

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

УДК 631.372-027.45

ПОГОДЖЕНО

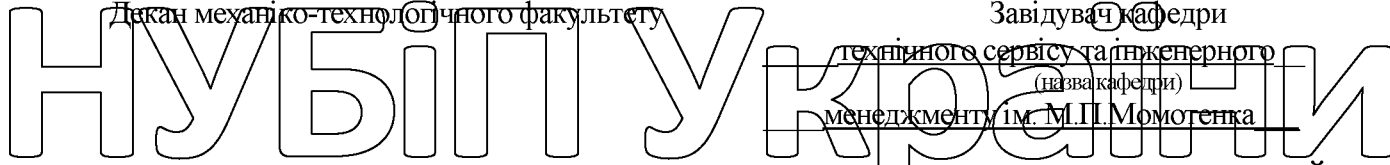
Декан механіко-технологічного факультету

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

технічного сервісу та інженерного менеджменту ім. М.П.Момотенка

(назва кафедри)



Вячеслав БРАТІШКО

(підпис)

(імя, прізвище)

Іван РОГОВСЬКИЙ

(підпис)

(імя, прізвище)

«__» _____ 2023 р.

«__» _____ 2023 р.



МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

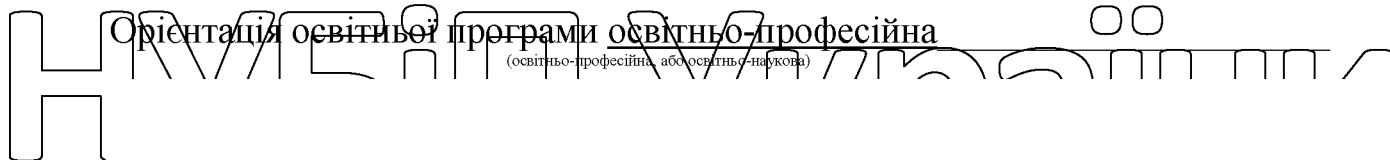
на тему «Удосконалення експлуатаційних властивостей літій-іонних батарей електроавтомобілів»



Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»
(код і назва)

Освітня програма «Автомобільний транспорт»
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)



Гарант освітньої програми

доктор технічних наук, професор
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Валерій ВОЙТЮК

(імя, прізвище)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

д.т.н., про. каф.
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Іван РОГОВСЬКИЙ

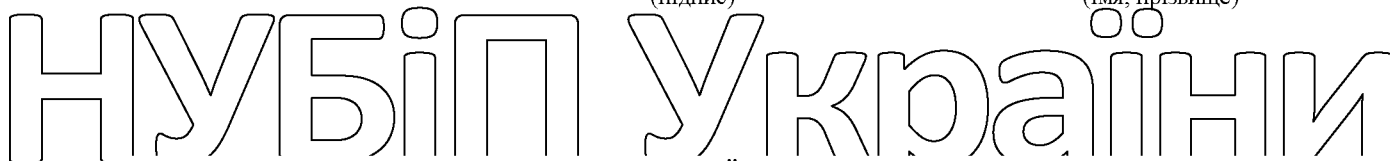
(імя, прізвище)

Виконав:

(підпис)

Владислав КОШМАН

(імя, прізвище)



КИЇВ – 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технічного сервісу та
інженерного менеджменту ім. М.П.Момотенка

д.т.н., проф. Іван РОГОВСЬКИЙ
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (імя, прізвище)

2023 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Миколі Бобуновському
(прізвище, імя, по батькові)

Спеціальність 274 «Автомобільний транспорт»
(код і назва)

Освітня програма «Автомобільний транспорт»
(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Удосконалення експлуатаційних властивостей літій-іонних батарей електроавтомобілів»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «30» грудня 2022 р. № 1944 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи Науково – технічна література: результати науково-дослідних робіт по літературних джерелах з експлуатаційних властивостей літій-іонних батарей електроавтомобілів

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз стану питання досліджень, мета, задачі дослідження гібридних автомобілів

2. Джерела електричної енергії електротранспорту. Ефективні джерела енергії, що використовуються в електромобілі

3. Порівняльний аналіз літій-іонної батареї та твердотільної батареї

4. Результати експериментальних досліджень експлуатаційних властивостей літій-іонних батарей електроавтомобілів

Перелік графічного матеріалу Електронна презентація на 14 слайдах

Дата видачі завдання «11» листопада 2022 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

(підпис)

Іван РОГОВСЬКИЙ
(імя прізвище)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Владислав КОШМАН
(імя прізвище)

НУБІП України

ЗМІСТ

ВСТУП

10

1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗВИТОК ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

1.1 Електромобілі. Етапи розвитку 12

1.2 Екологічні аспекти 16

1.3 Ситуація у сфері автомобільного виробництва. Впровадження 19

нових технологій в автомобілебудуванні

1.4 Поточна технологія двигунів для електричного автомобіля 25

1.5 Проблеми кібербезпеки електромобілів 27

1.6 Проблема споживчого попиту. Чинники, що впливають на 28

попит електромобілів

1.7 Перспективи розвитку в галузі виробництва електромобілів 31

Висновки з першого розділу

2 ДЖЕРЕЛА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ. ЕФЕКТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ,

ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В ЕЛЕКТРОМОБІЛІ

2.1 Свинцево-кислотний акумулятор 36

2.2 Нікель - кадмієвий акумулятор 39

2.3 Нікель - метал - гідридний акумулятор 42

2.4 Літій - іонний акумулятор 47

Висновки з другого розділу

3 ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЛІТІЙ-ІОННОЇ БАТАРЕЇ ТА

ТВЕРДОТІЛЬНОЇ БАТАРЕЇ

3.1 Деградація літій-іонної акумуляторної батареї 54

3.2 Оптимізація конструкції одного осередку літій-іонної батареї 54

3.3 Порівняння структур літій іонної батареї та твердотільної 60

батареї

3.4 Чутливість за оптимальних умов 62

3.5	Товщина та пористість електрода	63
3.6	Провідність та дифузійність	66
3.7	Практична оптимізація батареї	69
	Висновки з третього розділу	71
4	РОЗРОБКА ДИЗАЙНУ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ, ОРІЄНТОВАНОГО НА ДИЗАЙН АВТОМОБІЛЯ	
4.1	Передумови змін у дизайні електромобіля	71
4.2	Методи дослідження	73
4.3	Дизайн електромобіля	74
4.4	Особливості дизайну	76
4.5	Зміни у дизайні автомобілів. Вплив на електричні автомобілі	77
4.6	Аналіз майбутнього напрямку формування електромобілів	77
	ВИСНОВОК	80
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	81

РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗВИТОК ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

1.1 Електромобілі. Етапи розвитку

Електромобілі вперше були помічені в 19- столітті і залишалися легітимною кандидатурою бензинового двигуна внутрішнього згорання аж до 1920-х років, коли останній поламав опонентів і правив дорогами решту XX століття.

Незважаючи на незліченні видатні якості електромобіля, він все одно залишався у програвші через слабку батарею, яка була надто важкою та зберігала мало енергії (Armand&Tarascon 2008). У цьому розділі описано історичні етапи розвитку електромобілів та їх типи.

У той час як ранні моделі електромобілів з'явилися ще в 1830-х роках, електромобілі у власному розумінні не могли бути розроблені доти, доки не було створено відповідної технології батарей. Це сталося в 1859 році, коли французький фізик Гастон Плана розробив першу свинцево-кислотну батарею. У 1881 році співвітчизник Каміль Фор розробив більш ефективну та надійну конструкцію з більшою продуктивністю, яку можна було б виробляти у промислових масштабах. Ці прориви в технології акумуляторних батарей, безсумнівно, відповідальні за прокладання дороги електромобілів.

Перший цикл електроприводу, що складається з двоколісного автомобіля, було продемонстровано у 1867 році на всесвітній виставці у Парижі. Франція і Великобританія незабаром стали першими прихильниками електромобілів, тоді як інші європейські країни наслідували їхній приклад набагато пізніше. Тільки наприкінці 1800-х років американці виявили інтерес до електричного транспорту. Перший електромобіль дебютував у Сполучених Штатах у 1891 році у Де-Мойні, штат Айова. Вільям Моррісон спроектував шестимісний фургон, здатний розвивати швидкість до 14 миль на годину. Інтерес зріс, коли А. Л. Райкер представив електричні триколісні велосипеди США 1895 року. На той час європейці вже понад п'ятнадцять років освоювали електротранспорт. У 1897 році електромобілі були комерціалізовані в США, коли електричні перевезення та Вагона компанія Філадельфії побудувала парк електричних таксі для Нью-Йорка.

Коли вони стали комерційно доступними, електромобілі перевершили всі інші типи транспортних засобів, виявившись кращим видом транспорту. Порівняно зі своїм бензиновим аналогом електромобіль у відсутності вібрації, шуму чи запаху, і навіть не вимагав ручного зусилля запуску і перемикання передач. Парові машини також були незручні, оскільки мали менший радіус дії, перш ніж була потрібна вода, і час запуску міг зайняти до 45 хвилин в холодний день. Мало того, що вони були прості в експлуатації та зручні у обслуговування, електромобілі також мали перевагу, коли справа доходила до продуктивності. Насправді в ту епоху вони встановили багато рекордів швидкості та відстані. В 1899 Камілле Дженатзі вдалося подолати бар'єр швидкості в 100 кілометрів на годину (62 миль на годину) на своєму електромобілі у формі ракети. Фердинанд Порше встановив кілька рекордів. Транспортні засоби, вироблені тоді, були переважно складними, громіздкими екіпажами, призначеними багатих. У той час як базові електромобілі коштували менше 1000 доларів у 1900 доларах (близько 26 000 доларів сьогодні), з дорогими матеріалами та химерними інтересами, ціни на електромобілі в середньому становили 3000 доларів (близько 78 000 доларів сьогодні) до 1910 року. У цей період також було представлено багато гібридних моделей. Перша гібридна модель, Mixte, була розроблена Фердинандом Порше в 1900 році і представлена через рік на Паризькому автосалоні. Автомобіль міг проїхати майже 40 миль на одній батареї перед використанням бензинового двигуна Daimler для розширення своєї дальності. Гібридні автобуси також були помічені в Англії у 1901 році та гібридні автомобілі змагалися у гонках у Новій Англії у 1902 році. Ще один бензиновий гібридний автомобіль був запропонований у 1917 році чиказькою компанією Woods Motor Vehicle Company.

Однак, гібрид виявився комерційним провалом через дуже низькі швидкості та високу складність обслуговування.

Електромобілі мали величезний успіх, і виробництво досягло піку в 1912 році.

Незабаром після цього шановний автомобіль почав піддаватися зростанню бензинового автомобіля.

Генрі Форд зробив революцію в автомобільній промисловості, представивши Model T у 1908 році, перший автомобіль внутрішнього згорання, випущений

серійно. Незважаючи на те, що перший двигун внутрішнього згорання був розроблений ще в 1867 році Миколою Отто, початкові бензинові автомобілі були дорогими, неприємними в керуванні та важкими в обслуговуванні. Ціляком ефективною розробки на складальних лініях Ford зміг досягти низьких виробничих витрат і дозволив бензиновому автомобілю агресивно конкурувати зі своїм електричним аналогом. У той час електричний родстер продавався за 1750 доларів (близько 39 000 доларів), бензиновий автомобіль був оцінений у 650 доларів (15 000 доларів), і його ціна щорічно падала, 1916 року ціна впала до 360 доларів (близько 7200 доларів сьогодні). До 1920-х років дорожня система Сполучених Штатів була набагато розвиненішою, зєднуючи віддалені міста і таким чином вимагаючи транспортних засобів більшої дальності. Електромобілі були непридатні для ведення у сільській місцевості, що потребує підзарядки кожні 18 миль або близько того, у процесі, який займав від двох до трьох годин. Це було не лише громіздко, а й дороге. При ставці 15 доларів за перезарядку вартість експлуатації автомобіля становила приблизно 83 центи за милю, порівняно з менш як 2 центами за милю для бензинових автомобілів. Відкриття великих запасів нафти в Техасі та Каліфорнії зробило бензин доступним, а бензинові автомобілі - дешевшими в експлуатації.

1971 був цікавим роком для електромобіля, протягом якого Місячний Ровер став першим пілотованим кораблем, який був запущений на Місяць. Транспортний засіб було розроблено компаніями Boeing та Delco Electronics.

1970-ті роки були неспокійними для нафтової промисловості. У зв'язку з двома масштабними енергетичними кризами та нестабільним ринком нафти виник великий інтерес до більш ефективного транспорту та альтернативних видів палива. Люди почали експериментувати з гібридними транспортними засобами. В 1974 Віктор Вук, відомий як "Хрещений батько гібрида", модернізував Buick Skylark 1972 з гібридною трансмісією для Федеральної програми стимулювання чистих автомобілів 1970 року. Концепція, яка була протестована та довела свою ефективність, була відхилена Агентством по охороні довкілля (Гібридні автомобілі 2006). Девід Артурс був ще одним винахідником, здійснили прорив в області гібридних технологій. Творець системи рекуперативного гальмування, він переобладнав Opel GT в 1978 році перетворився на вражаючий гібрид, який

демонстрував паливну економічність 75 миль на галон. У 1980 році Бріггс і Стреттон розробили "Гібрид", бензиново-електричний гібридний автомобіль, працюючий на двоциліндровому двигуні та великій свинцево-кислотній батареї.

Audi представила експериментальний гібрид, що підключається в 1989 році, Audi Duo, який міг працювати як в бензиновому, так і в електричному режимі. У 1990-ті

роки автовиробники вживали численних зусиль з розробки електромобілів, керуючись федеральною політикою та політикою штатів. Каліфорнійська рада з повітряних ресурсів (CARB) ініціювала у 1990 році рух у бік транспортних засобів

з нульовим рівнем викидів. Chrysler запропонував TEVan, Ford-пікап Ranger EV, General Motors пікапи EV 1 і S10 EV, Honda-хетчбек EV Plus, Nissan-мінівагон Altra

EV та Toyota-RAV4 EV. General Motors представила горезвісний EV1 у 1996. Автомобіль був повністю електричним двомісним, з масивною свинцево-

кислотою батареєю вагою 1175 фунтів та дальністю дії 70 миль. Він був наданий в рамках незвичайної умови, відповідно до якої автомобілі повинні були бути

повернені GM в кінці терміну оренди без можливості покупки. До 1999 року всі автомобілі були вилучені та знищені їх виробником, а деякі були деактивовані та передані в дар музеям та інженерним школам. Пізніше Велика трійка подала до

Федерального суду на CARB, що зрештою призвело до відкликання мандата на транспортні засоби з нульовим рівнем викидів. Зусилля розробки електромобілів

згодом були повністю припинені. Вважається, що програма "Партнерство для нового покоління транспортних засобів" (PNGV), ініційована адміністрацією

Клінтон в 1993 році відповідає за розробку гібридних транспортних засобів. У співпраці між Chrysler, Ford, General Motors та

Міністерством енергетики метою програми PNGV була розробка прототипів транспортних засобів з трикратним покращенням економії палива, або що

становило 80 миль на галон. Велика трійка швидко погодилася з тим, що дизельні гібриди будуть найкращою технологією.

Японські виробники, стурбовані переворотом 1993 року, швидко розпочали роботу. У 1997 році Toyota запустила Prius, свою власну гібридну версію, в Японії, а потім Honda, яка представила Insight на японському та американському ринках у

1999 році. Insight був першим гібридом, який був проданий у США після гібрида

Вудса 1917 року, Toyota наслідувала цей приклад наступного року, представивши покращену версію свого Prius на ринку США. У той час, як усі автовиробники Детройта мали гібридні прототипи до початку 2000 року (Sperling & Gordon 2009), жоден з них не був запущений у виробництво.

Гібридна технологія, заснована на нікель-металгідридних батареях, зайняла деякий час, щоб завоювати американський ринок, і в 2000 було продано менше 10 000 автомобілів. До 2003 року це число підскочило трохи менше 50 000 людина. У 2004 році Toyota провела значно покращену модернізацію, яка зрештою виявилася величезним успіхом на ринку. Продажі Prius подвоїлися в тому році майже до 30 000 автомобілів і майже подвоїлися ще раз в 2005 році, досягнувши 54 000 автомобілів (Програма автомобільних технологій Міністерства енергетики США 2010). Пізніше в тому самому десятилітті, коли ціни на нафту досягли небувалих максимумів, інтерес до електромобілів відновився. Tesla Motors представила родстер у 2008 році, двомісний автомобіль з 450-кілограмовим акумулятором та дальністю польоту 220 миль. Цей високопродуктивний автомобіль був першим, хто використовував літій-іонні акумулятори дуже схожі на ті, які використовуються в ноутбуках. Ще одним піонером у цій галузі є китайський виробник акумуляторів та автомобілів BYD, який запустив F3DM, перший серійний гібридний автомобіль у світі, у 2008 році та повністю електричний седан у 2009 році. ○ ○

В той час як всі бензинові автомобілі працюють на двигуні внутрішнього згоряння та аналогічній трансмісії, електромобілі можуть бути налаштовані по-різному і, як правило, різняться за ступенем їхньої електрифікації. По суті, всі електромобілі складаються з електродвигуна та акумулятора. Однак ступінь електрифікації та конфігурація рухової установки породжують широкий спектр моделей. Це м'який гібрид, повний гібрид, гібрид, що підключається, і повністю електричний автомобіль. Всі моделі, перелічені вище, за винятком повністю електричного автомобіля, об'єднайте двигун внутрішнього згоряння з електродвигуном/генератором. М'який гібрид містить невеликий електродвигун та акумулятор, які забезпечують функцію запуску.

зупинки, регенеративна руйнація та допомога у прискоренні. Повний гібрид оснащений великим двигуном і батареєю, що забезпечують ті ж функції, що й

м'який гібрид, крім того, що автомобіль може працювати на чистій електричній енергії на низьких швидкостях. Гібридний електромобіль, що підключається, - це, по суті, повний гібрид з більшою батареєю, яку можна заряджати електрику з електромережі. Велика батарея забезпечує розширену дальність керування в чистому електричному режимі, навіть на більш високих швидкостях. Як тільки акумулятор повністю розряджений, автомобіль може працювати на меншому двигуні внутрішнього згорання, як звичайний автомобіль, або використовувати двигун для зарядки акумулятора і розширення дальності водіння. Цілком електричний автомобіль покладається виключно на електропривод. Його продуктивність зазвичай обмежується розміром акумулятора, який визначає максимальну дальність водіння.

1.2 Екологічні аспекти

Перший міжнародний саміт з екологічних питань відбувся у Стокгольмі у 1972 році. Конференція Організації Об'єднаних Націй з довкілля людини заклала основи глобального екологічного співробітництва та управління між країнами. В результаті цієї конференції було започатковано Програму Організації Об'єднаних Націй з навколишнього середовища. У 1987 році міжнародна угода під назвою Монреальський протокол стосувалася контролю за викидами, що завдають шкоди озону. Ця угода вважається найуспішнішим міжнародним договором з екологічних питань зі 196 країнами, що його підписали. Це призвело до скорочення на 95% кількості техногенних шкідливих речовин, і, за прогнозами, збитки, завдані озону, можуть бути відновлені до кінця 21 століття. Збитки, завдані озону, було виявлено в 1970-х роках, і тому знадобиться майже 100 років, щоб він відновився. Це підкреслює, наскільки тривалими і серйозними є поточні проблеми, пов'язані з викидами парникових газів, які можуть зберігатися навіть після вжиття заходів щодо скорочення.

Наступником міжнародної конференції 1972 року стала Конференція ООН з навколишнього середовища та розвитку, або «Саміт землі», як його почали називати. Відбувся саміт 1992 року в Ріо-де-Жанейро. У ньому взяли участь 172 держави, зокрема 108 глав держав. Основною темою конференції було довкілля та сталий розвиток. Результатом цієї конференції стала Рамкова конвенція Організації

Об'єднаних Націй щодо зміни клімату (РКЗК ООН). У цьому договорі було поставлено за мету контролювати рівні парникового газу в атмосфері, щоб обмежити втручання людини в клімат. Договір набув чинності після ратифікації Росією протоколу в листопаді 2005 року. До кінця 2009 року угоду ратифікували 187 країн. США його не ратифікували.

З 1995 року РКЗК ООН проводить щорічну Конференцію Сторін (КС) договору 1992 року. Місця проведення наради КС розрізняються, і саме за назвою приймаючого міста часто відомі досягнуті угоди, такі як Кіотський протокол 1997 року (КС) або остання Копенгагенська угода з наради КС 15 у 2009 році. Оскільки обов'язкові угоди в рамках Кіотського протоколу не поширюються на період після 2012 року, було висловлено сподівання, що КС 15 призведе до укладання нового договору на зміну Кіотському. Жодної нової юридично зобов'язувальної угоди не було досягнуто. Країни-учасниці підписали Копенгагенську угоду, в якій перераховано низку цілей та зобов'язань. Одна з головних цілей полягає в тому, щоб обмежити підвищення середньої глобальної температури на 2°C вище за температуру доіндустріальної епохи.

Євросоюз був на передовій боротьбі зі зміною клімату і одним із перших підписав Кіотський протокол. ЄС доклав великих зусиль для досягнення цільових показників, що вимагаються від нього відповідно до цієї угоди, оскільки вона є одним із найбільших джерел викидів парникових газів у світі. Зусилля ЄС щодо боротьби зі зміною клімату призвели до широкого спектру нових стратегій та програм у таких важливих секторах, як енергетика та транспорт.

Для скорочення викидів від автомобілів у 1995 році ЄС ухвалив триетапну стратегію. У рамках цього в 1998/1999 роках було досягнуто добровільної угоди з європейськими, корейськими та японськими автовиробниками, на частку яких припадає 95% продажів автомобілів, що обмежать викиди CO₂ до 140 г CO₂/км до 2012 року. На додаток до цього для скорочення викидів CO₂ використовувалась Директива з маркування автомобілів CO₂/car (1999/94/ЄС) для покращення інформації про споживачів та фіскальних заходів щодо просування ефективних автомобілів. У червні 2000 року було створено схему для моніторингу викидів CO₂ від нових автомобілів. Загальний цільовий показник викидів для трьох кроків було

120g CO₂/km до 2012 року. У 2001 році ЄС ухвалив Директиву (2001/77/ЄС) про заохочення використання енергії з відновлюваних джерел. Директива 2003 року про заохочення використання біопалива та палива з відновлюваних джерел енергії на транспорті (2003/30/ЄС) вимагала, щоб до 2010 року 5,75% транспортного палива в державах-членах вироблялося з біопалива.

У квітні 2009 року було ухвалено нове законодавство (Постанова 443/2009), яке встановлює законні обмеження викидів CO₂ для нових легкових автомобілів, оскільки виробники не виконували цільових показників, незважаючи на досягнутий прогрес. Була поставлена нова мета-130g CO₂/km до 2012 року для 65% парку, а до 2015 року 100% парку. Це нове Регулювання замінило попередню добровільну угоду та схему моніторингу викидів, згадану раніше. Ще одна мета-95 г CO₂/km було встановлено на 2020 рік. Пропонується також ухвалити додаткове законодавство, що встановлює нові обмеження для легких транспортних засобів.

Було показано, що опір коченню шин становить до 30% викидів CO₂ типового автомобіля. Нові Правила конструкції шин (ЄС №661/2009) було запроваджено для підвищення паливної ефективності у цій галузі. Маркування шин, Регламент ЄС № 1222/2009 також спрямоване на підвищення паливної ефективності шляхом надання споживачам більш детальної інформації. У 2005 році ЄС розпочав Систему

торгівлі викидами парникових газів (ВПГ) відповідно до Директиви 2003/87/ЄС. ETS є ще однією важливою політикою ЄС у сфері боротьби зі зміною клімату – зміна та досягнення цільових показників скорочення, необхідних відповідно до

Киотського протоколу. Це встановило схему торгівлі кредитами на викиди CO₂ між основними промисловими секторами, що виділяють парниковий газ, у державах-членах. Не всі галузі промисловості включені до схеми. З того часу цю схему було переглянуто відповідно до Рішення 2009/29/ЄС щодо спільного використання зусиль. Сектори, які не підпадають під ВПГ, такі як транспорт, мають досягти середнього скорочення викидів на 10% до 2020 року. Однак, цей цільовий показник для несекторальних секторів відрізняється в кожній країні в діапазоні від -20% (наприклад, Ірландія) до +20% для Болгарії.

Директива про чисті транспортні засоби (2009/33/ЄС) спрямована на розширення використання більш екологічно чистих та ефективних дорожніх

транспортних засобів. Він вимагає, щоб державні органи враховували довічне використання, включаючи викиди, у процесі закупівлі нових транспортних засобів. Існує також широке додаткове законодавство щодо шумового забруднення, якості повітря та викидів газоподібних та твердих частинок з двигунів внутрішнього згорання. ЄС поставив амбітні цілі щодо подальшого скорочення викидів та підвищення енергоефективності. Цілі, які він поставив, відомі як "цілі 20-20-20". Відновлювані джерела енергії ЄС Директива (2009/28/ЄС) вимагає скорочення викидів парникових газів на 20% порівняно з рівнем 1990 року, споживання енергії з відновлюваних джерел на 20% та скорочення споживання первинної енергії на 20% за рахунок підвищення ефективності. Ця нова директива також вимагає, щоб 10% транспортного сектора енергія надходила з відновлюваних джерел.

Найбільш перетворюючим впливом в електроенергетичній системі, яким володіють електромобілі, є їхня здатність сприяти інтеграції ВІЕ в існуючу енергосистему. Моделі, які оцінюють синергію між відновлюваними джерелами енергії, як правило, вітром, та ЕМ, як правило, вимірюють обсяг відновлюваних потужностей, які можуть підтримувати ЕМ, або наслідки, які прийняття ЕМ надає на продуктивність системи та в електромережі, на додаток до значної частки відновлюваної генерації.

Популярність електромобілів зростає через зростання стурбованості впливом викидів парникових газів на навколишнє середовище. Глобальне потепління все ще ставиться під сумнів, але дедалі більше людей у всьому світі поступово сприймають його як реальну проблему. Деякі припустили, що ліси та океани поглинають токсичні викиди так само швидко, як вони виробляються. Однак Сполучені Штати Агентство з охорони навколишнього середовища (АПООС) опублікувало звіт у січні 2017 року, який доводить, що цей аргумент є хибним. Інші стверджують, що глобальне потепління є природним планетарним процесом, і АПООС (2017) погоджується з тим, що глобальне потепління є процесом, який підтримує на Землі прийнятну температуру. Тим не менш, надлишок викидів викликає підвищення температури на 1,5 ° за Фаренгейтом за останнє століття, що викликає велику занепокоєність, враховуючи, що льодовиковий період був всього на 5-9 градусів холодніше, ніж сьогоденний клімат. Збільшення викидів пов'язане зі зростанням

населення та збільшенням виробництва та споживання енергії та транспорту. З 1990 до 2012 року, всього за 22 роки, обсяг викидів парникових газів збільшився на 41% на міжнародному рівні (Samimi & Zafinabadi, 2012). Якщо зростання викидів продовжуватиметься з такою експоненційною швидкістю, у найближчі століття доведеться мати справу з ще вищим підвищенням температури та інтенсивнішими наслідками глобальної зміни клімату. Сполучені Штати становлять 4,5% населення світу, але використовують 19,2% усієї світової енергії, це другий за величиною споживач енергії у світі, одразу після Китаю (Aslani & Wong, 2013). Багато невеликих країн зробили зусилля зі скорочення своїх викидів і виробництва енергії за допомогою відновлюваних технологій, але навіть якби 100% виробленої енергії було "зеленим", їх вплив був би набагато меншим, ніж якби великі споживачі енергії скоротили більшу частину виробленої енергії.

Коли електромобіль працює на електриці, він не виділяє вихлопних газів (також відомих як прями). Якщо оцінювати тільки з цього фактора, ЕМ набагато екологічніші, ніж звичайні автомобілі з бензиновим двигуном, представлені сьогодні на ринку.

Однак при оцінці екологічності електромобіля також необхідно враховувати такі викиди, як парникові гази та забруднювачі повітря, що виділяються для виробництва та розподілу енергії, що використовується для живлення автомобіля. Виробництво електроенергії призводить до різної кількості викидів, залежно від ресурсу.

Всі електромобілі викидають у середньому близько 4450 фунтів еквіваленту CO₂ щороку. Для порівняння, звичайні бензинові автомобілі викидатимуть більш ніж удвічі більше на рік. Кількість викидів, за які відповідає електромобіль, значною мірою залежить від географічного району та джерел енергії, що найчастіше використовуються для виробництва електроенергії.

1.3 Ситуація у сфері автомобільного виробництва. Впровадження нових технологій у автомобілебудуванні

Автомобільна промисловість зараз має найбільші зміни з аналогічного погляду. Автомобільна промисловість сприяє економічному розвитку країни, тому

вона широко визнана як великий сектор економіки. Автомобільна промисловість складається з безлічі компаній, що спеціалізуються на виробництві автомобілів, а також компаній, що займаються маркетингом та дистрибуцією автомобільної продукції, як автомобілі, автобуси, фургони, вантажівки, мотоцикли, мопеди і моторизовані велосипеди. Світова автомобільна промисловість включає кілька великих блоків виробників автомобілів, які співпрацюють з постачальниками на глобальному рівні. Декілька внутрішніх та зовнішніх чинників, включаючи політичний та соціальний тиск через четверту промислову революцію та зміни клімату, а також посилення міжнародних торгових конфліктів та протекціоністської політики, а також недавню катастрофу Корони, закликають до фундаментальних змін в автомобільній промисловості. Справді, автомобільної промисловості відбуваються величезні зміни, небачені досі у всіх сферах.

Зміни можуть призвести до кризи або стати можливістю. Результати змінюються залежно від того, як ми реагуємо на зміни. Після першої промислової революції відбулися кардинальні зміни у сфері машинобудування до четвертої промислової революції. Нині не всі перебувають у кризі. Якби це було так, то не було б історичного розвитку людства. Багато країн та компаній, які зробили зміни можливістю з розумною стратегією реагування за часів змін, і вони призвели до нового розвитку та зростання у майбутньому. Нові попередники з'являються за часів змін.

У період з 2005 по 2017 роки обсяги виробництва легкових автомобілів зросли на 50%, з 63 до 93 мільйонів на рік. Після цього темпи зростання економіки також знижуються, але виробництво продовжує зростати, допускається, виробити близько 1,04 млн. до 2030 року.

Промисловість очікує, що протягом наступних 40 років різні типи автомобілів будуть змішані і замінені природно екологічно чисті автомобілі. Однак недоліки електромобілів знижуються, а швидкість постачання збільшується.

Впровадження нових технологій дало поштовх у розвитку сучасного авто виробництва. Першорядні проблеми, що охоплюють комплексні параметри автотранспорту. Важливими складовими є

електропривод, керування авто за допомогою електроприладів, а також зберігання енергії. На даний момент передбачається оптимізація таких автомобільних частин, як трансмісія, нововведення в дизайн та матеріал кузова тощо. Впровадження нових комплексних технологічних рішень стане справжнім технологічним проривом у автомобілебудуванні.

Одна з найважливіших проблем у розвитку сучасного автовиробництва це оцінка якості та надійності одиниць, що випускаються. Незважаючи на віковий досвід, необхідний новий підхід до процесу оцінки та відстеження похибок. А саме, необхідне створення нового комплексу інструментів у проектуванні та виробництві автомобілів та електромобілів, зокрема. Що забезпечить адекватний потрібний рівень якості та надійності автотранспортних одиниць.

Для реалізації цього завдання, початком послужить введення нових методик і технологій у проектуванні та виробництві вже відомих схем традиційного авто.

Проте, варто враховувати зміни в інфраструктурі сучасного світу з новими вимогами щодо експлуатаційної ефективності автотранспорту.

Час глобалізації може стати перевагою для інтеграції з відомими компаніями, що пішли вперед із передовими технологіями у проектуванні та виробництві.

Інтеграція допоможе модернізувати виробничу базу, яка вже має стандартизовану основу у виробництві.

У перспективі сучасного світу перехід від авто з ДВЗ до електромобілів, а далі до повністю екологічних електромобілів. Причинами такого переходу можуть бути:

- Велика дослідницька база
- Підтримка у реалізації провідними країнами світу
- З розширенням сфери технологій, отримає розвиток ринок авто споживачів.

У наступні роки нові технології стануть пріоритетними в галузі машинобудування. Незважаючи на це, домінуючими технологіями не стануть, оскільки для автовиробників кардинальні зміни – це величезний ризик. Нелегко відмовитиметься від технологій, які пройшли вікове тестування.

Незважаючи на величезний історичний досвід у проектуванні та виробництві автомобілів, ми знаходимося на ранній стадії технологічного розвитку.

Інновація самого виробничого процесу, тобто. наскільки покращення процесу вплине на бізнес-мети, це здатність постачальників розробляти і надавати розумніші та легкі машини, які можна переміщати на виробничій лінії та легко застосовувати для інших платформ та завдань. Це залежить від нових технологій.

Наприклад, лазерне зварювання є дуже важливим фактором у галузі зниження ваги транспортного засобу і може знизити масу транспорту до 22%. Крім того, з його допомогою можна зварювати деталі, виготовлені з різних форм і матеріалів. Що стосується виробництва силових агрегатів, не тільки блоки двигуна замінюються алюмінієм протягом багатьох років, але виробники вже шукають нові матеріали, такі як чавун із компактним графітом. BMW, наприклад, розробила блок двигуна з магнієво-алюмінієвого композитного матеріалу у Ландсхуті.

За рахунок впровадження технології обробки пластику, яка може проводитись серійно, і технології обробки, яка може бути прецизійною, передових технологій формування, таких як форма, близька до чистої, яка знижує споживання енергії за рахунок зменшення обсягу обробки на заключній стадії обробки, а також втрати матеріалу завдяки цьому (Досягнення нульових матеріальних втрат) стало дуже важливим фактором у процесі виробництва екологічно чистих автомобілів та

обговорюється як частина основних стратегічних факторів компаній. Нині основна увага приділяється як скорочення використання матеріалів, а й кількості операцій, необхідні виробничого компонента. У Європі, наприклад, колінчастий вал робить у середньому 15 кроків, тоді як у Китаї він має пройти 25 кроків. Зростання витрат на робочу силу також сприяє автоматизації виробництва на ринках, що розвиваються, що вимагає використання обладнання з паралельною кінематикою для забезпечення високою гнучкості інтелектуальних складальних ліній.

Виробники оригінального обладнання повинні також враховувати соціально-політичні ринкові фактори при повторному застосуванні своїх виробничих процесів у майбутньому. Frost & Sullivan вважає, що ці загальні фактори скоригують майбутню стратегію та внесуть зміни у чотирьох областях: автомобілебудування, комплектуванні, виробничі процеси та виробничі технології.

Передові методи виробництва такі як прецизійне виробництво, машинний зір та інтелектуальні роботи — це лише методологія OEM-виробників, що прагнуть

цифрових фабрик, і «вершина айсберга» майбутнього. Майбутні фабрики зміняться у більш стійкій та інноваційній формі. З'являться нові тенденції, наприклад: розумні хмари, промислова кібербезпека та корпоративна екосистема.

Хмарні обчислення, які є гнучкими та налаштованими через хмару у будь-який час та в будь-якому місці, відповідатимуть потребам конкретних підприємств у виробничій галузі. Кібертероризм може стати потенційним ризиком для безпеки виробництва у майбутньому і може призвести до зниження продуктивності та інтелектуальної власності. Планування ресурсів підприємства (ERP), Управління життєвим циклом продукту (PLM) та Система управління виробництвом (MES) інтегровані та забезпечують значну оптимізацію життєвого циклу продукту, що дуже важливо у автомобілебудуванні.

BMW Group восьмий рік поспіль посідає перше місце у світовій автомобільній індустрії за індексом стійкості Доу-Джонса (DJSI). DJSI — це метод оцінки, розроблений Dow Jones та SAM, світовим лідером у галузі оцінки управління стійким розвитком. Він всебінно оцінює стичні аспекти, такі як екологічні показники та цінність, а також фінансові та соціальні показники. Як перша автомобільна компанія, яка призначила у 1973 році спеціаліста з охорони навколишнього середовища, всі члени нинішньої ради директорів працюють над цілями та стратегіями управління сталим розвитком через Раду зі сталого розвитку.

Нещодавно BMW Group отримала найвищий бал (99 з 100 балів) у всіх областях проекту Carbon Disclosure Project (CDP) і була названа в «Global 500 Leadership». Це найвищий бал не лише для автомобільних компаній, а й для всіх компаній у всьому світі.

У майбутньому найпередовішою технологією з керування електромобілем та будь-яким іншим автомобілем стане використання штучного інтелекту. Дане нововведення не тільки керуватиме електроустаткуванням, але також спростить апаратне керування. II економить час на обслуговування за рахунок перевірки якості та інтелектуального аналізу даних. Це нововведення знімає навантаження з оператора та підвищує ефективність.

На автомобільних заводах штучний інтелект (II) розширює можливості його використання у різних процесах і може бути легко інтегрований у виробничі

процеси, а інтелектуальні технології аналізу даних та вимірювання об'єднані, щоб відкрити нові можливості для підвищення ефективності виробництва автомобілів. На заводі BMW у Мюнхені на виготовлення одного автомобіля йде близько 30 годин. За цей час кожна машина виготовляє величезну кількість даних. Завдяки штучному інтелекту та інтелектуальному аналізу даних ці дані можуть використовуватися для інтелектуального управління та аналізу виробництва, що ще більше спрощує виробничий процес та допомагає забезпечити найвищу якість для всіх клієнтів. Завдяки цьому співробітникам не доводиться виконувати одноманітні завдання, що повторюються. Як і у всіх нововведеннях, ключовим фактором є ефективність. Варіанти штучного інтелекту та інтелектуального аналізу даних в даний час тестуються у різних процесах на заводі BMW у Мюнхені. Модель AI вже була застосована до деяких процесів, для яких було перевірено процес та функцію преса. У процесі пресування сталевий лист перетворюється на більш ніж 30 000 частин тіла на день. З 2019 року кожному бланку присвоєно лазерний код, що дозволяє чітко ідентифікувати тіло в цілому. Цей код можна вибрати в системі "iQ Press". Система аналізує та записує окремі дані про матеріали та технологічні процеси, такі як товщина металів та шарів, температура та швидкість преса. Ці дані, що завантажуються в хмару в режимі реального часу, миттєво та повністю доступні для виробничих груп, щоб мати чіткіше уявлення про виробничий процес. Дані преси iQ – важливий інструмент для них. Наприклад, при контролі якості немає необхідності докладно перевіряти кожен частину тіла, і відбираються ті, які вимагають дій. AI дає можливість виявляти шаблони, що повторюються, в процесі на основі зібраних даних і підтримує безперервну оптимізацію процесу. Таким чином, прес iQ не тільки підвищує ефективність виробничої системи, а й допомагає ще більше збільшити погодинну продуктивність процесу пресування. Крім того, кузовний робот оснащений загалом понад 600 зварювальними кліщами. Якщо вам доведеться замінити щипці зненацька, це може зайняти багато часу і дорого. Крім того, до багатьох роботів важко дістатися, тому розбирання та заміна кліщів може зайняти кілька годин. Стан цих щипців виявили людським оком. Проте останні місяці фахівці з технічного обслуговування на заводі в Мюнхені тричі за зміну виміряли рівень тертя та встановили датчик на кожному затиску для виявлення

аномалій. І дані, що вони генерують, постійно оцінюються ІІ, прогножуючи потенційні збої системи.

Тепер процес контролюється цілодобово, що дозволяє ІІ визначати, чи потрібні роботи з технічного обслуговування. Це дозволяє більш ефективно виконувати плани заміни та планувати час простою технологічного процесу.

Зокрема, пил у малярському цеху, незважаючи на систему очищення, змушує частки пилу прилипати до кузова, коли кузов рухається до лінії фарбування. Хоча людське око не бачить, частки можуть вплинути на якість лакофарбового покриття.

До цих пір такі потенційні дефекти не виявлялися в процесі фарбування, а виявлялися тільки під час огляду поверхні після завершення процесу, що потребує доопрацювання. Він знову повністю проходить процес фарбування. Однак усі системи фарбування тепер включають датчики, які можуть вимірювати рівень пилу та прогнозувати якість фарби. Ви можете швидко дізнатися, коли змінні середовища неправильні або всередині фабрики фарб, або в буферній області.

За останні кілька місяців додаткові спеціальні датчики, розроблені на заводі в Мюнхені, вимірювали рівень запиленості частин тіла на початку процесу фарбування перед та позаду роликів для піря страуса ему. Якщо концентрація пилу надто висока, корпус пропускається через лінію забарвлення як є і відправляється назад у процес очищення. Більшість проектів ШІ орієнтовані насамперед на автоматичне розпізнавання зображень. Тут модель ШІ використовується для оцінки зображення компонента та порівняння його в мілісекундах із сотнями інших зображень у тій же послідовності. Потім система виявляє нестандартні деталі, наприклад недоречні, встановлені або відсутні деталі. На заводі в Мюнхені виробнича група безпосередньо візуально визначає, чи правильно встановлені запобіжні штативи, кришки склоочисників та дверні пороги на кожному автомобілі, щоб попередити про небезпеку. Наприклад, ІІ позбавляє оператора від монотонних завдань, таких як забезпечення того, щоб штатив безпеки для транспортного засобу був розміщений у правильному положенні у багажнику. Тепер це робиться камерою і програмним забезпеченням, що самонавчається, яке може порівнювати зображення з камери в реальному часі з сотнями збережених зображень за мілісекунди і виявляти стандартні відхилення. Крім того, навіть за наявності

За останні кілька місяців додаткові спеціальні датчики, розроблені на заводі в Мюнхені, вимірювали рівень запиленості частин тіла на початку процесу фарбування перед та позаду роликів для піря страуса ему. Якщо концентрація пилу надто висока, корпус пропускається через лінію забарвлення як є і відправляється

назад у процес очищення. Більшість проектів ШІ орієнтовані насамперед на автоматичне розпізнавання зображень. Тут модель ШІ використовується для оцінки зображення компонента та порівняння його в мілісекундах із сотнями інших зображень у тій же послідовності. Потім система виявляє нестандартні деталі, наприклад недоречні, встановлені або відсутні деталі. На заводі в Мюнхені виробнича група безпосередньо візуально визначає, чи правильно встановлені запобіжні штативи, кришки склоочисників та дверні пороги на кожному автомобілі, щоб попередити про небезпеку. Наприклад, ІІ позбавляє оператора від монотонних завдань, таких як забезпечення того, щоб штатив безпеки для транспортного засобу був розміщений у правильному положенні у багажнику. Тепер це робиться камерою і програмним забезпеченням, що самонавчається, яке може порівнювати зображення з камери в реальному часі з сотнями збережених зображень за мілісекунди і виявляти стандартні відхилення. Крім того, навіть за наявності

назад у процес очищення. Більшість проектів ШІ орієнтовані насамперед на автоматичне розпізнавання зображень. Тут модель ШІ використовується для оцінки зображення компонента та порівняння його в мілісекундах із сотнями інших зображень у тій же послідовності. Потім система виявляє нестандартні деталі, наприклад недоречні, встановлені або відсутні деталі. На заводі в Мюнхені виробнича група безпосередньо візуально визначає, чи правильно встановлені запобіжні штативи, кришки склоочисників та дверні пороги на кожному автомобілі, щоб попередити про небезпеку. Наприклад, ІІ позбавляє оператора від монотонних завдань, таких як забезпечення того, щоб штатив безпеки для транспортного засобу був розміщений у правильному положенні у багажнику. Тепер це робиться камерою і програмним забезпеченням, що самонавчається, яке може порівнювати зображення з камери в реальному часі з сотнями збережених зображень за мілісекунди і виявляти стандартні відхилення. Крім того, навіть за наявності

був розміщений у правильному положенні у багажнику. Тепер це робиться камерою і програмним забезпеченням, що самонавчається, яке може порівнювати зображення з камери в реальному часі з сотнями збережених зображень за мілісекунди і виявляти стандартні відхилення. Крім того, навіть за наявності

невеликих бульбашок повітря у півці дверного порогу було багато випадків, коли існуючі ворота камери не могли перевірити правильність встановлення дверного порогу. Однак телер II може швидко визначити, чи всі на місці, наприклад відстань, кут і т. д., використовуючи мобільні пристрої для сканування кожної частини зображення одну за одною по черзі і навіть визначення важкодоступних частин.

Стверджується, що ці алгоритми різко скоротили час розробки деяких процесів BMW, автономних транспортних систем та нейронних мереж для роботів. Крім того, нейронна мережа виявляє відхилення від цільового стану, порівнюючи живі зображення виробництва та логістики незалежно з базою даних зображень.

Платформа також надає елементи інноваційного програмного забезпечення для маркування цифрових зображень, що довело свою ефективність у багатьох програмах штучного інтелекту, з підтримкою, що дозволяє вивести програмне забезпечення штучного інтелекту на новий рівень розвитку.

Таким чином, BMW розширює використання додатків штучного інтелекту (ШІ) у своїх виробничих та виробничих процесах. Нові технології, такі як ШІ, а також автономний робот ШІ, автономний транспорт ШІ та доповнена реальність (AR) були застосовані до кожного процесу, і ситуація у полі відображалася в реальному часі, щоб сприяти підвищенню продуктивності. Це технологія найближчого майбутнього, яка виходить за рамки простого впровадження технології та шукає стійкі та найбільш ідеальні рішення. Тим часом, у BMW близько 1800 постачальників у більш ніж 4000 місць по всьому світу, та понад 31 мільйон запчастин поставляються на 30 виробничих підприємств BMW у кожному регіоні світу щодня. Крім того, завдяки цифровізації та інноваціям виробництво та логістика стають більш гнучкими та ефективними, а близько 10 000 автомобілів щодня доставляються клієнтам по всьому світу на виробничій лінії. Він заснований на так званому рішенні BMW щодо «підключеного розподілу» «Цифрова доставка».

Tesla виробила найвищі продуктивні електромобілі у світі, встановивши потужні високоефективні асинхронні двигуни в моделі S та моделі X EVs. Асинхронний двигун Tesla застосував технологію напаяння мідних стрижнів замість лиття під тиском алюмінію до ротора, щоб зменшити втрати та забезпечити ефективність охолодження через канал водяного охолодження статора та ротора для збільшення вихідної щільності. В цілому, приводний двигун для електромобілів намагається встановити об'єм двигуна з точки зору ефективності, але у випадку Tesla замість збільшення потужності він був розроблений з точки зору максимізації продуктивності охолодження, а не об'єму. Voltec і застосував обмотку статора до кожної технології намотування щільки лінії руху, щоб максимізувати швидкість крапель та підвищити ефективність. Крім того, за рахунок застосування повітряного бар'єру вдалося знизити момент зачеплення, що крутить, і зменшити навантаження на залізну руку.

У Японії гібридний автомобіль Toyota Prius першого покоління був серійно випущений у другій половині 1997 року, що стало початком розробки екологічно чистих автомобілів, а гібридний автомобіль Honda Insight також був випущений серійно в 1999 році. Як чистий електромобіль, в 2010 році японський електромобіль Nissan "Leaf" був випущений в якості першого серійного електромобіля, і на сьогоднішній день він досяг показників продажів, еквівалентних 50% світового ринку електромобілів.

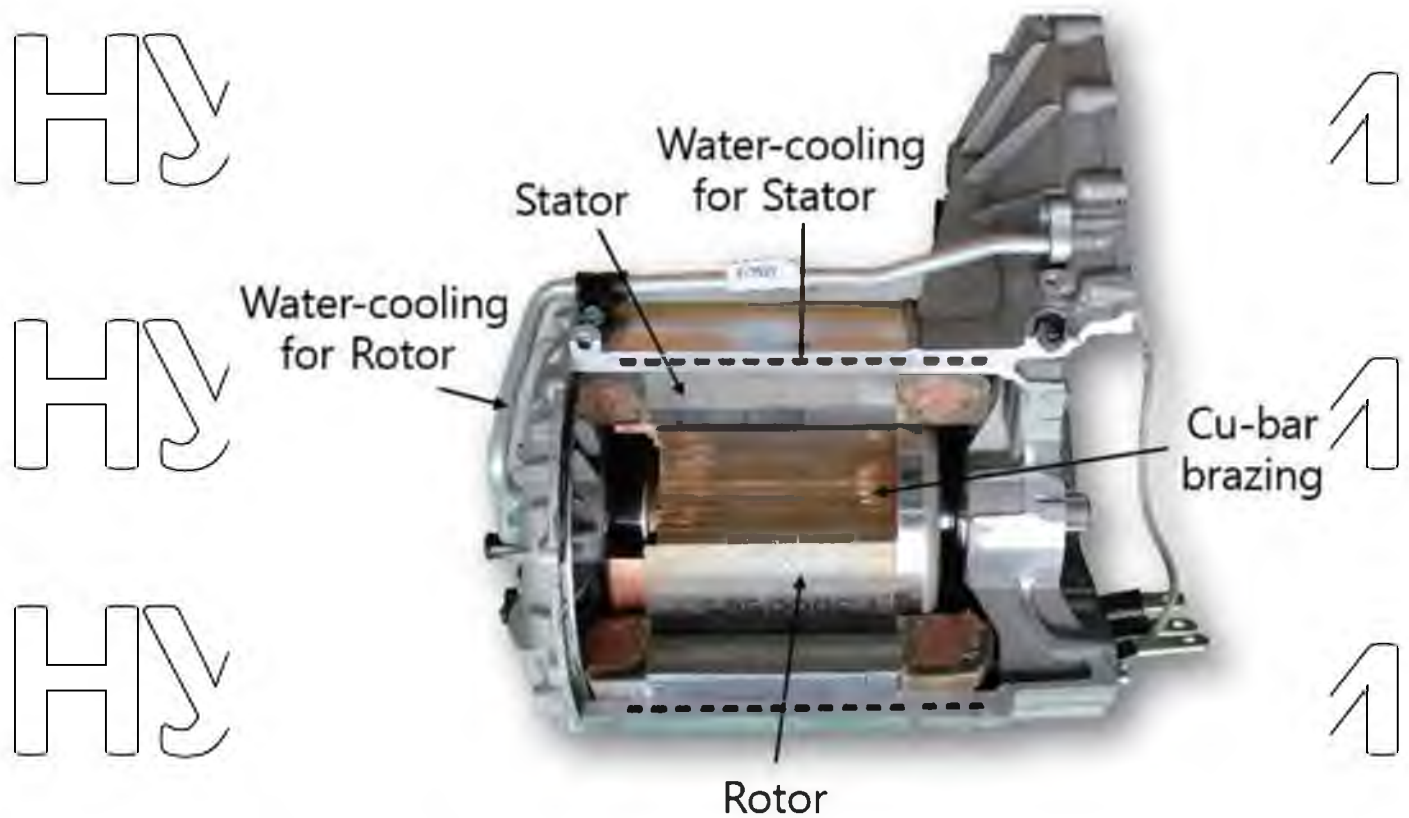


Рис. 1.1 - Двигун приводний Tesla Model S (Асинхронний двигун)



Рис. 1.2 - Привідний двигун GM Volt-II (IPMSM/Котушка)

BMW оснастила нещодавно розроблений гібридний синхронний двигун (HSM) моделлю і3 2014 року. Що стосується двигуна, то його можна розглядати як модифікований вбудований синхронний двигун з постійними магнітами та покращеними характеристиками за рахунок розміщення двох шарів постійних магнітів у роторі та ефектної конструкції пов'язаного бар'єру. Volkswagen також випустив електромобіль e-Golf з BMW і3 і двигун спроектований майже так само,

як і HSM. Для Renault Fluence ZE. Коли електромобіль був запущений, він був оснащений синхронним обмотним двигуном (WFPM), який не використовує постійні магніти. У випадку IPMSM з використанням рідкісноземельних постійних магнітів це дорого, а характеристики керування на високій швидкості погані, але у випадку WFPM магнітне поле ротора може керуватися струмом, що вигідно для високошвидкісного керування. Однак існує також недолік, який полягає в тому, що знижується як щільність виробництва, так ефективність.

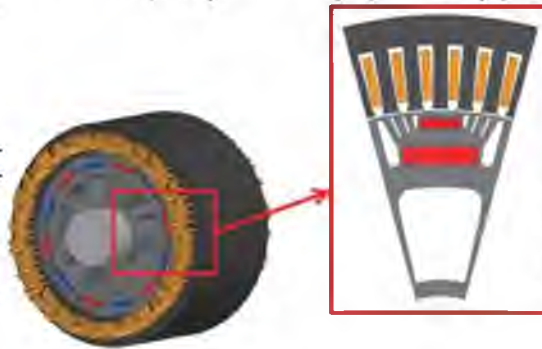


Рис. 1.3 - Привідний двигун BMW i3 та форма ротора (IPMSM)

У 2009 році перший гібридний автомобіль у Кореї, гібрид LPi Avante, був розроблений Hyundai Motor, а у 2011 році SonataHEV та K5 HEV забезпечили технологію масового виробництва електромобілів. В даний час Soul EV та Ionic EV продемонстрували світові масове виробництво та технологію чистих акумуляторних електромобілів з використанням двигунів IPMSM потужністю 80 кВт. Крім того, Ssangyong Motor розробляє Tivoli EV.

1.5 Проблеми кібербезпеки автомобілів

В останні роки у всьому світі виробляється і продається все більше підключених автомобілів, і хакери можуть використовувати потенційні вразливості, які можуть виникнути всередині та зовні цих автомобілів. Численні бортові системи, включаючи інформаційно-розважальні, телематичні та блоки керування двигуном (ЕБУ), можуть бути точками входу для шкідливих атак. Крім того, у міру того, як підключені автомобілі використовують все більш складне програмне забезпечення для забезпечення розширених функцій, ймовірність

проникнення шкідливого коду в гальмівні системи та кермові системи підключених автомобілів також зростає, що призводить до травм.

Програма кібербезпеки Keysight Automotive об'єднує обладнання, програмне забезпечення та послуги, необхідні для забезпечення безпеки транспортних засобів для виробників транспортних засобів та основних постачальників, враховує масштаб і складність технологій, що швидко змінюються, скорочує час виходу на ринок і доповнює внутрішню діяльність з кібербезпеки між виробниками та основними постачальниками.

Автомобільна кібербезпека повинна бути частиною розробки продукту від початку, включаючи весь життєвий цикл розробки та процес післяпродажного обслуговування. Для задоволення цих потреб Keysight надає комплексне рішення, що включає апаратне забезпечення, яке підключається до ECU через всі відповідні інтерфейси focus (наприклад, Wi-Fi, мобільний зв'язок, Bluetooth тощо), та програмне забезпечення, яке імітує атаки, повідомляє про вразливість та надає рекомендовані дії.

Щоб забезпечити попереджувальне запобігання, Keysight також надає послуги передплати для баз даних загроз. Ця служба передплати містить приклади останніх атак безпеки, тактики запобігання та активних шкідливих програм.

Служба також включає часті випуски прикладних протоколів, такі як безперервні оновлення та покращення програмного забезпечення.

Зігфрід Гросс, віце-президент і генеральний директор Keysight Automotive and Energy Solutions, сказав: "У той час як транспортні засоби значною мірою покладаються на підключення та програмне забезпечення для підвищення зручності, вони також наражаються на більший ризик потенційних атак на кіберзагрози, які всі більше розвиваються", та "ця нова програма дозволяє виробникам автомобілів та основним постачальникам визначати, впроваджувати та розгорнути безперервний, загальноорганізаційний підхід до тестування потенційних уразливостей для підвищення безпеки транспортних засобів."

1.6 Проблема споживчого попиту. Чинники, що впливають на попит електромобілів

Електромобілі – єдина альтернатива автомобільній промисловості. В даний час автомобільна промисловість не стикається з альтернативою, крім електромобілів, у зв'язку з прискоренням міжнародних зусиль щодо захисту клімату, посиленням поінформованості споживачів про навколишнє середовище та зростанням цін на нафту, що означає кінець традиційної ери автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння, що використовують бензин та дизельне паливо, і початок революції.

Очікується, що в майбутньому електромобілі радикально змінять пов'язані з автомобілебудуванням технології та промислову структуру, не лише замінять двигун внутрішнього згоряння існуючих автомобілів електродвигунами та оснастять акумулятори замість паливних баків, а й стануть винаходом нового автомобіля.

У міру того, як виробництво та розповсюдження електромобілів стане повноцінним, близько 50% існуючих продуктів, пов'язаних з автомобілями, будуть втрачені, а традиційні автомобільні деталі (наприклад, пристрій упорскування дизельного палива Bosch, потужний двигун BMW, трансмісійний пристрій ZF, вихлопний пристрій Eberspaecher та т.д.), які нині сильні у Німеччині, зникнуть у найближчі кілька десятиліть. У міру нашого розширення відбувається перерозподіл ресурсів між традиційними автомобілями та електромобілями, і тенденція до електромобілів вже стає незворотною.

Готова автомобільна промисловість та індустрія автомобільних запчастин вже витрачають мільйони євро щодня, щоб стимулювати розробку та виробництво електромобілів, що призводить до перерозподілу ресурсів, що скорочує інвестиції в автомобільний сектор.

Так само, як механічні друкарські машинки були замінені ноутбуками і смартфонами через 20-30 років, необхідні нові стратегії та інфраструктура, щоб впоратися з швидкою технологічною, промисловою та міждержавною реорганізацією після настання нової ери електромобілів.

"Wirtschaftswoche" розробила Індекс електромобілів (EVI), порівнянний прогностичний показник між країнами, у відповідь на німецьке відділення McKinsey, глобальної консалтингової фірми, щоб спрогнозувати частку реєстрації нових автомобілів електромобілів у кожній країні та допомогти розробити національну політику підтримки та стратегії просування бізнесу в галузі.

EVI оцінює загалом дев'ять позицій з різними вагами, беручи до уваги фактори попиту та пропозиції на електромобілі в кожній країні, та представляє прогноз рівня зайнятості електромобілів на 2020 рік для кожної країни

У майбутньому McKinsey оновлюватиме індекс EVI щокварталу, беручи до уваги підтримку електромобілів кожною країною.

Оскільки електромобілі все ще перебувають на ранніх стадіях з погляду попиту та пропозиції, відповідний ринок не сформувався у повному обсязі, і частка від загальної кількості нових зареєстрованих транспортних засобів електромобілів становить менше 0,1% (станом на 2009 рік поширеність електромобілів)

Через відсутність випуску електромобілів основними готовими автомобілями у світі не тільки менше комерційно доступних автомобілів, а й конкурентоспроможність електромобілів з точки зору продуктивності (особливо пробігу) та ціни все ще невелика

У Данії стимул до купівлі 33% від ціни нового автомобіля, такий як звільнення від реєстраційного податку при покупці електромобіля, є найвищим у світі станом на 2009 рік, а частка реєстрації нових автомобілів становить лише 0,074%

Станом на 2009 рік у США, де було продано 2412 електромобілів, найбільше у світі, також передбачені такі зручності, як впровадження системи безкоштовного паркування для електромобілів, але на ринку доступний лише один автомобіль Tesla Roadster з часткою реєстрації нового автомобіля 0,023%

У Португалії на ринку немає електромобілів на найвищому рівні у світі, поряд зі Сполученими Штатами, з точки зору зручності, а саме паркування та спеціалізованих смуг для електромобілів

Тим не менш, основні готові транспортні засоби у світі почнуть випускати електромобілі протягом кількох років з цього року, і очікується, що умови попиту

та пропозиції на електромобілі поступово покращуватимуться в міру того, як візуалізуватимуться активні зусилля урядів кожної країни з підтримки та створення попиту.

Слідом за існуючим родстером Tesla у Сполучених Штатах, Think City у Норвегії та I-MiEV у Mitsubishi у Японії, Volt від Chevrolet у Сполучених Штатах та iOn від Peugeot у Франції будуть доступні на ринку цього року, а у 2011 році три моделі (Twizy ZE, Fluence ZE, Kangoo ZE). У 2012 році в найближчі 3-4 роки буде випущено більше 30 нових автомобілів, у тому числі Audi e-tron у Німеччині, Chrysler 200C EV у США та Fiat 500 EV в Італії

Сполучені Штати інвестують понад 22 мільярди євро в дослідження та розробки електромобілів та розширення інфраструктури протягом наступних п'яти років, щоб активно підтримувати розробку та виробництво електромобілів, а Китай та Франція інвестують близько 3,4 мільярда євро та 2,2 мільярда євро відповідно.

Через п'ять років Японія США вироблятимуть понад 200 000 електромобілів на рік, а частка електромобілів в автомобільному виробництві, як очікується, перевищить 2%

Зокрема, при заміні існуючих бензинових автомобілів електромобілями зниження експлуатаційних витрат на транспортні засоби нині становить понад 50% у більшості країн та 89% у Південній Кореї, що є найвищим рівнем у світі.

В даний час вартість зарядки електромобілів становить близько 1-3 євро за 100 км, але в майбутньому продуктивність та економія палива електромобілів покращаться, перевищивши економію палива існуючих автомобілів, що призведе до відносно нижчих експлуатаційних витрат і зростання цін на нафту.

Враховуючи вищезгадані фактори, очікується, що Сполучені Штати досягнуть найвищого рівня 38% і охолять світовий ринок електромобілів.

Сполучені Штати будуть здійснювати масштабну програму підтримки електромобілів у розмірі 22 мільярдів євро протягом наступних п'яти років, що у сім разів більше, ніж у Китаї, і приблизно у 36 разів більше, ніж у Німеччині, відповідно до сильної політичної волі уряду стратегічно розвивати електромобілі.

Крім того, очікується, що Франція підвищить рівень проникнення світового класу після Сполучених Штатів через агресивну політику уряду в галузі освіти, таку

як група Renault-Nissan і Peugeot Citroën(PAS), а також агресивну стратегію електромобілів в автомобільній промисловості та оплати допомоги в купівлі з іншої сторони, в Німеччині екологічна обізнаність споживачів і технологічні інновації в автомобільній промисловості відносно низькі через високий рівень споживання електроенергії. Умови продажів щодо погані, через слабкою підтримки виробництва (близько 600 мільйонів євро, лише 3% від частки США) Данія має відмінні умови з боку попиту і в даний час має найвищий у світі рівень проникнення, але через найвищі у світі витрати на електроенергію (0,27 євро) /кВт * год, що приблизно в чотири рази більше, ніж у Казахстані) економія експлуатаційних витрат (близько 56%) є низькою порівняно з іншими країнами, а також відсутність готових автомобілів в її країні, конкурентоспроможність сектора електромобілів, як очікується, залишиться на середньому рівні.

1.7 Перспективи розвитку в галузі виробництва електромобілів

Країни у всьому світі розвивають інтенсивну конкуренцію на ринку електромобілів. Електромобілі задовольняють як економічності, так і екологічності, і оскільки вони мають сильний вплив на інші галузі, уряд та автомобільні компанії працюють над створенням нових ринків, щоб забезпечити відповідні технології та стандарти.

Впровадження електромобілів та заходи підтримки в кожній країні знижують вартість батарей на початковому етапі, і акумуляторна промисловість веде себе до скорочення витрат швидкими темпами за рахунок досягнення економії. У Сполучених Штатах, Японії та Китаї уряд уже продає від 10 000 до 20 000 електромобілів на рік, забезпечуючи агресивне будівництво інфраструктури, а також субсидії та податкові пільги. [43]

США оголошували про введення 1 мільйона автомобілів до 2015 року, першого у світі, і впровадили систему допомоги у купівлі до 7500 доларів за автомобіль для споживачів, які купують електромобілі, включаючи гібридні автомобілі, що підключаються, до 2015 року.

Японія підтримала постачання 500 000 електромобілів до 2020 року та субсидії у розмірі 1390 000 ієн (близько 5,5 мільйонів тенге) на кожний автомобіль.

Китай, який стоїть за бензиновою автомобільною промисловістю, оголосив, що вкладе 15 мільярдів доларів у розробку чистих електромобілів до 2020 року, пропустивши етап екологічно чистих автомобілів, таких як гібридні автомобілі.

В Австралії комерційний електромобіль під назвою "Електрон", заснований на "Кліку" Hyundai, почав випускатися в 2008 році та експортується до Нової Зеландії.

У Канаді Британська Колумбія наразі має законну ліцензію на експлуатацію електромобілів, і наразі розробляються плани щодо вирощення експлуатації електромобілів на автомагістралях у Квебеку. Nissan та GM також продавали електромобілі в Канаді в США у 2010 році [44].

У Сполучених Штатах з кінця 1980-х років використання електромобілів заохочувалось за допомогою таких коштів, як податкові пільги. У 2000-х роках уряд брав безпосередню участь у розробці електромобілів, а Міністерство енергетики надало виробникам 8 мільярдів доларів за підтримки Ford, Nissan, Tesla та інших.

Мета полягає в тому, щоб поставити 10 000 автомобілів та надати покупцям податковий кредит у розмірі 7500 доларів США. Каліфорнійська комісія з повітряних ресурсів (CARB) активно заохочує розповсюдження електромобілів на тій підставі, що вони не виділяють сажі. З 2003 року автомобілі з нульовим рівнем викидів (ZEV) були обов'язковими для продажу, і більше відсотка екологічно чистих транспортних засобів, таких як електромобілі, гібридні та бензинові автомобілі з наднизьким рівнем викидів, були продані відповідно до кількості автомобілів, проданих компанією. Через цю політику Nissan і GM запустили комерційні електромобілі в Каліфорнії, "Ліст" та "Болл", у 2010 році.

У Європі група Renault лідирує у сегменті електромобілів країнами. В Ірландії група Renault просуває бізнес електромобілів, а Португалія також просуває бізнес електромобілів, що базується на зарядних станціях. У травні 2011 року канцлер Меркель оголосила про плани довести кількість електромобілів у Німеччині до мільйона до 2020 року. В якості можливості для електромобілів звільнитися від нафти та скоротити викиди парникових газів Німеччина сподівається очолити

ринок попиту та пропозиції на електромобілі та планує збільшити його до 6 мільйонів одиниць до 2030 року. Але політики, представники відповідних галузей та споживачів, експерти тощо.

Німецький форум електромобілів (NPE), який брав участь у цьому, висловив думку, що без підтримки казначейства цієї мети було важко досягти [45].

Японія лідирує на ринку гібридних автомобілів у конкурсі на розробку екологічно чистих автомобілів та оголосила про "Автомобільну стратегію наступного покоління 2010", спрямовану на зниження ризику технологічного розвитку екологічно чистих автомобілів. До 2020 року ми плануємо збільшити темпи постачання нових електромобілів до 15-20%, а рівень проникнення - до 20-30% до 2030 року, і ми плануємо систематично підтримувати шість стратегій розвитку автомобілів наступного покоління.

Японія інвестує в інфраструктуру заряджання урядами та компаніями, засновану на передових технологіях електромобілів. З 2009 року за підтримки уряду ми провели демонстраційний проект, що супроводжується обслуговуванням інфраструктури місцевими органами влади, і ми підтримали приватні компанії в автономній експлуатації зарядної інфраструктури в рамках підготовки до повного періоду постачання. В якості інфраструктурної стратегії підтримується планована і централізована інфраструктура машини підготовки ринку з метою поширення 2 мільйонів загальних зарядних пристроїв і 5000 швидких зарядних пристроїв, а реалізація повномасштабної машини постачання полягає у створенні колекції чистих електромобілів (EVS) і гібридних автомобілів (PHEV), що підключаються.

та зв'язком з приватним сектором.

З іншого боку, стратегічна міжнародна стандартизація, яку очолює Японія, намагається просувати "Міжнародну стандартизацію методів оцінки продуктивності та безпеки батарей", "Міжнародну стандартизацію роземів і систем зарядки", "Зміцнення системи огляду стандартизації для громадянського співробітництва" та "Навчання талантів у галузі стандартизації".

В даний час Китай є найбільшим у світі джерелом викидів парникових газів із серйозним забрудненням навколишнього середовища, і на частку вуглекислого газу, що викидається транспортними засобами, припадає 10% загального обсягу

викидів вуглекислого газу. Зовнішня залежність посилилася і очікується, що залежність від імпорту нафти перевищить 60% до 2020 року з 42,9% у 2007 році, що посилить вплив міжнародних поставок сирої нафти та змін цін на китайську економіку. Тому розвиток електромобілів необхідний у відповідь на поглиблення забруднення навколишнього середовища та відсутність безпеки у постачанні нафтових ресурсів та на стратегічному рівні розвитку автомобільної промисловості. У 2010 році Китай виробив понад 18 мільйонів автомобілів і став найощільшим у світі автовиробником.

Китайські бренди зосереджені на недорогих легких та невеликих автомобілях, а ключовим сектором автозапчастин є електромобіль „Синій автомобіль”, який запозичений з Парижа за кордоном [46].

З іншого боку, електромобілі однаково знаходяться на стартовій лінії, технологічний розрив з розвиненими країнами невеликий, і очікується, що в майбутньому ринок швидко зростатиме, що дозволить індустрії електромобілів взяти ініціативу в свої руки. Крім того, швидка урбанізація просунулась відповідно до економічного розвитку, між містами поменшало використання автомобілів, більш короткі поїздки на роботу та зосереджене населення, що створює гарні умови для поживлення ринку електромобілів. Крім того, технологія виробництва акумуляторів, яка є ключовою частиною електромобілів, також є першокласною, а багаті запаси рідкісноземельних елементів, необхідні для виробництва акумуляторів, є конкурентоспроможними з точки зору витрат. Вольт GM, що продається в Сполучених Штатах, оцінюється в 40 000 доларів у порівнянні з китайською ціною продажу F3DM, електромобіля, що продається BYD в Китаї, в 150 000 юанів (2,2 мільйона доларів). Через зростання Китаю, найбільшого у світі автомобільного попиту, ера електромобілів відкриється швидше, ніж очікувалося, і Китай, швидше за все, займе лідируючі позиції в галузі електромобілів. Якщо подивитися на політику китайського уряду щодо підтримки електромобілів, то з початку 2000-х років він виявляє інтерес до технологій, пов'язаних з електромобілями, та сприяє розвитку технологій, обираючи їх як один із великих проєктів у країні. За 10 років у розробку технологій, пов'язаних із електромобілями, було інвестовано близько 2 мільярдів юанів (2,9 мільярда доларів) коштів.

Китайський уряд офіційно використовує термін "транспортні засоби на відновлюваних джерелах енергії", який переважно відноситься до електромобілів. На додаток до розвитку технологій, ми вже надаємо підтримку у розповсюдженні, і з 2009 року ми провели демонстраційні проекти у більш ніж 20 містах, приділяючи особливу увагу державному сектору. З 2010 року п'ять міст, включаючи Шанхай, Чанчунь, Шень Чжень, Ханчжоу та Хебей, також субсидували покупку електромобілів населенням. На додаток до 60 000 юанів у вигляді субсидій центрального уряду, виставкове місто Шень, де знаходиться BYD, підтримує 120 000 юанів на купівлю електромобілів, включаючи 60 000 юанів у вигляді муніципальних субсидій. Ціна електромобіля BYD єб складає близько 300 000 юанів, що субсидується на 120 000 юанів і продається за 180 000 юанів [47].

У травні 2010 року китайський уряд оголосив про "План випробувань для підтримки електромобілів", щоб надати підтримку покупцям чистих електромобілів і доручити великим компаніям з виробництва електрообладнання створити зарядні станції по всьому Китаю. У 2010 році Державна рада представила "План енергозбереження та нової енергетичної автомобільної промисловості", який буде реалізований з 2011 по 2020 рік, в якому електромобілі та гібридні автомобілі були визначені як нові енергетичні автомобілі, а електромобілі були обрані як наступне покоління китайської індустрії. Щоб поживити використання електромобілів, планували інвестувати 100 мільярдів юанів до 2020 року у стратегічний розвиток майбутнього автомобільного сектора, а саме у сферу зарядної інфраструктури.

Зарядні пристрої розширюються у містах, які проводять демонстраційні проекти загального постачання для осі, та енергетичні компанії також розробляють та реалізують загальнонаціональну низку планів постачання зарядних станцій. На шосе між Пекіном і Тенцзінем планується збудувати десять зарядних пристроїв [49].

Висновки до розділу

Розглядаючи темпи розвитку в автомобільній промисловості, можна виділити такі, що мають найбільший вплив на розвиток, фактори:

- екологічні аспекти, які потребують уваги до кількості викидів
- конкуренція на ринку автовиробників
- обмеженість енергоносіїв

- постійне зростання рівня технологій у галузі автомобілебудування
- стрімке зростання розвитку транспорту та його технічної бази

- забезпечення достатнього рівня якості та надійності електромобілів

Спираючись на викладені вище факти, необхідно розвивати транспортну промисловість у напрямку електромобільного автовиробництва, що відповідає

екологічним вимогам. Електромобілі вже знайшли широке застосування і займають особливе місце у великих бізнес-моделях. Найбільший відсоток цей тип авто

спостерігається в західних країнах. Казахстан у цьому плані набагато відстає.

В даний час активно впроваджуються нові технологічні рішення, що забезпечують зростання ефективності транспорту з використанням електротехнічних технологій. Використання нових матеріалів у виробництві, розширення технічної бази сервісного обслуговування, збільшення зарядних та ремонтних станцій, оптимізація транспортних потоків усередині держави.

Незважаючи на позитивний прогноз, мають місце суттєві проблеми, пов'язані з процесом проектування, експлуатаційною ефективністю та виробництвом. Згідно

зі статистикою зростання експлуатаційної складової, рішенням із вищезазначених проблем стане курс на забезпечення якості та надійності відповідних автомобільних комплексів та сервісне обслуговування.

Відповідно, актуальне завдання щодо розробки спеціалізованих науково затверджених інструментів забезпечення надійності в галузі проектування та виробництва

ЕВ роблять значний внесок у енергозбереження, скорочення викидів CO₂ та енергетичну безпеку за рахунок високої економії палива та різних джерел електроенергії. Завдяки цим особливостям він має високий потенціал для розвитку, оскільки йому вигідно досягати цілей політики, пов'язаних із транспортом та викидами.

Електромобілі мають великий економічний вплив. По всьому світу було продано більше 14 мільйонів гібридних електромобілів (HEV) і понад 3 мільйони PHEV. І очікується, що продажі продовжать зростати в майбутньому.

У міру збільшення обсягу продажу електромобілів попит на батареї також збільшуватиметься, і необхідно знизити виробничі витрати та збільшити виробництво за рахунок розробки технології батарей та вторинного використання.

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

НУБІП УКРАЇНИ

РОЗДІЛ 2. ДЖЕРЕЛА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ.

ЕФЕКТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ В ЕЛЕКТРОМОБІЛІ.

2.1. Свинцево-кислотний акумулятор

В основі свинцево-кислотної батареї свинець та сірчана кислота. Ця батарея є вторинною, тобто батареєю, що перезаряджається. Свинцево-кислотні батареї були винайдені французьким фізиком Гастоном Плантом і досі широко використовуються через 150 років. Переваги включають невисоку ціну, хорошу продуктивність за низьких і високих температур і високу швидкість розряду (с-rate). Зворотною стороною є те, що щільність енергії обмежена, а термін служби заряду / Розряду відносно короткий. Свинцево-кислотні батареї переважно використовуються в автомобільних акумуляторах і служать для подачі електроенергії в автомобільні електронні пристрої.

Свинцево-кислотні батареї використовують свинець і діоксид свинцю як електроди, а водний розчин сірчаної кислоти використовується як електроліт. Як показано на рисунку 2.1, анод із свинцю та анод із діоксиду свинцю занурені в сірчану кислоту.

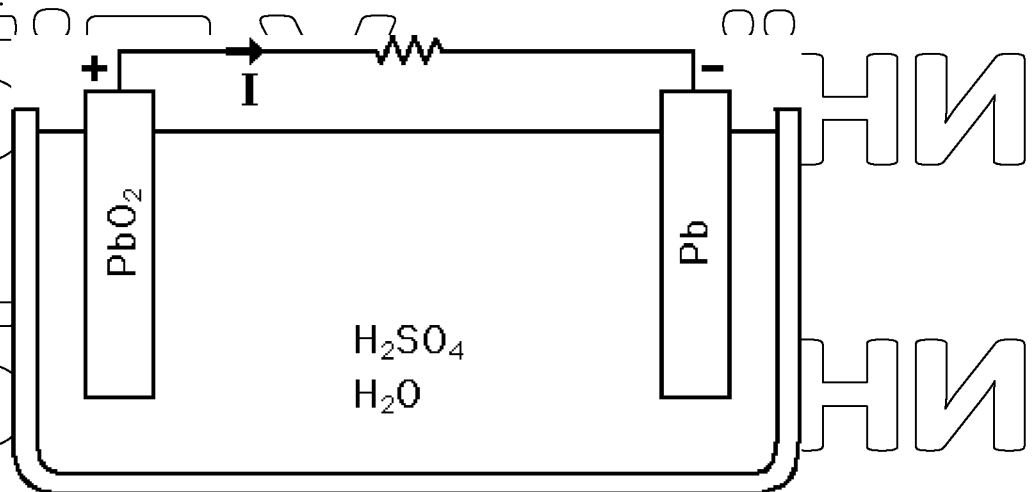


Рисунок 2.1 - Принцип роботи свинцево-кислотного акумулятора

Принцип заряджання/розряджання акумулятора - це в основному реакція окиснення/відновлення речовини. Іншими словами, окиснення відноситься до втрати електронів, а відновлення відноситься до збільшення кількості електронів.

Давайте подивимося, що відбувається з катодом та анодом свинцево-кислотної

батарей відповідно. Під час розряду на катоді відбувається реакція окислення, але в аноді – реакція відновлення. Як показано на рисунку 2.2, у свинцевому електроді два електрони вивільняються, коли сульфат-іони з'єднуються зі свинцем.

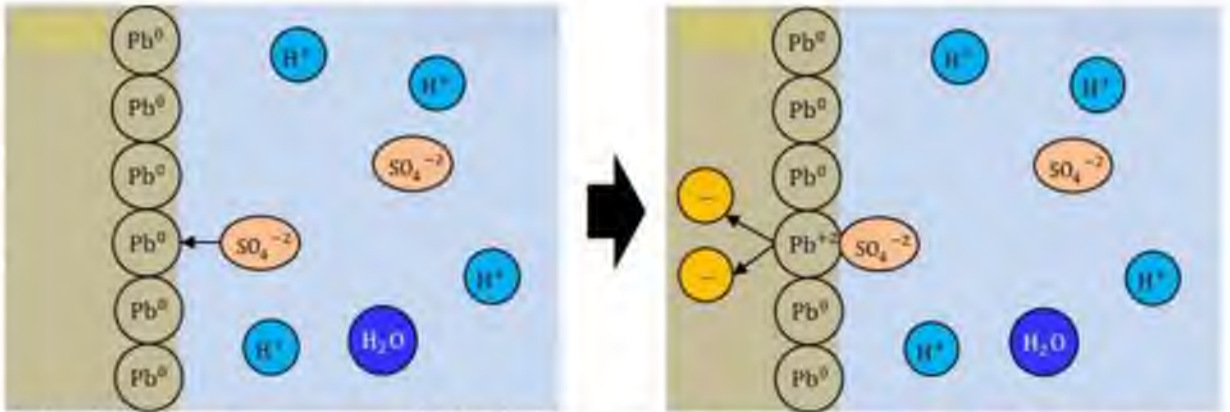
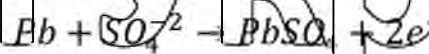


Рисунок 2.2 – Реакція окислення на катоді під час розряду



Як показано на рисунку 2.3, на поверхні електрода з діоксиду свинцю іони сульфату та іони водню реагують з діоксидом свинцю. У цей час два електрони з'єднуються зі свинцем і стають сульфатом свинцю. Іони кисню вступають у реакцію з іонами водню в електроліті з утворенням молекул води.

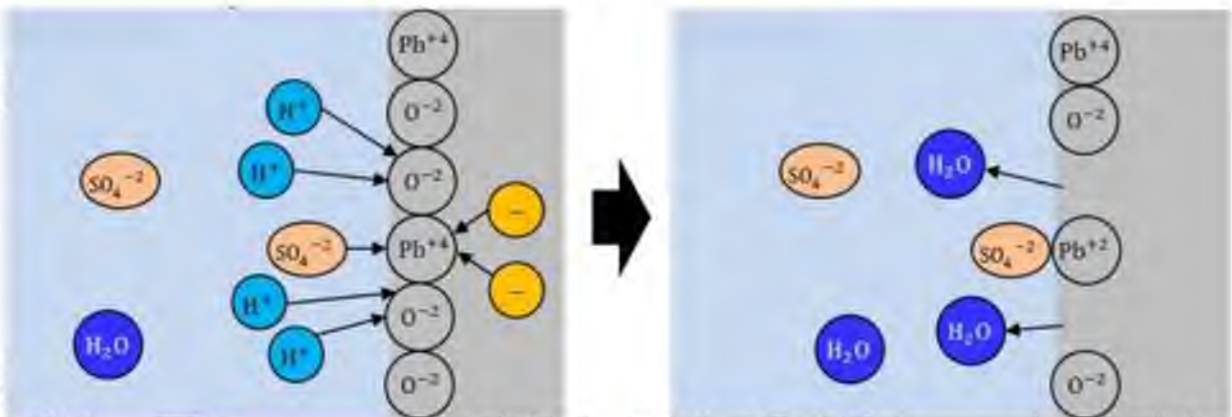
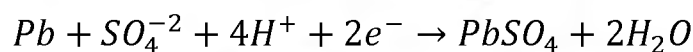


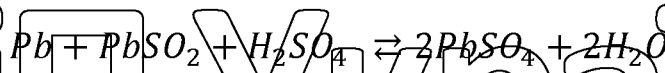
Рисунок 2.3 – Реакція відновлення на аноді під час розряду



У свинцево-кислотних акумуляторах номінальна рівноважна напруга становить 2 на елемент, а в розрядженому стані – менше 2 на елемент. Свинцево-кислотні батареї, що використовуються в автомобілях, з'єднують 6 осередків для

створення номінальної напруги 12, а в розрядженому стані вони опускаються нижче 12 В.

Загальне рівняння окислювально-відновної реакції можна резюмувати в такий спосіб. У рівнянні реакції зарядка та розрядка протікають у протилежних напрямках.



Спочатку виконується заряджання постійним струмом (CC), обмежуючи протікання великого струму. Під час заряджання струм знижується до низького значення і виконується зарядка з постійною напругою (CV), так що напруга елемента не перевищує 2,39 В. Це пов'язано з тим, що при перезарядці елемента утворюється газ, який скорочує термін служби батареї. Тепер, коли акумулятор розряджається через навантаження, він буде заряджатися щоразу імпульсами.

Свинцево-кислотні батареї, що використовуються в багатьох областях, є продукцією з великим екологічним ризиком, від викидів вуглецю на етапі виробництва до забруднення навколишнього середовища на етапі утилізації такими матеріалами, як сірчана кислота та свинець. Поліпшення характеристик та продовження терміну служби акумуляторної батареї призведе до зниження забруднення навколишнього середовища та забезпечення вуглецевих кредитів, що є практичним засобом торгівлі за рахунок скорочення споживання свинцево-кислотних акумуляторів.

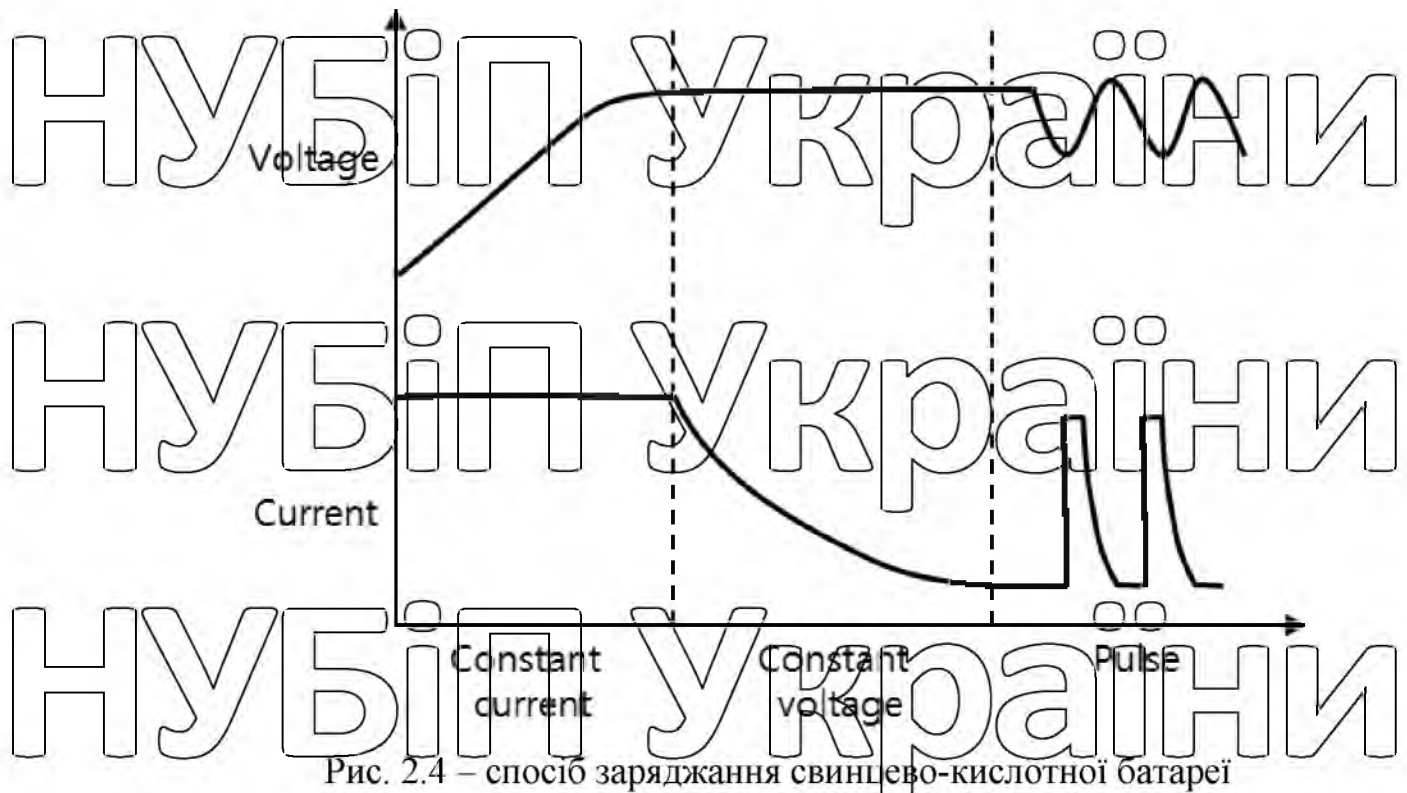


Рис. 2.4 – спосіб заряджання свинцево-кислотної батареї

Вони використовуються для запуску двигунів внутрішнього згорання, таких як більшість автомобілів, великих вантажівок, автобусів, локомотивів, кораблів і мотоциклів, а також для керування візками для гольфу, електричними інвалідними візками, візками для прибирання, електричними вилючними навантажувачами, електричними візками, підводними човнами та повітряними робочими транспортними засобами, та випрямлячі, ДБЖ тощо.

Вони широко використовують у джерелах безперебійного живлення UPS (United Parcel Service), де стабільність є пріоритетом. За кордоном всі вони підключені до ДБЖ постачальника напівпровідників Apple на Тайвані, а також встановлені в ДБЖ China Mobile.

Оскільки вартість матеріалів та вартість виробництва низькі і є межа збільшення ємності з одним елементом, перевагою є те, що можна виробляти батареї середньої та великої ємності за нижчою ціною порівняно з літєвими. Батареї, які розширюються у вигляді блоків за рахунок послідовного, паралельного або послідовно-паралельного з'єднання окремих елементів невеликої ємності.

Нікель-кадмієвий акумулятор

Великі батареї Ni-Cd були розроблені в Європі під час Другої світової війни, а невеликі продавалися в Європі в 1960-х роках. Ni(OH)₂ був як анод, Cd – катод і лужний розчин як електроліт. Різниця між свинцево-кислотою і кадмієвою батареєю полягає в тому, що в електроліті замість сірчаної кислоти використовується водний розчин лугу. Відмінність у провідності.

Перші нікель-кадмієві елементи мають величезну перевагу перед звичайними свинцево-кислотними акумуляторами та елементами Ni-Fe

- вони не виділяють газ під час заряджання, тому їх можна герметизувати (герметичні свинцево-кислотні акумулятори в то час не

були знайдені). Перевага у тому, що він витримує дуже великі струми розряду. Завдяки цій характеристиці стали можливі автоперегони

з батареїним живленням. Ця гонка зазвичай повністю розряджає акумулятор протягом 4 хвилин. Свинцево-кислотні батареї не витримують

такий розрядки. Герметичні нікель-кадмієві батареї мають три недоліки в порівнянні зі свинцево-кислотними батареями на 2 В. Свинцево-

кислотний акумулятор має напругу на клеммах від 2,1 до 1,9 до 95% розряду, тоді як нікель-кадмієвий елемент має середнє напруга всього 1,25 В, а напруга на клеммах

без навантаження 1,35 В під час розряду падає до 1,1 В Обидва полюси сучасної

нікель-кадмієвої батареї виготовлені з залізної пластини.

Катод, покритий кадмієм на залізній пластині, подібний до сітки, а анод, покритий нікелем, подібний до тонко сплетеної сітки. Дві полюсні пластини

розділені пористим пластиковим роздільником, що діє як поглинаючий папір.

Сепаратор занурений у розчин гідроксиду кальцію. Усі нікель-кадмієві елементи оснащені ущільнювальним пристроєм, що діє як запобіжний клапан для випуску

газу, що утворюється всередині елемента. Кількість кадмію, що використовується, дуже мала (це проста плівка), тому він не надає такого негативного впливу на

навколишнє середовище, як думають люди.

Під час розряду кадмії на катоді перетворюється на гідроксид кадмію і потрапляє у розчин. При зарядженні кадмії знову приєднується до електродної

пластини. Принцип здається простим, але якщо певні умови не виконуються, катод

не може повернутися у свій 100% вихідний стан шляхом розрядки/зарядки. Розряд слабкого струму викликає вихід кадмію з катода у однорідному стані. При зарядку слабким струмом кадмій інтенсивно покривається катодом біля анода.

Зарядка/розрядка таким чином формує згусток кадмію у формі голки, званий вусами, який поступово росте. Коли цей віскер проривається через сепаратор і стосується анода, осередок знаходиться в стані короткого замикання і більше не може заряджатися. Коли припиняється зарядка, кадмієва маса природним чином злегка розчиняється в результаті мимовільного розряду, і умова короткого замикання усувається, але елемент вже непридатний для використання через значне зменшення ємності.

Якщо акумулятор, який вже був заряджений, постійно заряджається дуже слабким струмом, під час заряджання виділяються водень та газоподібний кисень, але вони рекомбінують, щоб перетворитися на воду. Цей принцип можливий, тому що анод виготовлений набагато більше, ніж катод. Якщо акумулятор перезаряджається у швидкому зарядному пристрої, швидкість утворення двох газів стає вищою, ніж швидкість їх рекомбінації, запобіжний клапан відкривається з підвищеним тиском газу, і вода викидається, що призводить до зниження ємності.

Якщо елемент перегрівається через швидке заряджання/розрядження, утворюється пара і випускається через запобіжний клапан. Перегрівання може призвести до розплавлення пластмасового сепаратора. Зарядка/розрядка при дуже низьких струмах викликає розширення електроліту, зниження хімічної активності та, як наслідок, зменшення ємності елемента. Ця проблема також виникає, коли осередок залишається без нагляду протягом тривалого часу. У цьому випадку, повторюючи швидку зарядку та розряд кілька разів, можна відновити ємність елемента за рахунок зменшення розширення електроліту.

Оскільки проблема акумулятора означає проблему з багатьма елементами, я ретельно описав характеристики елемента. Всередині батареї не може бути комірок у однаковому стані. Тому деякі осередки можуть бути трохи більше за інших. У батареї, що складається з декількох осередків, коли найслабкіша осередок розряджена, батарея знаходиться в стані функціонального розряду. Однак, навіть якщо це складно через такий стан розряду, деякий електричний заряд залишається

здебільшого осередків, що залишилися. Тут, якщо акумулятор постійно розряджається, найуразливіші елементи заряджаються у зворотному напрямку. Кадмій відламується від катода та прилипає до анода. Коли акумулятор перезаряджається, елемент, заряджений у зворотному напрямку, піддається поверненню у вихідний стан перед нормальною зарядкою. В результаті тендітна комірка завжди менше заряджена, ніж інші комірки, і в результаті цього явища вона стає все гіршою і гіршою.

З цієї причини не розряджайте акумулятор повністю. В результаті термін служби та загальна ємність акумулятора також скорочуються.

Нікель-кадмієві батареї підходять для великих навантажень. Ідеально підходить для водіїв з батарейним живленням та модельних автомобілів. Ретельна швидка зарядка і швидка розрядка запобігають розшаруванню електроліту і зменшують ймовірність появи вусів. Ідеальний зарядний пристрій для нікель-кадмієвих акумуляторів – це зарядний пристрій, який заряджає 90% часу та розряджає 10% свого часу. Найпростіший спосіб застосувати цей метод – застосувати до зарядного пристрою метод напівхвильового випрямлення. (Деякі зарядні пристрої, представлені на ринку, представляють цей метод. Якщо цей метод застосовується, це може підвищити значущість таких постачальників електроенергії, як ОКЕРСО.) Батарея заряджається струмом через випрямляч протягом половини циклу, а випрямляч - протягом половини циклу, що залишилася. Він блокує проходження струму та слабо розряджає батарею, пропускаючи слабкий зворотний струм через Bypass резистор. Цей метод заряджання повністю блокує зростання вусів. Розшарування електроліту - це швидка зарядка протягом перших 2/3 періоду і нормальна зарядка протягом 1/3 періоду, що залишилася. Нікель-кадмієві батареї призначені для заряджання вразливих елементів без пошкодження вже заряджених елементів усередині батареї при непостійній нормальній швидкості заряду. Відповідно до інструкцій із зарядки всіх нікель-кадмієвих акумуляторів, елемент повинен заряджати на 40% більше своєї ємності. Одна з цих причин пов'язана з ефективністю заряджання/розряджання, а інша має значення для запобігання недостатній зарядці слабких елементів усередині батареї.

Більш досконалі зарядні пристрої оснащені тепловими сповіщувачами. Цей сповіщувач визначає, коли елементи батареї починають нагріватися. Хоча електрична енергія спричиняє хімічні зміни, виділяється лише невелика кількість тепла, тому елемент не нагрівається. При повній зарядці хімічні зміни більше не відбуваються, і вся електрична енергія перетворюється на тепло, підвищуючи температуру елемента. Повністю заряджений елемент зазвичай сам поглинає зарядний струм, але у разі швидкого заряджання струм великий, тому перегрів призводить до швидкого погіршення характеристик елемента, як згадувалося вище.

Електричне знання зарядки кадмієвих елементів нікелю без вусів вам потрібно буде розроблено відповідно до наступних основних правил (струм розряду повинен бути 1/10 від зарядного струму):

1) Вихідна напруга змінного струму трансформатора повинна в 1,5-2 рази перевищувати напругу батареї, що заряджається.

2) Нормальний заряд заряджається струмом 1/10 ємності комірки. Наприклад, акумулятор ємністю 2 Ач заряджається на 0,2 А, а розряд (під час заряджання) встановлюється на 0,02 А.

3) Випрямний діод повинен мати ємність, що в 5-10 разів перевищує зарядний струм.

2.2.1. Нікель-метал-гідридний акумулятор

Нікель-металгідридна батарея (Ni-MH battery, MH розшифровується як металгідрид) - це батарея, яка замінила кадмієвий катод у звичайній нікель-кадмієвій (Ni-Cd) батареї сплавом для зберігання водню.

В останні роки, настійно потрібні для батарей малий та легкий вага електронних пристроїв, висока щільність енергії, тривалий термін служби тощо.

Підвищення продуктивності звичайних нікель-кадмієвих батарей або свинцево-кислотних батарей майже досягло межі, забруднення навколишнього середовища стало соціальною проблемою, тому використання забруднюючих матеріалів, таких як кадмій, крім того, активно ведеться розробка електромобілів як один з екологічно чистих автомобілів з метою зниження забруднення повітря, викликаного

вихлопними газами автомобілів, Ni-MH батареї мають велику щільність енергії в порівнянні з нікель-кадмієвими батареями і не мають невеликих екологічно чистих високопродуктивних батарей, а також екологічно чистих великих високопродуктивних батарей.

Зокрема, останніми роками частка ринку невеликих Ni-MH батарей була скорочена за рахунок поширення літій-іонних вторинних батарей у портативних електронних пристроях, таких як пристрої мобільного зв'язку, портативні комп'ютери, відеокамери. Однак батареї середньої та великої ємності, що використовуються в електромобілях та гібридних транспортних засобах, характеризуються важливими факторами, що визначають основні характеристики батареї, високою щільністю енергії та високою щільністю потужності, а також терміном служби та надійністю батареї та особливо фактори безпеки, зумовлені особливостями використання як джерело харчування автомобіля. Тобто вторинна літєва батарея має фундаментальну проблему, металевий літій піддається впливу атмосфери, існує проблема пожежі, викликані специфічною активністю літію, тому бажано використовувати акумулятор Ni-MH, який безпечний для електромобілів до розробки повністю твердого типу літій-полімерної батареї.

Батарея Ni-MH була запропонована як нова лужна вторинна батарея приблизно в 1970 році, але дослідження і розробки активно ведуться лише з середини 1980-х років. В результаті розробки сплавів для зберігання водню для катодів для високої продуктивності Ni-MH батарей, в даний час комерціалізуються сплави в основному на основі AB₅ на основі LaNi₅ або MmNi₅ (Mm: misch metal), комерціалізуються як невеликі батареї в Японії, і сплави на основі AB₂ в основному на основі C₁₄ або C₁₅, розроблені OVC (Ovonics Battery Company) у Сполучених Штатах.

Невеликі Ni-MH батареї в даний час комерціалізуються батареями типу AB₅, а батареї AB₂, які трохи більше, ніж AB₅, були вперше комерціалізовані GPI в Гонконгу, але більшу частину ринку займають Matsushita, Sanyo та Toshiba в Японії. Тим не менш, акумулятори для електромобілів великої ємності в даний час використовуються і продаються тільки в автомобілях, які виробляються як прототипи Panasonic EV Energy в Японії, а акумулятори на основі AB₂ Ovonics ще

не розробили технологію масового виробництва і проходять випробування в випробувальних автомобілях і будуть використовуватись в електромобілях GM протягом 99 років. Таким чином, Ni-MH батареї зараз вторгаються на ринок літій-іонних батарей у разі невеликих батарей, а батареї середньої ємності активно розвивають технологію.

Батарея Ni-MH являє собою заміну полюса Cd у звичайній батареї Ni-Cd сплавом для зберігання водню, сплав для зберігання водню (M) на катоді, використовується гідроксид нікелю ($\text{Ni}(\text{OH})_2/\text{NiOOH}$) на аноді, в якості розділової плівки, такий як батарея Ni-Cd, використовується лужностійкий нетканий нейлоновий матеріал, поліпропіленовий нетканий матеріал і поліамідний нетканий матеріал. Крім того, як електроліт використовується 5-8 М водний розчин KOH для досягнення максимальної іонної провідності.

У катоді під час заряджання іон водню, що генерується водою, електризується, зберігається реакції відновлення сплаву для зберігання водню, в аноді $\text{Ni}(\text{OH})_2$ окислюється до реакції NiOOH. У момент розряду у зворотному катоді атом водню сполуки водню окислюється до води, а аноді відбувається реакція відновлення NiOOH до $\text{Ni}(\text{OH})_2$. Якщо струм продовжує текти навіть після повної зарядки нікелевого анода, то при перезаряді в аноді утворюється кисень. Однак, якщо ємність катода більша, ніж анода, кисень, що генерується, дифундує на поверхню катода, і відбувається реакція рекомбінації кисню. У катоді водень зменшується, щоб споживати кисень, тому заряджається така ж кількість електрики, тому загалом жодних змін не відбувається. При надмірному зворотному розряді на аноді утворюється водень, і цей водень окислюється на катоді, тому загальний тиск батареї не підвищується. Таким чином, внутрішній тиск батареї не збільшується під час перезаряджання та розряду, концентрація електроліту не змінюється, це високонадійна батарея. Однак на практиці через проблему ефективності заряджання внутрішній тиск батареї певною мірою підвищується.

Такі Ni-MH акумулятори мають наступні переваги і недоліки.

Переваги:

- Напруга батареї становить 1,2-1,3 В, така ж, як у батареї Ni-Cd, тому вони сумісні.

- Щільність енергії в 1,5-2 рази вища, ніж у Ni-Cd акумуляторів.

Швидка зарядка та розрядка, а також відмінні низькотемпературні характеристики.

- Можлива герметизація, стійка до перезарядки та надмірного розряду.
- Виділяє малу кількість забруднюючих речовин

Немає короткого замикання чи ефекту пам'яті через зростання дендритів.

- Використання твердого електроліта з провідністю іонів водню також можливо з батареєю твердого типу.

- Тривалий термін служби циклу заряду-розряду.

Недоліки:

Характеристики високої швидкості розряду не такі гарні, як батареї Ni-Cd.

- Велика швидкість саморозряду

- Існує невеликий ефект пам'яті (як заряд акумулятора телефону)

При виборі сплавів для зберігання водню для електродів склад сплаву виступає як найбільший фактор, який може визначати характеристики батареї, такі як ємність батареї, що витримує тиск батареї, характеристики швидкого заряду та розряду, термін служби, характеристики низької температури, характеристики саморозряду і т. д. буд.

- 1) Реверсивна ємність для зберігання водню.

Це не проста кількість зберігання водню, але оборотна кількість зберігання водню повинна бути великою, щоб прийняти відповідну силу водневого зв'язку. Тому ентальпія утворення гідриду зазвичай становить $8 \sim 10$ ккал/моль $H_2[50]$, що є мірою сили водневого зв'язку, або рівноважний тиск водню має становити $10^{-3} \sim$ тиск води.

- 2) Стійкість до окиснення

При перезарядженні кисень, що утворюється в аноді, використовує реакцію рекомбінації на поверхні катода, щоб придушити підвищення тиску батареї під час перезаряджання. Коли електрод окислюється в окислювальній атмосфері батареї, це призводить до зниження продуктивності батареї. Тобто ефективність зарядки

електрода знижується, утворюється газоподібний водень, знижується каталітична ємність чи здатність електрод до рекомбінації газу. Крім того, ефективність розряду знижується рахунок збільшення перенапруги в останній момент розряду. Надмірне окислення призводить до зниження загальної електропровідності та скорочує термін служби електродів.

3) Корозійна стійкість у розчині дугу

Надмірне окислення або корозія знижує витрату електрошту та знижує продуктивність батареї та термін служби батареї, а продукт корозії сплаву, що утворюється в результаті реакції корозії, знижує перенапругу анода при виділенні кисню, отруюючи анод, тому ефективність заряджання знижується та збільшує швидкість саморозряду анода. При зміні ступеня окислення продукту корозії (наприклад, VOx), що легко розчиняється в електроліті, відомо, що він збільшує саморозряд, утворюючи окислювально-відновний човниковий механізм.[51] Однак пасуюча плівка, яка пригнічує корозію, не повинна пригнічувати проникність водню.

4) Швидкість дифузії водню та каталітична здатність до окислення водню у сплавах

Для збільшення розрядної здатності з високою швидкістю швидкість дифузії водню до межі розділу сплав/електроліт, де відбувається електродна реакція всередині сплаву, має бути великою, а також поверхнева каталітична ємність для окислення водню на цьому кордоні має бути великою. На реакцію водню та іонів $ВН$ -на межі розділу сплав/електроліт впливають характеристики оксиду, що присутня на поверхні сплаву, тобто пористість оксиду, товщина, електропровідність, каталітична здатність і т.д., тому характеристики оксиду будуть впливати на здатність до високого розряду.

5) Здатність утворювати водневі гази та гідриди Газоподібний водень, який утворюється в аноді під час

надмірного розряду, повинен бути розкладений на водень в атомарному стані та поглинений катодом. Крім того, навіть якщо рекомбінація кисню під час перезаряджання відбувається дуже швидко, особливо під час швидкої зарядки, утворення водню на катоді уникнути неможливо. Коли заповнення закінчиться,

щоб зменшити тиск водню, що генерується, молекулярний водень з поверхні електрода повинен бути легко розкладений на атомарний водень і поглинений катодом.

6) Початкова активація

Оскільки сприятлива для кисню сила сплаву, використовуваного лежить на поверхні електрода у зібраному стані, велика, у процесі виробництва, у атмосфері може утворитися щільна оксидна плівка. При зарядці та розрядці відбувається розширення та стиск сплаву, в порошку сплаву виникають тріщини, площа поверхні електрода збільшується зі створенням нової поверхні з меншою кількістю оксиду, активується електрод. Крім того, якщо є компонент сплаву, який легко розчиняється в електроліті, такий як оксид V, структура оксиду на поверхні електрода шляхом розчинення оксиду навмисно є мікропористою структурою, яку водень може краще передавати при початковій активації, легко дізнатися.[51]

7) Простота виготовлення електродів

Слід враховувати виробництво сплавів, виробництво порошків сплавів та простоту виготовлення електродів тощо. У випадку великої батареї це трохи менше, але при розробці в якості електрода для невеликої батареї, оскільки вона вимагає процесу масового виробництва, простота виготовлення електрода є важливим фактором при визначенні ціни батареї. Тому, якщо виготовлення електрода можливе за допомогою методу виготовлення електрода типу пасти, який може використовувати простий процес заміни спеченої формули в поточному виробничому процесі, це дуже вигідно з економічної точки зору.

8) Ціна

Слід враховувати як ціну сировини, а й можливість повторного використання відпрацьованих батарей у процесі виробництва електродів.

Вторинна батарея Ni-MH має багато переваг, але все ще є проблеми, які необхідно вирішити, і останнім часом було проведено дослідження, спрямовані на вирішення цих проблем. Проблеми та напрями досліджень, які необхідно вирішити для практичного використання Ni-MH акумуляторів, полягають у наступному

По-перше, слід збільшити продуктивність розряду на одиницю ваги та на одиницю об'єму. В даний час розробляється новий тип сплаву для зберігання водню

збільшення розрядної ємності електрода МН. В даний час розробляється електрод МН високої ємності.

400 мАг/г, а не сплав на основі АВ5 із граничною ємністю, удосконалюється електрод на основі АВ2. Однак ціна серії АВ2 сплавів Zr-V-Ni-Cr-Ti-M (M: Mn, Co, Fe, Al, Cu) висока, тому дослідження слід проводити у напрямку заміни дорогих матеріалів. З іншого боку, вважається, що для збільшення ємності нікелевого електрода важливо розробити гідроксид нікелю високої густини та однорідного розміру.

По-друге, швидкість саморозряду батареї має бути знижена. Насправді швидкість саморозряду розроблених в даний час батарей, як правило, перевищує 20% на тиждень. Тому, якщо батарея залишається протягом тривалого часу без використання такої високої швидкості саморозряду, вироджується електрод, і батарея не може бути використана. Причина такого саморозряду відома через реакцію водню, що утворюється в результаті цовникової реакції домішок, і металевий водневий електрод відновлюється у нікелевому електроді з утворенням Ni(OH)_2 . Якщо цовникова реакція домішок в основному зумовлена цовниковою реакцією іонів сполук азоту, розчинених у розділювальній мембрані, при використанні розділової мембрани на основі поліаміду, то в останні роки було випробувано використання розділової мембрани, такої як поліпропілен, поліолефін. Далі, якщо саморозряд, викликаний воднем, що генерується з металевого водневого електрода, щоб вирішити це як природне явище, для поліпшення рівноважного тиску водню металевого водневого електрода шляхом обробки поверхні металевого водневого електрода, водень у решітці металевого водню слід провести дослідження, яке не вивільняється назовні.

По-третє, внутрішній тиск батареї має бути зменшено. Збільшення внутрішнього тиску батареї виникає, коли швидкість генерації газу на електроді висока в порівнянні зі швидкістю споживання, в загальному випадку реакція генерації водню і кисню на нікелевому електроді при перезаряді відбувається через зниження ефективності заряджання електрода МН під час початкової активації і зарядки відома як причина підвищення внутрішнього тиску батареї Ni-MH. Генерація водню при низькій ефективності заряджання може бути вирішена

шляхом розробки вмісту, який підвищує ефективність заряджання електрода МН, і необхідно знайти відповідний алгоритм заряджання, щоб придушити генерацію газу, що виникає при перезарядженні. Крім того, при використанні акумулятора для електромобіля необхідно зробити швидку зарядку, щоб скоротити час заряджання, тому необхідно знайти спосіб заряджання, щоб звести до мінімуму утворення газу під час швидкого заряджання.

Четверте має покращити термін служби батареї. Існує ряд причин, які скорочують термін служби батареї, але серед них металевий водневий електрод окислюється киснем, що утворюється в нікелевому електроді зарядного терміналу, термін служби батареї зменшується або металевий водневий електрод може зменшити ємність металевого водневого електрода, вступаючи в реакцію з воднем у металевому водневому електроді з утворенням води. Тому, щоб збільшити термін служби батареї, необхідно провести дослідження того, як придушити генерацію газу або рекомбінувати газ, що генерується. Фактично, сплав МН підвищив ефективність зарядки, покривши матеріал, який дозволяє протікати мікроструму, наприклад мідь, і в останні роки також проводилися дослідження з рекомбінації газу, що генерується.

По-п'яте, ціна батареї має бути знижена. В даний час батареї Ni-MH дещо дорожчі, ніж батареї Ni-Cd, і більш ніж утричі дорожчі, ніж свинцево-кислотні батареї для електромобілів. Тому, щоб знизити ціну батареї, необхідно розробити батарею з використанням недорогого електродного матеріалу, а також розробити технологію повторного використання живильної батареї.

2.3. Літій-іонний акумулятор

Як акумулятор електромобіля використовуються літій-іонні батареї, так як вони мають найкращі показники. Літій іонний акумулятор був винайдений ще 1980 року. Конструкція передбачає наявність чотирьох елементів, таких як позитивно та негативно заряджених електродів, сепаратора та рідкого електроліту.

Першою у світі комерційною літій-іонною батареєю стала компанія Sony Energy Tech, яка дала їй назву «літій-іонна батарея». Оскільки батареї, які можна

використовувати повторно, класифікуються як вторинні батареї, їх іноді називають літій-іонними вторинними батареями.

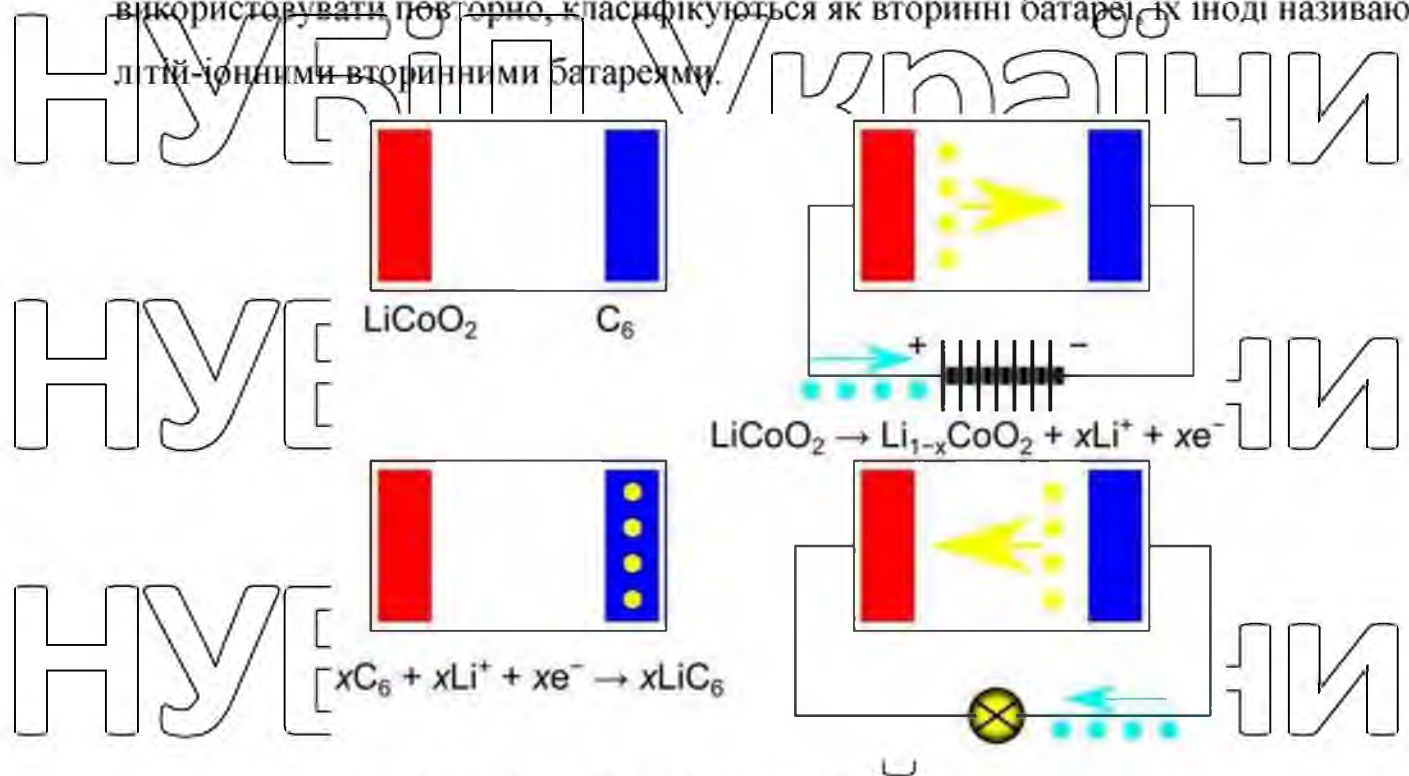


Рисунок 2.5 – Структура літій-іонного акумулятора

Літій-іонні акумулятори складаються з чотирьох компонентів: анода, катода, сепаратора та електроліту. Анод складається з оксиду літію (Li₂O), де зустрічаються літій (Li) та кисень (O). При зарядці тільки іон літію з матеріалу, що утворює анод, виходить і переміщається до катода, а при розрядці іон літію повертається до анода, де він спочатку знаходився, і в цей час виробляється електрика.

Коли літій-іонний акумулятор розряджається (заряджається або розряджається), іони літію переміщуються між позитивним та негативним електродами. Багато анодні та катодні матеріали, що використовуються в літій-іонних батареях, мають шарувату структуру та можуть накопичувати іони літію між шарами. Як згадано вище, оскільки іони літію мають позитивний заряд одного електрона, негативний електрод має негативний заряд, коли іони літію залишають матеріал негативного електрода, включаючи іони літію. Енергія може бути отримана шляхом вилучення цього негативного заряду батареї у вигляді електронів. Цей процес є реакцією розряду (реакція із використанням батареї).

І навпаки, коли електрика подається ззовні, матеріал катода приймає електрони, а матеріал анода має негативний заряд. Для компенсації цього

негативного електрода іони літію позитивного електрода, включаються до негативного електрода. Цей процес є реакцією заряджання (реакцією, яка робить батарею придатною для використання). Оскільки іони літію накопичуються в негативному електроді, може виконуватись описаний вище розряд.

При зарядженні та розрядженні позитивний електрод служить місцем призначення для іонів літію, які були зібрані з негативного електрода або зібрані в негативному електроді. Таким чином, іони літію переміщуються, щоб накопичувати або розряджати електрику, щоб працювати як вторинна батарея.

Існує безліч матеріалів, доступних як катоди, такі як Рис. 2.6. На сьогоднішній день найбільш використовується основним матеріалом є натуральний чорний графіт. Графіт - це шарувата структура, яка утворює ту ж структуру, що і папір, і батарея працює, коли іони літію з анода потрапляють між цією шаруватою структурою. Для графіту теоретична ємність становить приблизно 300 мАг/г, що більше, ніж у анода, але для розробки більш енергоємних літій-іонних батарей, сплавів Sn, кремнію (Si) та металевого літію існують різні кандидати з низькими робочими напругами та високою ємністю. Однак у разі анода різниця між теоретичною ємністю (~250 мАч/г) та робочою напругою (~4,3 В) при розробці анодного матеріалу наступного покоління порівняно з LiMnO_2 (LMO) та LiCoO_2 (LCO) шарової структури, що традиційно використовується в даний час, невелика. Матеріал анода реагує найповільніше в реакції літій-іонних батарей і має невелику ємність, тому саме матеріал відіграє найбільшу роль у визначенні ємності, потужності та терміну служби батареї. Для того, щоб батареї в електромобілях мали високу щільність енергії, потужність та термін служби, цей анод. У зв'язку з цим розробка високоефективних анодних матеріалів у літій-іонних батареях останнім часом стала найважливішою ключовою сферою досліджень.

Літій-іонні акумулятори, що використовуються в електромобілях, мають першорядне значення для забезпечення безпеки та надійності. В даний час умови використання автомобільних літій-іонних акумуляторів (C/LMO) рекомендуються для розряду від -20°C до 55°C і зарядки в діапазоні від 0°C до 45°C . Зокрема, літій-іонні акумулятори з катодами LTO можуть розряджатися при температурі не менше -30°C .

Автомобільні літій-іонні акумулятори зазвичай використовуються в діапазоні робочих напруг від 1,5 до 4,2 В.

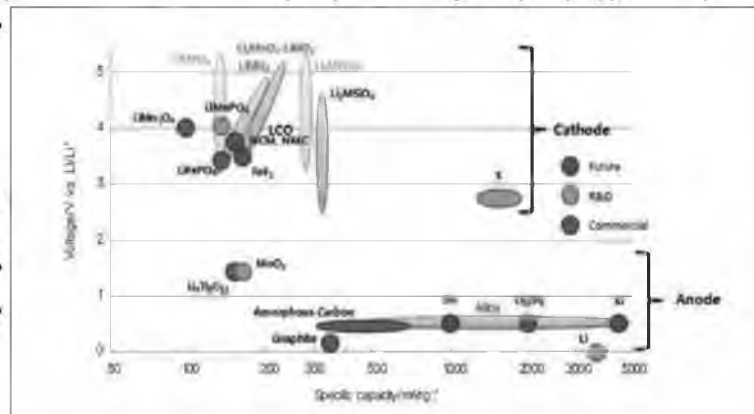


Рис. 2.6 - Реверсивна ємність та реакційний потенціал матеріалу катода

Серед них C/LCO, C/NCA, C/NCM та C/LMO використовуються в діапазоні від 2,5 до 4,5 В, LTO/LMO використовується в діапазоні від 1,5 до 2,7 В, а C/LFP використовується в діапазоні від 2,0 до 3,7 В. Коли температура використання досягає $90 \sim 120^\circ\text{C}$, плівка SEI (тверда міжфазна фаза електроліту / тверда міжфазна фаза електроліту) починає термічно розкладатися, а коли вона перевищує 120°C , починає відбуватися горіння газу.

При досягненні надзвичайно низької напруги або надмірного розряду електроліту зменшується, і відбувається горіння газу, що створює загрозу безпеці. Коли напруга дуже висока або перевантажена, синтез відбувається на аноді, внаслідок чого виділяється значна кількість тепла. Крім того, металевий літій накопичується на поверхні катода, ємність все більше зменшується, а при розкладанні електроліту блокується внутрішній ланцюг та виникають проблеми з безпекою.

Літій-іонні батареї мають перевагу в тому, що вони можуть бути невеликими і тонкими за розміром і товщиною, зберігати енергію з високою густиною і навіть з високою напругою. Оцінюється така батарея, як найкраща технологія акумуляторних батарей. Оскільки саморозряд відбувається навіть тоді, коли він не використовується, ступінь саморозряду невелика, тому він широко використовується в різних портативних електронних пристроях через його високий рівень використання. Через високу щільність енергії він все частіше

використовується в оборонній промисловості, системах автоматизації та авіабудуванні. Навантажувальні характеристики літій-іонних елементів або батарей досить добрі. Він дає постійні 3,6 на комірку перед тим, як впасти при використанні останнього заряду.

Не потрібно заправляти: деякі акумуляторні батареї необхідно заправляти при першій зарядці. Однією з переваг літій-іонних акумуляторів є те, що вони не мають необхідних вимог для роботи та поставляються готовими до використання.

Доступні різні типи літій-іонних батарей. Ці переваги літій-іонних акумуляторів можуть означати, що ви можете використовувати правильну технологію для конкретної програми, яка вам потрібна. Деякі форми літій-іонних акумуляторів мають високу щільність струму і ідеально підходять для побутового мобільного електронного обладнання. Інші можуть забезпечувати набагато вищі рівні струму та ідеально підходять для електроінструментів та електромобілів.

Однак стабільність невисока в порівнянні з іншими батареями, тому при надмірному розряді втрата ємності дуже велика. Основним недоліком літій-іонних акумуляторів є їхня вартість. Як правило, їх виробництво приблизно на 40% дорожче, ніж нікель-кадмієві елементи. Це важливий фактор при розгляді можливості використання масових споживчих товарів, де додаткові витрати є серйозною проблемою.

Під час перезаряджання він стає дуже нестабільним і може вибухнути, якщо станеться коротке замикання на внутрішньому електроді або трясє акумулятор.

Іншими словами, літій-іонні батареї мають фатальний недолік - небезпека вибуху.

За даними IBIS World, галузевої дослідницької організації, розмір ринку літійових батарей у 2017 році становить близько 920 мільйонів доларів, і інсайтери ринку очікують, що ринок літій-іонних батарей зросте до 66,7 мільярда доларів у 2022 році.

Згідно з даними, опублікованими Всесвітнім економічним форумом (ВЕФ) у 2017 році, завдяки швидкому збільшенню виробництва електромобілів попит на літій досягне 534 тис. LCE тис. тонн, що більш ніж подвоїться у 2025 р. з 238 тис. LCE (попит на літій за додатками) у 2017. Теж очікувалося. Очікується, що збільшення попиту на літійові батареї, що використовуються в пристроях

накопичення енергії та електричних велосипедах, крім електромобілів, вплине на зростання ринку літій-іонних акумуляторів у майбутньому.

Загальний дохід Мічигана у 2017 році становив 4072 мільйони доларів, що на 166% більше у порівнянні з аналогічним періодом минулого року. З них 87% літій-іонних акумуляторів на суму 385,4 мільйонів доларів імпортуються з Кореї. Ці результати аналізуються місцевими компаніями LG Chem та Samsung SDI, розташованими в Мічигані, з просування та постачання. На 2017 рік імпорт літій-іонних акумуляторів Мічиганом становив близько 17% від США, що є другим за величиною після Каліфорнії.

Згідно з літій-іонним акумулятором HS Code 850760, загальний обсяг імпорту на ринок США в 2017 році склав близько 2,525 мільярда доларів, що на 29,3% більше, ніж у попередньому році. Найбільшим експортним товаром у США у 2017 році став Китай, на який припало близько 1,38 мільярда доларів, що становить 41,1% від загального обсягу. Корея, що експортувала цього товару на 581 мільйон доларів у 2017 році, посіла друге місце, продемонструвавши різку тенденцію зростання та частку ринку, що збільшилася на 166,5% у річному обчисленні.

Все ж таки літій-іонні батареї поступово йдуть на задній план, тому що на їх заміну прийшли акумуляторні твердотільні батареї, які згадувалися раніше.

Створення акумулятора стало проривом у галузі акумуляторів для електромобілів. Початком стало відкриття Майкла Циммермана, який працює в галузі твердотільних акумуляторів. Його відкриття дозволило збільшити ємність батарей, зробити їх безпечними та позбутися кобальту, незважаючи на те, що відсутність останнього за логікою робила батарею вибухонебезпечною.

Необхідно було позбутися рідкого електроліту. Але впровадити успішно твердий електроліт, до відкриття Циммермана, не вдавалося багато років. Циммерман створив полімерний вогнестійкий матеріал на основі поліфенілсульфіду, який може проводити електрони за кімнатної температури. Сам матеріал може піддаватися механічній обробці, досить міцний і здатний протистояти впливу багатьох хімічних речовин.

Літій-іонні акумулятори важко переробляються, в основному через різні анодні матеріали.

Інновації в галузі утилізації батарей можуть полегшити нестачу матеріалів або зростання цін та знизити вартість ключових матеріалів. Дослідження показали, що перероблені анодні матеріали (NMC) можуть знизити витрати з 25 \$ / кг до 10 \$ / кг.

Було проведено дослідження, щоб визначити, чи достатні запаси літію. Літій складає лише 3% від ваги літійових батарей. 450 кілограмовий акумулятор від Chevy volt містить близько 13 кг літію. В даний час літій не виділяється під час переробки літій-іонних акумуляторів. Економічні проблеми є, але технічно їх немає. Якщо витрати продовжать зростати, літій може бути відновлений переробниками.

У 2020 році компанія Tesla випустила твердотільний акумулятор Quantum Scare з величезною ємністю та швидкістю зарядки. Твердотільна батарея - це саме те, що потрібно: щільно стисле розташування твердих матеріалів, а не м'яка консистенція, яка становить типову літій-іонну (Li-ion) батарею. Цей твердотільний склад та конструкція дають електрохімічний пристрій, який обіцяє неймовірні результати. Про матеріал мало що відомо, лише те, що він зроблений на керамічній основі і використовує чотири прекурсори.

Також компанія стверджує, що розробники усунули всі проблеми твердотільних батарей. Однією з таких проблем є термін служби, тепер батареї зберігають понад 80% ємності після 800 циклів (386 тис. км)

Безсумнівно, результат, який представила Tesla, можна по праву вважати великим проривом в області акумуляторів.

Але не тільки Tesla вела роботу над створенням твердотільних акумуляторів з великою ємністю та продуктивністю, навесні 2020 року компанія Samsung представила свій прототип твердотільних батарей.

Вчені працювали з такими проблемами як термін служби та безпека батареї, вони запропонували використовуватися як анод композитний шар зі срібла та вуглецю. Це дозволило збільшити ємність, термін служби та загальну безпеку прототипу твердотільного акумулятора. Прототип відзначився також своїми габаритами, він виявився на 50% меншим за обсягом літій-іонної батареї.

Цей акумулятор дозволить проїжджати електромобілям до 800 км без підзарядки, а батарея матиме більше 1000 циклів (зарядки/розрядки).

Висновки з другого розділу

НУБІП України

Вивчивши докладно акумуляторні батареї, можна зробити висновок, що акумулятор автомобіля – одна з перших необхідних частин при запуску автомобіля.

Вона є першим джерелом електроенергії для пускового двигуна, щоб запустити акумулятор. А зараз сфера, яка привертає найбільшу увагу, – це ринок електромобілів та накопичувачів енергії (ESS), який продовжує зростати з кожним роком.

Причина в тому, що електромобілі без двигуна внутрішнього згорання мають велику економію палива, тому споживачі можуть заощадити багато грошей та зменшити забруднення довкілля.

Завдяки безлічі речей, що володіють цими перевагами, публіка може отримати високоякісний досвід у житті та культурі, і стало можливим зручніше життя.

Батареї – важливий винахід у сучасному світі, тому що вони портативні та зручні. Швидкість розробки батарей збільшується, і вважається, що потенціал для вироблення енергії безмежний.

Основною характеристикою батареї є її питома енергія, якщо говорити про масу, або щільність, якщо йдеться про обсяг. Літій-іонні акумулятори в порівнянні з іншими мають найбільшу питому енергію і високу щільність енергії. Однак із збільшенням щільності енергії зменшується показник питомої енергії. Отже, високоенергетичні елементи підходять для застосування в електромобілях, де процес розряду батареї розбивається на тривалий період і потребує достатнього діапазону пробігу авто.

Іон літію залишиться технологією, яка буде використовуватися протягом наступних 10 років, але найближчим часом теоретично, ймовірно, буде замінена іншими конструкціями батарей з більш високою щільністю енергії та нижчою вартістю. Однак, навіть якщо будуть випущені практично різні конструкції батарей, їхня поява на ринку буде значно затримана через тимчасові затримки, пов'язані з будівництвом виробничої лінії та комерціалізацією.

НУБІП України

3.1. Деградація літій-іонної акумуляторної батареї

На даний момент літій-іонна батарея є найкращою технологією для зберігання енергії електромобіля. Переваги даної батареї у тривалому терміні зберігання заряду, низькою швидкістю саморозряду, високою потужністю та відсутністю ефекту пам'яті.

У літій-іонній батареї виникає як оборотна, так і не оборотна втрата ємності. Оборотна може бути викликана саморозрядження самої комірки, значення досягає до декількох відсотків на місяць. Повна ємність осередку досягається шляхом повної підзарядки автомобіля.

Необоротна втрата ємності відбувається тоді, коли осередок пошкоджено. Літій-іонні акумулятори мають обмежений календарний термін служби. Втрата потужності батареї відбувається через циклічний рух автомобіля. Циклуванням зумовлюється поява внутрішнього опору. Однак це не єдина причина появи внутрішнього опору, але також згодом на межі розділу електрод-електроліт на аноді утворюється шар твердого електроліту, що пасивує. Такий шар формується на початкових етапах, структура осередків захищає електроліт від подальшого розкладання при взаємодії графіту з електролітом. Все ж таки з часом шар твердого електроліту зростає і призводить до стрімкого зростання внутрішнього опору. Процес супроводжується високими температурами, високими струмами та напругою в осередках.

Заряджання при високих струмах і низьких температурах може призвести до заливання літію, коли літій осідає на поверхні анода. Що, в свою чергу, призводить до втрати активності літію в елементі, а також може призвести до короткого замикання.

Перезаряджання або глибокі розряди батареї, а також перевищення верхньої точки температури збільшують деградацію батареї. Однак ці

обмеження управляються та запобігаються за допомогою Battery Management system (BMS). До того ж зарядка/розрядка викликають механічну напругу через об'ємні зміни всередині комірки і призводять до втрати ємності, що скорочує термін служби батареї.

3.2. Оптимізація конструкції одного осередку на прикладі літій-іонної батареї

Найважливішим аспектом конструкції літій-іонних елементів є здатність максимізувати щільність енергії, при певній масі обсягу. Загальноприйнята класична конструкція осередків батареї полягала у використанні товстішого електрода, щоб отримати високу густину енергії. Нижче проведено експериментальний аналіз та чисельне моделювання для вивчення того, які властивості електрохімічного осередку впливають на продуктивність акумуляторної батареї.

Було проведено безліч дослідницьких робіт, таких як вплив розміру частинок на продуктивність, вивчення сажі і вуглецевих трубок і впровадження останніх як провідних добавок, а також дослідження на їх вплив на енергетичну ємність і стабільність циклу, що проходить. Маркс Дойл та його група використовували чисельне моделювання вивчення залежності між провідністю і числом перенесення літій-полімерних частинок. Незважаючи на те, що розуміння того, як окремі компоненти впливають на продуктивність осередків, збільшилося, повністю максимізувати ефективність не вдалося, оскільки не були об'єднані всі складові. Щоб визначити оптимальну конструкцію осередку, необхідно провести докладний процес проектування, який включає всі змінні проектування, а також першочергово враховувати зв'язок між параметрами і їх взаємодію на компоненти під час самого циклу.

Джон Ньюман оптимізував конструкцію осередку, збільшивши товщину позитивного електрода та пористості, використовуючи спрощену модель зони протікання реакції. Обмеживши оборотність включення молекул літій-іонів

вузькою зоною в провідному електроді, він отримав рішення аналітичним методом, потім зв'язав залежність ємності енергії з параметром:

$$T_{rz} = \frac{Ukt_{dis}}{q+L_s^2} \quad (31)$$

де, U - потенціал розімкнутого ланцюга, k - провідність електроліту, t_{dis} - час розряду батареї, L_s^2 - товщина сепаратора, q - щільність ємності активного матеріалу. Зафіксувавши час розряду, вдалося зясувати оптимальні значення товщини та пористості електрода.

Подальші дії оптимізації включали розробку залізофосфатного літій-іонного елемента при збереженні постійного співвідношення ємності та пористості негативного електрода, а також з'єднання літій-іонних батарей з конденсаторами для роботи гібридного електромобіля.

У дослідженні з оптимізації швидкості циклування, розміру частинок, дифузійної здатності та провідності з використанням сурогатного модельного формулювання, кількісно оцінили продуктивність осередку залежно від відношення часу розряду до часу дифузії. Оптимізація просторового розподілу пористості може знизити внутрішній опір на 15-33% проти рівномірним розподілом. Гольмон та ін. пішли ще далі і змінили як просторову пористість, і розподіл частинок за розмірами, використовуючи багатомасштабну модель. Вони виявили, що при зміні як пористості, так і розподілу частинок за розмірами поліпшення енергетичної ємності становить менше 2% порівняно з осередком з постійною оптимізованою пористістю і розміром частинок. Відомий випадок використання метод параметризації вектора управління для послідовної оптимізації товщини та пористості електродів за допомогою переформульованої моделі підвищення обчислювальної ефективності.

Застосування чисельної оптимізації до проектування батарей все ще перебуває на стадії зародження.

Висока обчислювальна вартість моделі, що ґрунтується на фізиці, та відсутність повного математичного опису процесів, що відбуваються в батарейній системі, перешкоджають впровадженню схем оптимізації при

проектуванні батареї. Одним із способів зниження обчислювальних витрат на оптимізацію батареї є прискорення моделювання моделі комірки. Зокрема, були отримані апроксимації для прискорення розрахунку дифузії твердої фази. Досягається додаткове підвищення ефективності обчислень шляхом поліпшення розрахунку моделі в напрямку нормальному до міжфазної поверхні електрода/сепаратора. Зниження обчислювальних витрат також можна досягти з допомогою мінімізації кількості оцінок функцій.

Для вирішення проблеми оптимізації батареї використовують різні методи.

Враховуючи нелінійний характер проблеми батареї та обчислювальні витрати (оцінка кожної функції займає близько декількох хвилин), схема оптимізації на основі градієнта, яка використовує похідні для визначення напрямків пошуку, добре підходить для вирішення такого завдання завдяки своїй чисельній ефективності та точності.

У процесі проектування як змінні повинні також розглядатися транспортні властивості матеріалу. Проект повинен включати всі супутні параметри літій-іонного осередку зі вставними з'єднаннями обох електродів. З урахуванням цієї мети тут представлена чисельна структура, яка передбачає алгоритм оптимізації з детальною моделлю конструкції комірки.

Цілі:

1) Максимізувати густину енергії літій-іонного елемента в залежності від необхідної потужності

2) Визначити конструкцію електрода при різних швидкостях розряду

3) Визначити чутливість проектних змінних продуктивності осередків

Густина енергії осередки обчислюється з використанням трапецієподібного наближення до інтегралу за часом розряду:

$$E_{cell} = \frac{1}{M_{cell}} \int_0^{t_{cut}} V_{cell}(t) I dt \approx I \sum_{k=0}^n \frac{V_{k+1} + V_k}{2} (t_{k+1} - t_k) \quad (3.2)$$

де I – це постійний струм комірки, k – коефіцієнт тимчасового кроку,

n – кількість тимчасових кроків, необхідні досягнення напруги відсічки.

M_{cell} – клітинна маса, обчислюється:

$$M_{cell} = M_+ + M_{sep} + M_- + M_{misc} \quad (3.3)$$

де M_+ і M_- - маса активних матеріалів позитивного та негативного електродів, M_{sep} - маса електроліту, а M_{misc} - маса всіх інших неенергетичних матеріалів, наприклад струмознімач. Маса кожного компонента залежить від його товщини та пористих властивостей різних матеріалів, що входять до його складу.

Таблиця 3.1
Властивості та параметри матеріалу літій-іонного елемента

Параметри	Li iON
Матеріал катода	Шпінель Mn2O4
Стехіометричний параметр катода	0,2
Кулонівська ємність катодного матеріалу	148 мАг/г
Щільність катодного матеріалу	4280 кг/м ³
Об'ємна частка інертного наповнювача	0,1
Матеріал анода	Графіт MCMB 2528
Стехіометричний параметр катода	0,9
Кулонівська ємність анода	372 мАг/г
Щільність анодного матеріалу	2260 кг/м ³
Об'ємна частка інертного матеріалу в аноді	0,05
Матеріал електроліту	LiPF ₆ в діетил карбонат
Початкова концентрація солі	1000 моль/м ³
Інертний наповнювач	Полівініл іденфторид
Температура навколишнього середовища	298К

Щоб максимізувати щільність енергії, наближену до твердотільної батареї, вибираються 12 розрахункових змінних, перерахованих у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Розрахункові змінні та їх межі для оптимізації одного осередку

Змінна	Нижня границя	Верхня межа
--------	---------------	-------------

Швидкість циклування	0,1	10
Товщина сепаратора	10	100
Розмір частинок катода	0,2	20
Товщина катода	40	250
Пористість катода	0,1	0,6
Диф. здатність катода	10^{-6}	10^{-11}
Провідність катода	1	100
Розмір частинок анода	0,5	50
Товщина анода	40	250
Пористість анода	0,1	0,6
Диф. здатність анода	10^{-16}	10^{-11}
Анодна провідність	1	100

Хоча швидкість циклування є робочою умовою, а не змінної конструкції комірки, необхідно дозволити їй вільно змінюватись у межах проектного простору, щоб задовольнити вимоги до живлення.

Методика моделювання та подальша оптимізація не обмежуються конкретними умовами експлуатації. Можливість вільної зміни швидкості циклу дозволяє нам отримати оптимальну конструкцію комірок для задоволення різних прикладних вимог.

Серед 5 змінних електрода пористість, товщина і, певною мірою, розмір часток можуть контролюватись у процесі виробництва, в той час як дифузійна здатність та провідність є властивостями матеріалу. Однак існують суттєві відмінності у значеннях коефіцієнтів перенесення.

Щоб досягти оптимальності, осередок повинен збалансувати енергетичну ємність із вимогами до іонного транспорту, водночас мінімізуючи омичні втрати.

Серед 12 розрахункових змінних швидкість циклування визначає густину струму і, отже, гальваностатичні граничні умови.

Низька швидкість циклування необхідна максимізації щільності енергії, оскільки вона зменшує омичні втрати. Товщина сепаратора визначає кількість електроліту області сепаратора. З пяти змінних електрода товщина і пористість

визначають кількість активних матеріалів, доступних для інтеркаляції процесу літій-іонів, і кількість електроліту, доступного для іонного транспорту. Товщина та пористість електродів разом із товщиною сепаратора визначають масу осередку і, отже, її щільність енергії. Дифузійна здатність та провідність є транспортними параметрами, які впливають на надмірну концентрацію в комірці, в той час як розмір часток впливає на щільність енергії, змінюючи довжину дифузійного шляху та площу міжфазної поверхні.

Діапазон провідності для обох електродів високий у порівнянні з провідністю чистих активних матеріалів у кожному електроді. Ці значення відображають підвищену електронну провідність після додавання вуглецевих добавок до твердої матриці. Клітинна модель явно не враховує впливу вуглецевих добавок на ефективний транспорт.

Однак використання високої провідності дозволяє створювати теоретичні осередки, які мають продуктивність, більш репрезентативну порівняно з тим, що може бути отримано практично. Було проведено дев'ять різних оптимізацій при кожному обмеженому споживанні енергії.

Оптимізація ініціюється з випадкових точок проектування, щоб зменшити можливість збіжності оптимізації до локальних оптимумів. Через випадковий характер початкових точок та допусків збіжності оптимізації існують деякі відмінності між результатами з точки зору кількості необхідних ітерацій та оптимальних рішень. Результати різних запусків оптимізації разом представлені як графіків. Поле є діапазон, а лінія в центрі представляє медіану.

За відсутності потреби у живленні осередку максимальної щільності можна досягти з використанням малого струму розряду, що дасть мінімальне омичне падіння. Напруга комірки має бути якомога ближче до напруги розімкнутого ланцюга, в результаті чого конструкція комірки матиме максимальну товщину і мінімальну пористість через низьку вимогу до швидкості перенесення іонів.

Максимальна щільність енергії виникає в дивному нижньому куті розрахункового простору, що призводить до найпростішого оптимального

рішення, в якому швидкість циклування та розмір частинок позитивного електрода знаходяться на своїх нижніх межах.

На рисунку 3.1 наведена найпростіша діаграма, де швидкість циклування та розмір частинок єдині змінні.

Максимальна щільність енергії досягається при мінімальній швидкості циклування та розмірі частинок. Тому значна проблема проектування осередків повинна враховувати, як на конструкції осередків впливають вимоги до живлення. У міру збільшення потреби в електроенергії проектний простір, здатний задовольнити цю вимогу, стає меншим. І тут щільність потужності переважно залежить від швидкості циклування.

Графічне уявлення простору проектування та цільової функції ясно показує, що швидкість циклування повинна збільшуватися в міру збільшення потужності, у той час як конструкція осередку з максимальною щільністю енергії має найменший розмір частинок незалежно від необхідної потужності.

Завдання оптимізації розширено до повного простору проектування із 12 змінних проектування. Потенціал використання структури оптимізації на основі градієнта при проектуванні осередку демонструється шляхом максимізації її гравіметричної щільності енергії за різних питомих потреб у потужності.

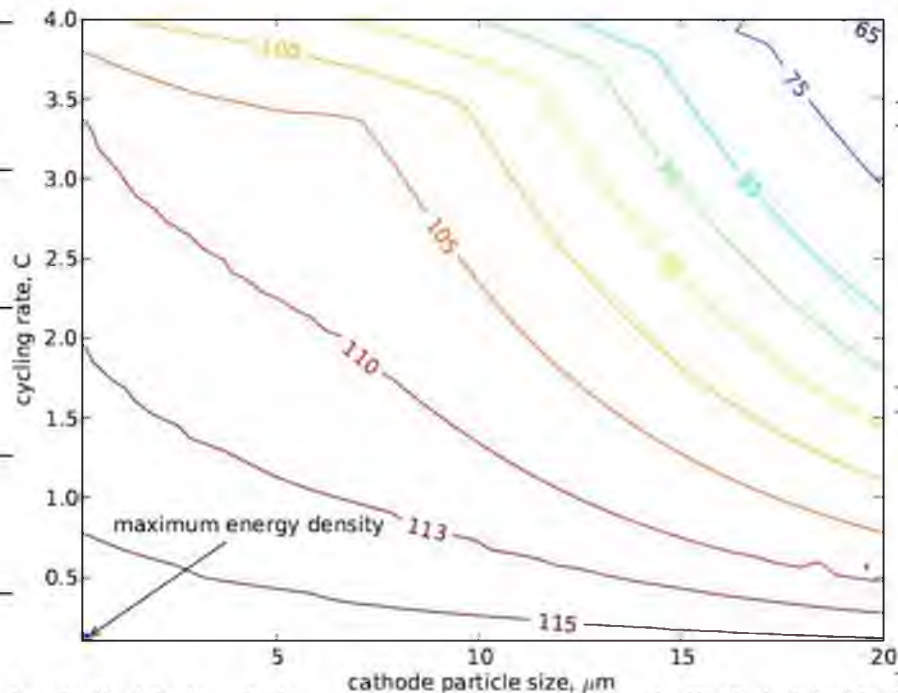


Рисунок 3.1 – Контурний графік щільності енергії залежно від збільшення швидкості циклування та розміру частинок.

Обмежена споживана потужність збільшується з 50 Вт/кг/м² з кроком 50 Вт/кг/м² до 1500 Вт/кг/м², у цей момент подальше збільшення потужності можливе лише за рахунок розширення верхньої межі швидкості циклування. Конкуруючі ефекти збільшення потужності та зменшення енергії за більш високої потужності утворюють фронт Парето. У цьому випадку фронт Парето формується з багатьох точок з максимально досяжною енергетичною ємністю комірки для кожного необхідного рівня потужності.

3.3. Порівняння структури літій іонної батареї та твердотільної батареї



Рисунок 3.2 – Основні шари літій-іонної батареї та батареї з твердотільним електролітом

На рисунку 3.2 відображено структури літій-іонної та твердотільної батареї. Звичайний літій-іонний акумуляторний елемент складається з трьох основних шарів: позитивний електрод або катод, негативний електрод або анод, полімерний пористий сепаратор, що розділяє електроди. А також два електричні контакти по одному на кожному електроді. Електроди виготовлені з частинок матеріалу, здатного накопичувати енергію. Весь осередок залитий рідиною, яка служить електролітом, через середовище якого проходять іони літію.

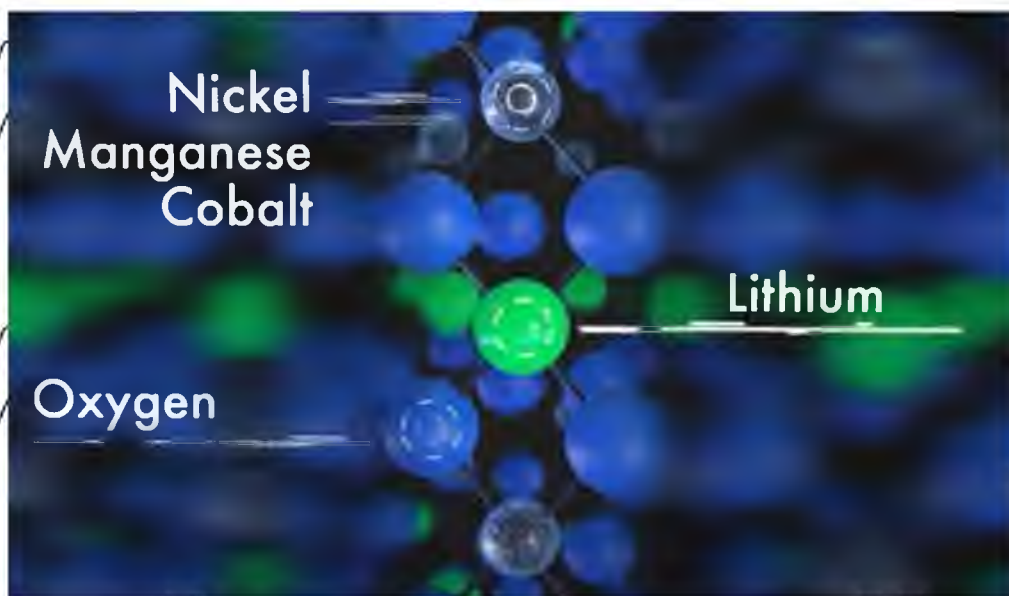


Рисунок 3.3 – Частинки катодного електрода

Кожна катодна частка складається з літій, що містить оксиду металу, такі як оксид літію, нікелю, марганцю, кобальту, відомі як елементи, що утворюють стабільну структуру, що утримує іони літію, коли акумулятор знаходиться в розрядженому стані. Частинки проходять через пори в сепараторі, а шляхи до анода, там літій потрапляє в частинку анода, що зазвичай складається з листів вуглецю. Вуглець приймає літій доти, доки не буде потрібна енергія з шістьма атомами вуглецю, що утримують один іон літію.

У твердотільній літій-металевій батареї є 2 основних шари: катод і позитивний електрод з електричним контактом і керамічним твердотілим сепаратором, який замінює пористий полімерний сепаратор, що використовується в звичайних літій-іонних батареях. У місці, де раніше був анод тепер тільки електричний контакт, частинки залишають катод, мандруючи атомними ґратами до непористого твердотілого керамічного сепаратора. Як тільки літій проходить через сепаратор, він осідає між сепаратором і електричним контактом. Анод із металевого літію дозволяє зберігати енергію в меншому обсязі, але забезпечує більш високу щільність енергії порівняно із звичайною літій-іонною батареєю.

Розглянувши структуру, можна підсумувати, що твердотільна батарея компактніша в плані розташування в електромобілі. А також найменш схильна

до займання завдяки виключенню зі складу рідкого електроліту, схильного до зникнення при нагріванні.

3.4. Чутливість за оптимальних умов

Потім розрахункові змінні оптимальних конструкцій осередків різних вимог до потужності кількісно оцінюються з погляду їх чисельних значень і впливу оптимальні конструкції. У таблиці 3.3 показано чутливість густини енергії по відношенню до змінних в оптимумах. Зверніть увагу, що оскільки існує оптимальна проектна точка для кожної необхідної потужності комірки, було б занадто громіздко показувати чутливість кожної змінної для всіх оптимальних точок. Отже, середня чутливість по всіх оптимумах наведена в таблиці 3.3, щоб дати якісне порівняння відносного впливу змінних на щільність енергії. Дослідження чутливості показують, що морфологічні параметри, такі як товщина клітин і розміри частинок, значно впливають на щільність енергії, ніж параметри перенесення, такі як коефіцієнти дифузії і провідності. У середньому вплив транспортних параметрів значно нижче, ніж вплив інших параметрів.

Таблиця 3.3. Конструктивні змінні та їх чутливість за оптимальних конструкцій.

Змінна	Оптимізаційні проектні значення	Середня чутливість, %
Швидкість циклування	0,2-0,94	2,3
Товщина сепаратора	10	0,25
Розмір частинок катода	0,2	0,34
Товщина катода	133,4-250	0,34
Пористість катода	0,13-0,54	0,3
Диф. здатність катода	$1,09 \cdot 10^{-2}$ - 10^{-11}	0,028
Провідність катода	80,03-100	0,043
Розмір частинок анода	0,5	0,054
Товщина анода	67,3-163,7	1,3
Пористість анода	0,14-0,33	0,37

Диф. здатність анода	1,66 * 10 ⁻¹² -10 ⁻¹¹	0,029
Анодна провідність	1,3-100	0,029

У таблиці 3.3 наведено діапазони розрахункових змінних для відповідних вимог до живлення комірки. Залежно від вимог до потужності змінюються конструктивні змінні, проте товщина сепаратора та розміри частинок електрода незмінно сходяться до їх мінімальних меж.

Товщина сепаратора сходиться до мінімальної межі для оптимальної конструкції комірки. Сепаратор не вносить вкладу у фізичну модель комірки, оскільки там немає ніяких електрохімічних реакцій. Призначення іонів у сепараторі полягає виключно у перенесенні зарядів з одного електрода на інший. Тому товщина сепаратора впливає тільки на вагу комірки, яка повинна бути зведена до мінімуму, щоб максимізувати щільність енергії. У практичній конструкції посередку повинна бути мінімальна товщина сепаратора, щоб запобігти короткому замиканню через дендритні нарости на електродах.

Переважними є менші розміри частинок, оскільки вони значно скорочують довжину дифузійного шляху іонів літію в електродах, а також збільшують площу поверхні розподілу.

Достатня площа міжфазної поверхні розділу важлива забезпечення адекватної швидкості перенесення іонів між двома фазами.

Розмір частинок в електроді неоднорідний, але має розподіл за розміром та співвідношенням сторін. Вплив розподілу частинок за розмірами було досліджено Дарлінгом та Ньюманом. Автори показали, що електроди з розподілом частинок за розмірами мають більший твердфазний опір і триваліший час релаксації, ніж електрод з рівномірним розміром частинок.

Частинки різних розмірів мають різну щільність упаковки в порівнянні з однорідними частинками і ці розбіжності в розмірах впливають на пористість електрода. Можна оптимізувати пористість електрода для максимального використання, змінивши розподіл частинок за розмірами. Однак такий точний

контроль за просторовим розподілом усередині електрода важко досягти на практиці, і виграш у щільності енергії незначний порівняно з оптимально спроектованим осередком з рівномірним розподілом пористості.

3.5. Товщина та пористість електрода

Розглянемо морфологічні зміни електрода за оптимальних рішень. На рис. 3.4 показані оптимальні значення товщини та пористості електрода при зміні швидкості розряду.

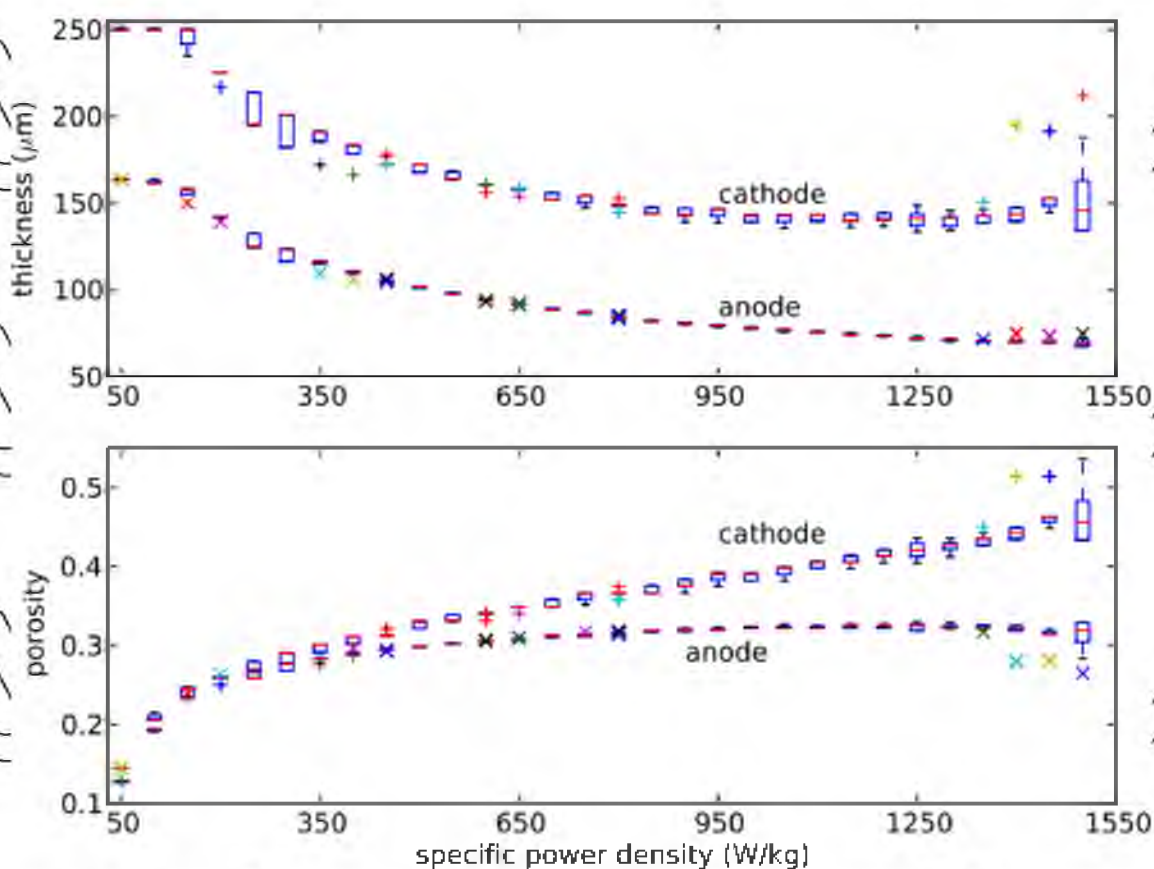


Рисунок 3.4- Зміни товщини електрода та пористості оптимальних конструкцій осередків залежно від потужності

При збільшенні швидкості розряду краще використовувати більш тонкий і пористий електрод для задоволення вимог швидкості перенесення. Поєднання зменшеної товщини електрода та збільшеної пористості зменшує кількість активних матеріалів у комірії і, отже, знижує енергетичну щільність комірки.

На рис. 3.4 також показано, що оптимальна конструкція комірки вимагає більш товстого і пористого позитивного електрода в парі з більш тонким, менш

пористим негативним електродом. Це з різницею в об'ємних кулонівських ємностях між двома електродами (633 мАч/см³ проти 841 мАч/см³). Тому позитивний електрод товщі за негативний, щоб збалансувати ємність заряду.

Вища пористість потрібна в товстому електроді, щоб забезпечити адекватна швидкість перенесення іонів, що, у свою чергу, призводить до того, що електрод стає ще товстшим. Це показує, що для досягнення оптимальної густини енергії необхідно, щоб товстий електрод або мав дуже високий коефіцієнт перенесення, або був виготовлений з дрібних частинок, щоб відповідати вимогам масо

переносу та максимізувати ефективність упаковки активних матеріалів.

Співвідношення позитивних та негативних речовин, задано

$$\gamma_M = \frac{L_+ \epsilon_+ \rho_+}{L_- \epsilon_- \rho_-} \quad (3.4)$$

Де L – це товщина електрода, ϵ – масова частка активних матеріалів,

ρ – щільність твердого тіла, а знаки + та – позначають позитивний та негативний

електроди відповідно.

Оптимальні масові співвідношення перебувають у проміжку від 2,77 до 2,85, як показано на рисунку 3.5, що є оптимальним співвідношенням 2,8.

Результати оптимізації також показують, що оптимальне співвідношення маси

для добре спроектованого осередку не є постійним значенням, а є лінійною

функцією потужності осередку, хоча загальна зміна співвідношення маси

становить менше 3%. Від позитивного до негативного коефіцієнт ємності заряду

електрода також показано на рис. 3.5 та представлений наступним чином:

$$\gamma_C = \gamma_M = \frac{q_+ \Delta y}{q_- \Delta x} \quad (3.5)$$

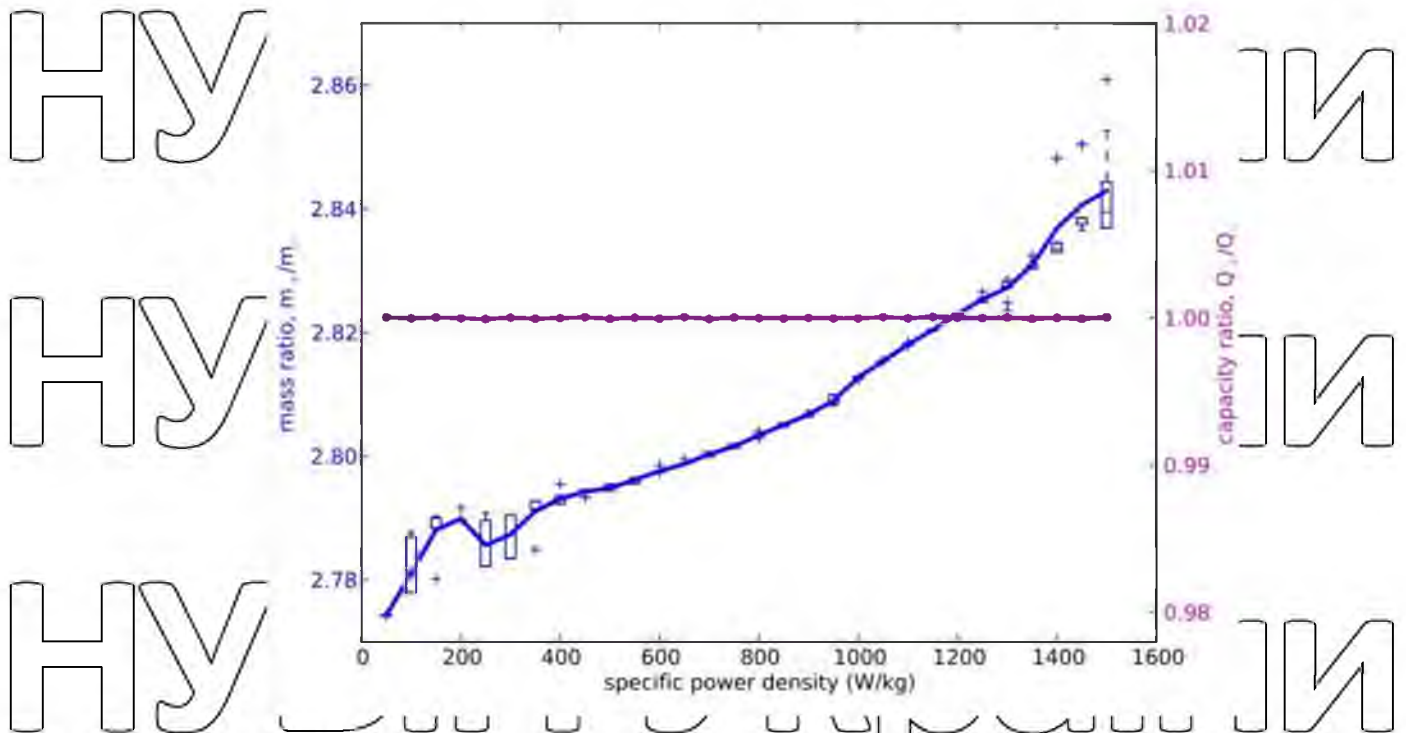


Рис. 3.5 - Співвідношення маси активного матеріалу та ємності заряду для оптимальної конструкції осередків

Для всіх оптимізованих осередків існує баланс між співвідношенням позитивних та негативних зарядів. Це результат збереження заряду. Якщо взяти до уваги стан заряду, що залишився в комірці при напрузі відсікання, фактичний коефіцієнт ємності варіюється від 0,99 до 1,02. Невеликий дисбаланс у співвідношеннях потужностей максимізує діапазон SOC, протягом якого напруга осередку перевищує напругу відсікання, і згодом максимізує ніпкість корисної енергії, що виділяється під час гальваностатичного розряду. У практичних конструкціях клітин негативний електрод часто має велику ємність, щоб забезпечити повне використання позитивного електрода і компенсувати втрату циклованого літію через побічні реакції, такі як утворення шару розділу твердих електролітів (SEI). Такі побічні реакції не включені до поточної моделі, і їх вплив на поведінку клітин ігнорується. Близькість коефіцієнтів ємності до одиниці для оптимальних конструкцій осередків за будь-яких вимог до потужності підтверджує підхід, що вимагає балансу заряду в електродах для попереднього проектування осередків.

3.6. Провідність та дифузійність

При запуску оптимізації з різних початкових точок значення дифузії і провідності не сходятся до певних значень при оптимальних конструкціях

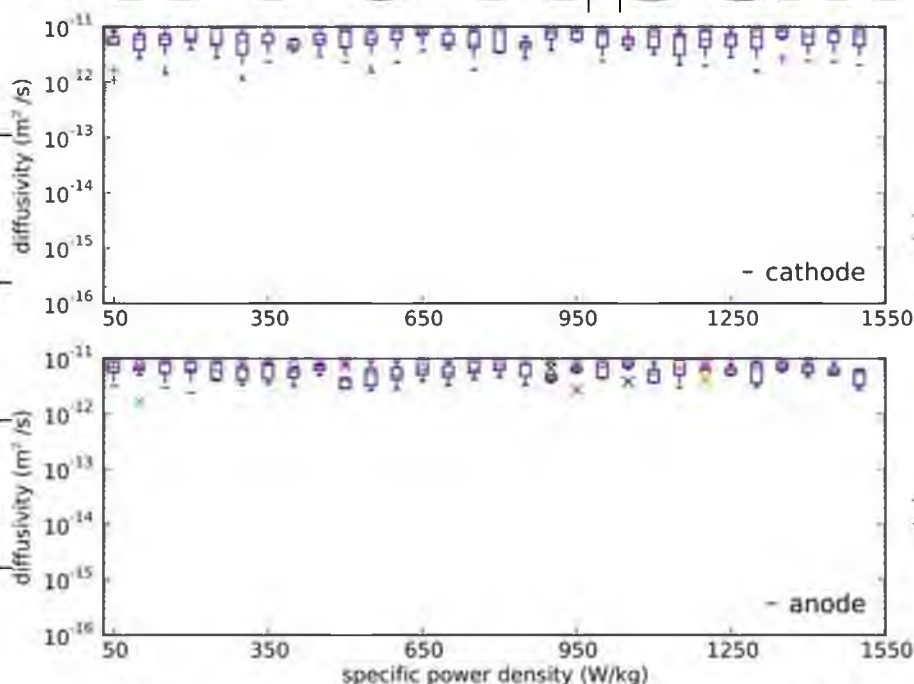


Рисунок 3.6 – Варіації дифузії при оптимальних конструкціях осередків.

Дифузія має бути високою за оптимальних конструкцій осередків, щоб полегшити рух іонів. Діапазон значень провідності, що використовується в дослідженні, відображає катод, що вже легований вуглецевими добавками, що підвищують провідність. Однак у даному діапазоні продуктивність комірки не чутлива до змін. Діапазони дифузії при оптимальних конструкціях осередків показано на рис. 3.6, де показані зміни дифузії у всьому діапазоні дифузії, і 3.7, а також представлений вид крупним планом, що охоплює лише один порядок величини. Видно, що у всіх випадках значення дифузійності оптимальних конструкцій сходяться близько до верхньої межі, причому варіюються значення від 10⁻¹² до 10⁻¹¹ м²/с.

З огляду на те, що межа дифузії охоплює 5 порядків величини, оптимальні діапазони досить малі. Продуктивність літій-марганцевих батарей пов'язана з безрозмірним часом τ , який визначається як відношення між часом розряду t_{dis} і часом дифузії t_{dif} [69], тобто,

$$\tau = \frac{t_{dis}}{t_{dif}}, \quad t_{dif} = \frac{r^2}{D_s} \quad (3.6)$$

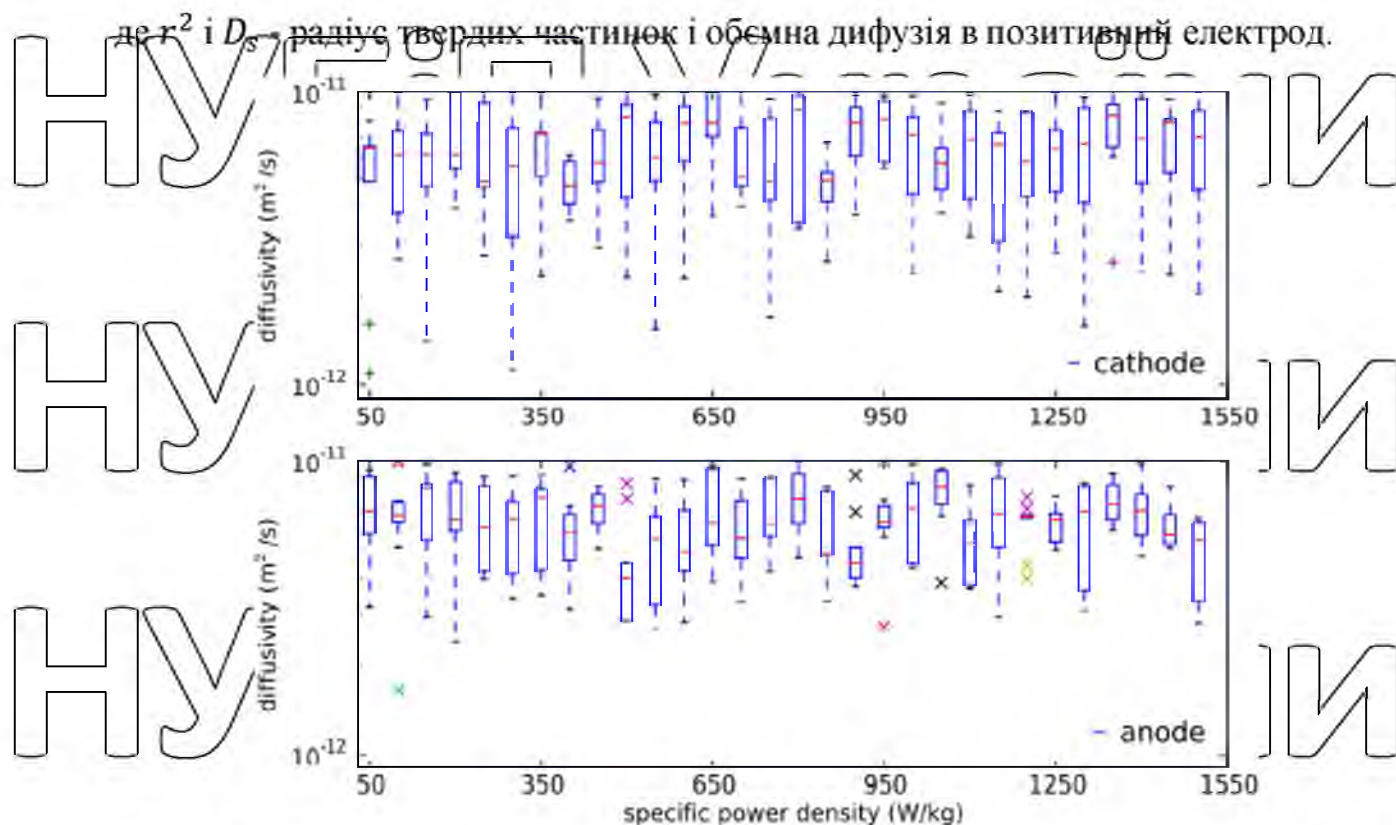


Рис. 3.7 - Великий план розподілу дифузії за оптимальної конструкції осередків.

Конструкції осередків, для яких більше одиниці, демонструють дуже незначне збільшення енергетичної ємності при подальшому збільшенні дифузійної здатності. Всі оптимальні конструкції сходилися до найменших

розмірів частинок, заданих нижньою межею, і, отже, це призводить до дуже

великого t , навіть при високих швидкостях циклу, так що комірки обмежені дифузією тільки тоді, коли об'ємна дифузія близька до нижньої межі $10-15 \mu\text{m}^2/\text{s}$

Для вивчення впливу дифузійності на щільність енергії в оптимальних

розрахункових точках проводиться одновимірна розгортка дифузійності з

фіксованими іншими розрахунковими параметрами. Відмінності між

щільностями енергії та максимально досяжними значеннями побудовані в

залежності від об'ємної дифузії та безрозмірного часу на рис. 3.8. Показано вплив

дифузії на густину енергії при чотирьох репрезентативних швидкостях розряду.

Значення безрозмірного часу при оптимальних конструкціях осередків для всіх

чотирьох осередків набагато більше одиниці. Оскільки значення зменшується зі

зменшенням дифузійності, щільність енергії осередку також зменшується, але

зменшення не є значним.

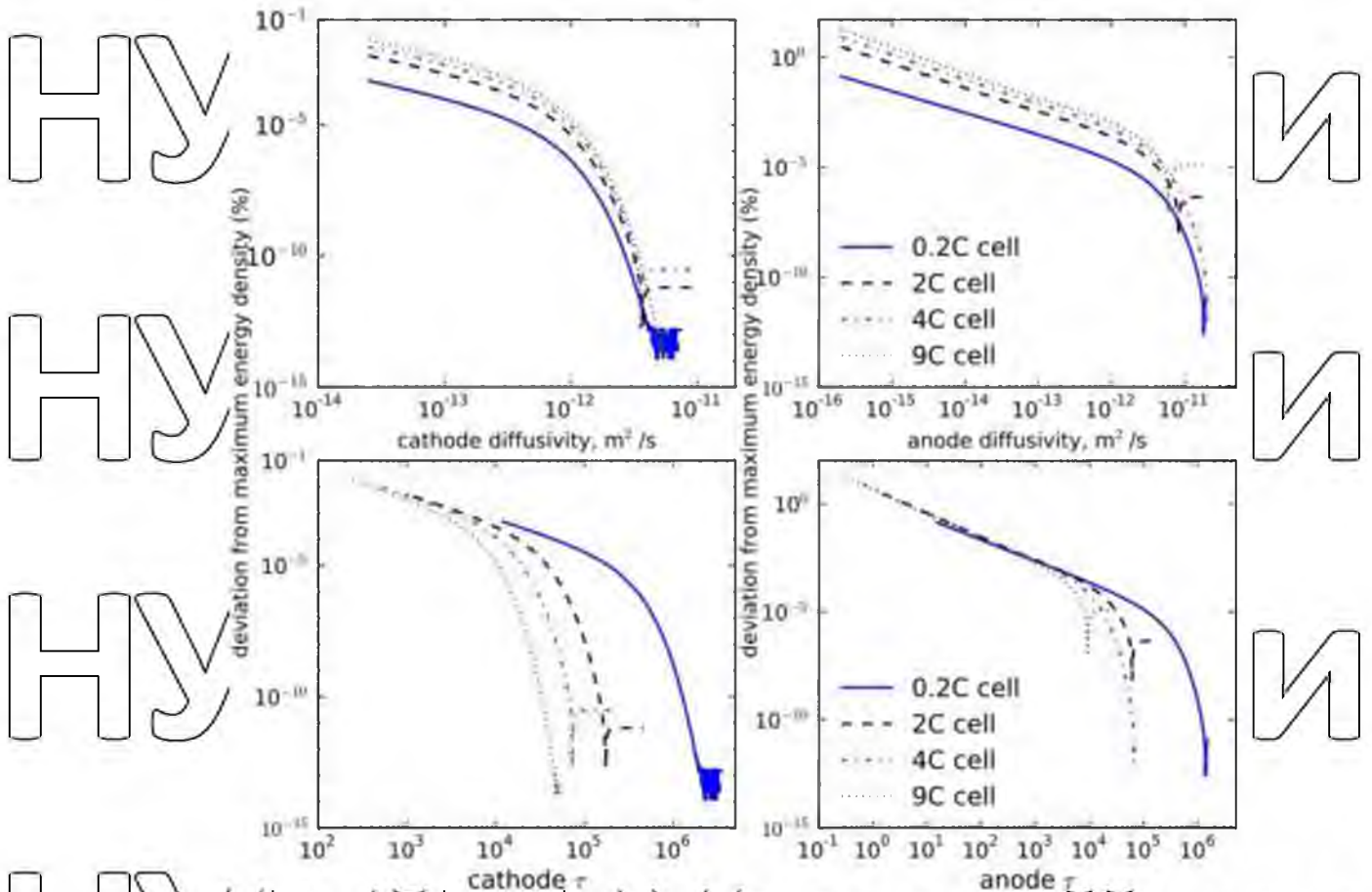


Рисунок 3.8 – Зміна щільності енергії залежно від нормованої дифузійності

Як показано на графіках праворуч на рис. 3.8 зниження щільності енергії становить більше 1% тільки тоді, коли анод τ близький до значення одиниці, що відповідає зниженню дифузійності на три порядки від її оптимальних значень. На рис. 3.8 також показано, що вплив дифузійності на щільність енергії збільшується зі збільшенням потреби в енергії комірки. Цього слід очікувати, оскільки більш висока потужність осередку потребує більш високої ефективної швидкості дифузії, яка прямо пропорційна об'ємній дифузії.

Ціль проведеного тут аналізу полягає в тому, щоб кількісно оцінити вплив дифузійності на продуктивність клітин. Результати таблиці 3.3 і малюнка 3.8 показують, що осередки з неоптимальною дифузією відчувають лише невелике зниження щільності енергії, якщо можна гарантувати оптимальність інших розрахункових змінних.

НУБІП України

3.7. Практична оптимізація батареї

Результати дослідження дали теоретичні рекомендації щодо оптимізації продуктивності батареї. Максимізація щільності енергії літій-іонного елемента батареї вимагає поєднання оптимального інженерного проектування, яке забезпечується за допомогою чисельної оптимізації, а також точного виробничого контролю над проєктними параметрами. Оптимальне співвідношення маси часто згадувалося в експериментальних та імітаційних дослідженнях як ключ до максимізації ємності батареї. Це в основному функція ємності заряду активних матеріалів, проте вона також залежить від інших аспектів, таких як ємність, що залишилася при нарузі відключення і кількість літію, втраченого в шарі стику твердого електроліту.

Врахування додаткових факторів призводить до відхилення відношення мас від оптимального, заданого балансом ємності заряду, і точне значення може бути отримано за допомогою результатів оптимізації. Морфологічні зміни, викликані навантаженнями зовнішнього тиску на батарею, необхідно враховувати, щоб забезпечити правильний розподіл пористості електрода для задоволення вимог до масопереносу.

Стиснення електродів через збирання батареї або механічне навантаження може змінити склад пористості на цілих 40%. Тому важливо змодельовати зовнішнє середовище акумуляторного блоку, щоб гарантувати, що властивості електродів після збирання максимально наближені до теоретичних рекомендацій щодо проектування. Контроль якості електродних матеріалів є ключовим аспектом забезпечення високої густини енергії.

Процесорний час і кількість ітерацій, необхідні досягнення збіжності, показано на рис. 3.9. Через рандомізовані початкові точки кількість ітерацій, необхідних для досягнення збіжності, значно відрізняється. Середній час процесора зменшується зі збільшенням енергоспоживання осередку. Оптимізація для комірки 50 Вт/кг/м^2 , що відповідає циклічній швидкості $0,2 \text{ C}$, в середньому потрібно 62 години для досягнення конвергенції; в той час як клітині 1500 Вт/кг/м^2 (9 C) потрібно близько 26 годин. Це з тим, що малопотужна осередок

вимагає більше тимчасових кроків задля досягнення напруги відсічення i , отже, вимагає більш тривалого процесорного часу оцінки функції.

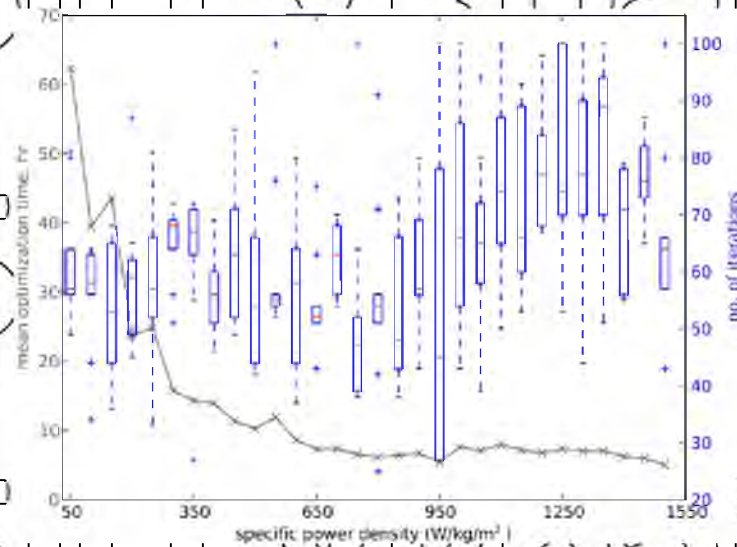


Рисунок 3.9 – Кількість ітерацій та час оптимізації залежно від споживаної потужності

Висновки з третього розділу

У цьому дослідженні розробляється нова чисельна структура, з метою автоматизувати проектування осередків та забезпечити математично оптимальні конструкції.

Тут показана повна конструкція осередку, що враховує як морфологічні, так і транспортні параметри, і кількісно визначені чисельні співвідношення зміни оптимальних параметрів електрода залежно від потужності, що споживається.

Структура оптимізації на основі градієнта здатна ефективно знаходити оптимальні конструкції осередків для кожної вимоги до потужності.

Усі оптимальні конструкції батареї мають мінімальний розмір частинок та товщину сепаратора, що мінімізувати довжину дифузійного шляху та зменшити масу неенергетичного компонента.

Поточна структура здатна отримати математично оптимальні конструкції та забезпечити точні морфологічні параметри електродів, неосхідні досягнення максимальної щільності енергії.

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ДИЗАЙНУ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ, ОРІЄНТОВАНОГО НА ДИЗАЙН АВТОМОБІЛЯ

4.1. Передумови змін у дизайні електромобіля

Існує необхідність вивчення конструкції автомобілів із двигунами внутрішнього згоряння минулих років. Це пов'язано з тим, що автомобілі тісно пов'язані з технологічними змінами та соціальними змінами, а дизайн найбільш швидко пристосовується до технологічних та соціальних змін. У суспільстві технологічного та соціального хаосу, яке швидко змінюється, як це відбувається зараз, важко передбачити рух лише у напрямку технологічного та соціального розширення автомобіля. Звичайно, поява нових автомобільних технологій потребує великих дослідницьких зусиль для прогнозування нових конструкцій, які можуть бути застосовані до цих технологій. Метою дослідження є активізація електромобілів, що стоїть на початковому етапі трансформації в автомобільному дизайні. Початок змін в електромобілях – це також початок змін в автомобільному дизайні. Автомобільні компанії пропонують від невеликого до широкого діапазону дизайнерських рішень для автомобіля

Проектування електромобілів – це нове значення для автомобільних дизайнерів. Інакше кажучи, важливість дизайну електромобілів зростає більше, ніж технічна. Причина цього полягає в тому, що електромобілі мають більш низький бар'єр входу, ніж автомобілі з двигунами внутрішнього згоряння, і дизайнерські відмінності, а не технічні відмінності покажуть реакцію ринку. Зумовлено це тим, що незважаючи на популяризацію електромобіля, цей вид транспорту залишається рідкісним на дорогах.

Введення нового іміджу електромобілів є важливим елементом. В історії автомобілебудування автомобільні компанії другого рівня, які тільки розпочали свою діяльність (у Китаї), або ті, хто хоче вийти на автомобільний ринок, отримують таку можливість, і існуючі автомобільні компанії можуть створити новий сектор ринку. Наприклад, якщо ви були дизайнером Volkswagen,

перейшли до Volvo Cars і стали дизайнером як глава Volvo electric car Polestar, це спростовує важливість дизайну. Конструкція електромобіля така сама, як і у стартової лінії.

4.2. Методи дослідження

Форма та пропорції автомобіля були обрізані протягом тривалого часу, і автомобіль був розділений відповідно до його використання. Багато автомобільних дизайнерів розуміють розташування двигуна тільки на вигляд автомобіля. Причина цього полягає в тому, що автомобіль з двигуном внутрішнього згоряння має функціональні особливості відповідно до положення двигуна, які здаються формуючими, і дизайнер не упускає функціональні особливості відповідно до положення двигуна і природно впроваджує їх у стиль автомобіля.

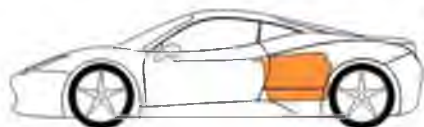
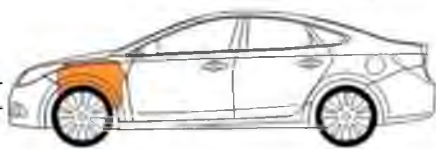
Зміна зовнішньої форми автомобіля, яка пов'язана з положенням двигуна, що є двигуном внутрішнього згоряння, є майже останнім. Досліджується діапазон від зміни форми автомобіля, пов'язаного з формою кузова за положенням двигуна, до прогнозування зміни положення акумулятора в електромобілі. У цьому дослідженні автономні автомобілі були виключені зі сфери дослідження. Вивчивши конструкцію автомобілів із двигунами внутрішнього згоряння, ми прогнозуємо зміни у конструкції електромобілів на основі технічного дослідження електромобілів.

Коли конструкція автомобіля з двигуном внутрішнього згоряння сильно класифікована, її можна розділити на ходову частину (шасі) та кузов (кузов). Ходова частина автомобіля ділиться на раму, двигун, силову передачу, підвіску, кермо, гальмування, освітлення, а зовнішня частина автомобіля відповідає кузову автомобіля як частини скелета і каркаса. Зокрема, положення двигуна конструкції цих автомобілів є найбільш впливовою частиною дизайну автомобіля.

Класифікація за положенням та способом приводу двигуна автомобіля підрозділяється на спосіб приводу на передні колеса (тип FF), спосіб приводу на задні колеса переднього двигуна (тип FR), спосіб приводу на задні колеса

заднього двигуна (тип RR), повний привід (тип 4WD). Тоді підхід до дизайну дешо відрізняється. Слід переглянути проєктні показники, такі як висота капота, що виступає, яка була збережена через радіатор, розташований перед двигуном. Звичайно, такі поняття, як FF, FR і midship, також повинні бути заповнені

Можна розділити автомобілі на класифікацію відповідно до типу двигуна автомобіля та класифікацію відповідно до розташування та способу приводу двигуна. Бензин, дизельне паливо, скраплений газ, гібридні, електричні і т.д. діляться залежно від використання палива. Автомобіль, оснащений двигуном внутрішнього згорання, що працює на бензині, є бензиновим автомобілем, автомобіль, оснащений двигуном внутрішнього згорання, що працює на легкій олії, є дизельним автомобілем, автомобіль, оснащений двигуном внутрішнього згорання, що працює на зрідженому газі є автомобілем на зрідженому газі економічний автомобіль, що використовує два джерела живлення, є гібридним автомобілем, автомобіль з акумуляторною батареєю і, однак, зміна конструкції з установкою палива не робить істотного впливу на тип існуючого автомобіля, крім електромобілів, або класифікацію відповідно до розташування двигуна та способу приводу.



НУБІП Україна



Рисунок 4.1 – Розташування двигуна

На наведеному вище рисунку кольорова частина виділяє допустиме розташування двигуна автомобіля. Структура автомобіля є важливим фактором в дизайні автомобіля. Розташування двигуна пов'язане з використанням.

Різниця у формуванні, видима на вигляд, зрештою проявляється як різниця у структурі.

В автомобільному дизайні найбільш впливовою є класифікація за положенням та приводом двигуна, яка становить досить велику частину автомобіля. Однак, в принципі, немає істотної конструктивної різниці між двигуном внутрішнього згоряння та зміною конструкції автомобіля.

4.3. Дизайн електромобіля

Електромобіль, як випливає з назви, — це автомобіль, який рухається лише електричною енергією. Немає вихлопних газів та шуму від існуючих автомобілів. В останні роки через зростання забруднення навколишнього середовища та брак ресурсів, на ринку жорстка конкуренція за розробку електромобілів відповідним екологічним аспектам.

Насправді електромобілі історично розвивалися тоді, коли вони були схожі на автомобілі з двигунами внутрішнього згоряння. Він був вперше розроблений у 1873 році, і навіть першим, хто подолав 100 км/год, був електромобіль, а не автомобіль із двигуном внутрішнього згоряння. Однак електромобілі в той час були поганими за продуктивністю через технічні обмеження, і було багато

серйозних проблем, таких як висока ціна, важка батарея і тривалий час зарядки, в той час як автомобілі з двигунами внутрішнього згоряння були оснащені відмінною продуктивністю та швидкістю завдяки системам масового виробництва та безперервним поліпшенням.

Електроніка на той час не була досліджена настільки, щоб змагатися з продуктивністю зі швидким розвитком двигуна внутрішнього згоряння. Зрештою, електромобілі втратили свою конкурентоспроможність та зникли з ринку.

Двигун внутрішнього згоряння генерує тепло, яке робить двигун гарячим.

Решітка радіатора, пристрій, який охолоджуватиме гарячий двигун, і дві вихлопні труби, одна з яких повинна випускати після спалювання вичерпаного палива. Ці два фактори є важливими факторами у створенні іміджу дизайну автомобіля. Адже електромобіль не має вихлопної труби, що вже є відмінною рисою в дизайні.

4.4 Особливості дизайну

Після інциденту з дизельгейтом Volkswagen електромобілі вже викликали у багатьох цікавість та зайняли певне місце на ринку авто споживачів. Почала з'являтися потреба в оригінальному дизайні електромобілів, а не в автомобільному дизайні через структурну асоціацію існуючих автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння.

Електромобілі – це область, в якій дизайн має нескінченний потенціал для розвитку у майбутньому, оскільки автомобільні компанії прагнуть розвиватись. Найбільша проблема з електромобілями – це батареї, які є джерелом енергії. Легка вага, невелика кількість та короткий час заряджання акумулятора є необхідними умовами для практичного використання електромобілів. Крім того, зарядні станції мають бути популярнішими. Експерти стверджують, що "електромобілі тепер не є машинами уяви. У всьому світі продаж електромобілів стрімко зростає з кожним роком. Перевага електромобілів у тому, що це "чисті

автомобілі, які не виділяють вихлопних газів", але насправді це не так. Положення двигуна існуючого автомобіля з двигуном внутрішнього згоряння є важливим фактором під час проектування.

Зміни в деталях впуску та капота, а також вихлопної труби є важливими конструктивними елементами конструкції, але у випадку електромобілів вони відсутні у конструктивних елементах через конструктивні причини двигуна внутрішнього згоряння.

Чим більша точка капота розташована ззаду, тим більше може бути двигун і тим менший внутрішній простір.

Машинне відділення настільки велике, що природно створюється образ високої продуктивності. Для автомобільних компаній BMW вони мобілізують технології та засоби, щоб розмістити крапки капота трохи далі назад для отримання високопродуктивного простору. Однак самі електромобілі немає відносно великого машинного відділення, тому формування автомобіля різке відрізняється.

По-перше, це можна вважати високою енергоефективністю. Бензинові автомобілі споживають лише близько 30% енергії, якою володіє бензин, і використовують її як рушійну силу, але електромобілі перетворюють близько 80% електричної енергії в рушійну силу. Існують певні втрати в процесі виробництва або постачання електроенергії, але дуже мало втрат енергії. Крім того, зарядка з використанням недорогої нічної електрики коштує всього близько однієї десятої бензинового автомобіля, який може похвалитися низькою витратою палива.

Енергія вітру або використання електроенергії, що виробляється сонячною енергією тощо.

По-друге, немає потреби у передачі. Бензинові автомобілі повинні регулювати швидкість і кількість обертів з трансмісією, тому що ефективність двигуна може бути перетворена на рушійну силу, і залежить від кількості обертів. Однак у випадку електродвигунів існує невелика різниця в ефективності перетворення потужності на потужність приводу незалежно від кількості

оборотів. Тож у передачі немає потреби. Коли вам потрібна більша потужність, ви можете постачати більше енергії.

По-третє, електромобілі мають дуже потужне прискорення при коливаннях. Це з тим, що двигун може надавати найсильніше зусилля під час запуску обертання нерухомому стані. Потужне прискорення коливань – відмінна особливість електромобілів.

Що важливо в автомобільному дизайні, так це те, що коли визначається призначення автомобіля, відповідно визначається і структура автомобіля.

Структура заданого автомобіля – це робота зі створення важливої форми автомобільного дизайну. Іншими словами, все починається з фізичної форми формувального елемента, з якого складається кузов автомобіля. Крім того, дизайн автомобіля починається з важливого положення двигуна у двигуні внутрішнього згорання, унікального формувального образу автомобіля, який є у кожної автомобільної компанії, та роботи дизайнера, щоб виявити пропорції автомобіля.

Пропорційність автомобіля – це не зміна технології в залежності від положення двигуна, а радше унікальний формувальний образ, який є у кожної компанії, і важлива основна маса автомобіля, базова рама автомобіля, а також поділ простору за положенням та пропорційністю елемента дизайну. Зміна технології в деталях є характерним чинником, що визначає стиль багатьох автомобілів.

Невелика технічна відмінність або технічна перевага, створена з технічних причин, необхідних для водіння автомобіля, може здатися важливою частиною дизайну автомобіля, що формує, через різницю в пропорціях, яка є елементом дизайну автомобіля. Ця зміна в тонкій автомобільній технології не береться до уваги положення двигуна і метою використання, але формуючим виразом автомобільного дизайнера.

4.5 Зміни у дизайні автомобілів. Вплив електричних автомобілів.

На початку диверсифікації автомобільних технологій проблема дизельних автомобілів, викликана інцидентом з маніпуляцією вихлопними газами Volkswagen, стала серйозною проблемою в усьому світі, і в міру того, як проблема забруднення повітря, викликаного різким зростанням автомобілів в Китаї, зростала на інтерес до електромобілів, екологічно чисті автомобілі. Зокрема, у випадку зі звичайними електромобілями автомобіль Tesla Ілона Маска 7 в США, який призначався для пасажирів, сигналізував про початок швидких змін через розширення ємності акумулятора за рахунок високої продуктивності і більшого розміру автомобіля у вигляді спортивного автомобіля. Такі технічні перетворення були виявлені в багатьох місцях конструкції автомобілів, сигналізуючи про початок змін у період технічних перетворень. Відповідно до таких змін автомобільний дизайн зміниться на вільну та чуттєву форму з активацією електромобілів.

У випадку електромобілів, а не існуючого ринку автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння, вихід на ринок набагато простіше, і технічні

Томас Інгенлат, виконавчий директор Polstar, сказав, що Polstar 2 був "побудований відповідно до моделі Tesla 3". Volvo та китайська Geely інвестують у Polstar 755 мільйонів доларів. Volvo була придбана Geely у 2010 році. Polstar виробляє автомобілі на новому заводі в Ченду, Китай. Ця новина одразу стала важливим ключем до розуміння важливості дизайну в електромобілях.

Передбачається, що проектування електромобілів матиме аналогічний процес. У випадку Volkswagen golf у Німеччині найпростіше висловити, що існуючий автомобіль перетворюється на електромобіль (e-golf) в раму для гольфу.

Крім того, перетворення гібридних автомобілів на електромобілі також є новою частиною дизайну нового електромобіля, не завдаючи шкоди іміджу існуючого автомобіля з двигуном внутрішнього згоряння. Є приклади, коли представницька компанія перетворила іонний гібридний автомобіль Hyundai на

електромобіль, а також EQS Mercedes Benz і e-tron Audi, які йдуть пропорції існуючих автомобілів з двигунами внутрішнього згоряння. Його важко відрізнити від існуючих автомобілів.

Він також розроблений та розроблений виключно для електромобілів, щоб із самого початку перетворити та відрізнити від існуючих автомобілів з ДВЗ.

Інакше кажучи, у разі нового електромобіля, який є звичайним зображенням автомобіля, представницькою компанією є BMW і-3. BMW і-3 це серійний електромобіль з іншою мовою дизайну, ніж існуючий ДВЗ. Останніми роками

електромобілі Honda EV були представлені на Токійському автосалоні з двома

концепт-карами. І це трохи відрізняється від Tesla Motors у Сполучених Штатах, яка із самого початку виробляє електромобілі не традиційним способом.

Якщо Tesla, то це перший електромобіль, який буде застосований до британської Lotus Elan, невеликої автомобільної компанії з ручним управлінням,

яка виробляє скловолокно, а потім буде застосований до електромобілів з власним дизайном. Крім того, високопродуктивний електромобіль Faraday Future також готує електромобілі на ринку.

4.6. Аналіз майбутнього напрямку формування електромобілів

Найбільш швидко розвивається трансформації за збором стала Tesla серед усіх існуючих компаній на ринку.

Після інциденту з маніпуляцією викидами Volkswagen у Німеччині автомобільні компанії почали діяти всерйоз. Крім того, Китай, який, схоже, вже не має жодних шансів із двигунами внутрішнього згоряння, перебуває у центрі досліджень електромобілів на ранній стадії, тому темпи змін у електромобілях у майбутньому прискоряться.

Як видно з описаних раніше змін в промисловості камер, автомобілі з ДВЗ представлені звичайною конструкцією скляної коробки. Дизайн скляної коробки – це скляна коробка, тому функція інтер'єру видно, і функція може бути виведена лише із зовнішньої форми. Однак випадок електромобілів може бути

представлений дизайном чорної скриньки (Black box design 10). Дизайн чорної скриньки - це чорна скринька, яка не видно всередині, що ускладнює асоціацію функції з формою. Той факт, що такі внутрішні функції та зовнішні форми не

аналогічні тим, які зазнали цих змін, в основному обумовлений цифровим перетворенням продуктів. Конструкція скляної коробки являла собою

автомобіль, який був розроблений відповідно до тонких технічних змін у звичайному авто, а технологія використання електродвигуна в двигуні внутрішнього згоряння дозволила створити новий дизайн (дизайн чорної

скриньки), який повністю змінив раму. Іншими словами, "форма", що з'явилася в

дизайні продукту в минулому, слідує за функцією. Термін "форма" слідує за чуттєвістю. "форма слідує за інтуїцією". Це стало ситуацією, яку можна було б застосувати як Стефан Сагмейстер (1962 -). Графічний дизайнер Стефан

Сагмейстер (1962 -) Історія візуального дизайнера BEAUTY=FUNCTION стала

епохною, коли слово BEAUTY=FUNCTION широко використовувалося у дизайні.

Зміни в дизайні інтер'єру: дизайн від численних кнопок до сенсорних екранів стає досить простим. Пройшло вже багато часу відколи це явище з'явилося в електроніці. У разі сучасних автомобілів вони складаються із

змішаних функцій (аналогових та цифрових), але вони розуміються як перехідні

явища. Нинішні автомобілі з аналоговими кнопками та цифровими сенсорними екранами одночасно, ймовірно, поступово пройдуть перехідний період та будуть замінені повністю сенсорними екранами. У цьому випадку важливість UX та UI,

які нині займають важливе місце у смартфонах, буде ще більше підкреслена в автомобільному дизайні. Це вже було випробувано, коли мобільні телефони були перетворені на смартфони.

Навіть модернізація електромобілів працює як смартфон у випадку із Tesla Motors. Зовнішня форма електромобіля все більше спрощується, а дизайн інтер'єру автомобіля, як очікується, буде спрощений на вигляд. Це значно змінить дизайн

автомобіля. Він зміниться швидше та значно, ніж звичайні зміни. Так само, як швидкість змін у звичайних автомобілях з двигунами внутрішнього згоряння прискорилася, розвиток технологій автомобільної промисловості підвищив

формуваність автомобільних кузовів, що ще більше підвищило ступінь свободи автомобільного дизайну. Зі змінами у майбутній технології електромобілів вже почалася поява зовсім іншого типу мобільних засобів від інших автомобілів із двигунами внутрішнього згорання. Однак, коли ми бачимо, що високі технології також є продуктом потреб суспільства та навколишнього середовища, прогнози на майбутнє мають сенс, коли ми розглядаємо не лише розвиток технологій, а й зміни у суспільстві. Ця зміна буде все більш складним процесом для операторів готових автомобілів, таких як традиційні автомобілі з ДВЗ. У цьому випадку ринок електромобілів нагадуватиме ринок смартфонів.

Смартфони є надмалими високопродуктивними компютерами, а електромобілі слід розуміти як компютери з колесами. Електромобілі створять новий ринок для переміщення компютерів для організації людського життя. І це дослідження, нарешті, почалося як дослідження дизайну чистих електромобілів, за винятком автономних автомобілів, оснащених rider, але технологічний потік автономного водіння також може передбачити ще одну зміну тизніше.

Тому ми можемо ретельно і всебічно передбачити наступні зміни. Першим прогнозом був випадок проходження існуючого формату, переходу від існуючої аналогової камери до цифрової камери через технологічні зміни. Існуючі аналогові камери були закріплені у вигляді камер через їх функціональний положення через важливість плівки. Через це засвоєна форма користування багатьма людьми створила стереотип, який має нинішня камера. Звичайно, ми пробували різні морфологічні експерименти всередині, але форма камери великого стебла не змінилася. З того часу фільм перейшов у цифровий формат без потреби у різних форматах. Проте він продовжує форму існуючої аналогової камери. І ще один прогноз полягає в тому, що у випадку Білла Могріджа, засновника IDEO Design у США, перший у світі дизайн ноутбука ("Grid Computer", випущений у 1982 році) був розроблений з урахуванням ваги зовнішнього (епідермального) дизайну, але в невеликому РК-вікні, прикріпленому до ноутбука, всі зосередилися на важливості дизайну інтерфейсу, а пізніше IDEO design збільшив вагу дизайну програмного забезпечення (UX,

UD.) Оскільки зміна тонкого дизайну також є великою різницею, зміна зовнішнього дизайну кожної компанії мобільних телефонів, акцент на важливості (патентна боротьба Apple та Google представництво мобільних телефонів Samsung), але загальний споживач не відчув великої різниці.

BlackBerry на середній чотириядерній клавіатурі також з'явився як перехідний дизайнерський вираз і відтоді відійшов від споживчого вибору. Це, ймовірно, важливий приклад аналогічного явища до електромобілів.

23 лютого 2021 року компанією Hyundai Motor Group представила новий автомобіль Hyundai Motors Ioniq 5. Перша модель заснована на платформі електромобілів Hyundai Motor Group E-GMP. Це автомобіль, який викликав великий інтерес як амбітна робота Hyundai Motor Group, яка є повноцінним поступом в епоху електромобілів.

Презентація нового авто проходила онлайн, тому модель ще не була повністю продемонстрована світові. Дві з них виставлені в будівлі штаб-квартири Hyundai Motor Company в Яндже-Донгу, Сеул.

Однак автолюбители вже оцінили дизайн нового електромобіля. Сам кузов нагадує контури, але з більш різкими прямими лініями. Ioniq5 має загальну довжину 4,635 м. А колісна база (колісна база), яка відноситься до відстані між осями передніх та задніх коліс, становить 3,0 метра.

Електромобілі, як і раніше, потребують охолодження, і загальне управління тепловим режимом стає все більш важливим. Однак для цієї мети кількість повітря, яке необхідно ввести в автомобіль, варіюється, тому у випадку з Ioniq 5 у нижній частині переднього бампера був використаний інтелектуальний контролер повітряного потоку.

Дизайн передньої частини автомобіля нагадує людське обличчя. Якщо фари – це два очі, решітка радіатора була ключовим елементом у дизайні передньої частини, як ніс чи рот.

Кожен бренд вибирає, які зміни він зробить у цей фактор. В той час, як деякі Tesla мають передню конструкцію без великої решітки радіатора, є BMW, які збільшують розмір решітки радіатора.

ВИСНОВОК

НУБІП України

У цій магістерській роботі подано аналіз основних проблем літій-іонної акумуляторної батареї. Визначено основні проблеми деградації батареї.

НУБІП України

Сформовано модель, що визначає процес акумуляторної батареї для оптимізації конструкції комірки з метою підвищення щільності енергії. У ході проведення дослідження було визначено вплив змінних на щільність енергії та продуктивність осередку літій-іонної батареї.

НУБІП України

Щоб побудувати залежності, були взяті такі матеріали елементів: катод – шпинель оксиду марганцю, анод – графіт, а електролітом – гексафторфосфат літію в діетилкарбонат. За допомогою методу чисельної оптимізації на одному осередку було розроблено нову чисельну структуру, здатну забезпечити математично оптимальні конструкції осередку.

НУБІП України

Результати оптимізації показали, що збереження малого розміру частинок важливе для мінімізації довжини дифузійного шляху. У той самий час однорідність розмірів частинок також має вирішальне значення забезпечення високої кулонівської ємності. Удосконалений виробничий процес для мінімізації контактного опору на межах розділу струмознімач/електрод також відіграє ключову роль у мінімізації перенапруги, яка не може бути врахована в моделі осередку на основі транспорту.

НУБІП України

Результати дослідження наведені у вигляді графіків у програмі Matlab.

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Слободянюк М. Е. Розвиток теоретичних основ підвищення ефективності експлуатації засобів транспорту в складних виробничих системах: дис. ... д-р техн. наук: 05.22.20 / Держ. у-т інфрастр. та техн. Київ, 2020, 378 с.

2. Juściński, S. A survey on the structure of servicing activities carried out within the technical maintenance services of farm vehicles and machines. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*. 2012. Vol. 15(4). P.132-148.

3. Маулевич В. О. Визначення основних діагностичних параметрів робочого процесу транспортних дизелів в експлуатації: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 / Одес. нац. морс. ун-т. Одеса, 2020. 149 с.

4. Полянський О.С. Формування властивостей надійності автотракторних двигунів у гарантійний і післягарантійний періоди експлуатації: дис. ... докт. техн. наук: 05.22.20 / Харківський нац. авт.-дор. університет. Харків, 2014. 381с.

5. Repin, S., Evtulov, S., Rajczyk, J. Optimizing the service life of plant machinery and vehicles using information system for management of engineering status. *Architecture and Engineering*. 2016. Vol. 1(2) P. 53-57.

6. Daniyarovich, B. D. Creation and organization of a system of branded technical service for agricultural machines. *international journal of discourse on innovation, integration and education. International journal of discourse on innovation, integration and education. Karshi. Karshi branch of the Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers*. 2020. Vol. 1. №4. C. 120-124.

7. Rybacki, P. The research of the quality of agricultural machines technical service by servqual method. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. 2011 Vol. 56, №2. C. 122-143.

8. Osuch, A., Osuch, E., Rybacki, P., Przygodziński, P., Kozłowski, R., Przybylak, A. A decision support method for choosing an agricultural machinery service workshop based on fuzzy logic. *Agriculture*. 2020. Vol. 10(3). C. 76 – 84

9. Filipczyk, J., Madej, H. The application of on-board diagnostics systems for assessing the technical state of automotive vehicles. *Journal of KONES*. 2010. Vol.

17, P. 99-104.

10. Dalla Vedova, M. D., Berri, P. C. Optimization techniques for prognostics of on-board electromechanical servomechanisms affected by progressive faults. International Review of Aerospace Engineering (I. RE. AS. E). India. Indian Institute of Technology Kanpur. 2019. Vol. 12(4). P 160-170

11. Voronov, V. S., Rouban, A. I. Identification of models using analog sensitivity functions. In Journal of Physics: Conference Series. 2020. Vol. 1679. No. 3. P. 032-045

12. Цимбал, С. В., Біліченко, В. В., Крещенецький, В. Л., Мальченко, В. Ю. Вдосконалення методики формування потужності зони поточного ремонту автомобілів. Наукові нотатки. 2018. Вип. 62. С. 44-47.

13. Дубінін, Є. О., Клець, Д. М., Холодов, А. П., Слинченко, І. В. Мобільний реєстраційно-вимірювальний комплекс для оцінювання та підвищення експлуатаційних властивостей колісних машин. Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету. Вип. 2(88). 2020. С. 56-60

14. Ermakova, O. V., Kaloshina, M. N., Dianova, E. V. Management of innovative projects over the life cycle of distributed aviation systems. Russian Engineering Research. 2019. Vol. 39(5), P. 439-442.

15. Filipczyk, J., Madej, H. The application of on-board diagnostics systems for assessing the technical state of automotive vehicles. Journal of KONES. 2010. Vol. 17, P. 99-104.

16. Салмин В.В. Обоснование эвристического метода оценки элементов системы ВАДС. Транспорт Урала. 2011. №4. С. 12-16.

17. Dalla Vedova, M. D., Berri, P. C. Optimization techniques for prognostics of on-board electromechanical servomechanisms affected by progressive faults. International Review of Aerospace Engineering (I. RE. AS. E). India. Indian Institute of Technology Kanpur. 2019. Vol. 12(4). P 160-170

18. Voronov, V. S., Rouban, A. I. Identification of models using analog sensitivity functions. In Journal of Physics: Conference Series. 2020. Vol. 1679. No.

3. P. 032-045

19. Аудін В.В., Гриньків А.В. Прогнозування технічного стану систем і агрегатів засобів транспорту на основі класифікації діагностичних часових рядів з пам'яттю. Матеріали XI Міжнар. наук.-практ. конф. Проблеми конструювання, виробн. та експлуатації сільськогосп. техніки. Кропивницький: ЦНТУ. 2017. С.153-154.

20. Dombi, J., Jónás, T., Toth, Z. E. Fuzzy time series models using pliant and asymptotically pliant arithmetic-based inference. *Neural Processing Letters*. 2020. Vol. 52(1). P. 21-55.

21. Wulff, S. S. Time series analysis: Forecasting and control. *Journal of Quality Technology*. 2017. Vol. 49(4). P. 418-426

22. Gritsenko, A., Shepelev, V., Zadorozhnaya, E., Shubenkova, K. Test diagnostics of engine systems in passenger cars. *FME Transactions*. 2020. Vol. 48(1). P. 46-52.

23. Селін Ю.М. Прогнозування часових рядів різного типу з урахуванням взаємного впливу. Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми вычислительного интеллекта: тезиси докладов. Херсон: ХНТУ. 2014. С. 170-172.

24. Nikitin, N., Kizim, A., Matokhina, A. Multi-agent system for monitoring, diagnosis and forecasting the technical system condition with the car as an example. III International scientific conference "Information technologies in science, management, social sphere and medicine (ITSMSSM 2016)". Tomsk. Tomsk Polytechnic University. 2016. P. 166-171

25. Diebold F., Mariano R. Comparing predictive accuracy. *Journal of Business and Economic Statistics*. 2002. № 15. P. 253-263 59. Zorin, V. Assessment of products risks of mechanical engineering by results of diagnosing. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences (PEN)*. 2019. Вып. 7(1). С. 287-293.

26. Yemelyanov, V., Chernyi, S., Yemelyanova, N., Varadarajan, V. Application of neural networks to forecast changes in the technical condition of critical production facilities. *Computers Electrical Engineering*. 2021. Vol. 93. С. 107-125

27. Poddubnaya, A. A., Keller, A. V. 1. "Forecast" adaptive forecast diagnostic intelligent system for vehicles. International Conference on Robotics and Mechantronics (ICRoM 2017). Hong Kong Polytechnic University, December 12-14, 2017. 2020. Vol. 819. No. 1. p. 012008

28. Gabitov, I., Insafuddinov, S., Ivanov, Y., Yunusbaev, N., Abdrazakov, F., Farhutdinov, F. Examination of the system of continuous diagnosis and forecasting of mechanical condition of tractors and other farm machinery. Journal of Applied Engineering Science. 2020. Vol. 18(1). С. 70-80.

29. Zhengxiang Y. Transport volume forecast based on GRNN network. Future Computer and Communication (ICFCC). 2010 2nd International Conference. 21-24 May 2010. Wuhan, China. 2010. Т. 3. С. 629-632.

30. Makarova, I., Mukhametdinov, E., Mavrin, V., Shubenkova, K., Garipov, R. Improvement of the vehicle's onboard diagnostic system by using the vibro-diagnostics method. In 2018 International Conference on Diagnostics in Electrical Engineering (Diagnostika). 4-7 Sept. 2018. Pilsen, Czech Republic. P. 1-4.

31. Лебедєв, А. Т., Артёмов, М. П., Шуляк, М. Л., Лебедєва, І. А. Забезпечення стійкості і керованості сільськогосподарських агрегатів із змінною масою. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія Технічні науки. 2015. Вип. 1, №1. С. 57-61.

32. Gubanov, N., Miheev, Y., Morev, A., Odintsov, V., Akhtyamov, R. Architecture of a system for diagnosing and predicting the technical condition of a robotic vehicle. In 2019 XXI International Conference Complex Systems: Control and Modeling Problems (CSCMP). 3-6 September 2019. Samara, Russia, 2019. pp. 671-674.

33. Bolshakova, A. V., Boronachin, A. M., Larionov, D. Y., Podgornaya, L. N., Shalymov, R. V. Embedded multiphysical track diagnostic systems for intelligent transport. In 2019 International Conference "Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies" (ITOMIS). 23-27 Sept. 2019. Sochi, Russia. P. 171-175.

34. Матейчик, В. П., Цюман, М. П. Формування структури

інтелектуальної системи моніторингу показників екологічної безпеки транспортних засобів на окремих етапах життєвого циклу. Вісник Національного транспортного університету. 2015. Вип. 2. С. 193-200.

35. Сахно, В. П., Свостін-Косяк, Д. О. Форми організації моніторингу технічного стану транспортних засобів. Вісник Національного транспортного університету. науково-техн. зб. Серія "Технічні науки". 2017. С. 373-380.

36. Гринченко, О. С., Алфєров, О. І., Гринченко, А. С., Алфєров, А. М. Прогнозування показників механічної надійності за результатами прискорених випробувань. Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. 2013. Вип. 133. С. 155-161

37. Сорокін С. П., Козаченко О. В., Шкрегаль О. М., Каденко В. С., Блезнюк О. В., Зозуля Д. Обґрунтування параметрів пневмотестера для контролю технічного стану циліндро-поршневої групи двигуна. Науковий журнал "Технічний сервіс агропромислового лісового та транспортного комплексів". 2019. № 15. С. 49-59

38. Dobromirov, V., Verkhorubov, V., Chernyaev, I. Systematizing the factors that determine ways of developing the vehicle maintenance system and providing vehicle safety. Transportation research procedia. 2018. Vol. 36. P. 114- 121.

39. Vojtov, V., Berezchnaja, N., Kravcov, A., Volkova, T. Evaluation of the reliability of transport service of logistics Chains. International Journal of Engineering Technology. Vol. 7(4). С. 270-274

40. Saraiev, O., Saraieva, I., Gritsuk, I., Volkov, V., Litikova, O., Belousov, E., Savchuk, V., Samarin, O., Ahieiev, M., Volodarets, M., Vrublevskiy, R., Kurnosenko, D., Automated diagnostic system for engine cylinder-piston group. SAE Technical Paper 2020-01-2022. 2020.

41. Yang, L., Ye, Z. S., Lee, C. G., Yang, S. F., Peng, R. A two-phase preventive maintenance policy considering imperfect repair and postponed replacement. European Journal of Operational Research. 2019. Vol. 274(3). P. 966-977.

42. Nosochi, I., Hejazi, S. R. A multi-objective approach to simultaneous determination of spare part numbers and preventive replacement times. Applied

Mathematical Modelling, 2011, Vol. 35, № 3, P. 1157-1166.

43. Білченко В.В. Передумови обґрунтування стратегічного розвитку виробничих систем автомобільного транспорту в Україні. Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. 2014. № 2. С. 33-43

44. Аулін В.В., Гриньків А.В. Проблеми підвищення експлуатаційної надійності та можливості удосконалення стратегії технічного обслуговування мобільної сільськогосподарської техніки. Збірник наукових праць КНТУ: Техніка в сільського господарства. виробництві, галузеве машинобудування. 2015. №28. С. 126-131

45. Полянський А.С., Строков А.П., Кальченко Б.И. Оценка, нормирование и обеспечение надежности автотранспортных двигателей. Вісник ХНАДУ. 2005. С. 86-95

Tulenov, A., Pernebekov, S., Dzhunusbekov, A., Tortbayeva, D., Manzhula, K. Main models of optimizing indicators of reliability of motor vehicles. In industrial technologies and engineering. ICITE-2018. P. 216-219.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України