вигоди порівняно з автомобілями з двигунами внутрішнього згоряння (табл 3.1).

Таблиця 3.1 – Порівняння характеристик акумуляторних батарей

Технологія зберігання	Переваги	Недоліки	Кількість циклів	Ефективність, %
Lead-Acid Batteries (свинцево-кислотні батареї)	Висока продуктивність, низька об'ємна щільність енергії, низькі капітальні витрати, тривалий термін служби	Низький ККД, несприятливий вплив на навколишнє середовище	200÷300	75
Sodium-Sulfur NaS batteries (натрій-сірка NaS)	Дуже висока енергетична потужність, висока енергетична щільність, тривалий термін служби	Витрати на виробництво, проблеми безпеки	2000÷3000	89
Metal-Air batteries	Дуже висока щільність енергії	Мало доступних акумуляторних батарей	100÷200	50
Li-Ion batteries	Дуже високий ККД і щільність енергії	Низька кількість життєвих циклів	300÷500	95
Flow battery	Дуже висока енергоємність і потужність, тривалий термін служби	Низька щільність енергії, низький ККД	1500÷2500	75÷85
Super-capacitors (суперконденсатори)	Високий ККД	Низька енергетична щільність, мало енергетичних систем	$10^4 \div 10^5$	93÷98
Flywheel energy storage (FES)	Висока потужність, короткий час доступу, тривалий термін служби, низькі зусилля технічного обслуговування, високий ККД, малі екологічні наслідки	Низька щільність енергії	$10^5 \div 10^7$	90

Літій-іонні батареї є найбільш поширеним типом акумуляторів для PHEV і BEV на сьогоднішній день. Основна причина високої ціни електромобілів полягає в вартості батареї. Сучасні електромобілі використовують широкий спектр виробників літій-іонних акумуляторів, більшість з яких перебувають на стадії розроблення. Дослідники активно працюють над вибором електроліту, позитивних і негативних електродів для оптимізації продуктивності, безпеки і тривалості роботи батареї [10].

Прогнозується, що до 2030 року вартість електромобілів знизиться і стане конкурентоспроможною порівняно з автомобілями з ДВЗ (рис. 3.1). Зарядження електромобіля зазвичай обходиться на 80-90% дешевше, ніж заправка бензинових автомобілів. Вони використовують від 16 до 25 кВт·год енергії на 100 км, що робить витрати на 100 км пробігу приблизно від 10 до 30 гривень, в залежності від вартості електроенергії.

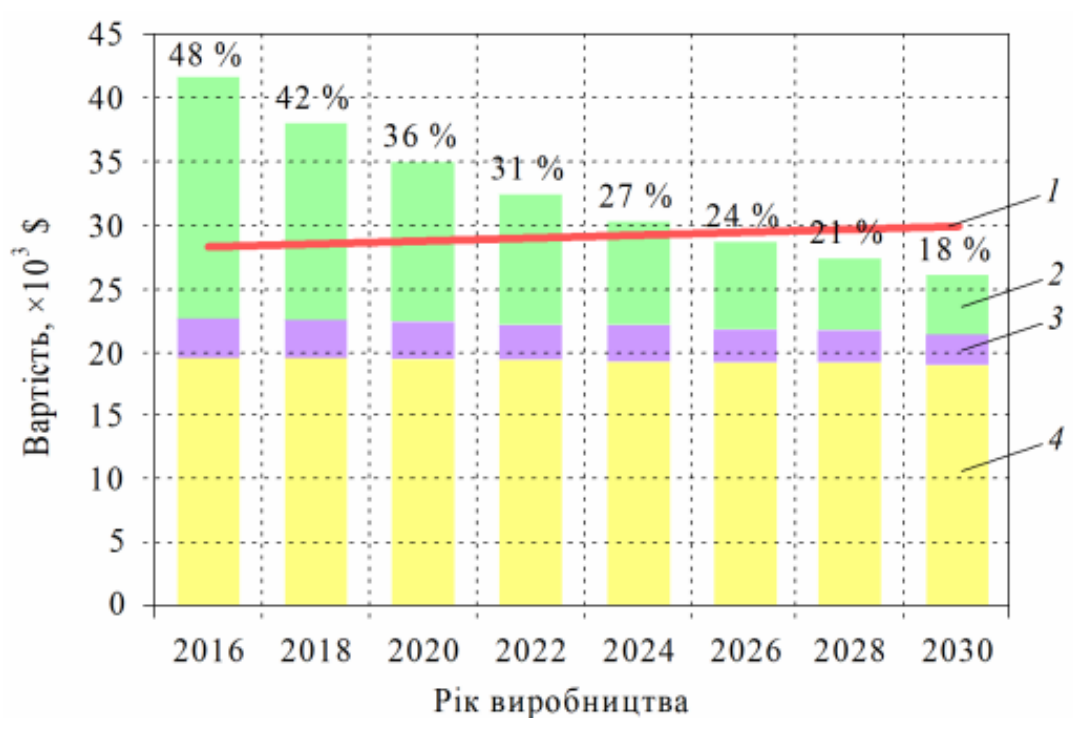


Рисунок 3.1 –Залежність вартості автомобілів і комплектуючих за роками: 1 – вартість автомобіля з двигуном внутрішнього згорання; 2 – вартість батареї; 3 – вартість трансмісії; 4 – вартість електромобіля т•год/км

Багажний відсік автомобіля Tesla S має батарею ємністю 85 кіловат-годин і складається з 7104 літій-іонних акумуляторних елементів типу NCR-18650, виготовлених компанією Panasonic. Ці елементи організовані у 16 блоках, кожен з яких містить 6 груп по 74 елементи (див. рис. 3.2).

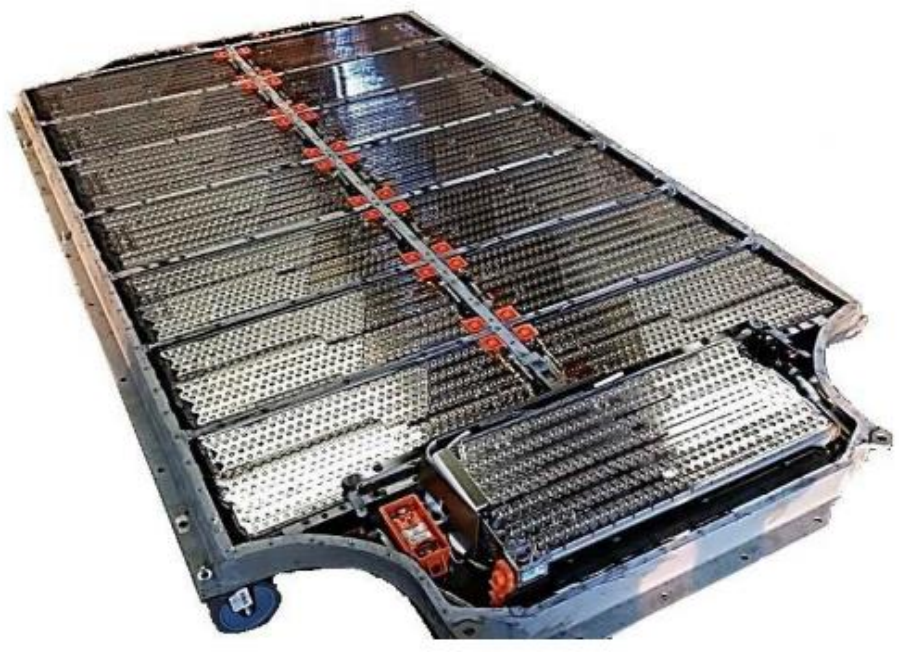


Рисунок 3.2 – Батарейний відсік з батареями типу NCR 18650 в Tesla S

У табл. 3.2 наведено технічні характеристики батареї типу NCR

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики батареї типу NCR

Номінальна ємність, мА·год		3200
Номінальна напруга, В		3,6
Час повного заряджання, год		4
Вага, г		48,5
Температура, °С	заряджання	0÷45
	розряджання	-20÷60
Щільність енергії, Вт/кг		243

3.2 Перевищенні верхньої межі напруги заряджання

Літій-іонні акумулятори можуть пошкодитися, якщо перевищується верхня межа напруги через небажані вторинні електрохімічні реакції [12]. Додатково відомо, що надмірний струм може спричинити гальванічні реакції на негативному електроді з літієм, що в свою чергу змінює міжфазні характеристики твердого електроліту і погіршує робочі властивості батареї [13].

Швидкість заряджання та розряджання акумулятора визначається за допомогою С-норми [14]. Ємність батареї зазвичай вимірюється в 1 С, що означає, що повністю заряджена батарея, розрахована на 1 ампер-годину, повинна забезпечувати 1 ампер протягом однієї години. Така ж батарея, яка не розряджається при 0,5 °С, повинна забезпечувати 500 міліампер протягом 2 годин, а при 2 °С - 2 ампері протягом 30 хвилин. Втрати при швидких розрядах скорочують час розряджання і також впливають на час заряджання.

Термін "1С ємності батареї" використовується для визначення стандартної швидкості розряджання або заряджання літій-іонної батареї. Він означає, що батарея здатна витримувати струм, еквівалентний її номінальній ємності, протягом однієї години.

Наприклад, якщо батарея має ємність 50 ампер-годин, то 1С ємності цієї батареї буде 50 ампер. Це означає, що вона може постачати струм у 50 ампер протягом однієї години без шкоди для своєї робочої ємності або життєвого циклу.

Таким чином, використання терміну "1С ємності батареї" дозволяє стандартизувати оцінку та порівняння робочих характеристик батарей різних типів. У табл. 3.3 наведено значення часу при різних С-нормах.

Таблиця 3.3 – Значення часу розрядження при різних С-нормах

С-норма	Час
5С	12 хв
2С	30 хв
1С	1 год
0.5С	2 год
0.2С	5 год
0.1С	10 год
0.05С	20 год

Характеристики заряджання-розряджання однієї батареї типу NCR 18650 наведено на рисунку 3.3.

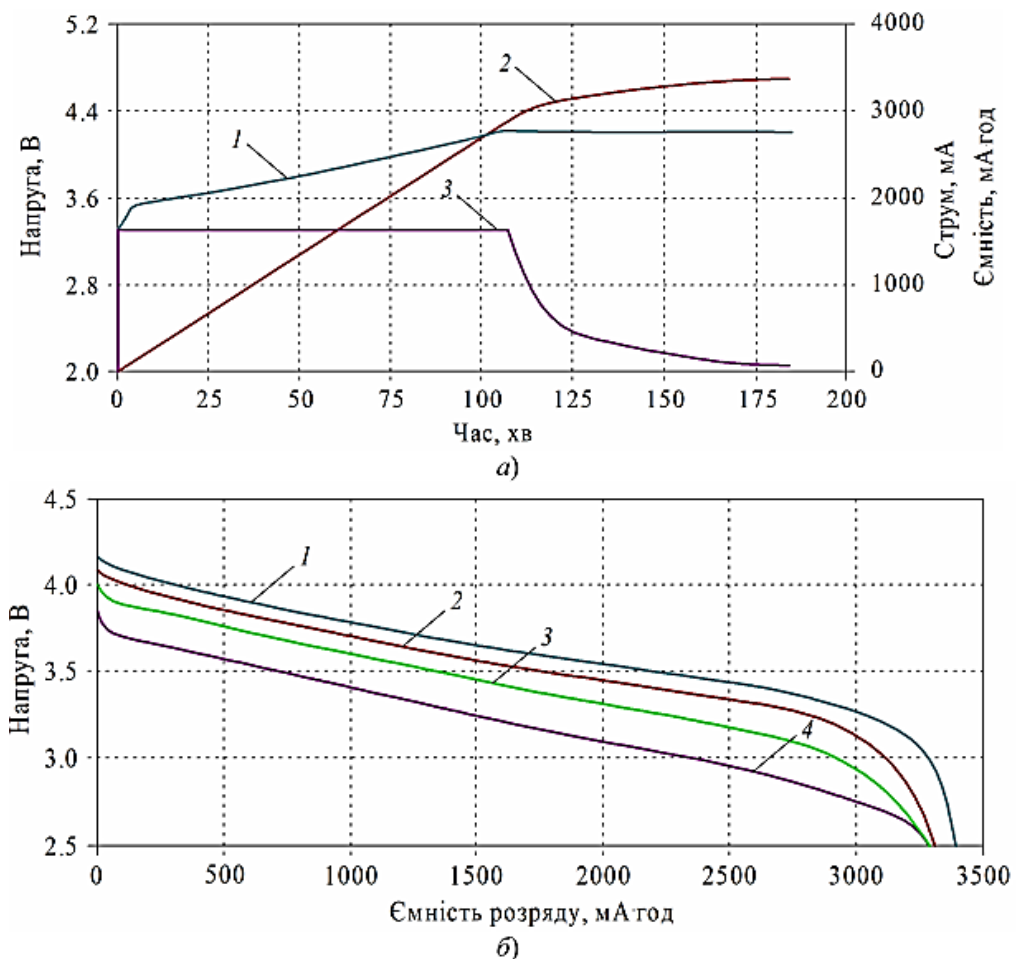


Рисунок 3.3 – Перехідні процеси в батареї NCR 18650:

а – заряд батареї (1 – напруга, 2 – ємність, 3 – струм);

б – розряд батареї (1 – 0.2 С, 2 – 0.5 С, 3 – 1 С, 4 – 2 С)

Перевищення струму заряду або розряду може негативно вплинути на літій-іонну батарею типу NCR, яка використовується в електромобілях Tesla та інших. Важливо збалансувати і контролювати струм під час зарядки та розряду для збереження оптимальної тривалості служби і безпеки батареї. Ось як воно впливає:

1. Перевищення струму заряду:

- Якщо струм заряду перевищує рекомендовані межі виробника, це може призвести до нагрівання батареї.

- Перевищення струму заряду може спричинити підвищення напруги на аноді (позитивному електроді), що може пошкодити батарею через небажані хімічні реакції та формування металевого літію на аноді (гальванічна корозія), що призводить до втрати ємності та погіршення довговічності.

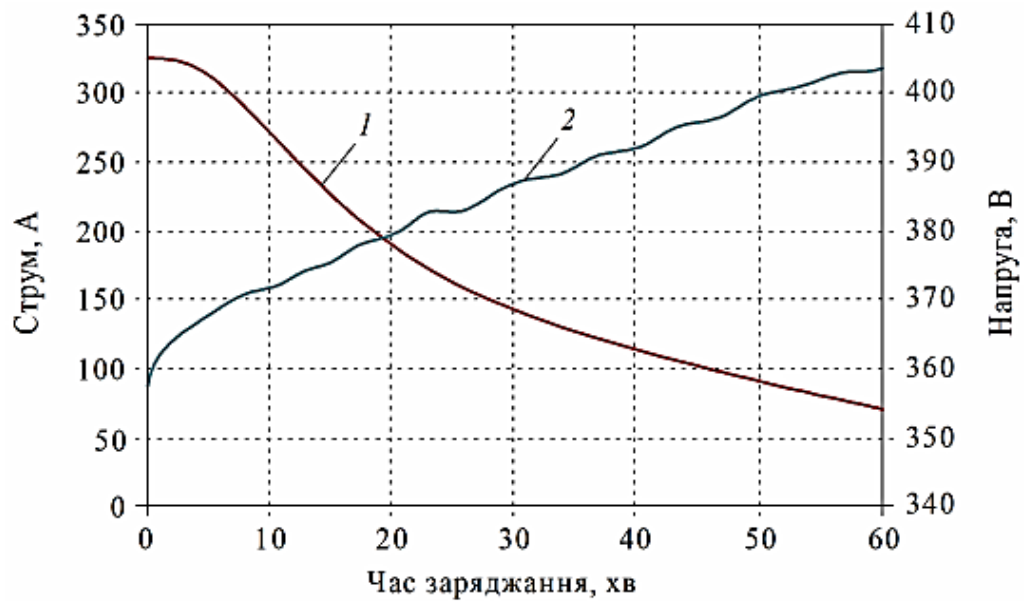
2. Перевищення струму розряду:

- Підвищення струму розряду може призвести до швидшого вичерпання енергії з батареї, що може зменшити кількість циклів заряду-розряду, які може витримати батарея.

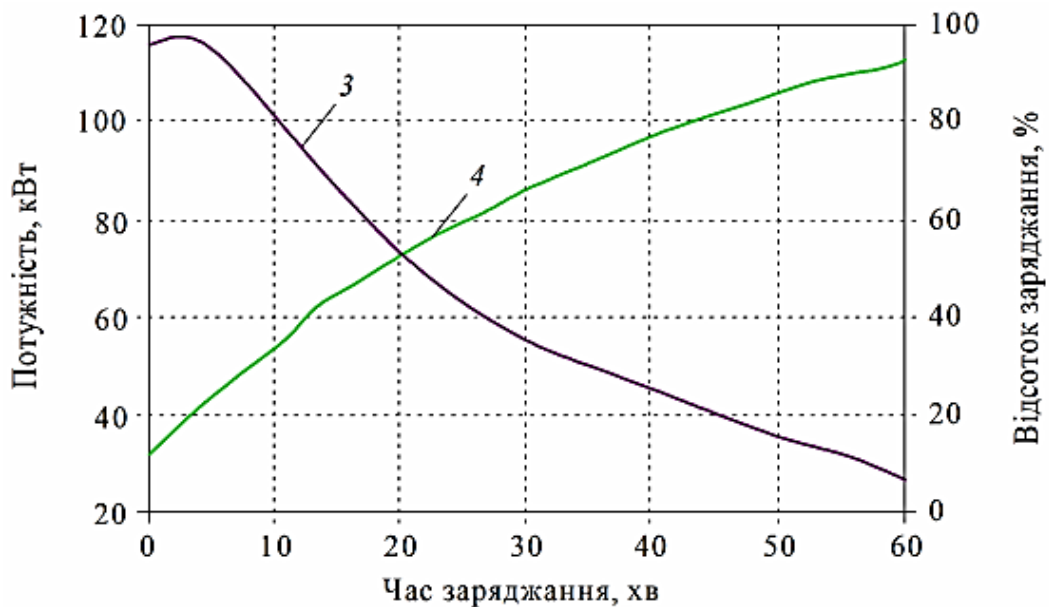
- Великі струми розряду можуть також збільшувати ризик появи дефектів на електродних матеріалах, що може призвести до погіршення ефективності батареї та зменшення тривалості її роботи.

Отже, для забезпечення довговічності і безпеки літій-іонних батарей важливо дотримуватися рекомендацій виробника щодо струмів заряду і розряду, а також використовувати системи управління батареєю, які контролюють ці параметри.

На рисунку 3.4 наведено характеристики електромобіля Tesla Model S85 при заряджанні.



а)



б)

Рисунок 3.4 – Характеристики електромобіля Tesla Model S85 при заряджанні: а – струм (1) і напруга (2), б – потужність (3) і відсоток заряду (4)

3.3 Характеристики зовнішніх зарядних станцій

У стандарті ІЕС 62196, що діє в Європі, визначено наступні режими заряджання [15]:

Тип 1. Пряме пасивне підключення до електромережі змінного струму. Це означає заряджання в домашніх умовах від стандартної розетки без будь-яких додаткових керуючих пристроїв. Заряджання здійснюється змінним струмом до 16 А при напрузі 230 В з піковою потужністю до 3,3 кВт.

Тип 2. Пряме підключення транспортного засобу до мережі живлення змінного струму, включаючи заряджання в домашніх умовах від звичайної розетки з використанням спеціального адаптера, який забезпечує заземлення, захист від різких перепадів напруги та температурний захист. Адаптери Mode 2 гарантують середній рівень безпеки і є мінімальним стандартом для заряджання автомобілів. Заряджання здійснюється змінним струмом до 32 А при напрузі 230 В з піковою потужністю до 7,4 кВт.

Тип 3. Активне підключення електромобіля до дротової зарядної станції змінного струму з заземленням, приладами керування та адаптером з додатковими струмопровідними жилами.

Заряджання електромобіля здійснюється трифазним змінним струмом до 63 А при напрузі 400 В і досягає пікової потужності до 43 кВт. Цей тип зарядки відноситься до підключення електромобіля до станції постійного струму типу 4. Обладнання для заряджання виступає проміжною ланкою між джерелом живлення і зарядним портом транспортного засобу, забезпечуючи безпечно та ефективно подання постійного струму в автомобіль. В станціях постійного струму зарядний пристрій є складовою частиною станції, а не самого автомобіля.

Тип 4. Швидке заряджання постійним струмом передбачає зарядний струм до 500 А при напрузі 400-500 В і максимальну пікову потужність до 250 кВт. Наприклад, електромобіль Tesla обладнаний бортовим зарядним перетворювачем електроенергії, що дозволяє заряджати блок батареї через різноманітні зарядні пристрої, які відповідають типу зарядки 1, 2 та 3, а також зовнішнім зарядним пристроєм, що відповідає типу 4 [16].

Оскільки електричні транспортні засоби (EV) продовжують набирати популярність і технології їх зарядки удосконалюються, зростає важливість

стандартизації зарядних портів. Відсутність єдиної стандартизації зарядних портів є основною перешкодою для широкого прийняття EV, оскільки виробники використовують різні конфігурації зарядних портів. Тому існує ініціатива створення загальноприйнятих стандартів, яка сприятиме розвитку електричних транспортних засобів.

Організація інженерів автомобільної промисловості (SAE) вже розробила різні стандарти зарядних роз'ємів для EV і гібридних електромобілів (PHEV), таких як J2954 (стандарт бездротового передачі енергії), J3068 (стандарт трифазного провідного заряду) та інші, спрямовані на забезпечення єднання та вдосконалення технологій у цій сфері.

Таблиця 3.4 наводить характеристики зовнішніх зарядних станцій, а таблиця 3.5 — класифікацію зарядних роз'ємів комутаційних зарядних пристроїв.

Таблиця 3.4 – Характеристики зовнішніх зарядних станцій

Виробник і модель	ABB Terra 53	Tritium Veefil-RT	Tesla Super-charger	EVTEC espresso& charge	ABB Terra HP
Номінальна потужність, кВт	50	50	135	150	350
Стандарт	CCS Type 1 CHAdeMO 1.0	CCS Types 1 and 2 CHAdeMO 1.0	Super-charger	SAE Combo 1 CHAdeMO 1.0	SAE Combo 1 CHAdeMO 1.2
Напруга живлення	480 VAC	380÷480 VAC 600÷900 VDC	200÷480 VAC	400 VAC ±10 %	400 VAC ±10 %
Вихідна напруга постійного струму, В	200÷500 50÷500	200÷500 50÷500	50÷410	170÷500	150÷920
Вихідний постійний струм, А	120	125	330	300	375
Енергоефективність, %	94	>92	92	93	95

У таблиці 3.5 наведено класифікацію штекерів комутаційних зарядних пристроїв. CHAdeMO є стандартом зарядного роз'єму постійного струму, який наразі здатний заряджати до 62,5 кВт, а також ведуться роботи над технологіями, що можуть підтримувати до 200 кВт. Останніми часами CHAdeMO зроблено значний крок у напрямку створення глобального стандарту заряджання електромобілів, запрошуючи автовиробників з усього

світу прийняти участь у цьому процесі розробки. Новий стандарт дозволить забезпечувати потужність понад 900 кВт (1500 В, 600 А). Можливості обробки високої потужності дозволять використовувати цей стандарт протягом декількох років, оскільки технології заряджання акумуляторів продовжують активно розвиватися, що забезпечує більш високу швидкість заряджання.

Останній надшвидкий Supercharger V3 від Tesla може надавати вихідну потужність до 250 кВт для автомобіля, що в сумі скорочує час заряджання на 50%.

Сьогодні кожен автовиробник обирає між стандартами CHAdeMO і CCS, причому азіатські виробники частіше використовують CHAdeMO, тоді як більшість європейських і американських виробників віддають перевагу CCS. Tesla використовує свій власний зарядний роз'єм, який за останній час набув значної популярності. Відсутність єдиного глобального стандарту створила певні труднощі для споживачів, ускладнюючи процес вибору та розповсюдження електромобілів. Подальший розвиток технологій і стандартів зарядних пристроїв сприятиме широкому прийняттю електромобілів у суспільстві.

Таблиця 3.5 – Класифікація штекерів комутаційних зарядних пристроїв

Системи за прийнятими стандартами	System A CHAdeMO (Japan)	System B GB/T (PRC)	System C	
			Combo1 (US)	Combo2 (DE)
З'єднувач				
Рознімач автомобіля				
Протокол зв'язку	CAN		PLC	

Електромобілі є важливим напрямком розвитку інфраструктури та транспорту, і практично всі великі міжнародні автовиробники (такі як BMW, Opel, Mercedes, Tesla, Nissan і інші) значно інвестують у розвиток цього сектора. Одним із ключових аспектів є характеристики зарядки та розрядки

аккумуляторних батарей та їхніх зарядних пристроїв. Це безпосередньо впливає на максимальну дальність поїздки на одному заряджанні та ефективність конвертації електроенергії, що визначає фактичні витрати на електричну енергію.

Існуючі зарядні пристрої, особливо типу 4 з великими значеннями струму заряду, стикаються з великими втратами електроенергії. Тому актуальним стає питання розробки та впровадження власних технічних рішень для поліпшення технічних характеристик зарядних станцій для електромобілів.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 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 будь-які роботи в системі автоматики і захисту і вимірювальних приладах.

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

4.2 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].

4.3 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 4.1 – 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.4.1).

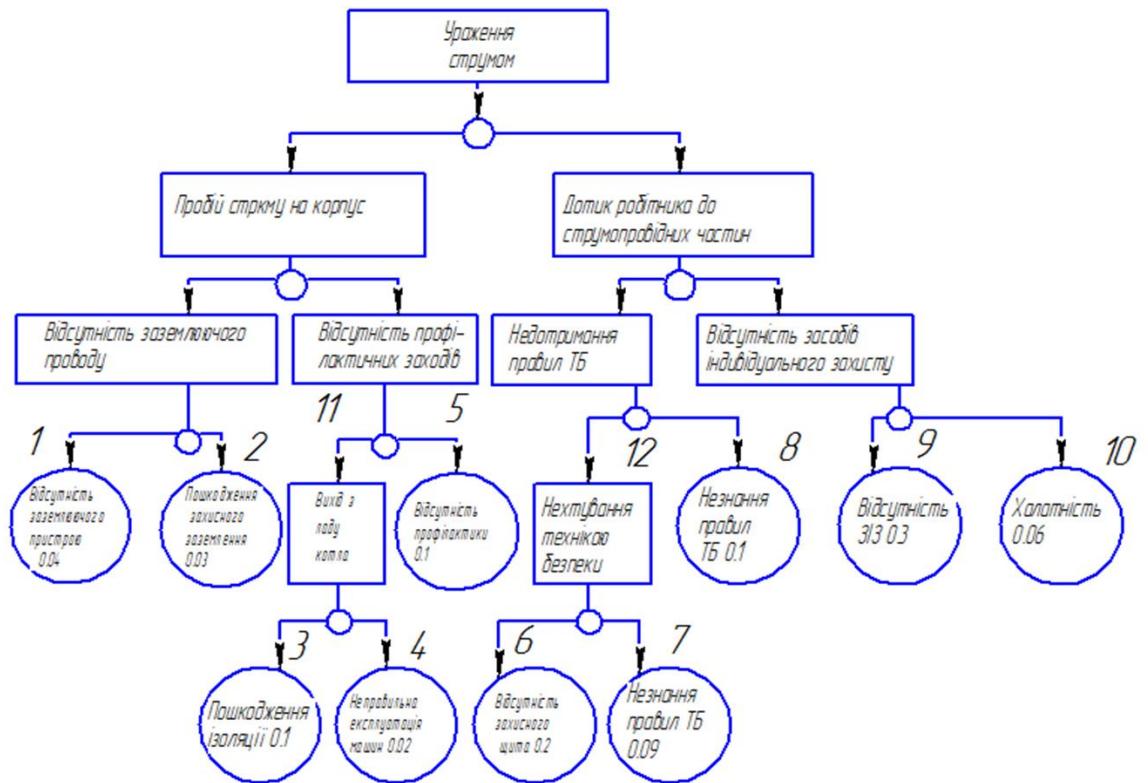


Рисунок 4.1 – Логіко імітаційна модель процесу виникнення травм при роботі з електрообладнанням.

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

$$P_3 = P_1 + P_2 \quad (4.1)$$

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

$$P_3 = P_1 \times P_2 \times \dots \times P_n \quad (4.2)$$

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

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \times P_2 \quad (4.3)$$

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:

$$P_4 = P_1 + P_2 + P_3 - P_1 P_2 - P_1 P_3 - P_2 P_3 + P_1 P_2 P_3 \quad (4.4)$$

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:

$$P_{11} = P_4 + P_5 - P_4 \times P_5; \quad (4.5)$$

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

$$P_{12} = P_6 + P_7 - P_6 \times P_7; \quad (4.6)$$

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

$$P_{16} = P_9 + P_{10} - P_9 \times P_{10}; \quad (4.7)$$

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

$$P_{14} = P_{11} \times P_5; \quad (4.8)$$

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

$$P_{15} = P_{12} \times P_8; \quad (4.9)$$

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

$$P_{16} = P_{13} + P_{14} - P_{13} \times P_{14}; \quad (4.10)$$

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

$$P_{17} = P_{14} \times P_{15}; \quad (4.11)$$

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

$$P_{18} = P_{16} + P_{17} - P_{16} \times P_{17}; \quad (4.12)$$

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

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.

4.4 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

В результаті виконання роботи на тему: «Підвищення техніко - економічних показників ефективності використання електричних батарей електромобілів» було досягну такі висновки і результати.

У першому розділі розглянуто проблеми переходу від ДВЗ до електромобілів, а також розглянуті види електромобілів і їх будова.

У другому розділі розглянуто основні характеристики компонентів електромобілів.

У третьому розділі проведено аналіз батарей електромобілів їх заряджання і розряджання.

Перевищення струму заряду або розряду може негативно вплинути на літій-іонну батарею типу NCR, яка використовується в електромобілях Tesla та інших. Важливо збалансувати і контролювати струм під час зарядки та розряду для збереження оптимальної тривалості служби і безпеки батареї

Отже, для забезпечення довговічності і безпеки літій-іонних батарей важливо дотримуватися рекомендацій виробника щодо струмів заряду і розряду, а також використовувати системи управління батареєю, які контролюють ці параметри.

Також розробленні заходи з охорони праці з електрообладнанням.

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. Nerubatskyi V., Plakhtii O., Ananieva O., Zinchenko O. Analysis of the Smart Grid concept for DC power supply systems. International scientific journal «INDUSTRY 4.0». 2019. Vol. 4, Issue 4. P. 179–182
3. Helmers V, Dietz J., Hartard S. Electric car LCA based on real-world mileage and the electric conversion scenario. Int. J. Life Cycle Assess. 2017. Vol. 22. P. 15–30. DOI: 10.1007/s11367-015-0934-3.
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. Ciez R. E., Whitacre J. F. The cost of lithium is unlikely to upend the price of Li-ion storage systems. *Power Sources*. 2016. Vol. 320. P. 310–313. DOI: 10.1016/j.jpowsour.2016.04.073.
13. Бойко М.Ф. Трактори та автомобілі. Ч.2. Електрообладнання Київ: Вища школа, 2011. 180с.
14. Safari M. Battery electric vehicles: looking behind to move forward. *Energy Pol*. 2017. Vol. 115. P. 54–65. DOI: 10.1016/j.enpol.2017.12.053
15. Лебедев 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>