

ЛЕКЦІЯ № 23. ГІБРИДНІ ТА ЕЛЕКТРИЧНІ АВТОМОБІЛІ

План лекції. Типи гібридних приводів. Газотурбінний гібрид. Визначення автомобіля з електричним приводом. Батареї електромобіля. Приводні мотори. Мотори змінного струму. Асинхронний мотор. Синхронний мотор з постійним збудженням. Електронно-керовані мотори. Система електромобіля на батареї натрій-сірка. Індуктивна система заряду батарей. Майбутнє електромобілів.

Тиск суспільства, спрямований на створення транспортних засобів, що не використовують викопне паливо, постійно збільшується. Дійсно, останні законодавчі акти встановили необхідність виробництва транспортних засобів з нульовою емісією викидів (zero emission vehicle - ZEV). Розвиток концепції електричного автомобіля усе ще перебуває в стані пошуку, але деякі з основних автовиробників уже сьогодні мають у наявності конструкції електричних автомобілів для продажу широкій публіці.

Ще в 1990 р. компанія General Motors оголосила, що її електромобіль (electric vehicle - EV) Impact може прискорюватися до 100 км/год усього за 8 с, має максимальну швидкість 160 км/год (100 миль/год) і пробіг 240 км між заправленнями. Експлуатаційні витрати були вдвічі більше, чим в еквівалентного по характеристиках автомобіля на викопному паливі, але ці витрати поступово знижувалися.

Автомобіль мав шини, що знижують опір абсолютно нової конструкції й гальма, які при включенні діяли як генератори (регенеративне гальмування). Автомобіль забезпечувався енергією від 397-кілограмового набору вдосконалених свинцево-кислотних батарей із гелієвим електролітом (32 штуки по 10 В), і мав два невеликі електричні мотори змінного струму для привода передніх коліс. Час перезарядження становив близько 2 годин, але він міг бути скорочений до години у випадку крайньої необхідності. Це було дуже вражаюче, але на цьому розвиток не зупинився.

Дана тема є лише введенням у технологію, яка однозначно стане коли-небудь провідною в індустрії автомобільного моторобудування.

Поняття про автомобіль із електричним приводом.

На рис. 15.1 показана загальна блок-схема електричного автомобіля. Зазначимо, що батареї для живлення двигуна часто мають напругу кілька сотень вольт, тоді як для системи «нормального» освітлення та інших систем все ще потрібне джерело з більш низьким живленням 12/24 В. Деякі з показаних компонентів є необов'язковими.



Рисунок 15.1 - Загальна блок-схема електричного автомобіля

Батареї електромобіля.

При конструюванні електричного автомобіля можливий вибір з безлічі варіантів, але, ризикуючи надмірно спростити суть проблеми, скажемо, що найважливішим вибором є тип батареї. На даний час головна перевага свинцево-кислотних батарей - це досконала технологія їх виготовлення, використовувана в автомобільній промисловості. Недоліком таких батарей є їх порівняно низька номінальна потужність.

Натрій-сірчана батарея є гарним конкурентом, але вона має набагато більшу вартість і вимагає застосування нових технологій, щоб упоратися з іншими експлуатаційними режимами типу високих температур. Істотні розробки ведуться у відношенні батарей на основі літію. Проте на сьогодні більшість батарей у широкій експлуатації - це батареї свинцево-кислотні або на основі нікелю.

Привідні мотори.

Існує вибір між декількома варіантами приводного мотора. Основний вибір - між моторами змінного й постійного струму. Електромотор змінного струму надає масу переваг з погляду керування, але вимагає застосування інвертора для перетворення постійного струму батарей.

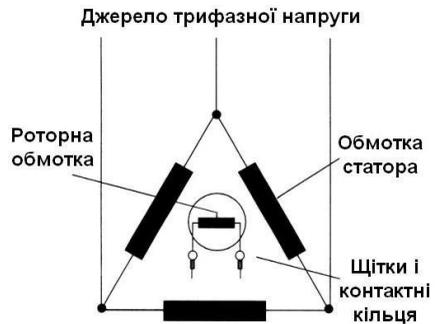
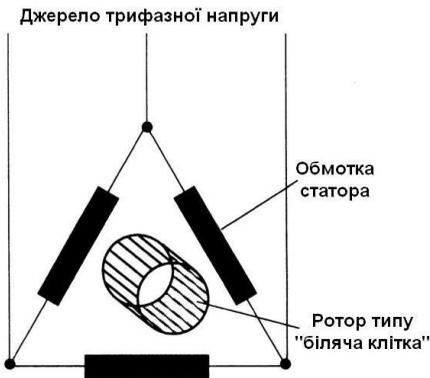
Електромотор постійного струму номінальною потужністю 50 кВт із шунтуючою обмоткою збудження - це розповсюджений вибір для малих транспортних засобів, але мотори змінного струму, імо-

вірно, незабаром стануть найбільш популярними. Приводні мотори можуть бути класифіковані як мотори змінного або постійного струму, але важко описати відмінності між мотором змінного струму й безщітковим мотором постійного струму.

Мотори змінного струму. Загалом кажучи, усі мотори змінного струму влаштовані по однаковому принципу. Трифазна обмотка розподіляється по контуру статора з ламінованого заліза й утворює обертове магнітне поле, за яким обертається ротор.

Асинхронний мотор зазвичай використовується з ротором типу «біляча клітка», складений з безлічі пар полюсів. Трифазний статор мотора може мати обмотку «трикутник» або «зірка» (рис. 15.2). Обертове магнітне поле в статорі викликає ЕРС у роторі, який являє собою замкнений ланцюг, у такий спосіб в ланцюгу ротора індукується електричний струм.

Цей струм створює магнітне поле, яке взаємодіє з первісним полем статора, що призводить до обертання ротора. Ступінь проковзування (відмінність у швидкості ротора й поля) - приблизно 5 %, коли мотор працює в оптимальному режимі.



Синхронний мотор з постійним збудженням.

Цей мотор має роторну обмотку, називану індуктором, яка являє собою котушку, що намагнічується джерелом постійного струму через

два контактні кільця. Магнітне поле «чіпляється» до магнітного поля що обертається і створює постійний крутний момент. Якщо швидкість обертання менше, ніж ротора, виникають коливання крутного моменту, і через мотор може почати текти сильний струм. Цей мотор потребує спеціальних заходів для первісного запуску. Його перевага, однак, полягає в тому, що він працює як ідеальний генератор (на нього дуже схожий звичайний генератор змінного струму автомобіля). Схема синхронного мотора наведена на рис. 15.3.

Електронно-керовані мотори. Мотори, керовані за допомогою електроніки (electronically controlled - ЕС), займають місце між мотором змінного струму й мотором постійного струму (рис. 15.4).

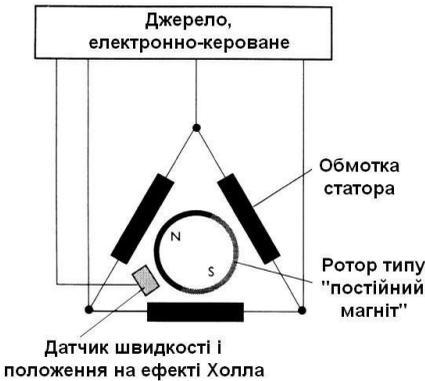


Рисунок 15.4 - ЕС-мотор посередині між моторами змінного і постійного струму

Принцип дії такого мотора подібний принципу дії синхронного мотора, описаного вище, крім ротора, який містить постійні магніти й, отже, не має ніяких контактних кілець. Його іноді називають безщітковим мотором. Ротор керує датчиком, який забезпечує зворотний зв'язок із засобами керування з потужними електронними компонентами.

Ця система керування створює обертове поле, частота якого визначає швидкість мотора. Коли мотор використовується як приводний двигун, необхідна коробка передач, щоб гарантувати що

підтримується достатня швидкість мотора, обумовлена специфічними особливостями його обертаючого моменту. Деякі «фахівці» вважають, що якщо мотор живиться напругою прямокутної хвилі, це - мотор постійного струму, а якщо живиться напругою синусоїдальної хвилі - змінного струму. Але це створює «проблему» для опису моторів, що живляться трапецієподібними сигналами!

Мотор постійного струму - послідовна обмотка.

Мотор постійного струму - добре перевірений пристрій, який використовувався багато років на електричних транспортних засобах, типу заводських електрокарів і виловних навантажувачів. Його голов-

ний недолік полягає в тому, що через щітки й комутатор повинен протікати сильний струм. Мотор постійного струму із послідовним збудженням характеризується високим обертаючим моментом при низьких швидкостях. На рис. 15.5 показано, як можна управляти мотором із послідовною обмоткою використовуючи тиристор, і також забезпечити просте регенеративне гальмування.

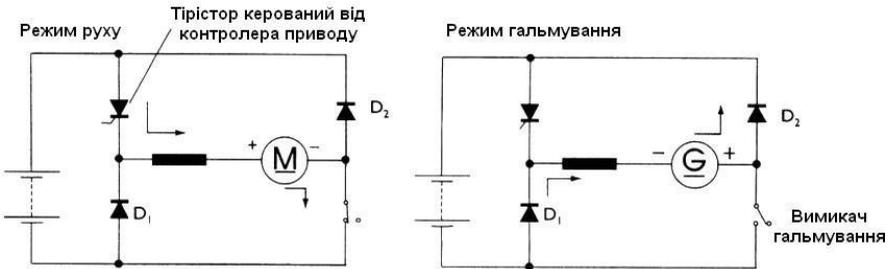


Рисунок 15.5 - Мотором з послідовною обмоткою можна управляти, використовуючи тиристор, цей мотор може також забезпечити просте регенеративне гальмування

Двигун постійного струму - шунтувальна обмотка з паралельним збудженням. Щоб змінити швидкість даного мотора, його полями можна керувати або додаючи опір, або використовуючи переривчастий режим живлення. Крутний момент під час запуску може стати проблемою, але проблему можна подолати вибором підходящого контролера. Цей мотор також підходить для регенеративного гальмування при збільшенні у відповідний момент сили магнітного поля. Деякі системи привода EV міняють тільки силу поля для нормального руху, і це може бути проблемою внаслідок великого струму при повільних швидкостях руху.

Майбутнє електромобілів.

Концепція електричного автомобіля не нова, тому що істотна частина технології батареї була розвинена ще наприкінці 19-го століття, і чимало таких автомобілів було виготовлено вже до 1900 р. Хоча деякі моделі й досягали досить високих швидкостей, відповідно тому часу, електричний автомобіль був взагалі-то повільним і дорогим в експлуатації. Дальність його поїздок була також обмежена залежністю від можливості перезарядження батарей. Багато із цих проблем були переборені, але не всі. Вартість все ще залишається проблемою, але

«вартість» - це поняття відносно, і якщо поміркувати над наслідками забруднення середовища, то «вартість», можливо, і не здасться настільки високою.

Хоча сьгоднішні досягнення в технологіях батарей і збільшили дальність поїздок електромобілів, максимальна швидкість круїзу обмежена, так само як і безліч приналежностей, які можуть бути встановлені на автомобіль. З іншого боку, електричний автомобіль, як очікують, буде механічно більш надійним і довговічним, ніж його еквівалент, що працює на викопному паливі.

Гібридні транспортні засоби.

Концепція транспортного засобу з комбінованим джерелом енергії досить очевидна і також не нова. Двигуни внутрішнього згоряння (internal combustion - IC) створюють небезпечну емісію й мають низьку ефективність при частковому навантаженні. Електромобілі не роблять «ніякої» емісії, але мають обмежену дальність дії.

Рішення полягає в тому, щоб об'єднати кращі властивості обох типів і мінімізувати гірші. У такому об'єднанні - принцип системи гібридного двигуна.

Один з варіантів експлуатації таких транспортних засобів полягає в тому, щоб масово використовувати електропривод в режимі повільного руху в місті й використовувати двигуни внутрішнього згоряння на відкритій дорозі. Це могло б стати самим підходящим способом для того, щоб зменшити забруднення в містах. Досить продумані системи керуванні фактично дозволяють реалізувати ще кращий варіант, а саме, щоб за певних умов і електромотор, і двигун могли застосовуватися одночасно.

Типи гібридних приводів.

На рис. 15.6 показані можливі варіанти гібридного привода. Можна також використовувати різні типи двигуна внутрішнього згоряння, наприклад, бензиновий, дизельний або навіть газотурбінний.

Розташування двигунів може бути як послідовне, так і паралельне. Є підстава вважати, що паралельне розташування буде більш популярне через його більшу гнучкість. Однак послідовна система дозволяє двигуну на викопному паливі працювати на постійній швидкості обертаючи електрогенератор. Це робить використання двигуна внутрішнього згоряння значно ефективним.

Але процес подвійного перетворення енергії (механічної в електричну, потім знову в механічну) менш ефективний, ніж прямий при-

вод трансмісії транспортного засобу. Інша перевага послідовного з'єднання різнотипних двигунів полягає в тому, що трансмісія (коробка передач) не є істотною проблемою в цьому випадку.

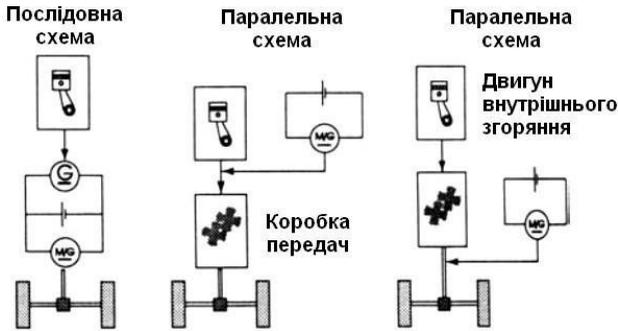


Рисунок 15.6 - Варіанти гібридного привода

Гібрид, або транспортний засіб з комбінованим джерелом енергії» ймовірно, стане більш популярним. Здається, що такий автомобіль є ідеальним і очевидним компромісом, поки здійснюється подальший розвиток технології електропривода й батарей. У майбутньому може стати можливим створення двигуна на викопному паливі, який при роботі на постійній потужності буде мати якщо не нульовий рівень викидів, те досить близький до нуля.

Тоді при об'єднанні такого двигуна з дуже ефективною системою електродвигуна й акумуляторної батареї, може бути створений і прийнятний до загального використання - ZEV (zero emission vehicle), тобто, транспортний засіб з нульовою емісією.

Сьогодні загально визнане, що ніякої чудо-батарей не з'явиться, принаймні, у недалекому майбутньому. Щільність енергії викопного палива на порядок перевищує щільність енергії для будь-якого типу батареї. Ця обставина вселяє ще більшу віру в гібридний проект. І цю думку підтримують керівники провідних японських автовиробників.

Розвиток конструкцій електромобілів недалекого минулого.

General Motors - електромобіль EV-1 (версія 1999 р.).

Компанія General Motors, можливо, відкрила для автомобільної промисловості еру розробок масових електричних транспортних засобів з 1960-х рр., і зробила серйозний внесок у розмірі майже п'ятисот мільйонів доларів у програму розробок своїх моделей Impact і Preview.

Як прямиий наслідок цих ініціатив, на світло з'явився автомобіль EV-1 (рис 15.7) - перший у світі електромобіль, спеціально сконструйований для промислового виробництва; компанія General Motors стала також першою, яка стала його продавати в США в 1996 р.

EV-1 було елегантне двомісне купе, мало коефіцієнт лобового опору всього 0,19, спеціальну конструкцію шасі з алюмінію (на 40 % легшу, ніж сталеве) і панелі кузова з композитних матеріалів. Швидкість автомобіля регулювалася за допомогою електроніки.

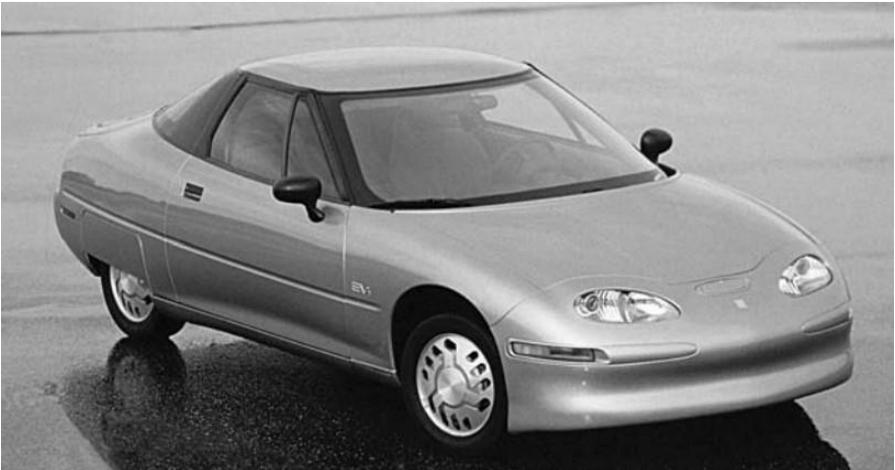


Рисунок 15.7 - Електромобіль General Motors EV-1

При вазі всього 1 350 кг автомобіль розвивав максимальну швидкість до 128 км/год (80 миль/год) - хоча прототип EV-1 тоді фактично втримував світовий рекорд швидкості по землі для електричних транспортних засобів в 293 км/год (183 миль/год). EV-1 міг досягти швидкості 96 км/год (60 миль/год) зі стану спокою менше ніж за 9 с. На той час це було просто вражаюче!

Ключ до успіху EV-1 криється в його електричній силовій установці, яка була побудована на трифазному індукційному моторі змінного струму потужністю 103 кВт (137 к.с), з інтегральною одношвидкісною передачею з подвійною редукцією на ведучі передні колеса. Мотор не вимагав ніякого звичайного обслуговування при пробігу більше ніж 160 000 км (100 000 миль). Це був ще один досить непоганий показник, і привід для покупки цієї машини.

Пакет батарей використовував 26 свинцево-кислотних необслуговуваних батарей на 12 В, забезпечуючи повну напругу 312 В і дальність поїздки 112 км (70 миль) на цикл зарядки в міських умовах і 144 км (90 миль) на вільній дорозі.

Однак протягом 1998 р. були поетапно введені у виробництво нові нікель-метал-гідридні батареї (NiMH), що дозволило майже подвоїти дальність електромобіля, довівши її до 224 км (140 миль) у місті й 252 км (160 миль) на шосе. Інноваційна регенеративна гальмова система допомагала збільшити цю дальність ще більшою мірою, завдяки перетворенню енергії, одержуваної при гальмуванні, назад в електрику, щоб частково перезарядити пакет батарей.

Повне перезарядження могло бути безпечно виконане при будь-яких погодних умовах і займало 3-4 години при використанні стандартних зарядних пристроїв на 220 В або 15 годин при використанні боєтових зарядних пристроїв на 110 В. Низька вартість електрики в побутових умовах означає, що експлуатаційні витрати відносно невеликі у зрівнянні з автомобілями на звичайному вичопному паливі.

Регенеративне гальмування досягається при використанні змішаної комбінації передніх гідравлічних дискових гальм і задніх електрично керованих гальмових барабанів і електричного тягового двигуна. Під час гальмування електричний двигун виробляє регенеративну електрику, яка потім використовується, щоб частково перезаряджати пакет батарей.

EV-1 надходив у продаж із системами керування зчепленням, автоматичного регулювання швидкості й антиблокування гальм. Автомобіль був постачений подвійними повітряними подушками, електричними склопідійомниками, АМ/FM приймачем із програвачем CD/касет (так, були й такі пристрої), системою контролю тиску шин і численним іншими пристосуваннями.

Nissan-Altra.

Компанія Nissan підтвердила вартість свого електромобіля Altra після успіху початкових випробувань у США протягом 1998 р. Altra - машина з кузовом «універсал», була створена для американського ринку, а електромобільна версія була першою моделлю з нульовою емісією від компанії Nissan, призначеної до пропажі поза Японією.

Altra мала охолоджуваний водою синхронний електричний мотор з постійними магнітами, в якому вперше був використаний дуже ефективний сплав «неодім-залізо-бор» (Nd-Fe-B). Сплав був знайде-

ний випадково, коли було неправильно зрозуміло замовлення на матеріали! В автомобілі використовувався електродвигун компанії Hitachi - один із самих потужних у світі, що розвивав потужність 62 кВт (84 к.с.) і крутний момент 159 Нм з максимальною швидкістю обертання ротора 13 000 об/хв. Середня швидкість мотора 8 000-9 000 об/хв, і відношення потужності до ваги 39-кілограмового двигуна 1,6 кВт/кг на той час було одним із кращих для електромобілів.



Рисунок 15.8 - Електромобіль Altra EV

Енергію забезпечував пакет літій-іонних батарей, розроблений компанією Sony Corporation. Пакет видавав номінальну вихідну напругу 345 В від 12 модулів по 8 елементів, причому кожний виробляв живлення 36 В при повній зарядці і 20 В, коли елемент був розряджений. Вага бруто пакета батарей становила 350 кг і він мав щільність енергії 90 (Вт/ч)/кг у діапазоні нормальних температур.

Термін служби акумулятора становив 1200 циклів (до зниження ККД на 5 %), але компанія Nissan заявила, що батареї без істотних втрат витримають більше 2 000 циклів. Пакет батарей був змонтований в алюмінієвому піддоні з подвійними стінками, пригвинченому до центру платформи між передніми й задніми осями коліс, нижче рівня підлоги; а для його охолодження використовувалася спеціальна система вентиляції.

Це все до того, що в широко розрекламованій Tesla нема нічого інноваційного, ну мабуть крім стилю піару; до речі який всі так вдало копіюють у Стіва Джобса. Бо начебто качина ходьба по сцені з мікрофоном у руці, і потужна праця пикою (кривляння), в момент виголошення таких же безглузких промов, здатні чудодійним чином збільшити продажі цього електромотлоху...

Векторний контролер, був розроблений компанією Nissan, і характеризувався наявністю двох повністю ідентичних центральних процесорів. Контролер охолоджувався водою й мав діапазон вхідної напруги 216-400 В. У контролері збиралися дані щодо ступеня зарядженості батарей, стратегії водіння, історії руху, використання допоміжних систем і роботи системи регенеративного гальмування, щоб робити точні прогнози дальності пробігу. Контролер також управляв системою охолодження батареї, забезпечував комунікацію між джерелом електроживлення й контролером литієво-іонних елементів і визначав стратегію зарядки засновану на зібраних даних.

Батареї заряджалися за допомогою індуктивного зв'язку із зовнішнім індуктивним зарядним пристроєм, який являв собою плоску пластину, що вставлялася в порт зарядки в передній частині автомобіля. Швидка зарядка займала п'ять годин й забезпечувала дальність поїздки 193 км, хоча на зайнятих дорогах реально було проїхати 135 км.

Altra мала гідравлічний підсилювач кермового приводу із електричним, а не механічним гідравлічним насосом, який працював тільки тоді, коли було потрібно збільшити зусилля. Стандартна свинцево-кислотна батарея 12 В, яка заряджалася через охолоджуваний водою перетворювач постійного струму від головної батареї, забезпечувала енергією допоміжні системи. Обігрів, вентиляція й кондиціонування повітря споживали 50 % енергії звичайної системи в режимі кондиціонування й 66 % при обігріві салону. Для обох систем використовувався холодоагент R134a; як і у випадку з гідропідсилювачем керма, електричний насос, що створював підвищений тиск, включався тільки по команді.

Регенеративна гальмівна система працювала у двох режимах:

- перший режим - запуск, коли водій натискає на педаль гальма, система забезпечує «почуття гальмування, схоже на те, що є у звичайному автомобілі»;
- другий режим - набагато більш важливий, він використовується, коли водій застосовує помірне зусилля гальмування.

Сама гальмова система має вигляд стандартної ABS із чотирма каналами.

Особливі вимоги до ваги не позначилися на пасивній і активній безпеці автомобіля в порівнянні зі стандартними транспортними засобами: в наявності були стандартні передні повітряні подушки, підсилювачі твердості дверей, передній і задній бампери ударного впливу до 8 км/год (5 миль/год).

Приладова панель - цифрового типу з великим тахометром. Сім ламп попередження давали водієві сигнал тривоги про 50 потенційно небезпечних ситуацій із системами батарей або електродвигуна. Якщо виникали критичні моменти, системи могли автоматично відключатися, щоб уникнути ушкодження.

Nelco - гібридний двигун.

Ідея гібридного двигуна отримала цікавий розвиток у компанії Nelco. Система Nelco використовує електропривод, який потенційно може використовуватися на автомобілях разом із двигуном внутрішнього згорання. Заявлені характеристики системи еквівалентні звичайному автомобілю із приводом на передні колеса, але з витратою палива в розмірі тільки двох третин від звичайного, й скороченою на дві третини шкідливою емісією. На рис. 15.9 показано паралельне розташування двигуна й мотора, використовуване для цієї системи.

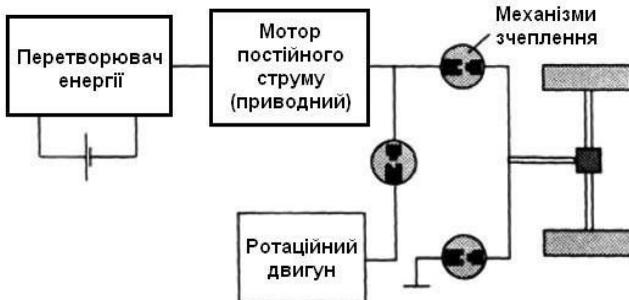


Рисунок 15.9 - Паралельне розташування двигунів використовуване для системи Nelco

Творці сподівалися, що транспортний засіб з таким двигуном би мав дальність 800 км (500 миль) і максимальну швидкість 160 км/год (100 миль/год). Основні використовувані компоненти: свинцево-кислотна батарея, що витримує глибоку розрядку, безщітковий

електромотор постійного струму з постійними магнітами й роторний двигун Norton.

Спеціальна батарея використовує конструкцію пластин зі свинцево-олов'яної фольги, яка була розвинена для авіаційної промисловості. Конструкція дозволяє реалізувати глибоку циклічність зарядки-розрядки й довгий термін служби, тому що високий внутрішній тиск запобігає втраті активного матеріалу під час потужної розрядки. Тести показали, що 18 батарей номіналом в 30 А/год і 12 В можуть забезпечити потужність 50 кВт протягом 5 хвилин.

Хоукер Сідлі (Hawker Siddeley) розробив плоскі грати елементів, які можуть бути поміщені під пасажирським купе автомобіля. Пакет має розміри 120x120x4 см, важить 170 кг і забезпечує енергію близько 7,5 кВт/год. Батарея може витримати 1100 циклів розряду до 80% глибини розряду (depth of discharge - DOD) і 11 000 циклів 20 % DOD.

Ці параметри і складають тривалість життя самого електромобіля як транспортного засобу. Причина такого довголіття - система термального керування батареєю, яка підтримує свинцево-кислотні елементи при постійній температурі в межах 30-40°C, що є найефективнішою робочою температурою.

Роторні двигуни Norton набули популярність завдяки виграшам головних призів у світових мотоперегонах. Цей двигун має швидкий прогрів і початковий обертальний момент тільки 8 Нм. Використовуються два електричні каталітичні конвертери з попереднім підігрівом. Система інжекції подає у двигун бідні суміші при високих навантаженнях. Рухова установка забезпечує постійні вихідні характеристики за допомогою електричного мотора, що додає відсутню потужність під час зміни навантаження.

На рис. 15.10 показаний поперечний розріз безщіткового електромотора постійного струму з постійними магнітами. Фактично використовуваний мотор важить 45 кг і охолоджується рідиною; в якості холодоагенту використовується масло, щоб запобігти утворенню льоду. Мотором керують складні по конструкції інвертор і схема регулювання. Напруга джерела живлення (батареї) 216 В перетворюється в постійну стабілізовану напругу 300 В для живлення мотора. Живлення на мотор подається за допомогою трифазного розподільника потужності із трапецієподібною або квадратною формою хвилі, фази живлення можуть бути змінені, щоб здійснювати гальмування або прискорення.

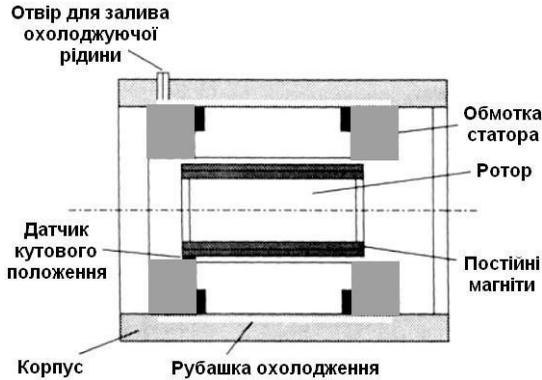


Рисунок 15.10 - Безщітковий мотор постійного струму з постійними магнітами

Положення педалі акселератора задає вхідний сигнал до модуля контролю, а датчик положення ротора на основі ефекту Холла забезпечує сигнал зворотного зв'язку. Зворотний зв'язок по положенню ротора повинен гарантувати правильний порядок фаз збудження мотора. Увесь блок енергопостачання важить близько 100 кг, у порівнянні з 200 КГ для звичайної системи. Батареї, однак, додають ще 130 кг по-верх норми, але дозволяють зробити 48-кілометровий (30-мильний) пробіг, не використовуючи паливний двигун.

Система електромобіля на батареї натрій-сірка.

Компонування електромобіля залежить від типу батареї й електродвигуна. На рис. 15.11 представлена система, що використовує батареї натрій-сірка (NaS) і мотор постійного струму із шунтуючою обмоткою збудження й звичайними щітками.

Зміна струму збудження й/або струму якоря дозволяє змінювати швидкість і обертаючий момент у моторах цього типу. Можливі характеристики при запуску таких моторів показані на рис. 15.12. Транспортний засіб починає прискорюватися в нульовий момент часу. На ранніх стадіях прискорення збудження підтримується сталим, а струм якоря обмежується, щоб відповідати межі споживання.

У міру збільшення швидкості обертання струм поля збудження зменшується, відповідно зменшується основне магнітне поле й зворотна ЕРС якоря. Струм якоря може бути збільшений, що дозволить підняти швидкість обертання. Мотори такого типу, ймовірно, будуть

охлаждаться повітрям. Однак деякі системи використовують рідкий холодоагент. З метою максимальної ефективності всієї системи використовується регульована регенеративна гальмова система, яка дозволяє батареям перезаряджатися під час гальмування.

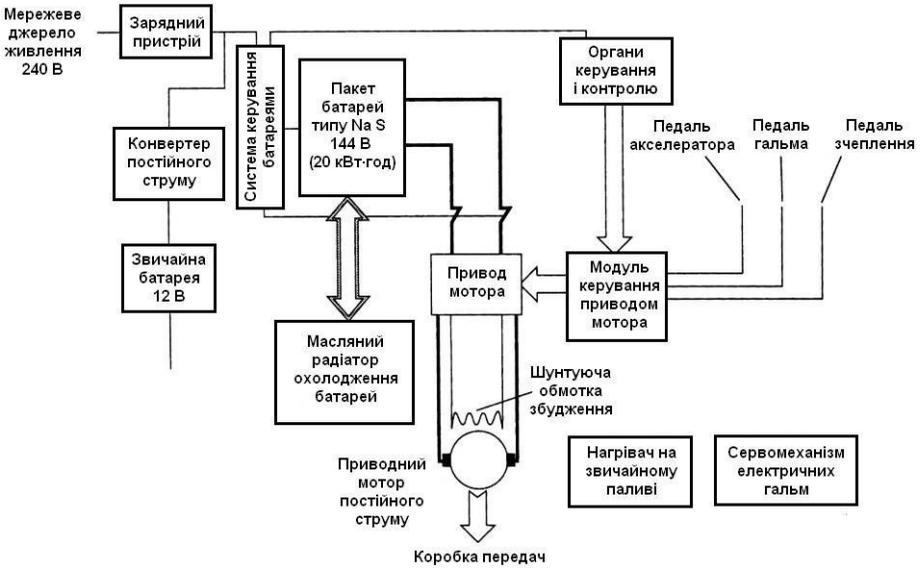


Рисунок 15.11 - Можливе типове компонування для системи, що використовує батареї натрій-сірка і мотор постійного струму із шунтуючою обмоткою збудження

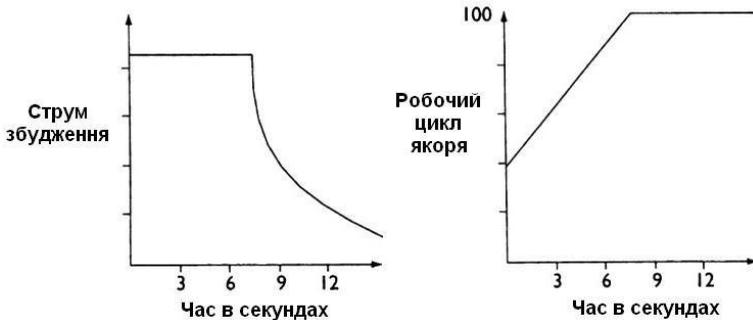


Рисунок 15.12 - Можливі характеристики при запуску моторів постійного струму із шунтуючою обмоткою збудження

Батареї звичайно з'єднуються послідовно, щоб збільшити вихідну напругу. Використання більш високих напруг дозволяє спростити конструкцію мотора, головним чином, через менші струми, необхідні для передачі тієї ж самої потужності. Застосовувана система керування батареями гарантує оптимальні значення швидкості заряду і розряду батареї. Може бути вбудовано кілька функцій попередження, щоб сигналізувати про несправність системи, крім того, можлива видача попередження про запас пробігу транспортного засобу. Ця інформація відображається на приладовій панелі.

У контролері привода використовуються сучасні потужні транзистори, транзисторами керує мікропроцесор, характеристики якого, у свою чергу, визначаються встановленими програмами. Контролер одержує вхідні сигнали від педалей гальма й акселератора, у якості датчиків використовуються прості потенціометри. Сигнали від інших засобів керування є сигналами від основних вимикачів.

Керування іншою частиною електричної системи електромобіля здійснюється за рахунок установки звичайної свинцево-кислотної батареї на 12 В. Вона підзаряджається при необхідності від батарей привода за допомогою конвертера постійного струму.

Газотурбінний гібрид.

Сучасний газотурбінний двигун є вельми привабливим для автомобільної промисловості. Він відповідає екологічним тенденціям до низької емісії й малій витраті палива. Турбіна як двигун має безліч корисних особливостей:

- гарну теплову ефективність;
- чисте згоряння палива;
- високе відношення потужності до ваги;
- здатність працювати на різних видах палива;
- плавні перехідні процеси.

Ці переваги могли б зробити його природним переможцем над двигуном зі зворотно-поступальним рухом поршня. Однак автомобільна газова турбіна перебуває все ще в дитячому стані, незважаючи на багато технічних досягнень, зроблених з часів першого у світі газотурбінного автомобіля компанії Rover Jet 1.

Технічні проблеми, створені автомобільною газовою турбіною, залишаються значними і в багатьох відношеннях стають ще більш величезними. Це обумовлено, головним чином, успіхами технологій горіння, механіки, аеродинаміки, матеріалів і електротехніки.

Для гібридного електричного транспортного засобу газотурбінний двигун - найбільш підходящий. Він надає широкі можливості для проектування гібридних систем.

Газовий турбінний двигун має багато властивостей, що задовольняють вимогам автомобільної промисловості. Наприклад, він компактний і легкий, що забезпечує гнучкість у компонованні силової установки. Він зменшує вагу автомобіля, що поліпшує характеристики транспортного засобу і його економічність.

Сучасна конструкція камери згоряння бензинового двигуна забезпечує йому дуже низьку емісію всіх забруднювачів, навіть більш низьку, ніж у дизельного двигуна. Поліпшення емісії може бути досягнуте без використання каталітичного конвертера. Описувані переваги бензинового двигуна стають все більше і більше важливими в умовах сьогоденішнього ринку.

У порівнянні з еквівалентним поршневым двигуном, газові турбіни працюють плавно і тихо, вони можуть функціонувати на різних типах вуглеводневого палива, і властива їм простота механічної конструкції в результаті обертається підвищеною надійністю й збільшеним терміном служби.

У порівнянні зі звичним поршневым двигуном, турбіна до недавнього часу мала погані показники реакції при зміні потужності й економії палива при частковому навантаженні. Позначався також природній опір змінам з боку виробників автомобілів, через їхні коласальні інвестиції в інфраструктуру виробництва й обслуговування існуючого двигуна. Коли переваги турбіни об'єднуються з досягненнями в гібридних електричних системах, цей хвилюючий союз створить величезний потенціал для майбутньої гібридної техніки.

Індуктивна зарядка.

Nissan Altra, як було описано раніше в цій темі, використовувала індуктивну зарядку. У цьому випадку «штекер», пов'язаний із зовнішнім джерелом енергії, вставлявся в роз'єм автомобіля. Ризик удару струмом і можливість перегріву через «втрату» з'єднання були майже виключені.

Індуктивна зарядка за принципом «наїзд» - це розробка, яка можливо, буде корисна для прогресу в створенні електричного транспортного засобу. Принцип такої зарядки показаний рис. 15.13. Котушка, яка формує вторинну обмотку трансформатора, поміщена на автомобіль у підходящому положенні. Первинна обмотка трансформатора

могла б бути поміщена в рухливу штангу» яка після паркування транспортного засобу автоматично піднімається до рівня вторинної обмотки й забезпечує магнітний зв'язок із вторинною обмоткою.



Рисунок 15.13 - Індуктивна зарядка могла б допомогти розвитку електричних транспортних засобів

Система батарей ZOXY - «chemTEK»

Цинко-повітряна батарея ZOXY, фактично, не є батареєю в традиційному сенсі. Ядро батареї ZOXY «P280» - єдиний, зручний для використання й гнучкий модуль. Габарити батареї становлять 220x135x39 мм, і вона важить тільки 2 кг. Щільність енергії батареї 150 (Вт/ч)/кг - це у п'ять разів більше щільності свинцево-кислотних батарей.

Батарея ZOXY буде тримати, свій заряд протягом дуже довгого періоду, його типова втрата енергії не перевищує 1 %. Якщо подача повітря переривається, саморозряд падає трохи нижче 1 %. Інша перевага системи ZOXY полягає в тому, що вона працює в широкому температурному діапазоні, від -20°C до +40 °C.

Хоча об'єм виробництва таких батарей на сьогоднішній час невеликий, витрати на виготовлення ZOXY дорівнюють витратам на звичайні свинцево-кислотні батареї в перерахуванні на один енергетичний модуль. А при економії коштів за рахунок росту обсягів виробництва, вартість батареї ZOXY впала б значно нижче вартості її свинцево-кислотного аналога.

У той час як цинко-повітряна батарея ZOXY є «високоенергетичним резервуаром», додатковий «прискорювач» міг би використовуватися для потужного прискорення автомобіля, щоб гарантувати його оптимальні характеристики. Додаткова батарея забезпечує потужність, необхідну для прискорення транспортного засобу. Більш висока швидкість руху може зажадати від автомобіля можливості досить

швидко влитися в транспортний потік. З іншого боку, міський рух - це рух з більш повільним темпом, і вимоги до прискорення в ньому значно зменшуються.

Каскадна система, у якій використовуються дві батареї, є чудовим способом передбачити ці та інші потреби водіння. Електронна система керування могла б керувати обома типами батарей без участі водія транспортного засобу, навіть без попередження його про початок дії. Особливості водіння при використанні такої системи подібні водінню автомобіля, оснащеного системами бензин/газ і дизельним двигуном.

Характеристики P280:

- збільшений час роботи (щільність енергії 150 (Вт/ч)/кг);
- обсяг (33,0x13,5x3,9 см);
- вага (1,25/2,00 кг суха/заповнена);
- стабільна крива розряду, низький рівень саморозряду;
- низька чутливість до температурних змін (від -20 до +40°C);
- нешкідливість до навколишнього середовища;
- напруга «номінал / розряджена» 1,1/0,6 В;
- номінальний струм / піковий струм 0 - 30/40 А;
- ємність при навантаженні 10/20 А - 320/280 А/год;
- запас енергії при навантаженні 10/20 А - 300/ 250 Вт/год.

Гібрид Ford Escape (рис. 15.14), був першим гібридом запущеним у серійне виробництво на початку серпня 2004 р., і став одним із самих економічних і практичних автомобілів SUV (Super Ultra Vehicle) на ринку. Гібрид Escape забезпечував витрати палива менше 6 л на 100 км (за амер. стандартом - це пробіг 35-40 миль на галон) при міському русі.

Тоді він одразу задовольняв інструкціям регулювання емісії Євро IV у Європі, навіть раніше ніж вони набули чинності в 2004 р., і пройшов сертифікацію стандартів штату Каліфорнія як автомобіль із супер низькою емісією SULEV (Super Ultra Low Emission Vehicle) і як автомобіль із практично нульовою емісією PZEV (Partial Zero Emission Vehicle).

Гібрид Escape був розроблений так, щоб забезпечити той самий час прискорення й функціональні можливості, що й модель із двигуном V-6 на 200 к.с. Він використовував комбінацію паливо-зберігаючого циклу Аткінсона, бензиновий двигун із чотирма циліндрами й електричний мотор.



Рисунок 15.14 - Гібрид Ford Escape

В результаті була досягнута в середньому вдвічі більша економія палива, ніж у бензиновій моделі V-6 Escape. Використовуючи регенеративне гальмування, гібрид повертає істотну частину того, що в іншому випадку було б просто «загубленою енергією». Гібрид Escape - це повний гібрид, здатний рухатися на приводі від двигуна внутрішнього згоряння і/або від електричного мотора - в залежності від того, що дає найбільш ефективну економію палива.

До речі, двигун Аткінсона є фактично двигуном із циклом Отто, але з відмінним методом приєднання поршня до колінчатого вала. Особливий устрій важелів колінвала дозволяє двигуну Аткінсона циклічно проходити всі чотири такти поршня тільки за один оберт колінчастого вала. Це дозволяє зробити ходи поршня різної довжини: такти впуску й випуску мають хід більш довгий, ніж такти стиску й роботи.

Гібридні електричні транспортні засоби використовують комбінацію електричних акумуляторних батарей і двигуна внутрішнього згоряння, щоб підвищити ефективність роботи.

Батареї дають електрику, щоб пускати в хід електричний тяговий мотор, а двигун включається в роботу в міру необхідності, щоб перезаряджати батареї або забезпечувати додаткову потужність для прискорення. Гібрид Escape має електричну трансмісію й паливозберігаючий чотирициліндровий двигун.

При наявності регенеративного гальмування й здатності двигуна до практично миттєвої зупинки в режимі старт-стоп (завдяки потужному комбінованому стартер-генератору), гібрид Escape з переднім приводом коліс, забезпечував пробіг 14,7-16,8 км на літр палива (35- 40 миль на галон) в міському циклі руху. Мотор-генератор зупиняє двигун внутрішнього згоряння, коли транспортний засіб котиться (із заблокованим двигуном) або зупиняється, це забезпечує економію палива, яке зазвичай витрачається на підтримку холостого ходу.

Як тільки потрібна додаткова потужність, наприклад, коли водій натискає на педаль акселератора під час зупинки, мотор-генератор, поміщений між двигуном і передачею, миттєво запускає двигун (менше ніж за 0,2 с). Модель гібриду Ford Escape 2004 р., була здатна проїхати більше 800 км (500 миль) на одному баку палива.

Модель Ford Focus PZEV 2003 р., являв собою автомобіль із практично нульовою емісією (рис. 15.15), і без погіршення якості роботи відповідав жорсткому стандарту штату Каліфорнія на частково нульову емісію. Він приводився в дію чотирьохциліндровим двигуном з об'ємом 2,3 л і мав потужність на валу 148 к.с. (110 кВт) і крутний момент 206 Нм (рис. 15.16).

Модель Focus FCV була першим в автомобільній промисловості «гібридним автомобілем із паливним елементом». Модель мала збільшений пробіг і демонструвала якісну роботу гібридної силової установки, яка використовувала повний набір переваг від застосування паливного елемента (рис. 15.16).

П'ять з 15 автомобілів, вироблених у 2002 р., довгий час перебували у стадії спільних досліджень із ключовими клієнтами. Ці дослідження забезпечили компанії Ford зворотний зв'язок у реальному часі про параметри моделей, призначених для постановки на виробництво.

Інші 10 автомобілів проходили стандартні випробування за власними програмами компанії Ford, які включали перевірку емісії і краш-тести. Focus FCV показав 250-320 км (160-200 миль) робочого пробігу на одному заправленні - істотне збільшення щодо попередніх моделей транспортних засобів з паливними елементами.

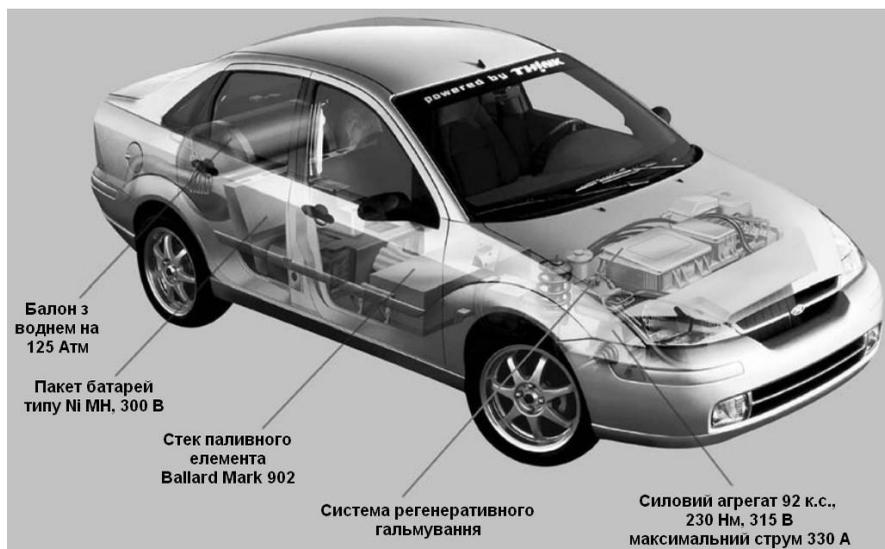


Рисунок 15.15 - Гібрид Ford Focus

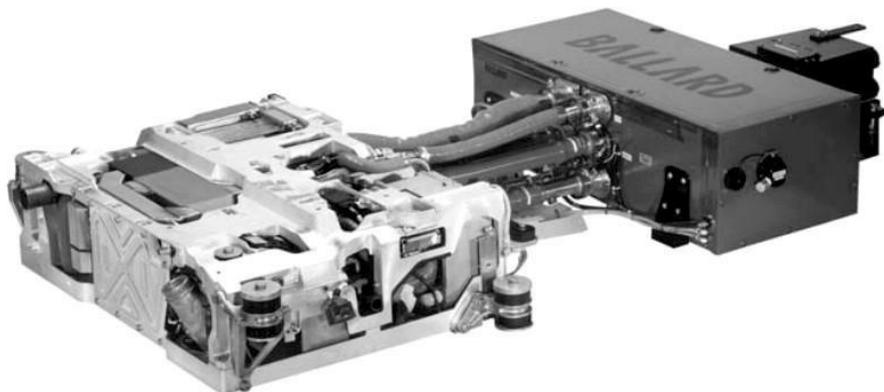


Рисунок 15.16 - Силова установка гібрида Ford Focus

Показники цієї моделі були порівняні зі звичайними бензиновими моделями, у яких максимальна швидкість досягала тільки 80 миль/год (130 км/год).

Двигуни в колесах - електромобілі GM.

Інженери компанії GM, ще на початку 2000-х розробили потенційно видатну технологію, названу ними «моторами на осях коліс».

Розвиток цієї технології міг би принципово допомогти споживачам прийняти передові технології транспортних засобів. Два мотори на осях коліс, позаду передньоприводного транспортного засобу із чотирьохциліндровим бензиновим двигуном, можуть збільшити крутний момент при старті до 60 %. Крім того, додатковий крутний момент з'являється негайно. Це означає, що чотирициліндровий двигун міг би бути виконаний з характеристиками двигуна із шістьма циліндрами. Мотори на осях коліс розвивають потужність приблизно до 25 кВт і важать 15 кг кожний.

Традиційні транспортні засоби передають енергію від двигуна до коліс за допомогою механізму зчеплення, коробки передач і карданних валів. Більше 10 % потужності, виробленої двигуном, губиться в цьому процесі передачі крутного моменту.

Система GM використовує гібридний електричний транспортний засіб, щоб згенерувати електроенергію, яка направляєтсья безпосередньо до моторів. Це мінімізує обсяг загубленої енергії. Мотори на осях коліс створюють крутний момент, який доступний миттєво й повністю, тоді як звичайним двигунам потрібен час, щоб розігнатися.

Мотори на осях коліс, крім цього, дозволяють створити більш високий рівень тяги і контролю проковзуванні коліс, поліпшити рулювання й показники роботи транспортного засобу. Здатність керувати кожним колесом окремо зі значно кращою реакцією, чим це можуть зробити існуючі системи керування тягою, приносить додаткові вигоди. Наприклад, автомобіль що потрапив у багнюку, буде легко зрушити з місця лише застосувавши тягове зусилля до шини, яка має краще зчеплення з дорогою!

Інфраструктура водню.

Чому саме водень? Тому що вважається що одним з видів палива майбутнього буде саме водень, оскільки він робить нульову емісію, особливо коли використовується в паливних елементах.

Тоді відразу виникає закономірне питання - а чим водневі авто кращі за електромобілі? Але питання в такій постановці не зовсім коректне. Справа в тому, що і автомобіль на водні, з паливною коміркою, і «чистий» електрокар - це електромобілі. Просто в одному випадку машину заправляють воднем, у другому - електрикою.

Трохи історії. Винайшов двигун внутрішнього згорання, що працює на водні, Франсуа Ісак де Ріваз (1752-1828) ще в 1806 році. Водень він отримував за допомогою електролізу води. Поршневий

двигун, який створив винахідник, називають машиною де Ріваза (De Rivaz engine). Запалювання було іскровим, двигун мав шатунно-поршневую систему роботи. Ну а циліндр приводився в рух детонацією суміші водню і кисню, електричною іскрою - її доводилося генерувати вручну в момент опускання поршня. Через два роки цей же винахідник побудував вже саморушній пристрій з водневим двигуном.

У СРСР, під час війни, в блокадному Ленінграді бензин був у дефіциті, але водень був у великій кількості (для заправлення аеростатів). Тому військовий технік Борис Шелищ запропонував використовувати повітряно-водневу суміш для роботи двигунів внутрішнього згоряння приводу лебідок загороджувальних аеростатів. Під час блокади, в місті на водні працювало близько 600 автомобілів ГАЗ.

Починаючи з 1980-х відразу в декількох країнах, включаючи США, Японію, Німеччину, СРСР і Канаду, стартувало експериментальне виробництво по створенню автомобілів, що працюють на водні, бензино-водневих сумішах і сумішах водню з природним газом.

Протягом багатьох років такі автомобілі розробляли в різних країнах здебільшого в якості експерименту. Після того, як концепція «зеленого» автомобіля стала популярною (ще задовго до Грети Тунберг), автомобілями на водні зацікавилися великі корпорації на зразок Toyota. Починаючи з 2000-х, автомобільні компанії стали розробляти концепти комерційних авто. Станом на листопад 2019 року, водневі машини розробляють Honda, Toyota, Mercedes-Benz і Hyundai - у цих компаній вже є готові для серійного виробництва транспортні засоби.



Рисунок 15.17 - Водневий Mercedes-Benz GLC F-CELL

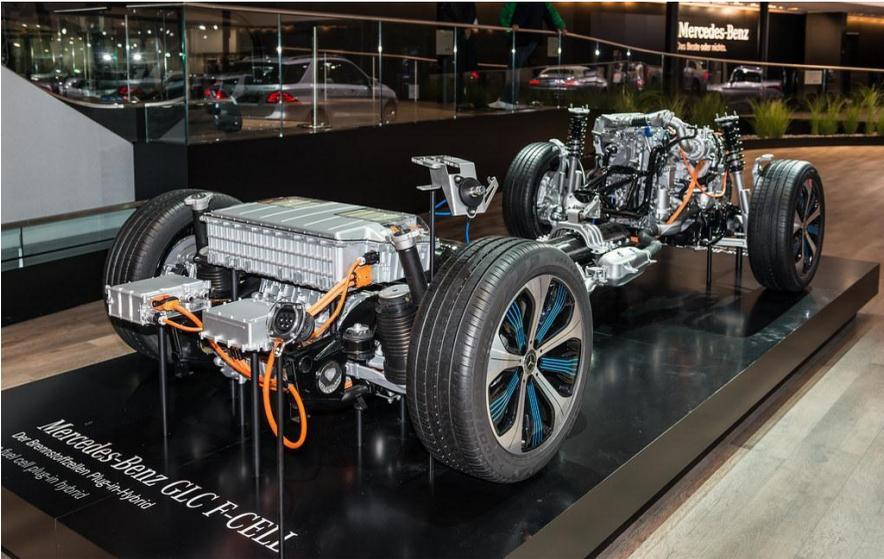


Рисунок 15.18 - Устрій водневого Mercedes-Benz GLC F-CELL

Інші показують поки що лише концепти (втім, робочі), або взагалі просто красиві відрендерені 3D-картинки. До числа перших можна віднести Audi і Ford, до числа другого - BMW (справедливості заради треба сказати, що в 2007 році BMW випустила партію зі 100 експериментальних «водневих» моделей, які так і залишилися експериментом) і Lexus.



Рисунок 15.19 - Експериментальний BMW Hydrogen 7

У серію запущені поки лише Toyota Mirai і Honda Clarity. Їх можна придбати в США і Європі. На даний момент водневі автомобілі трохи дорожче звичайних у плані експлуатації. Так, при поїзді в Європі протяжністю 480 км витрати на паливе для власника звичайної машини складуть приблизно \$ 45, а от власник Mirai заплатить близько \$ 57. І це при тому, що уряд деяких країн субсидує виробництво водню для машин. Вартість 1 кг водню становить в середньому \$ 11,45 (ціни на листопад 2019 р.).

А оскільки наші можновладці неодноразово наголошували що «Україна - це Європа!», то нас перш за все цікавлять розробки провідної автобудівної країни світу - Німеччини. А в ній останнім часом швидко зростає інтерес до водню (H_2). Але чи є цей екологічний енергоносіє перспективним паливом для автомобілів? Думки з цього приводу розійшлися, причому на подив різко. З одного боку - міністр транспорту ФРН Андреас Шойер (Andreas Scheuer), на конференції «Водень і енергетичний поворот» в Берліні 5 листопада 2019 року, неспо-

дівано для багатьох заявив: «У 2021-2022 роках по дорогах країни повинні їздити 60 тисяч водневих автомобілів. Автомобільна промисловість повинна вивести на ринок доступні автомобілі і показати людям, що ця техніка надійно працює». Станом на 1 січня 2019 року в Німеччині було зареєстровано менше 400 водневих автомобілів.



Рисунок 15.20 - На Франкфуртському автосалоні 2019 поруч з BMW і Hydrogen Next демонструвався паливний елемент

З іншого боку - глава концерну Volkswagen, Герберт Діс (Herbert Diess), рівно за добу до майже ультимативної вимоги міністра, виступив на церемонії початку серійного виробництва першого «народного електромобіля» VW ID.3. У своїй промові він зупинився і на водневій технології: «Її час настане не в майбутньому, а лише в наступному десятилітті (в 2030-х роках), проте її стануть застосовувати переважною мірою інші види транспорту - вантажні автомобілі, поїзди, суда».

Іншими словами, найбільші автобудівники Німеччини (і світу) навіть не думають виконувати вимогу міністра - Volkswagen цілком зробив ставку на електромобілі. Повністю електричних легкових машин в ФРН було на 1 січня 2019 року в цілому понад 83 тис. До них можна додати більше 340 тисяч гібридів, з яких 67 тисяч були плагін-гібридами (ті що заряджають від розетки).

Увечері того ж 4 листопада в Берліні пройшла зустріч канцлера

Ангели Меркель (Angela Merkel) з керівниками німецького автопрому, на якій обговорювався розвиток електромобільності в Німеччині. Прийняте одне з рішень чітко вказує: в найближчі два роки встановити по всій країні 50 тисяч нових загальнодоступних зарядних станцій.

Зараз їх близько 21 тисячі, і вважається, що це вкрай мало для широкого впровадження автомобілів на електричній тязі. Уряд ФРН ставить завдання до 2030 року довести число станцій до 1 мільйона.

А на наступний день після участі в цій зустрічі Андреас Шойер («вчора воднева тема була, звичайно, не пріоритетною») на конференції щодо водню, не без гордості повідомив, що «навесні 2020 року в нас в Німеччині буде вже 100 водневих заправних станцій, а до 2021 року до них повинні додатися ще 15».

Відповідну заяву про наміри міністр підписав зі спільним підприємством H₂Mobility, в яке поряд з такими енергетичними компаніями, як Shell і Total, входить і німецький автобудівник Daimler. Він з минулого року малими партіями випускає Mercedes GLC F-Cell, який в семи німецьких містах вже можна взяти в лізинг.



Рисунок 15.21 - Два електромобіля, дві системи

А у вересні на Франкфуртському автосалоні 2019 була представлена модель BMW і Hydrogen Next, виробництво якої, знову-таки малими партіями, баварський автоконцерн почне в 2022 році. Всі ці цифри показують, який в даний момент на німецькому ринку розклад сил між двома екологічними альтернативами автотранспорту з двигунами внутрішнього згоряння (ДВЗ) - між електромобілями, які працюють від акумуляторних батарей (BEV), і водневими автомобілями (FCEV), в яких енергія для електромотора виробляється в ході

реакції H₂ з киснем в паливних елементах. У такій ситуації автомобільна промисловість Німеччини однозначно зробила вибір на користь електромобілів, підкреслив президент Об'єднання німецької автомобільної промисловості (VDA) Бернхард Маттес (Bernhard Mattes), на конференції Handelsblatt Auto-Gipfel 2019 що відбулася в кінці жовтня

в Штутгарті. «На інших континентах», додав він, «можуть зробити ставку і на інші технології (він мав на увазі «водневі» плани Японії і Південної Кореї), але Європі, на його думку, створення розгалуженої інфраструктури одночасно для декількох видів альтернативних двигунів фінансово просто не потягнути.

На цій галузевій конференції автобудівники та їх постачальники обговорювали перспективи німецького і світового автопрому, і мова, дійсно, йшла головним чином про гібриди і електромобілі. Однак дві доповіді були присвячені водневим автомобілям. Вельми показово, що з ними виступили представники двох азіатських фірм.

Віце-президент з наукових досліджень і розробок європейського відділення Toyota Геральд Кільман (Gerald Killmann) повідомив, що ця японська компанія в десять разів збільшить випуск водневого автомобіля Toyota Mirai. Привів він і абсолютні цифри: до сих пір щорічно випускалися 3 тисячі одиниць, обсяги виробництва нового покоління цієї моделі вирішено збільшити до 30 тисяч в рік (для порівняння: в 2018 році компанія продала по всьому світу в цілому понад 10,5 мільйонів автомобілів). При цьому менеджер нагадав історію успіху першого в світі серійного гібридного автомобіля Toyota Prius.



Рисунок 15.22 - Оновлений дизайн японського водневого Toyota Mirai



Рисунок 15.23 - Випуск водневого автомобіля Mirai на одній з японських фабрик компанії Toyota

Перше покоління, яке стартувало в 1997 році, було збитковим, друге, за його словами, пішло вже краще, «третє забезпечило хороший прибуток, сьогодні понад половину продаваних нами в Європі автомобілів - це гібриди. Щось подібне може статися і з водневою технологією», переконаний Геральд Кільман.

Основними потенційними покупцями моделі Toyota Mirai він вважає таксомоторні компанії, сервіси перевезення VIP-пасажирів, парки службових машин фірм і відомств. І справа тут не тільки у високій ціні (в Німеччині цей водневий автомобіль коштує близько 80 тисяч євро).

Компанія Toyota виходить з того, розповів Геральд Кільман, що середньому покупцеві більше підходять електромобілі: у нього машина вночі і значну частину дня зазвичай простоює, так що є час її зарядити. «У водневої технології перспективи швидше в професійній сфері, там, де автомобіль повинен працювати цілодобово або перевозити вантажі», - зазначив доповідач і вказав на вирішальні переваги машин на паливних елементах: заправка триває 3-5 хвилин, а дальність пробігу становить понад 500 кілометрів.

Таким чином, два лідери світової автомобільної промисловості, Volkswagen і Toyota, практично сходяться в тому, що водень отримає

широке поширення на вантажному автотранспорті. Розходяться вони лише в оцінці термінів. І це явно пов'язано з тим, що в Японії вже діє узгоджений між урядом, автобудівниками і інфраструктурними компаніями план до 2030 року довести число водневих автомобілів на дорогах країни до 800 тисяч. А в Німеччині є урядовий план до того ж часу довести число електромобілів до 7-10,5 мільйонів.

Тим часом в Південній Кореї стартував пілотний проект з переведення на водень відразу трьох міст. Мова не тільки про автомобільний транспорт, а й про електроенергетику та теплопостачання, і Hyundai буде поставляти туди свої паливні елементи, розповів в Штутгарті представник німецького відділення цієї південнокорейської компанії Олівер Гут (Oliver Gutt). Одночасно вона нарощує випуск водневого позашляховика Hyundai Nexo (ціна в Німеччині: близько 70 тисяч євро), який почався в 2018 році, так і H₂-вантажівок.



Рисунок 15.24 - Південнокорейський водневий автомобіль Hyundai Nexo на Франкфуртському автосалоні 2019

Зараз Hyundai, продовжив Олівер Гут, приступає до виконання замовлення, отриманого зі Швейцарії: протягом п'яти років туди будуть поставлені 1600 працюючих на паливних елементах вантажівок,

в яких з екологічних (і, відповідно, іміджевих) міркувань зацікавлені, зокрема, великі мережі супермаркетів. Правда, альпійській республіці належить ще побудувати відповідні заправні станції.



Рисунок 15.25 - Прототип безпілотного водневого вантажного автомобіля південнокорейської компанії Hyundai

Олівер Гут порекомендував стежити за розвитком мережі водневих заправок в Європі на німецькому сайті h2.live. Там відразу ж впадає в очі: Німеччина зі своїми 100 станціями є безперечним європейським лідером. Або, інакше кажучи: в інших країнах континенту інфраструктура для водню розвинена ще менше.

Принципово важливим є також питання, звідки береться водень. Виробляти його з вуглеводнів, наприклад, з природного газу, з економічної точки зору видається не дуже виправданим, адже в такому випадку автомобілі можна було б безпосередньо заправляти компримованим (CNG) або зрідженим природним газом (LNG).

З точки зору екології і захисту клімату сенс має тільки «зелений» водень, отриманий із звичайної води методом електролізу з використанням надлишкової електроенергії вітряних і сонячних електростанцій. Але широке промислове впровадження експериментально вже апробованої технології Power to Gas тільки починається. Правда, уряд ФРН твердо має намір форсувати цей процес.

Виступаючи разом з Андреасом Шойер на конференції в Берліні, міністр економіки і енергетики ФРН Петер Альтмайер (Peter Altmaier) заявив: «Ми хочемо, щоб Німеччина стала в області водневих технологій номером 1 в світі». Наскільки реалістичним є цей лозунг в автомобільній сфері, покаже час. Але найперші в світі водневі поїзди почали перевозити пасажирів саме в ФРН.

Електромобілі Tesla.

Нікола Тесла - легендарний творець в області електро- і радіотехніки, творець змінного струму. У його честь, в 2003 році, була відкрита компанія з виробництва автомобілів, які їздять на електриці.

Засновником автомобільної компанії Tesla стали Ілон Маск, Джей Бі Штробель і Марк Тарпеннінг. Перш за все, засновникам компанії необхідно було розробити потужний електродвигун і батареї, щоб привести в роботу ведучі колеса. Для створення першого прототипу автомобіля знадобилося майже 3 роки.

Перший електрокар Tesla Roadster був презентований 19 липня 2006 року. Презентація автомобіля пройшла успішно, але спортивний електричний автомобіль мав ряд недоліків. Потім 2009 року, в Німеччині, на Франкфуртському автосалоні, вперше був показаний прототип 5-дверної Model S, і тільки в 2012 році з конвеєра компанії зійшов перший автомобіль цієї моделі; проте ті ж самі електродвигуни, але з невеликими доробками і сьогодні встановлюються на моделі Tesla.



Рисунок 15.26 - Tesla Model S

На даний момент Tesla Model S є «обличчям компанії» і вирізняється не лише своєю ціною та «інноваційними рішеннями» в електроустаткуванні, а й будовою кузова та підходом до використання різноманітних матеріалів.

Весь кузов електромобіля зроблений з алюмінію. Цікаво, що кузовні деталі сполучені між собою не точковою зваркою, а іншими типами з'єднання – клеєм, заклепками та кріпленнями.

Безпека такого кузова після краш-тестів Euro NCAP (The European New Car Assessment Programme - європейський комітет з проведення незалежних краш-тестів авто з оцінкою активної безпеки і пасивної безпеки) оцінена у найвищий бал - 5 зірок.

Це значне досягнення, оскільки з 2010 року EuroNCAP досить серйозно переглянула критерії оцінки безпеки автомобілів. Підхід до тестування автомобілів став набагато жорсткішим. Оскільки до старих правил EuroNCAP виробники вже давно звикли і розробляли структуру кузова спеціально під них. Посилена жорсткість правил призвела до того, що в 2010 році, 5 зірок отримали тільки 65 % випробуваних автомобілів, а не 90 % як раніше.

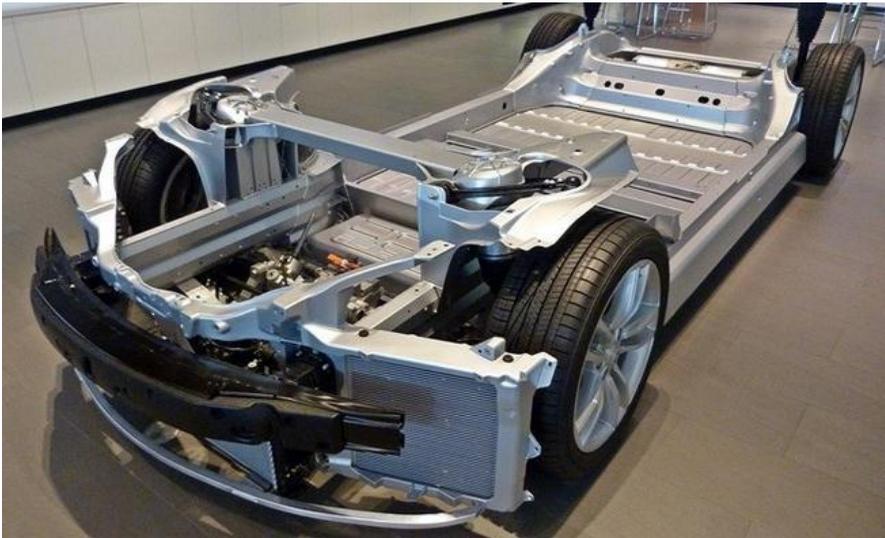


Рисунок 15.27 - Елементи безпеки головної частини кузова Tesla

У Tesla вищий рейтинг безпеки досягається за рахунок конструкції кузовної частини електрокара. Відсутність мотора і навісних агре-

гатів під капотом і в задній частині авто, дозволяє кузову утворити міцну «капсулу», яка доповнює міцність всього кузова за рахунок батареї, розташованої уздовж всього днища автомобіля.

Спосіб сполучення елементів кузова між собою залежить від частини машини й навантаження на деталі, та її контакту із вологою. У районі скріплення багатьох деталей спочатку наносять клей, потім ці два елементи стискають спеціальним пресом, а на додаток ще й заклепують. Таке з'єднання не лише міцне, а ще й не накопичує вологи.

З внутрішнього боку кузов добре обклеєний шумоізоляцією. Пластик салону переважно м'який, хоча після значного пробігу починає скрипіти. Бічні вікна дверей встановлені без звичної для європейських моделей рамки. Тут вона не потрібна, жорсткості кузова вистачає й без неї. Як тільки двері машини зачиняються, бічне скло доводиться автоматично вгору, це щоб забезпечити максимальну герметичність.

Електродвигун є власною розробкою компанії Tesla Motors і не має аналогів. Цей трифазний, чотириполюсний, асинхронний двигун змінного струму, за словами самих розробників є «найпотужнішим електромотором в світі», і в різних варіантах має такі показники потужності (кВт) / крутного моменту (Нм): 225/430, 270/440 і 310/600.

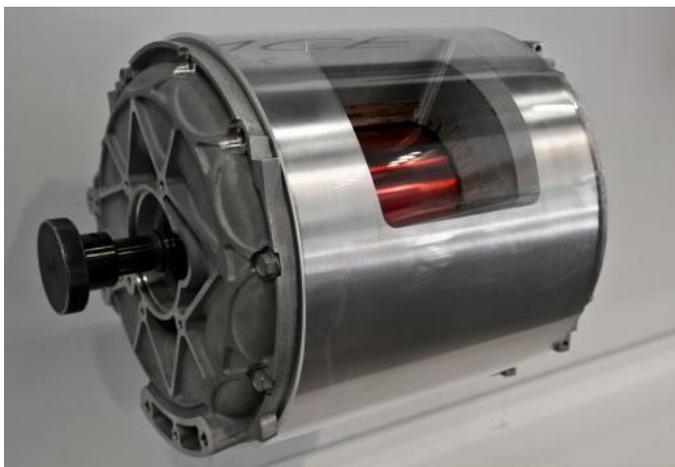


Рисунок 15.28 - Електродвигун Tesla

Максимальна швидкість авто становить 250 км/год, а розігнати автомобіль до 100 км/год можна всього за 2,7 с (у разі топової ком-

плектації) - це означає що затримка між натисканням на педаль газу і подачею потужності майже нульова, оскільки непотрібен час на подачу палива і перетворення його в обертання коліс.

Інженери стверджують, що ефективність перетворення енергії в рух такою силовою установкою в 3 рази вища, ніж у стандартного двигуна внутрішнього згоряння.

Електродвигун працює по простому індукційному принципу, який використовується в масі побутових приладів. На котушки в статорі подається змінний струм, а завдяки електромагнітної індукції в рух приводиться ротор. Електромотор охолоджується за допомогою рідкої системи охолодження.

Літій-іонна батарея складається з 16 блоків, а це від 5040 до 7104 елементів живлення відповідно. Батарея розташовується уздовж всього днища автомобіля. Таке розташування акумулятора, в поєднанні з легким кузовом з алюмінію, не тільки дозволяє максимально знизити центр ваги автомобіля (на рівні в 45 см, що дуже низько), а й додатково підвищує торсіонну жорсткість кузова, а отже і безпеку.



Рисунок 15.29 - Устрій батареї Tesla з елементами живлення Panasonic

А як відомо, чим нижче центр ваги, тим краще керуваність і поведінка на поворотах. В результаті розподіл навантаження між перед-

ньою і задньою осями складає 47 до 53.



Рисунок 15.30 - Акумулятор автомобіля Tesla Model S

Ємність акумулятора дає середній запас ходу від 330 до 632 км, тобто такий запас ходу дозволяє Tesla входити в «Топ-10» електрокарів світу за запасом ходу. Час його повної зарядки становить 8 годин.

Виробник наводить «порівняльні» дані часу зарядки батареї:

- від побутової мережі змінного струму 110 В за 1 годину заповнюється 8 км шляху;
- від побутової мережі змінного струму 220В за 1 годину заповнюється 50 км шляху;
- повна зарядка на станції Tesla Supercharger займає всього 30 хвилин (безкоштовно).

Втім, в 2013 році Tesla продемонструвала можливість повної заміни батарей на заряджені всього за 90 секунд! Приблизно такий же час необхідний для заправки бензином. Коштувати така процедура на станціях Tesla буде приблизно \$ 60-80, що порівняно з повним баком палива. У той же час зарядка батареї від мережі на фірмових станціях для всіх власників Tesla безкоштовна.

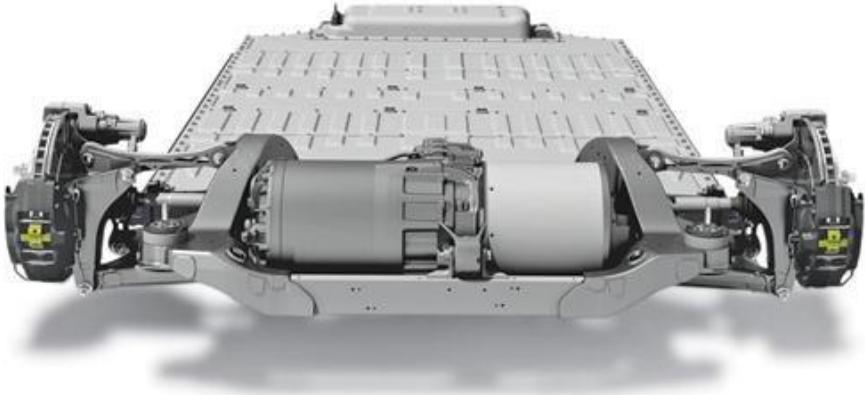


Рисунок 15.31 - Двигун, батарея та елементи привода Tesla Model S

Варто також відзначити, що акумулятор Tesla Model S має вкрай високу щільність заряду (подібні акумулятори використовують в ноутбуках). Високий ресурс батареї досягається за рахунок сучасної системи рідкого охолодження системи, яка також охолоджує і сам мотор.

Вага батареї складає 450 кг, а її ресурс становить 7 років або 160 тис. км пробігу. До слова, виробництвом батарей займається компанія Panasonic.

Повноприводна Tesla має два незалежних електродвигуна. На відміну від традиційних повнопривідних систем, ці два мотори управляють крутним моментом на передніх і задніх колесах незалежно, що значно поліпшує керуваність і контроль тяги.

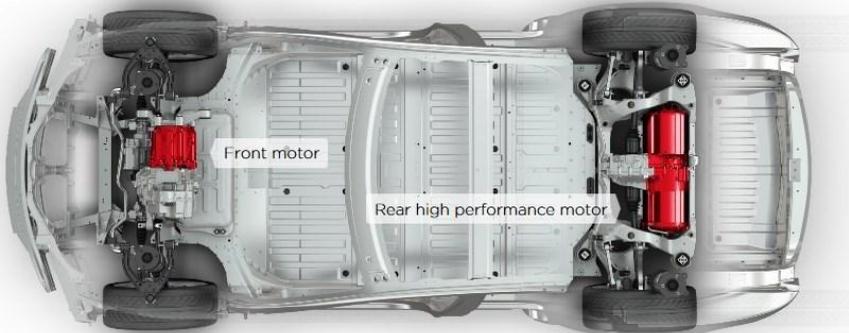


Рисунок 15.32 - Розміщення електромоторів привода

Отже машина може рухатися на будь-якому моторі, тому не потрібно турбуватися про застрягання на дорозі. Якщо один з двигунів перестає працювати, можна безпечно повернутися до місця призначення на другому.

Tesla Model S має надійну трансмісію від компанії Mercedes-Benz, яка призводить автомобіль в рух за допомогою одноступінчатого редуктора (одна швидкість). Передавальне число редуктора 9.73.

Ходова частина Tesla Model S має пневматичну підвіску, яка здатна змінювати провіт авто, досить задати бажаний кліренс і машина підніметься або опуститься за бажанням водія. Причому саме за рахунок заниженого центру ваги, автомобіль впевнено себе почуває навіть з пристойним кліренсом «а ля Тігуан».

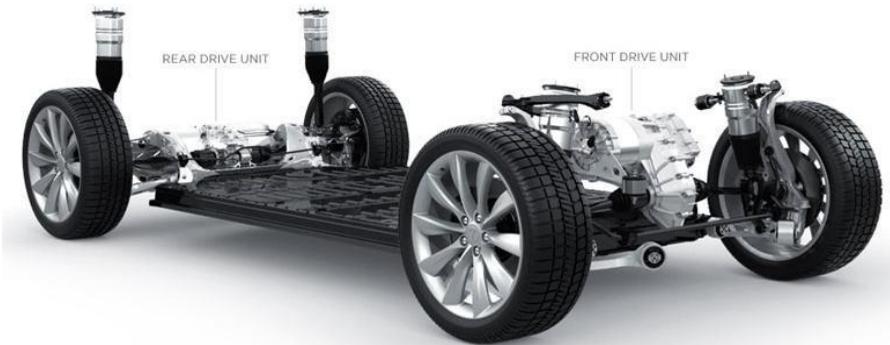


Рисунок 15.33 - Підвіска і ходова частина Tesla Model S

Рульове управління рейкове і само собою має електропідсилювач. Бортовий комп'ютер дозволяє задавати жорсткість керма. Є кілька рівнів, починаючи від спортивного жорсткого і закінчуючи комфортним «мерседесівськи» м'яким.

Гальмівна система Tesla Model S гідна окремої уваги. Основна гальмівна система складається з металевих вентиляваних гальмівних дисків і електронної системи стоянкового гальма. Але основна «фішка» цього електрокара - рекуперативна система гальмування.

З її допомогою автомобіль здатний гальмувати двигуном і перетворювати одержувану енергію в електрику, заряджаючи тим самим акумулятор автомобіля. Це вкрай корисна і зручна функція. Щоб активувати рекуперативну систему гальмування, водієві необхідно прос-

то плавно відпустити педаль газу і електрокар сам почне пригальмувати перетворюючи енергію гальмування в корисну енергію. Тобто система рекуперації дозволяє майже не користуватися педаллю гальма в міських умовах.

Питання для самоперевірки

1. Що стало причиною розробки гібридних приводів автомобілів?
2. Дайте визначення, що означає ZEV.
3. Опишіть коротко термін «гібрид».
4. Поясніть, що таке індуктивна зарядка і в чому її переваги.
5. Опишіть за допомогою ескізів різні способи, якими можна скласти гібридний транспортний засіб.
6. Поясніть термін «щільність потужності».
7. Перелічіть п'ять типів батарей електромобіля.
8. Чому електромобіль GM EV-1 використовує свинцево-кислотні або лужні батареї. Обґрунтуйте три причини цього.
9. Опишіть за допомогою ескізу дію синхронного електромотора.
10. Дайте обґрунтування чотирьом типам приводного мотора для електромобіля.
11. Опишіть, як Nissan Altra обчислює поточний пробіг автомобіля.
12. Які є проблемні області технологій проектування і виробництва тягових електродвигунів для електромобілів?
13. Намалюйте загальну блок-схему електричного автомобіля та поясніть принцип її роботи.
14. Які недоліки натрій-сірчаної батареї?
15. Які переваги й недоліки використання мотору постійного струму на електричних транспортних засобах?
16. Як працює регенеративна гальмівна система?
17. Які переваги газової турбіни в якості двигуна автомобіля?
18. Які є технічні проблеми створення гібрида з газовою турбіною?
19. Як працює індуктивна зарядка за принципом «наїзд»?
20. Які переваги використання водню в якості палива?
21. Назвіть складові частини водневої силової установки автомобіля.
22. Які є методи одержання водню?
23. Які перспективи транспортних засобів із водневими силовими установками?