

Хмельницький національний університет  
Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

## Пояснювальна записка до дипломної роботи бакалавра

Галузь знань: 27 «Транспорт»

Спеціальність: 274 «Автомобільний транспорт»


Освітньо-професійна програма: «Автомобільний транспорт»

на тему: «**Оцінка діагностичних параметрів гібридних силових установок транспортних засобів**»

Шифр: ДРБАТ 24.20215.000. ПЗ

Виконав: студент 4 курсу, група АТ -20-1  Д.О. Мальований

Керівник  д.т.н., проф. О.В. Диха

До захисту допускаю:  
Зав. кафедри ТАМ  Диха О.В.

5 06 2024\_р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр  
Галузь знань: 27 «Транспорт»  
Спеціальність: 274 «Автомобільний транспорт»  
Спеціалізація: «Автомобільний транспорт»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Зав.кафедрою ТАМ

Диха О.В.

" 10 " квітня 2024 р.           

**ЗАВДАННЯ**  
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Мальованому Дмитру Олеговичу

1. Тема проекту:  
«Оцінка діагностичних параметрів гібридних силових установок транспортних засобів»

керівник проекту: Диха Олександр Володимирович, д.т.н., проф.

- Затверджено наказом університету від 15 лютого 2024р. № 8  
2. Строк подання студентом проекту на кафедру: 10.06.2024 р.  
3. Вихідні дані до проекту:

- 1) Технічні умови на конструкції. Гібридних силових установок автомобіля.
- 2) Річна програма ремонту деталей.
- 3) Результати літературного огляду і патентного пошуку.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Оцінка парку транспортних засобів з електричними силовими установками
2. Особливості конструкції транспортних засобів з електродвигуном
3. Аналіз відмов, що виникають, і несправностей гсу
4. Розробка методики оцінки технічного стану транспортного засобу з електричною силовою установкою
5. Експериментальні дослідження

5. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|--------|---|----------------|------------------|
|        |   | завдання видав | завдання прийняв |
|        |   |                |                  |
|        |   |                |                  |
|        |   |                |                  |

6. Дата видачі завдання: 10 квітня 2024р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту (роботи)  | Строк виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|-------|---|---|----------|
| 1     | Оцінка парку транспортних засобів з електричними силовими установками                           | 1.05.2024                               |          |
| 2     | Особливості конструкції транспортних засобів з електродвигуном                                  | 15.05.2024                              |          |
| 3     | Аналіз відмов, що виникають, і несправностей гсу  | 25.05.2024                              |          |
| 4     | Розробка методики оцінки технічного стану транспортного засобу з електричною силовою установкою | 5.06.2024                               |          |
| 5     | Експериментальні дослідження  | 15.06.2024                              |          |

Студент



Мальований Д.О.

Керівник роботи



Диха О.В.

## РЕФЕРАТ

Обсяг пояснювальної записки – 78 сторінок, кількість рисунків – 38, таблиць – 5, додатків – 1, кількість джерел згідно із переліком посилань – 18.

Студент гр. АТ-20-1 Мальований Д.О.

**Тема «Оцінка діагностичних параметрів гібридних силових установок транспортних засобів»**

**Метою роботи** є розробка методики оцінки технічного стану транспортних засобів з електричними силовими установками, що підвищує якість їхнього діагностування.

**Завдання роботи:**

обґрунтування вибору діагностичних параметрів для оцінки технічний стан транспортних засобів з електричними силовими установками;

розробка методики оцінки технічного стану транспортних засобів з електричними силовими установками;





розробка алгоритму пошуку несправностей транспортних засобів з електричними силовими установками із використанням розробленої методики;

калібрування експериментальної установки та вибір засобів діагностування.

**Перелік ключових слів:** гібридна силова установка, автомобіль, технічний стан, діагностика, експеримент

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| РЕФЕРАТ.....   | 3  |
| ВСТУП.....   | 6  |
| 1. ОЦІНКА ПАРКУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З ЕЛЕКТРИЧНИМИ СИЛОВИМИ УСТАНОВКАМИ.....                      | 10 |
| 1.1. Обсяги продажів транспортних засобів з електричними силовими установками по всьому світу..... | 10 |
| 1.2. Переваги та недоліки ГСУ.....   | 13 |
| 1.3. Електроустановки – історія виникнення та перспективи розширення продаж.....                   | 16 |
| 2. ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З ЕЛЕКТРОДВИГУНОМ.....                             | 25 |
| 2.1. Компонування електромобілів.....  | 25 |
| 2.2. Класифікація гібридних силових установок за потужністю електричної силової установки.....     | 27 |
| 2.3. Конструктивні схеми ГСУ.....  | 28 |
| 2.4. Гібридні силові установки.....  | 29 |
| 2.5. Електродвигуни та контролери.....   | 41 |
| 3. АНАЛІЗ ВІДМОВ, ЩО ВИНΙΚАЮТЬ, І НЕСПРАВНОСТЕЙ ГСУ.....   | 46 |

|                        |      |            |   |      |  |             |       |         |
|------------------------|------|------------|---|------|--|-------------|-------|---------|
| ДРБАТ 24.20215.000. ПЗ |      |            |   |      |  |             |       |         |
| Зм.                    | Арк. | № докум.   | Підпис  | Дата | Оцінка діагностичних параметрів гібридних силових установок транспортних засобів | Літ.        | Аркуш | Аркушів |
| Розроб.                |      | Мальований |  |      |  |             |       |         |
| Перевір.               |      | Диха       |  |      |  |             | 4     | 78      |
| Н.контр.               |      | Бабак      |  |      |  | ХНУ,        |       |         |
| Затвер                 |      | Диха       |  |      |  | гр. АТ-20-1 |       |         |

|   |    |
|---|----|
| 4. РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ<br>ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ З ЕЛЕКТРИЧНОЮ СИЛОВОЮ<br>УСТАНОВКОЮ.....   | 50 |
| 4.1. Визначення технічного стану транспортного засобу на стендах<br>тягових якостей.....                        | 50 |
| 4.2. Оцінка технічного стану транспортних засобів на стендах.....   | 51 |
| 4.3. Визначення моменту інерції стенду тягових якостей теоретичним<br>способом.....                             | 54 |
| 4.4. Визначення моменту інерції стенду тягових якостей<br>експериментальним способом.....                       | 55 |
| <br>  |    |
| 5. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....  | 57 |
| 5.1. Методи визначення діагностичних параметрів сучасних гібридних<br>силових установок.....                    | 57 |
| 5.2. Можливості зчитування інформації з контролерів мають, інтерфейс<br>зв'язку з персональним комп'ютером..... | 57 |
| 5.3. Загальна діагностика транспортного засобу.....   | 62 |
| 5.4. Поглиблена діагностика елементів гібридної силової<br>установки.....                                       | 66 |
| <br>  |    |
| ВИСНОВКИ.....   | 72 |
| <br>  |    |
| СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....  | 73 |
| <br>  |    |
| ДОДАТКИ.....  | 75 |

## ВСТУП

Дослідження вчених показали, що запасів вуглеводню, що містять продуктів у світі, вистачить не більше ніж на 60 років видобутку, що вимагає пошуку нових технічних рішень щодо заміни нафтопродуктів, що використовуються в автомобільній галузі, на альтернативні джерела енергії. Крім того, однією з найважливіших проблем є зниження впливу токсичних компонентів у продуктах згоряння вуглеводневого палива на довкілля. Вище сказане свідчить про необхідність застосування в конструкції автомобілів сучасних технологій, що замінюють загальнодоступні в даний час джерела енергії або дозволяють знизити використання двигунів внутрішнього згоряння бензину і дизельного палива.

Ці силові установки називаються гібридними (ГСУ). Джерелом енергії в таких автомобілях є двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ), у яких момент, що крутить, з колінчастого валу передається на якір генератора, що виробляє електричну енергію, яка зберігається в акумуляторних батареях, а елементом, що приводить в рух провідні колеса, є електричний двигун.

Першими автомобілями, що з'явилися понад сто років тому, були електричні. Автомобіль Lohner-Porsche працював на бензині ( Рисунок 1).



Рисунок 1 – Автомобіль Lohner-Porsche

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 6    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Колінчастий вал його ДВЗ передавав крутний момент на генератор, який заряджав свинцево-кислотні акумуляторні батареї, енергія яких при русі передавалося встановленим на маточках автомобіля електродвигунам.

Автомобіль АМС Amitron був першим американським транспортним засобом, який використав принцип рекуперативного гальмування, що дозволяє суттєво зменшити питому витрату палива. Він також був гібридним.

Після появи акумуляторних батарей із високою енергоємністю почався основний розвиток гібридних автомобілів. У 1997 році Японська автомобільна компанія Toyota випустила седан Prius який став першим серійним масовим автомобілем з ГСУ (рисунок 2). Його бензиновий двигун розвиває потужність 58 л. с., а електромотор (40 л. с.) працює від акумуляторних батарей з нікель-металгідридними елементами (NiMH).

Витрата палива цього автомобіля становить 5,7 л на 100 км.



Рисунок 2 - Перший Toyota Prius автомобіль на ГСУ

З цього часу почалася гонка світових автомобільних компаній за впровадження технологічних переваг ГСУ в легкові автомобілі.

Такими компаніями є: Honda, Volkswagen, Audi, Lexus, Volvo, Chrysler, Porsche та ін. При цьому застосовуються різні схеми передачі моменту, що крутить.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 7    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Збільшення кількості автомобілів із ГСУ пов'язане з посиленням останнім часом екологічних вимог, а також постійним зростанням цін на пально-мастильні матеріали. Крім того, у Євросоюзі розглядають проект закону, який до 2050 року вносить заборону на продаж вуглеводневого палива та використання автомобілів із двигунами внутрішнього згоряння містах.

Незабаром збільшиться кількість автомобілів, що продаються з гібридною силовою установкою. Це підвищує актуальність досліджень надійності цих автомобілів, розробки методів діагностики силових генераторних установок та електроприводу. Одночасно підвищуються вимоги до методів, обладнання та технологій забезпечення працездатності вище перерахованих автомобілів у процесі експлуатації.

У технічних регламентах відсутня інформація щодо методів визначення технічного стану агрегатів з електромеханічною трансмісією. Наявної літератури недостатньо для виконання якісного обслуговування та ремонту автомобілів із гібридними силовими установками. Провідні виробники вище перерахованих автомобілів не зацікавлені в організації їх обслуговування поза дилерськими центрами та надання інформації про методи визначення технічного стану електромеханічної трансмісії та накопичувача електричної енергії.

У процесі використання у зв'язку зношуванням деталей автомобілів зниженням ефективності акумуляторних батарей витрати на їх утримання збільшуються навіть якщо вчасно та якісно проводити діагностику та технічне обслуговування. Однак у зв'язку з відсутністю нормативної документації та сучасних методів діагностики ГСУ на вітчизняних станціях технічного обслуговування якість робіт, що виконуються з гібридними автомобілями, істотно відстає від світового рівня.

Розробка методів діагностики, що дозволяють визначати не тільки загальний стан транспортного засобу, а й несправності окремих його агрегатів та систем суттєво знизить трудомісткість виявлення несправних елементів та підвищить ефективність експлуатації гібридних автомобілів.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 8    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Для цього доцільно використовувати стенди тягових якостей з інерційними маховими масами та прилади, що оцінюють ступінь зарядженості акумуляторних батарей, споживання електричної потужності в процесі розгону автомобіля на стенді та ступеня рекуперації енергії на режимі примусового холостого ходу.

**Метою роботи** є розробка методики оцінки технічного стану транспортних засобів з електричними силовими установками, що підвищує якість їхнього діагностування.

**Завдання роботи:**

обґрунтування вибору діагностичних параметрів для оцінки технічний стан транспортних засобів з електричними силовими установками;

розробка методики оцінки технічного стану транспортних засобів з електричними силовими установками;

розробка алгоритму пошуку несправностей транспортних засобів з електричними силовими установками із використанням розробленої методики;

калібрування експериментальної установки та вибір засобів діагностування.

**1. ОЦІНКА ПАРКУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ 3**

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 9    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

## ЕЛЕКТРИЧНИМИ СИЛОВИМИ УСТАНОВКАМИ

### 1.1. Обсяги продажів транспортних засобів з електричними силовими установками по всьому світу

В даний час досить проблематично оцінити кількість проданих автомобілів гібридного типу. На даний момент є статистика продажів лише по деяких країнах та кількох компаніях. Очевидно не вистачає середньостатистичний даних. Аналізована інформація часто дає подвійний результат. Як показує статистика, зараз найбільша кількість автомобілів гібридного типу продана в Сполучених Штатах: близько 2,9 млн. штук. До того ж на ринку конкурують велика кількість брендів, лідером продажів яких є модель Toyota Prius та позашляховики SUV (Crossover Utility Vehicle). Щороку сегмент світового автомобільного ринку зростає на 50%

Стартом продажів автокомпанії Ford можна вважати 2005 рік, з цього моменту автовиробник реалізував 210 тисяч автомобілів. При цьому виготовлені за ліцензією Toyota позашляховик Escape Hybrid став найбільш економічними в цьому сегменті. З кінця 2012 року автокомпанія відмовилася випускати автомобіль гібридного типу на користь високотехнологічного автомобіля бензинового типу.

Нині щорічний продаж автомобілів гібридного типу в Євросоюзі становить близько 110 тис. шт. (0,8% від усіх автомобілів, що реалізуються в Євросоюзі), до того ж незмінно проявляється збільшення темпу зростання продажів. За статистикою 2013 року зростання склало 81%, а середньостатистичне значення за 7 років становить 32% на рік.

Одна з найпопулярніших моделей у Євросоюзі – Toyota Prius, ця модель має 81%, продаж від усіх проданих автомобілів гібридного типу в Євросоюзі. Загальна кількість проданих моделей складає понад 510 тисяч штук.

У Японії автопарк автомобілів гібридного типу значно менший, ніж у Сполучених Штатах Америки, проте автомобілі цього типу і мають більшу популярність. За підсумками місячних звітів (за останні 14 років) автомобілі гібридного типу найчастіше показували продажі, ніж автомобілів із двигунами

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 10   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

внутрішнього згоряння. Сьогодні вони сягають 16-19% від усіх проданих автомобілів.

Якщо спиратися на статистику, то за пiГСУмками 2011 року на японському автомобільному ринку було реалізовано близько 260 тис. автомобілів гібридного типу, 200 тис. шт. з яких – були вироблені автокомпанією Toyota, а решта – автокомпаніями Honda та Mazda.

У модельний ряд автокомпанії Toyota складається близько 21 автомобілів. Гібридні силові установки компанії Honda сконструйовані за паралельною схемою, вони в разі дешевші, ніж розробки компанії Toyota, але програють у плані економічності.

Автомобільний бренд Hyundai в 2013 році випустив серійний автомобіль Hyundai LPI Hybrid, який працює на газу, згодом застосований на автомобілі ГСУ стали встановлювати на автомобілі Kia Cerato, а через рік на південнокорейському ринку з'явився ще один автомобіль із застосуванням ГСУ, яким стала модель Optima. На даний момент південнокорейський ринок гібридних автомобілів має достатньо мізерний асортимент, чим скористався японський бренд Toyota, який почав захоплювати південнокорейський ринок гібридних автомобілів, почавши продавати свої позиції.

Китайські автомобілебудівники покладаю свої надії на на автомобілі гібридного типу марок Bvd і Chery, які почали серійне виробництво в 2009 році. КНР сприяє розвитку даного автомобільного сектора шляхом державних підтримок. Як не дивно, продажі автомобілів гібридного типу в Китаї не великі.

Відкриттям ринку гібридних автомобілів в РФ можна вважати 2005 рік, перший автомобільний бренд, що представляє цей сегмент, стала марка Lexus. З 2005 по 2016 рік у Україні було реалізовано близько 10 тисяч автомобілів даного типу. Лідером продажу є модель Prius. У період з 2009 по 2013 рік ця модель була продана близько тисячі штук. У Україні простежується тенденція зростання автомобілів, що продаються гібридного типу.

Маючи статистику за 17 років виготовлення автомобілів гібридного типу, по всьому світу було реалізовано 7 млн. автомобілів з гібридною силовою

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 11   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

установкою. Проте темпи реалізації мають впевнений характері і постійно зростають (рисунок 1.1).

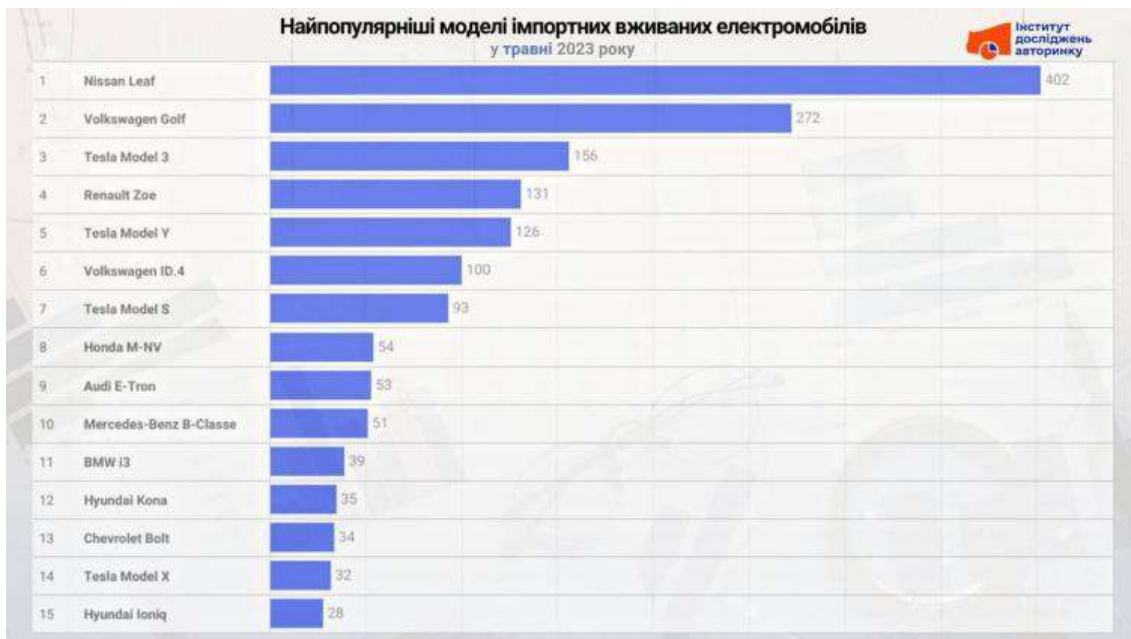


Рисунок 1.1 – Статистика продажів автомобілів гібридного типу

Згідно з графіком простежується, що автопарк автомобілів гібридного типу у числовому вираженні збільшуються: на 3,1 млн. шт. кожні 5 років. До 2019 року автопарк автомобілів гібридного типу може досягати 7 млн. шт. До того ж щорічний відсоток продажу автомобілів гібридного типу становитимуть 12% від загальної кількості всіх легкових автомобілів, що продаються.

На (рисунок 1.2) показано діаграму розподілу світового автопарку автомобілів гібридного типу за марками та моделями.

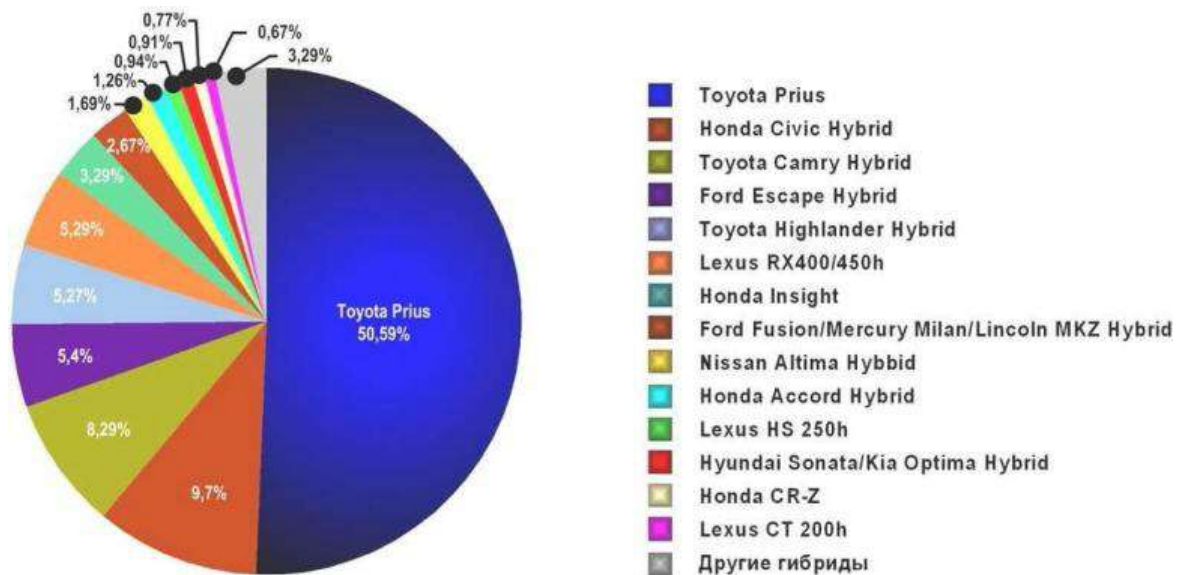


Рисунок 1.2 – Розподіл автопарку гібридних автомобілів гібридного типу за марками та моделями

## 1.2. Переваги та недоліки ГСУ

Головними факторами, що стимулюють розвиток попиту на ринку легкових автомобілів, є:

Екологічність та автотранспортний засіб у міському трафіку. Дослідження показали, що середнє споживання палива автомобілем становить 6,8(4,9) літрів / 100 кілометрів у міському (шосейному) трафіку. Для повнопривідних автомобілів 10,7 (7,5) літрів/100 км.

Використання сучасних технологій у машинобудуванні та розробка нових технологій цього сегменту. Більшість споживачів зацікавлена у використанні у житті нових технологій

машинобудування. Конструктивні особливості автомобілів гібридного типу вважатимуться такими, оскільки вони кардинально від традиційних легкових автомобілів із ДВЗ.

Електродвигун із стану спокою дозволяє розвинути максимальний

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 13   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

момент, що крутить, що в свою чергу скорочує час розгону до 100 км/год;

На автомобілі даного типу встановлюється автоматична коробка передач, що забезпечує комфорт під час руху у міському. До того ж базові комплектації мають великий спектр опцій, що забезпечує комфорт споживача.

Надійність. Аналіз зміни характеристик моделі Toyota Prius при експлуатації дали зрозуміти, що шанс появи несправності пов'язаних із коробкою передач становить 16%, при пробігу автомобіля у 100 тисяч кілометрів. Якщо порівнювати цей показник із традиційним легковим автомобілем, то у останнього вона становить приблизно 100%. У дорогих вузлів гібридних автомобілів термін служби становить близько 9-11 років. Вироблені гібридні автомобілі до 2001 року, експлуатуються без істотних поломок. Поверненням батарей автомобілів даного типу часто слугує неправильна експлуатація машини.

Проблеми, що гальмують продаж легкових автомобілів гібридного типу:

Вартість електрокомпонентів збільшує вартість автомобіля гібридного типу на 30%.

Погана організація технічного обслуговування компаніями виробниками автомобілів гібридного типу. До того ж відсутня можливість проведення відповідного ремонту і тех. обслуговування автомобілів на пунктах ремонту. Виникаючі труднощі разом знижують ажіотаж навколо даного автомобільного сегмента,

що в результаті оновлення автопарку на автомобілі гібридного типу. Транспортна стратегія Євросоюзу впроваджується на поступово відмову від споживання вуглеводневого палива, а до 2050 року – застосування повної відмови від вуглеводневого палива. Що б це досягти сьогодні плануються заходи для підтримки автомобілів гібридного типу та електричного, у таблиці 1 показані головні з них, які використовуються урядами країн світу.

Таблиця 1.1 – Основні методи державного стимулювання та підтримки

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 14   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

виробництва та купівлі економічних автомобілів

| Країна                  | Спосіб  |
|-------------------------|---|
| Сполучені Штати Америки | Фінансова підтримка придбання нових автомобілів при здачі наявного автомобіля на утилізацію. Розмір підтримки залежить від різниці витрат палива нового автомобіля і складає від 410 до 4510 дол.<br>Грант на розвиток інфраструктур виробництва комплектуючих для експлуатації автомобілів гібридного та електричного типу<br>Навчальні гранти на перепідготовку персоналу, що обслуговує, необхідного для виготовлення автомобілів гібридного типу. |
| Японія                  | Субсидія для придбання нових гібридних автомобілів або електромобілів.  |
| Франція                 | Субсидія для придбання нових гібридних автомобілів або електромобілів.<br>Субсидії Євросоюзу на дослідження та розробки екологічного автомобіля.  |
| Німеччина               | Законопроекти. Так, наприклад, якщо в сім'ї є більше одного, то він повинен мати найвищий клас екологічності безпеки, тобто. бути гібридного типу або повністю електричного типу.   |
| Великобританія          | Грант на розвиток інфраструктури виробництва екологічних автомобілів.<br>Субсидія придбання нових автомобілів гібридного типу або електромобілів.   |
| Китай                   | Субсидії при покупці нових гібридних автомобілів або електромобілів.  |

В Україні з 1 січня 2014 року запроваджено новий екологічний стандарт «Євро-5», він зачіпає як автомобілів, що виготовляються на території України, так і імпортованих з інших країн. Введеному «У технічному регламенті про безпеку колісних транспортних засобів» всі типи СУ поділяються на: двигуни внутрішнього згоряння, гібридні силові установки та електродвигуни. Представлено ГОСТ Р ЕН 1986-2011 «Автомобілі з електричною тягою», що впорядковує зміни енергетичних характеристик транспортних засобів гібридного типу та електричного.

Автомобільними виробниками виділяються не малі гроші на розвиток технології виробництва ГСУ, проводяться випробування дослідних зразків.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 15   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

На жаль, наявних заходів підтримки державі явно не вистачає.

Можна стверджувати, що сьогодні серійного виробництва автомобілів гібридного типу в Україні немає. Безумовно, ситуація негативно позначається для автобудівників і сприяє захопленню ринку гібридних автомобілів іноземними брендами. Проте вітчизняні автокомпанії мають шанси поборотися за ринки збуту автомобілів гібридного типу. Оскільки з боку держави розроблено заходи підтримки автовиробникам:

Заохочення виготовлення автомобілів з енергоефективними двигунами – за допомогою регулювання податку, що враховує, потужність двигуна, що розвивається, та його конструктивні особливості та витрата палива;

Заохочення купівлі нових автомобілів гібридного типу – за рахунок часткової фінансової підтримки їхньої купівлі з боку держави;

Заохочення поточної експлуатації автомобілів з енергоефективним двигуном – за рахунок диференційованих ставок транспортного податку, що враховує економічність автомобіля та загальну кількість палива, що витрачається ним.

### **1.3. Електроустановки – історія виникнення та перспективи розширення продаж.**

На початку 21 століття новий транспортний засіб почав робити перші боязкі кроки у бік популяризації. Постійне вдосконалення моделей та погіршення транспортної ситуації в мегаполісах зробили свою справу – легкі та в'язкі електросамокати стали розглядатися як повноцінний засіб пересування (рисунок 1.3). У сучасному світі ними обзаводяться служби доставки, правоохоронні органи та парки розваг. Жителі великих міст теж оцінили видатні здібності такого способу пересування і все частіше вибирають його як альтернативу автомобілям і наземному транспорту у разі високої завантаженості доріг.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 16   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |



Рисунок 1.3 – Електросмокат

Довгий час електросмокат сприймався лише на рівні цікавої іграшки. Зараз моделі мають значні характеристики, деяким виробникам вдалося вивести свої пристрої за межі асфальтованих доріг. Наприклад, Dualtron Speedway 4 легко розганяється

до 55 км/год, може проїхати до 100 км без підзарядки і має всі якості для забезпечення комфортної поїздки ґрунтовими дорогами.

Зручність та економічність використання відкривають чудові перспективи перед електросмокатами. Вже зараз вони можуть скласти конкуренцію звичнішим варіантам пересування. Перешкодою може стати лише посилення законів щодо використання таких транспортних засобів. Але поки що наші законодавці не прагнуть переймати досвід деяких європейських країн, і реальних зрушень у цьому напрямку найближчим часом чекати не варто.

Електровелосипед за своїм виконанням представляє трохи вдосконалений двоколісний велосипед, на який встановлений електричний привід. На ньому можна їздити на втіху, не витрачаючи сил, або підключати «педалі», коли закінчується зарядка. Таке конструктивне рішення дозволяє використовувати різні способи пересування, що вигідно вирізняє його серед

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 17   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

інших засобів переміщення (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 – Електровелосипед

Завдяки впровадження електричної тяги вдалося створити транспортний засіб, який може переміщатися на високих швидкостях порівняно великі відстані. Як правило, на одній зарядці електричний велосипед може рухатися на швидкості 25-50 км/год і проїжджати до 30-50 км. Це екологічний, дуже швидкий і економний вид транспорту.

Великі виробники бензинового транспорту, попри високий попит своєї продукції, багато років працювали над розробкою технології виготовлення екологічно чистих транспортних засобів. І це було пов'язано не лише зі зростанням цін на бензин, а необхідність виробництва електричного транспорту диктувала час.

Електричні мотоцикли, на відміну від бензинових, легші в управлінні, економніші в експлуатації та технічному обслуговуванні. Їхні акумулятори можна досить швидко підзарядити навіть від звичайної електромережі. Все ж таки доведеться прийняти той факт, що з роками цей унікальний у своєму роді транспорт повністю витіснить з ринку бензиновий (рисунок 1.5).

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 18   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |



Рисунок 1.5 - Електро-мотоцикл фірми HONDA

Якщо ви хочете крокувати в ногу з часом, не варто відмовлятися від можливості придбати особистий електричний транспортний засіб.

Побачите – він виправдає усі ваші сподівання. Якщо ви ставите питання про купівлю недорогого, безпечного і зручного транспортного засобу, чудовим варіантом для вас буде електроскутор (рисунок 1.6).



Рисунок 1.6 – Електроскутор фірми HONDA

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 19   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Електричні мотоцикли та скутери - транспортні засоби з двома або трьома колесами, які рухаються роботою електродвигунів. Як правило, джерелом живлення їх електричних двигунів є акумуляторні батареї.

Популярність електричних мотоциклів та скутерів зростає у зв'язку з підвищенням цін на бензин. Технологія виробництва батарей постійно покращується, роблячи цей вид транспорту дедалі практичнішим.

Радикальним підходом до питання покращення екологічної обстановки є широке використання електромобілів. На відміну від автомобілів з гібридними силовими установками тут передбачається повністю усунути традиційні поршневі двигуни, замінивши їх електродвигунами відповідної потужності.

Електромобілі не можна назвати інноваційною розробкою, оскільки їх застосування почалося ще на зорі автомобілізації, задовго до широкого впровадження поршневих ДВЗ. Перші експериментальні дорожні електромобілі з'явилися ще 1840-х роках, але найширше вони поширилися лише кінці 19 - початку 20 століття (рисунок 1.7). До 1900 року більше половини всіх автомобілів США мало електричний привід.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 20   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |



Рисунок 1.7 – Перший виїзд електромобіля Morrison

Удосконалення електродвигунів та акумуляторних батарей дозволяло електромобілям видавати вражаючі для того часу показники. Так, електромобіль Morrison, створений Вільямом Моррісоном в 1891 році і імовірно вважається першим електричним екіпажем у США, оснащувався електродвигуном потужністю 4 л. та мав максимальну швидкість 32 км/год. Машина призначалася на перевезення 6-12 пасажирів, важила близько 2 тонн, а запас ходу становив 80 км (рисунок 1.8).

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 21   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |



Рисунок 1.8 – Електромобіль Morrison

Електромобілі Vabcock та електричні фаєтони Bailey, що випускаються у 1910-х роках, мали рекордний запас ходу до 160 км на одному заряді акумуляторів.

Тим не менш, незважаючи на бурхливий розвиток електромобілів на початку 20 століття, вже до 1910 їх частка ринку разом з паромобілями знизилася до 1%. Переважна більшість автомобілів почали оснащувати поршневіми ДВЗ, що швидко вдосконалюються, використовують як паливо дуже дешеві на той момент продукти переробки нафти.

Погіршення екологічної обстановки у великих містах у 60-ті роки 20 століття змусило дослідників знову повернутися до електромобілів. Також причиною відновлення інтересу стало зростання цін на нафтопродукти, спровоковане паливними кризами, а жорсткі обмеження викидів токсичних компонентів, які впроваджуються в останні 20 років, змусили більшість світових автовиробників розпочати роботи у цьому напрямку.

|      |      |          |        |      |                        |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |                        |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        |  |  |  | 22   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ |  |  |  |      |

Електромобілі мають такі переваги:

Відсутність шкідливих викидів у місці використання (перенесення екологічно шкідливих процесів вироблення енергії до місця розташування електростанцій).

Можливість використання для вироблення електроенергії практично будь-яких джерел енергії використання енергії атомних електростанцій, гідроелектростанцій, сонячних електростанцій та теплових електростанцій, що працюють на більш дешевому та доступному паливі (вугілля, газ, біомаса, торф).

Спрощення конструкції автомобіля (в першу чергу двигуна та трансмісії), а, отже, і процесу його експлуатації та обслуговування.

Низький рівень шуму.

Можливість рекуперації енергії гальмування.

За очевидної привабливості такого рішення у реальних умовах використання електромобілів пов'язані з низкою важливих труднощів:

Необхідність запасання та зберігання на борту великої кількості електроенергії в акумуляторних батареях, які на сьогодні мають або значно менші, ніж вуглеводневе паливо питомої запасеної енергії (а, отже, для прийняттого пробігу на одній зарядці така батарея матиме велику масу та габарити), або дуже дорогі. Як наслідок – висока ціна та малий пробіг від одного заряду (пробіг без підзарядки сучасних електромобілів приблизно дорівнює пробігу електромобілів 1910-х років).

Тривалий час заряджання акумуляторів (до 6 - 8 годин від побутової) електромережі) порівняно із заправкою паливом. Необхідність розгортання спеціальних зарядних станцій (у тому числі у містах із щільною забудовою)

При широкому поширенні електромобілів прогнозується брак електроенергії, що спричинить будівництво великої кількості нових електростанцій і, як наслідок, підвищення тарифів на електроенергію.

Екологічно небезпечне виробництво акумуляторних батарей та необхідність їхньої утилізації.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 23   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Низький сумарний ККД системи «паливо – електроенергія – механічна енергія на валу електродвигуна автомобіля». ККД виробництва механічної енергії, з урахуванням вироблення та транспортування електроенергії становить приблизно 15%, тоді як ККД дизельного ДВЗ знаходиться в межах 40%. Крім того, як показали дослідження Британської асоціації з оренди та лізингу автомобілів (BVRLA), 3-річна експлуатація серійного електромобіля Nissan Leaf з усіма пільгами коштує приблизно на 5000 фунтів стерлінгів дорожче, ніж аналогічного автомобіля з дизельним двигуном.

Збільшення витрати електроенергії через необхідність забезпечувати допоміжні пристрої, наприклад, кліматичну установку, яка в традиційному автомобілі використовувала тепло, що відводиться системою охолодження ДВЗ.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 24   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

## 2. ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЙ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З ЕЛЕКТРОДВИГУНОМ

### 2.1. Компонування електромобілів

Останні 100 років важлива схема електромобіля мало змінилася (рисунок 2.1).

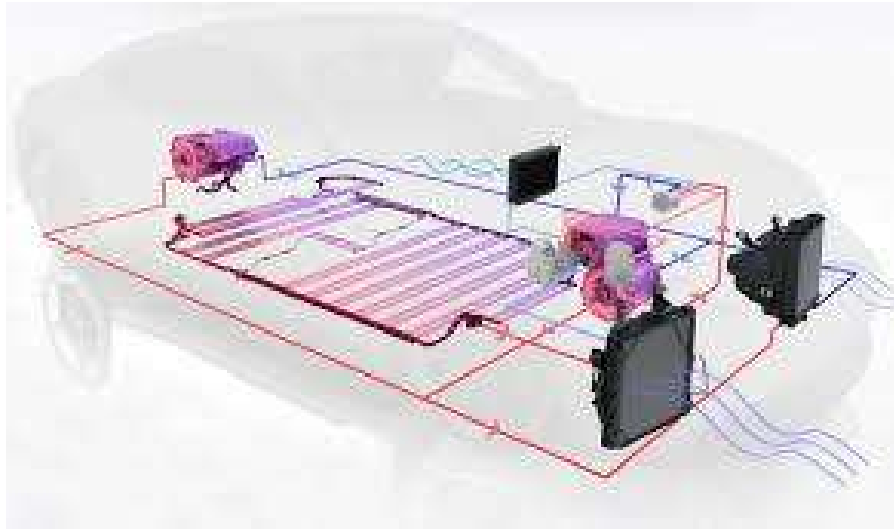


Рисунок 2.1 - Компонувальна схема електромобіля

Силова установка складається з трьох основних елементів: Тягових високовольтних акумуляторних батарей, блоку керування та електродвигуна. Блок керування, залежно від положення керуючих органів водія, регулює подачу електроенергії від тягових батарей на електродвигун. При уповільненні автомобіля перемикає двигун у генераторний режим, забезпечуючи рекуперацію кінетичної енергії.

У сучасних електромобілях таке найпростіше компонування доповнюється вузлом заряджання батарей, додатковими джерелами живлення, захисними пристроями тощо. (Рисунок 2.2).

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 25   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

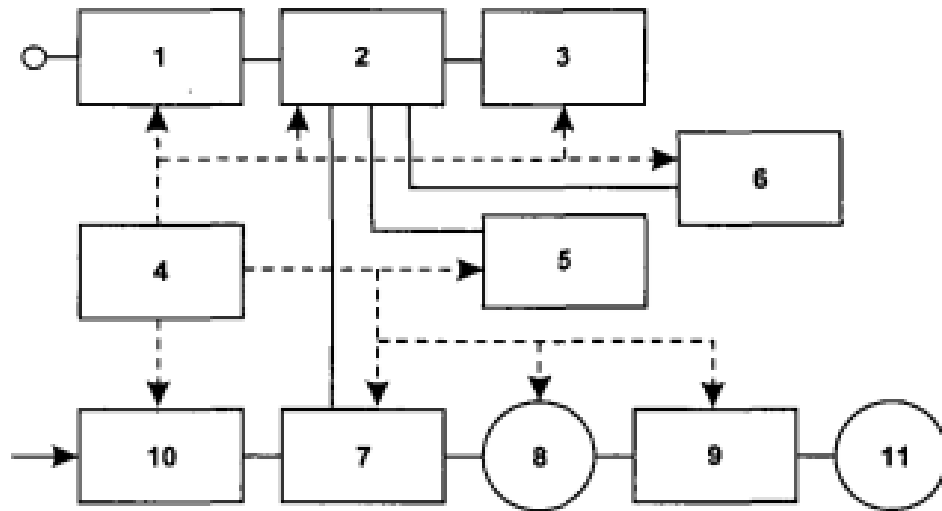


Рисунок 2.2 - Блок-схема сучасного електромобіля

На рисунку 2.2 цифрами позначено:

Зарядний пристрій. Забезпечує підключення електромобіля до електромережі, перетворює змінну напругу на постійну для заряду тягових і допоміжних акумуляторних батарей.

Пристрій захисту. Блок реле та запобіжників, які включені між акумуляторною батареєю та споживачами.

Тягова акумуляторна батарея.

Блок керування.

Допоміжна акумуляторна батарея. Зазвичай має напруга 12В. Забезпечує роботу допоміжних пристроїв з малим споживанням енергії (освітлювальних приладів, панелі приладів, склопідйомників тощо)

Система клімат-контролю салону. Є споживачем з великим витратою електроенергії та зазвичай живиться від тягових батарей. Складається з кондиціонера та електроопалювача.

Електронний контролер електродвигуна. Формує необхідний вид напруги живлення, таким чином, керуючи числом оборотів і моментом двигуна, що крутить.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 26   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Електродвигун.

Механічна трансмісія (використовуватись при необхідності разом із деякими видами електродвигунів).

Органи керування електромобілем.

Колеса електромобіля.

## **2.2. Класифікація гібридних силових установок за потужністю електричної силової установки**

У паралельних та змішаних схемах компонування автомобілів з гібридними силовими установками можливе широке варіювання потужностей як ДВЗ, так і електродвигуна. Класифікація таких установок проводиться як за абсолютною, так і відносною часткою електроприводу в сумарній потужності. Відносна частка є відношенням потужності електричної силової установки (електродвигуна) до сумарної потужності гібридної силової установки (потужність ДВЗ плюс потужність електродвигуна).

Класифікація по абсолютній частці (РЕ) більш поширена через простоту застосування. Відповідно до неї виділяють такі категорії гібридних силових установок:

Мікрогібрид (менше 6 кВт)

Малий гібрид (6 – 20 кВт)

Повний гібрид (понад 40 кВт)

У мікрогібридах електродвигун не наводить провідні колеса автомобіля, а використовується для запуску ДВЗ при русі в режимі «старт- стоп». Такі електродвигуни, як правило, використовують напругу 12В. Ціна автомобіля з подібною системою зростає орієнтовно на 300 – 800 €, а її застосування дозволяє скоротити споживання палива на 3 – 6%.

Електродвигуни в малих гібридах не тільки забезпечують рух у режимі «старт-стоп», а й збільшують максимальну потужність гібридної силової установки на високих навантаженнях. Також вони здатні забезпечити рух автомобіля з малою швидкістю при заглушеному ДВЗ.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 27   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Реалізується переважно паралельна схема компоновання.

Електродвигуни тут працюють при напрузі 42В або 144В, а збільшення вартості автомобіля з такою системою, залежно від характеристик та конфігурації, знаходиться в межах 1000-2000 євро. Витрата палива завдяки реалізації принципу рекуперації енергії гальмування знижується на 10-20%.

У повних гібридах можлива реалізація як паралельної (за аналогією з малими гібридами), так і змішаної схеми компоновання. В останньому випадку, на режимах малих навантажень, автомобіль здатний довгостроково пересуватися на електродвигуні, а ДВЗ періодично заряджатиме акумулятор. Така система, як описано вище, досить складна і дорога (близько 4000-8000 €). Робоча напруга знаходиться в межах 250В, а потенціал зниження витрати палива становить 30-40%.

Аналізуючи сказане вище можна зробити висновок, що застосування електричних гібридних силових установок, незалежно від схеми підключення або потужності електродвигуна доцільно в тому випадку, якщо автомобіль переважну частину часу експлуатується в умовах міста з щільним рухом. Якщо при експлуатації автомобіля більша частина часу припадає на рух трасою, доцільнішим буде використання традиційного дизельного двигуна.

### 2.3. Конструктивні схеми ГСУ

Для приводу транспортних засобів, можливо, використовувати не тільки поршневі ДВЗ, а й інші силові установки, у тому числі комбіновані або, як їх прийнято називати, гібридні.

Спочатку як двигун для автомобілів використовувалася парова машина, але, зважаючи на низький к.п.д., вона була витіснена електроприводом, який незабаром також був заміщений поршневим ДВЗ (рисунок 2.3).

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 28   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |



Рисунок 2.3 – Двигун із гібридною силовою установкою

Протягом останніх 100 років не припиняються спроби замінити поршневі ДВЗ на інші альтернативні силові установки: двигун Стірлінга (зовнішнього згоряння), газотурбінний двигун, роторно- поршковий двигун, паливні елементи. Тим не менш, широкого розповсюдження такі схеми не набувають.

Найбільш ймовірною альтернативою, здатною хоча б частково замінити силові установки на базі поршневих ДВЗ, є сучасні електричні силові установки та гібридні силові установки (у складі яких, проте, є поршковий ДВЗ).

#### 2.4. Гібридні силові установки

Питання підвищення економічності та екологічність транспортних засобів не обмежується вдосконаленням безпосередньо поршневого ДВЗ. Знизити витрату палива можливо шляхом реалізації рекуперації кінетичної енергії транспортного засобу, що рухається, зазвичай втрачається у вигляді теплоти при гальмуванні. Зменшення витрати палива та токсичних викидів, окрім рекуперації енергії гальмування, можна домогтися також виключенням

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 29   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

низькоефективних режимів роботи ДВЗ (холостий перебіг, малі навантаження).

Для організації рекуперації енергії гальмування в умовах сучасного автомобіля на його шасі, крім традиційної силової установки на базі поршневого ДВЗ, повинна бути встановлена інша силова установка, здатна перетворювати кінетичну енергію транспортного засобу, що рухається, при гальмуванні в зручний для зберігання і накопичення вид, і витратити накопичену енергію при прискоренні чи їзді з малою швидкістю. Силова установка, що складається з двох і більше силових установок, що працюють на різномірній енергії, називається гібридною (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – Гібридна силова установка у розрізі

Зменшити тривалість роботи двигуна на низькоефективних режимах також можна, наприклад, рахунок системи «Старт-Стоп», що примусово зупиняє двигун при зупинці автомобіля, що дозволяє значно підвищити економічність, особливо в міських умовах.

У той же час гібридні силові установки мають ряд істотних недоліків:

Підвищена складність конструкції та системи управління.

Збільшена маса.

Збільшена вартість, у тому числі й експлуатаційна. Автомобілі,

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 30   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

обладнані силовими гібридними установками, часто умовно називають «гібридами», що некоректно.

Гібридні силові установки різняться залежно від того, який вид енергії використовується в силовій установці, що працює в парі з традиційним поршневим ДВЗ. В даний час виділяють два основні типи гібридних силових установок: електричні та механічні.

У механічних силових гібридних установках для накопичення енергії можуть бути використані судини, що працюють під тиском пневматичні акумулятори, гідроакумулятори з пневматичним накопичувачем (рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 – Гідроакумулятор із пневматичним накопичувачем

Великі масогабаритні показники систем з подібними накопичувачами, а також складність перетворення енергії при рекуперації обмежують їх застосування на мобільних установках.

Також до механічних гібридних силових установок належать системи на основі інерційних накопичувачів. Як акумулятор енергії тут виступає маховик, що розкручується при рекуперативному гальмуванні до високих оборотів (порядку 60 тис. об/хв). Перевагами подібної схеми є відносна простота конструкції та компактність накопичувача, широкі температурні діапазони роботи, відсутність необхідності перетворення обертання на інший вид енергії. Основний недолік - складність трансмісії, що узгоджує обертання маховика, що накопичує, і провідних коліс автомобіля. Тим не менш, подібні

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 31   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

системи вже використовуються у болідах Формули 1 (в рамках системи KERS – Kinetic Energy Recovery Systems, допущеної до застосування відповідно до технічного регламенту Формули 1 від 2009 року). Деякі провідні автомобілебудівні фірми світу (Volvo, Porsche) працюють над реалізацією серійних версій такої системи (рисунок 2.6).

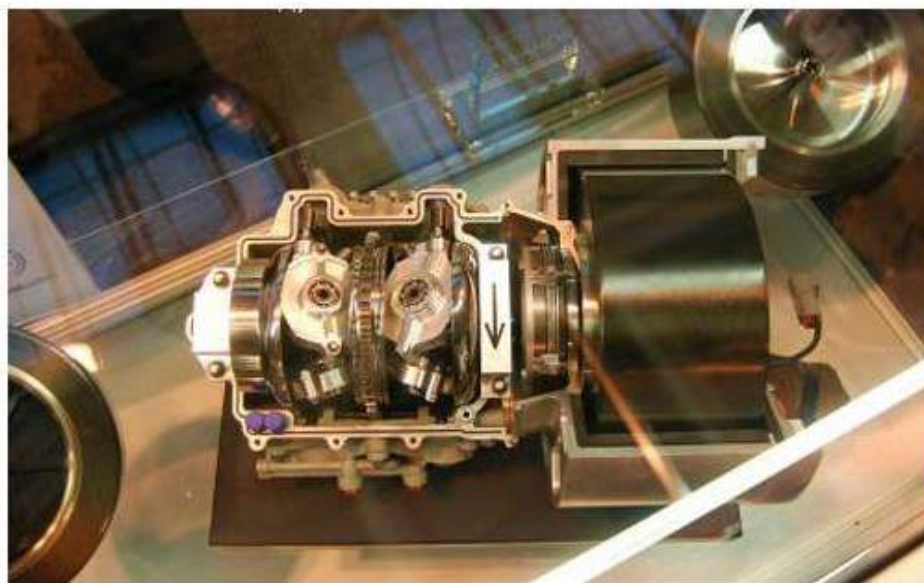


Рисунок 2.6 – Інерційний накопичувач

Великий досвід створення гібридних силових установок показує, що рекуперацію, накопичення і повернення енергії на привід коліс найпростіше організувати за допомогою перетворення обертання в електричну енергію. Саме тому найбільшого поширення останнім часом набули електричні гібридні силові установки (далі просто «гібридні силові установки»). Основним їх недоліком є необхідність використання акумуляторних батарей як накопичувачів електричної енергії. Навіть найсучасніші електричні акумулятори мають обмежений ресурс і низькі показники питомої енергії, що запасається, що тягне за собою необхідність розміщення на шасі автомобіля масивних акумуляторних комплексів. Крім того, електричні акумулятори мають вузький температурний діапазон роботи, що змушує використовувати спеціальні системи, що підігрівають або охолоджують. Певні труднощі

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 32   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

викликає також утилізація відпрацьованих акумуляторів.

Незважаючи на те, що найдинамічніші автомобілі з гібридними силовими установками розвиваються останні 20 років, основи технології були закладені ще на початку 20 століття. Так, першим подібним автомобілем вважається Lohner-Porsche, збудований у 1900-1901 роках відомим конструктором Фердинандом Порше, засновником однойменної автомобільної компанії.

Незважаючи на те, що індустрія автомобілів з гібридними силовими установками вже практично повністю сформувалася, досі немає єдиних підходів до класифікації основних схем компоновання. Найчастіше в літературі зустрічається їх підрозділ на три групи, залежно від того, яким чином здійснюється привід провідних коліс автомобіля:

Послідовна схема.

Паралельна схема.

Змішана схема (послідовно-паралельна). Головною особливістю послідовної схеми є провідні колеса наводяться тільки від електродвигуна. ДВЗ на такому автомобілі виконує функцію зарядного пристрою для акумуляторних батарей. Схема автомобіля, обладнаного гібридною силовою установкою з послідовним приводом показана (рисунку 2.7).



|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 33   |

Рисунок 2.7-Послідовна схема компонування автомобіля з гібридною силовою установкою

Робота подібної системи відбувається так: Тяговий електродвигун витрачає енергію, запасену в батареях. Спеціальна електроніка повністю контролює процес руху транспортного засобу та по можливості активує режим рекуперативного гальмування.

Але на відміну від електромобілів, при сильному розряді тягових батарей запускається поршневий ДВЗ і обертаючи генератор, заряджає батареї.

Подібна схема давно відома і широко застосовується у тих випадках, коли складно чи недоцільно організувати механічну трансмісію (кар'єрні самоскиди, тепловози, підводні човни тощо).

До переваг послідовної схеми можна віднести наступне: 1. ВіГСУтність складної механічної трансмісії.

Оскільки ДВЗ при генеруванні електроенергії постійно працює на тому самому режимі, можна максимально оптимізувати його робочий процес під цей режим.

Недоліками такої схеми є:

Обмеження максимальної потужності автомобіля максимальною потужністю електродвигуна, що змушує використовувати більш потужні, а отже, більш важкі та дорогі електродвигуни, генератори та батареї.

Низька ефективність установки, обумовлена втратами енергії при перетворенні обертання на електрику, акумулюванні та зворотному перетворенні електроенергії на обертання. Оскільки вся енергія, що виробляється на борту, проходить подвійне перетворення, втрати будуть значно вищими, ніж на інших видах компонування гібридних силових установок.

Характерним представником послідовної схеми компонування автомобіля з гібридною силовою установкою можна назвати Chevrolet Volt

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 34   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

(рисунок 2.8).



Рисунок 2.8 – Схема реалізації послідовного компонування на прикладі автомобіля

Цей автомобіль обладнаний електродвигуном потужністю 150 к.с., що живиться від Т-подібного блоку літій-іонних батарей із запасом ходу до 65 км. При вичерпанні батарей для їх заряджання використовується поршневий ДВЗ об'ємом 1,4 літра і потужністю 84 к.с. Паливо – бензин чи його суміш із етанолом (Е85).

На відміну від розглянутою вище послідовною схеми, паралельна схема (рисунок 2.9) компонування автомобіля з гібридною силовою установкою передбачає, що обидва двигуни спільно наводять провідні колеса автомобіля. В електричній силовій установці функції двигуна та генератора енергії рекуперативного гальмування виконує один пристрій оборотний електродвигун або мотор-генератор (G/M).

## ПАРАЛЕЛЬНА СХЕМА

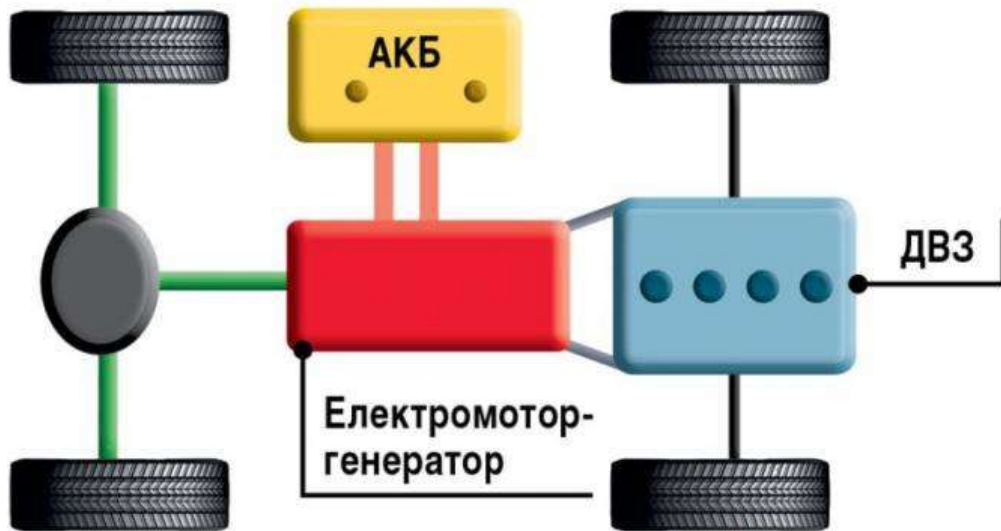


Рисунок 2.9 – Схема гібридної трансмісії паралельного типу

Недоліком схеми є жорсткий зв'язок між ДВЗ та електродвигуном, оскільки в режимі рекуперативного гальмування та при русі тільки на електродвигуні частина енергії неминуче втрачається на обертання ДВЗ. Як наслідок, скорочуються можливі режими руху лише за рахунок електродвигуна. Для зменшення втрат на таких режимах руху за допомогою фірмової системи керування фазами газорозподілу Honda і- VTEC відключається привід клапанів ДВЗ.

Змішана (послідовно-паралельна) схема компоновки автомобіля з гібридною силовою установкою, як це впливає з назви, здатна функціонувати як послідовно, так і паралельно, залежно від режиму руху автомобіля. Причина появи цієї схеми полягає в бажанні позбутися основної істотної нестачі паралельної схеми – необхідності обертати ДВЗ під час рекуперативного гальмування та руху лише на електродвигуні.

Очевидно, що досягти цього можливо за рахунок введення різних додаткових вузлів та агрегатів: окремого генератора, додаткового зчеплення, специфічних КПП тощо. Отже, негативною стороною такого підходу стане

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 36   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

складність конструкції та збільшення маси. У той самий час реалізація змішаної схеми дозволить значно розширити режими руху, у яких використовується лише електродвигун. З тієї ж причини збільшиться можливість виключення малоефективних режимів ДВЗ.

Змішана схема компоновання автомобіля з гібридною силовою установкою показана (рисунку 2.10).



Рисунок 2.10 – Послідовно-паралельна (змішана) схема компоновання автомобіля з гібридною силовою установкою

Характерним прикладом реалізації змішаної схеми є автомобіль Toyota Prius, найпопулярніший в даний час автомобіль з гібридною силовою установкою, що випускається японською компанією Toyota з 1997 року (у період з 1997 по 2011 роки на конвеєрі змінилося 3 покоління автомобіля). В останньому поколінні цей автомобіль обладнується поршнеvim ДВЗ об'ємом 1,8 літра і потужністю 99 при цьому потужність електродвигуна становить 82. Електроенергія запасується в нікель- металгідридних акумуляторах (напруга 201, В, вага 45 кг).

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 37   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Особливим відмітним елементом це автомобіля, характерним для всіх представників змішаної схеми компоновки автомобіля з гібридною силовою установкою, є унікальна планетарна трансмісія (запатентована технологія Toyota Hybrid Synergy Drive), що дозволяє розподіляти момент, що крутить, між ДВЗ, електродвигуном, генератором і провідними колесами.



Рисунок 2.11 - Планетарна трансмісія автомобіля Toyota Prius: 1 - маховик; 2 – генератор; 3 – сонячна (центральна) шестерня планетарного редуктора; 4 - водило із сателітами планетарного редуктора; додатковий планетарний редуктор електродвигуна; 6 – провідна шестерня головної передачі (коронна шестерня планетарного редуктора); 7- ведена шестерня головної передачі; 8 – електродвигун

Планетарний редуктор, що лежить в основі цієї трансмісії, складається з трьох основних частин: сонячної (центральної) шестірні, водила, що фіксує рухливі сателіти один щодо одного та коронної шестерні (епіциклу). Провідні колеса автомобіля (через головну передачу) та тяговий електродвигун з'єднані

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 38   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

з коронною шестернею, ДВЗ з'єднаний з водилом (тобто з блоком шестерень-сателітів), а генератор – із сонячною шестернею.

Застосування такої системи дозволило повністю відмовитися від додаткової КПП, оскільки обороти ДВЗ плавно регулюються електронікою за допомогою зміни навантаження генератора (енергія ДВЗ, що споживається генератором, залежно від режиму руху і ступеня зарядки акумуляторів може або запасатися, або відразу подаватися на електродвигун). Для узгодження швидкісних режимів ДВЗ та електродвигуна на цьому автомобілі потрібно було включити в трансмісію ще один планетарний редуктор, що знижує оберти електродвигуна (рис. 2.12).



Рисунок 2.12 – Планетарний редуктор

Принцип регулювання ДВЗ за допомогою навантаження сполученого з ним генератора дозволяє експлуатувати ДВЗ на найбільш ефективних режимах роботи. Інженери фірми Toyota використовували цю можливість і як поршневий двигун гібридної силової установки використовували ДВЗ, що працює за циклом Аткінсона код двигуна 2ZR- FХЕ (рисунок 2.13).

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 39   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |



Рисунок 2.13 – Двигун працюючий за циклом Аткинсона 2ZR-FXE

У цьому двигуні впускні клапани закриваються із запізненням, у результаті частина свіжого заряду витісняється назад у впускну систему. Тиск кінця стиснення в цьому циклі менше, ніж у двигуні, що працює за циклом Отто тієї ж геометрії. Це дозволяє додатково збільшити геометричний ступінь стиснення  $\epsilon$ , відповідно, ступінь розширення (ступінь стиснення ДВЗ автомобіля Toyota Prius дорівнює 13). Таким чином, при тому ж фактичному ступені стиснення, двигун, що працює по циклу Аткинсона, має більший ступінь розширення, ніж двигун, що працює за циклом Отто. Це дає можливість більш повно використовувати енергію газів, що розширюються в циліндрі, що підвищує теплову ефективність двигуна. Основним недоліком такого рішення є низька стабільність роботи на малих навантаженнях і холостому ході, що в умовах змішаної схеми компонування автомобіля з гібридною силовою установкою повністю усувається.

Режими роботи змішаної схеми мало відрізняються від таких для

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 40   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

паралельної схеми. Виняток становить режим утрудненого руху (у пробках) або руху з малою швидкістю, коли автомобіль пересувається лише за рахунок електродвигуна. У цьому режимі при розряді батареї система керування автоматично запускає ДВЗ для підзарядки (як у послідовній схемі). В автомобілі ToyotaPrius, через специфіку регулювання, на режимах високих навантажень частина енергії, виробленої ДВЗ, все одно йде на привід електродвигуна, який живиться одночасно ще й від батареї.

## 2.5. Електродвигуни та контролери

Для керування тяговими електродвигунами необхідно змінювати оберти двигуна і крутний момент на валу відповідно до впливів водія і умовами руху, що змінюються, обмежувати максимальний струм. Для цього використовується електронний контролер електродвигуна (рисунок 2.14), який повинен забезпечувати:

- Плавне регулювання обертів двигуна
- Рекуперація енергії при гальмуванні
- Захист від перевантажень та перегріву
- Реверс



|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 41   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

## Рисунок 2.14 – електронний контролер електродвигуна

В електромобілях використовуються електроприводи постійного та змінного струму. У приводах постійного струму використовуються традиційні колекторні електродвигуни із послідовним збудженням.

Оберти регулюються за допомогою імпульсних перетворювачів постійної напруги. У безколекторних двигунах постійного струму значно знижується необхідність обслуговування.

Двигуни змінного струму недорогі, практично не потребують обслуговування. Для їхнього управління потрібні складні трифазні інвертори, що формують напругу змінної частоти.

До електродвигунів, які застосовуються на електромобілях, пред'являється ряд специфічних вимог:

Висока ефективність

Простота технічного обслуговування.

Мала вага та габарити

Здатність витримувати навантаження та забруднення

Безпека

Бортові джерела електроенергії Як джерела електричної енергії для електромобілів передбачається використовувати такі основні пристрої:

Акумуляторні батареї,

Конденсатори,

паливні елементи.

Незважаючи на всі сучасні досягнення, ні паливні елементи, зважаючи на дорожнечу і складність, ні конденсатори, через мале значення питомої енергії, що запасається, не знайшли широкого застосування в електромобілях. Внаслідок цього основними джерелами енергії для електромобілів, як і сто років тому, залишаються хімічні акумулятори, об'єднані в акумуляторні тягові батареї.

Енергія, запасена в акумуляторних тягових витрачається бантаарях,

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 42   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

привід провідних коліс і забезпечення внутрішніх споживачів (або безпосередньо, як, наприклад, у разі кліматичної установки, або за допомогою допоміжної акумуляторної батареї з низькою напругою).

Такі акумулятори характеризуються малою вартістю та високою надійністю, але помітно програють іншим типам акумуляторів за питомою енергією та потужністю. Зі зниженням температури характеристики свинцево-кислотних акумуляторів поступово погіршуються, але не так різко, як це відбувається на інших типах акумуляторів, чим частково пояснюється їхнє широке застосування на транспорті. Застосування як електроліт сірчаної кислоти негативно впливає на навколишнє середовище.

Переваги:

Висока енергетична щільність

Низький саморозряд

ВіГСУтність ефекту пам'яті

Простота обслуговування Недоліки:

Можливість вибухового руйнування при перезаряді та/або перегріві (потрібна спеціальна захисна система)

Вихід з ладу при глибокому розряді

Старіння

Обмежений температурний діапазон роботи

Висока ціна

Аналіз експлуатаційної надійності ГСУ

Опис елементів гібридного приводу, що діагностуються.

Prius оснащений двигуном внутрішнього згорання, об'ємом 1498 см<sup>3</sup>.

Встановлений на версії 2009 використовується інший двигун об'ємом 1,7 літра. Назви для двигуна компанії Toyota Prius: 1NZ-FXE ( Рисунок 3.1).

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 43   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |



Рисунок 3.1 – Двигун Toyota Prius 1NZ-FXE

У двигуні 1NZ-FXE використовується цикл Аткинсона-Міллера. У циклі Аткинсона-Міллера впускний клапан не фіксують у нижній мертвій точці, а фіксують відкритим, у момент, коли поршень починає підніматися. Частина суміші виштовхується у впускний колектор (щоб задіяти в іншому циліндрі). Точка, в якій клапан впуску буде закритий, буває змінною. Об'єм суміші, що задіюється для стиснення, може цим методом бути зменшений, не застосовуючи обов'язкового закриття дросельної заслінки. За допомогою цього варіанта, можливо, контролювати вихідну потужність двигуна без високих насосних втрат, це робить двигун більш ефективним, ніж звичайний у режимах часткової потужності, які задіяні в більшості подібних ситуацій.

Тепловий коефіцієнт корисної дії двигуна 1NZ-FE, що функціонує за циклом Отто, зростає 35% за максимальної потужності і падає до 18% при  $0,2 N_{max}$ . подібний двигун 1NZ-FXE, але функціонує за циклом Аткинсона-Міллера, при  $0,2 N_{max}$  має коефіцієнт корисної дії 34%.

Гарантійний термін роботи досягає 100 тис. км або 5 років, залежно від того, що настане раніше.

У гібридній силовій установці автомобіля Prius використовується

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 44   |

нікель-металогідридна високовольтна акумуляторна батарея (Ni-MH ВВБ) компанії Панасонік (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 – Зовнішній вигляд нікель-металогідридної батареї Toyota Prius

Питома потужність дозволяє побачити, яку потужність, можливо, віддавати акумулятору при заданій вазі. Це показник можливості автомобіля з гібридної силової установки прискорюватися та долати підйом.

### 3. АНАЛІЗ ВІДМОВ, ЩО ВИНΙΚАЮТЬ, І НЕСПРАВНОСТЕЙ ГСУ

Існують рекомендаційні документи та ГОСТ 27.310-95 «Надійність у техніці», в якому йдеться про порядок проведення випробувань на перевірку надійності. Випробування в реальних експлуатаційних умовах є одним із головних методів аналізу надійності автомобіля. З метою отримання повної та достовірної інформації, випробування проводять на підприємствах, що спеціалізуються на обслуговуванні автомобілів з гібридними силовими установками, найбільшим з них є автотехцентр HYBRIDS.ru. Для отримання достовірних даних про поломки гібридних силових установок відбираються автомобілі, які обслуговуються відповідно до технічного регламенту.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 45   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Головними несправностями ВВБ є: неприпустимо не висока напруга; не допустиме перевищення температури

при заряді; втрата ємності; великий внутрішній тиск при заряді; швидкий саморозряд.

Ремонт поломки ВВБ полягає у здійсненні відновного циклу заряду, заміни зіпсованих осередків або всієї батареї.

Гарантійний термін експлуатації за умов сервісного обслуговування становить 160 тис. км чи 8 років, залежно від цього, що настане раніше.

Високовольтна акумуляторна літій-іонна батарея не тільки забезпечує енергією електродвигун, а й заряджає звичайну дванадцятивольтову акумуляторну батарею, поміщену в багажнику автомобіля (рисунок 3.3).



Рисунок 3.3 – Місце розташування акумуляторної батареї багажнику автомобіля

У цьому варіанті 12-вольтова акумуляторна батарея не застосовується для запуску двигуна і має малі габарити. Ємності батареї достатньо для постачання електроенергією звичайного 12-вольтового електроустаткування

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 46   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

всього автомобіля, а також систему освітлення. Так як для запуску двигуна внутрішнього згоряння застосовується мотор- генератор за рахунок енергії високовольтної акумуляторної батареї.

На автомобілях з ГСУ паралельного типу застосовується ВВБ невеликої ємності (0,5 – 2,0 кВт·год), а автомобілі з послідовної чи комбінованої СУ (повний гібрид) використовуються акумуляторні батареї значно більшої ємності 5 – 7 кВт·год.

Невеликий блок літій-іонних акумуляторної розробленої батареї, компаніями Continental і JCS Saft, включає 36 елементів і має ємність 6,5 А·год, а номінальну напругу 120 В. Акумуляторна батарея має велику питому об'ємну потужність – 1,9 кВт/л, але кількість запасеного в акумуляторної батареї невелика 0,8 кВт \* години. Блок батареї встановлений у систему кондиціонування повітря так, що він може охолоджуватися окремо від ДВЗ. Спеціальні клапани дають можливість при експлуатації використовувати охолодження повітря в салоні автомобіля без втручання у процес охолодження блоку батареї (рисунок 3.4).

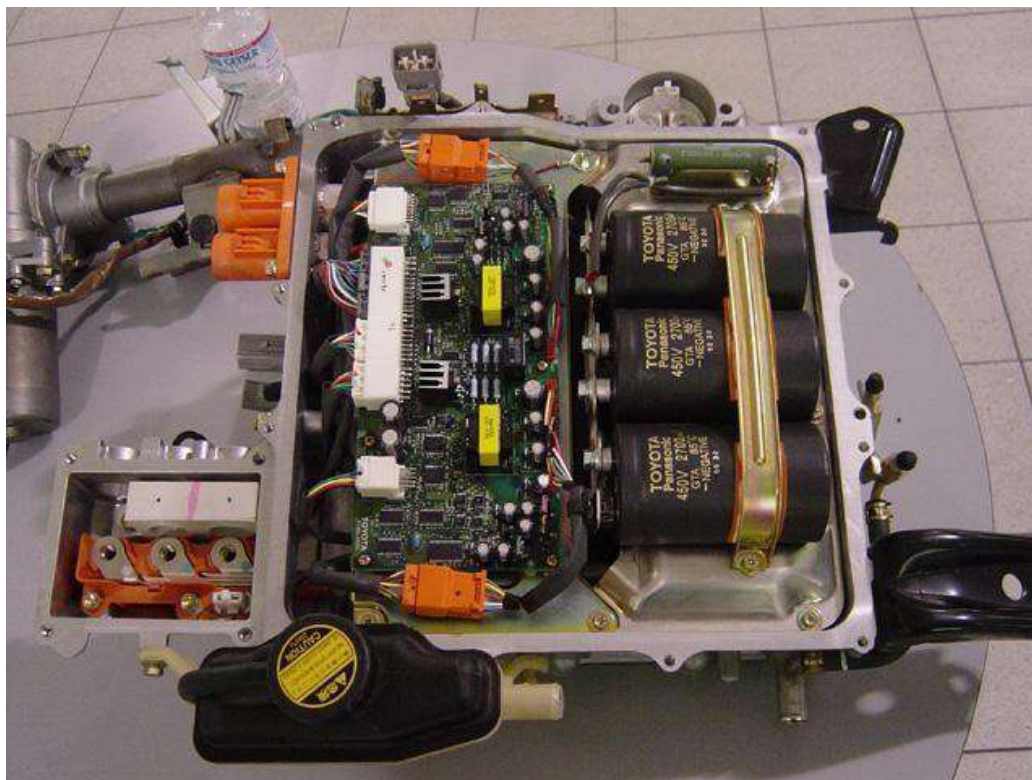


Рисунок 3.4 – Пристрій розподілу потужності

|      |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | 47   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

При двигуні внутрішнього згорання, що не функціонує, компресор з електричним приводом крім охолодження салону автомобіля, ще відповідає за охолодження блоку акумуляторних батарей. Для запобігання серйозним пошкодженням акумуляторних батарей температура блоку не повинна збільшуватися до 50 0C на будь-якому режимі роботи СУ. Найкраща експлуатаційна температура батареї входить у діапазоні від 15 0C до 35 0C.

Гарантійний термін при використанні в умовах належного сервісного обслуговування досягає 160 тис. км або 8 років.

Prius, має CVT (Continue Variable Transmission) - безступінчасто-регульовану, цей пристрій дозволяє розподіляти потужність. Ланцюгом Морзе зв'язуються вали планетарною та главою (рисунок 3.5).

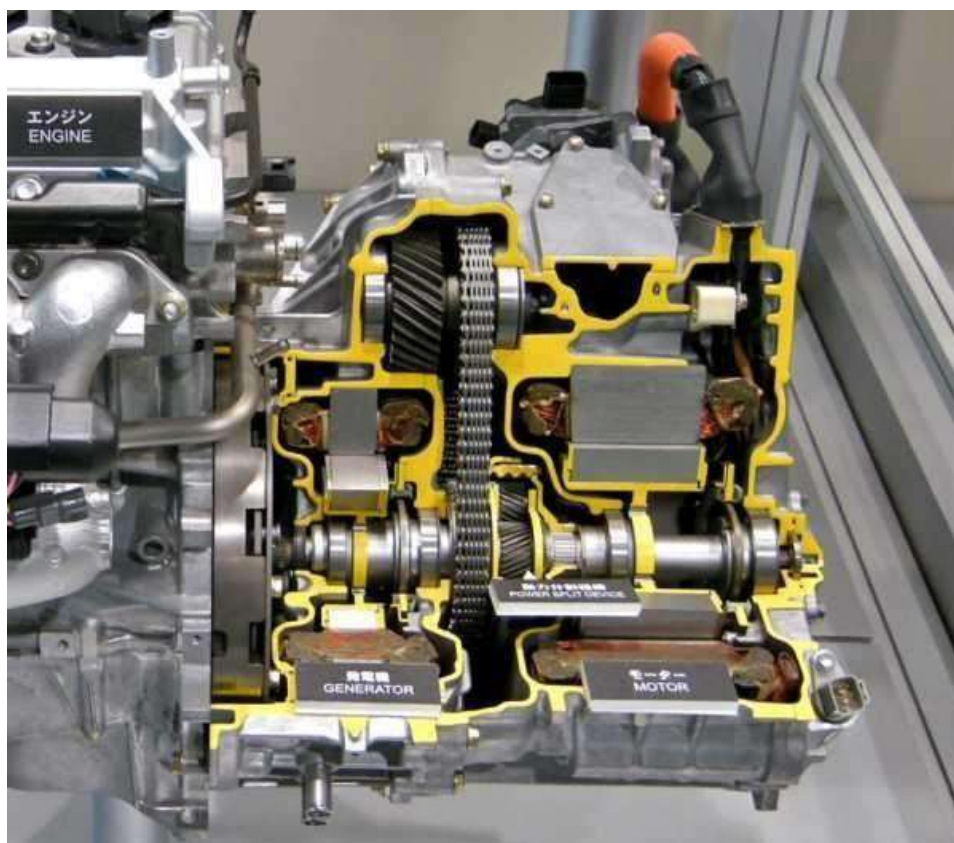


Рисунок 3.5 – Безступінчасто-регульований ланцюг у гібридному силовій установці

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 48   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

## **4. РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ З ЕЛЕКТРИЧНОЮ СИЛОВОЮ УСТАНОВКОЮ**

### **4.1. Визначення технічного стану транспортного засобу на стендах тягових якостей**

У кожного власника транспортного засобу в документах вказано дані про максимальну потужність/момент їх двигуна. Якщо пошукати, іноді виробники діляться і графіками, що показують зміну цих величин із оборотами (рисунок 4.1). Ці графіки отримують в результаті випробувань двигуна на моторному стенді за строго визначеною процедурою. Стандартів таких процедур є кілька, зараз найпоширеніша версія від міжнародної інженерної асоціації SAE J1349.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 49   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

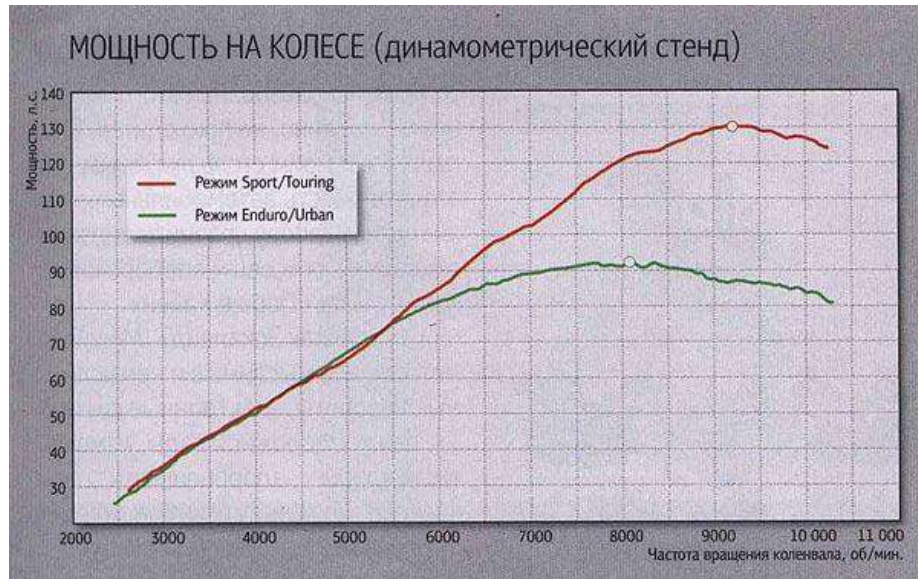


Рисунок 4.1 –Приклад графіка отриманого на стенді тягових якостей і показує зміну цих величин з оборотами

Основними умовами, яким має задовольняти випробування силової установки, є:

режим програми управління має відповідати «дорожньому» у кожній тестовій точці виміру. При цьому для силових установок рекомендується зареєструвати всі робочі параметри (включаючи, наприклад, споживану потужність і потужність, що видається), і в точності відтворити їх під час виміру;

- споживана та ефективна (видана) потужності повинні реєструватися у всьому діапазоні оборотів електродвигуна;
- точки виміру оборотів повинні йти з кроком 500об/хв і 100об/хв районі пікових величин потужності/моменту;
- відхилення трьох послідовних вимірів від середнього має бути трохи більше 1%.

#### 4.2.Оцінка технічного стану транспортних засобів на стендах

Очевидно, що визначення потужності моменту, що крутить, на стендах

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 50   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

силового типу процедура дуже дорога і доступна дуже великим організаціям, не простому власнику транспортного засобу. Для них і вигадали «народніший» метод виміру – динамометричний стенд інерційного типу (рис. 4.2).

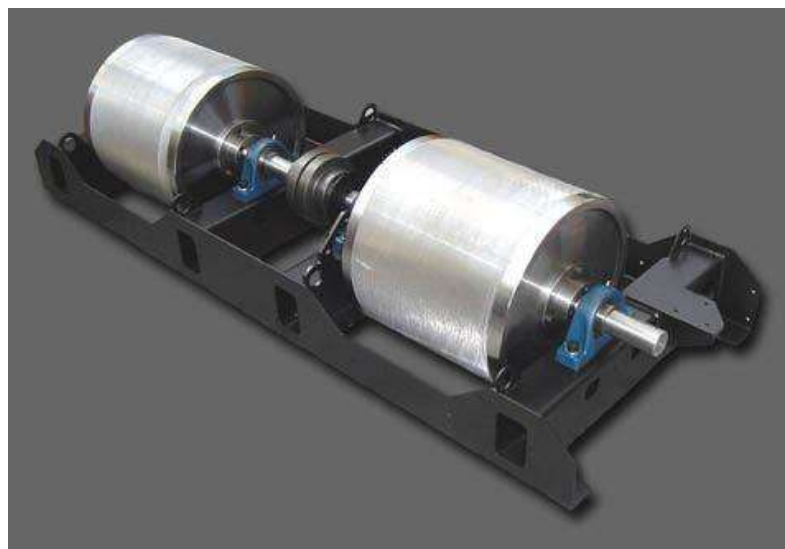


Рисунок 4.2 – Роликовий стенд інерційного типу

Його основа – один або два ролики (барабани) на одній осі, на які ставляться провідні колеса силової установки.

Перші стенди працювали в так званому «інерційному» режимі: автомобіль при вимірі просто розкручував барабани на одній передачі в потрібному діапазоні обертів. ПіГСУмок виміру визначався при використанні одного датчика – датчика кутової швидкості барабанів, що стояв на валу (рисунок 4.3).

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 51   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

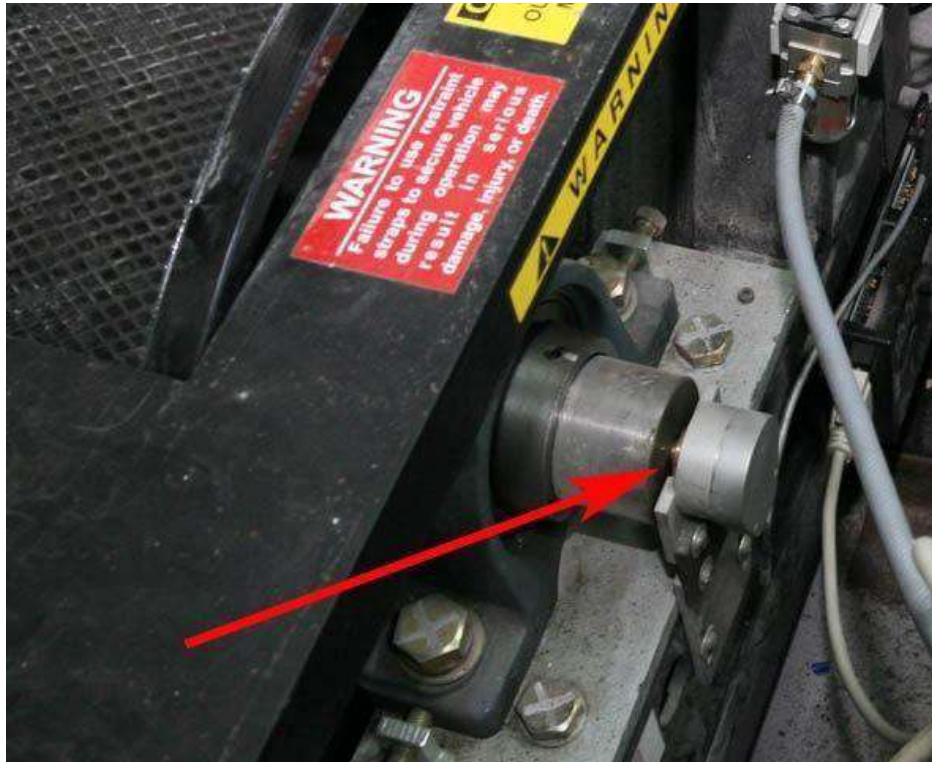


Рисунок 4.3 – датчик кутової швидкості

Щоб розібратися, як все це працює і малює необхідні нам графіки, потрібно спочатку зрозуміти конструкцію найпростіших інерційних стендів. Як відомо, потужність – це робота, виготовлена за одиницю часу.

Заганяючи транспортні засоби колесами на барабани, і здійснюючи замір прискорення, ми змушуємо його виконувати роботу з розкручування барабанів. Для визначення крутного моменту на провідних колесах при розгоні транспортного засобу на стенді інерційного типу.

Середнє прискорення тіла обчислюється за його початковою та кінцевою швидкостями (швидкість – це швидкість пересування у певному напрямку) та часу, який необхідний тілу для досягнення кінцевої швидкості. Формула для обчислення прискорення:  $a = \Delta v / \Delta t$ , де  $a$  – прискорення,  $\Delta v$  – зміна швидкості,  $\Delta t$  – час, необхідний досягнення кінцевої швидкості.

Одиницями вимірювання прискорення є метри за секунду за секунду, тобто м/с<sup>2</sup>.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 52   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Таким чином, для визначення моменту, що крутить, на певному режимі роботи електродвигуна необхідно знати динаміку його розгону. Щоб отримати його ефективну потужність необхідно помножити крутний момент на частоту обертання. У технічних характеристиках електродвигунів є графік залежності моменту, що крутить, і потужності від частоти обертання якоря. Наприклад, електродвигун 28 кіловат має характеристику (рисунок 4.4).

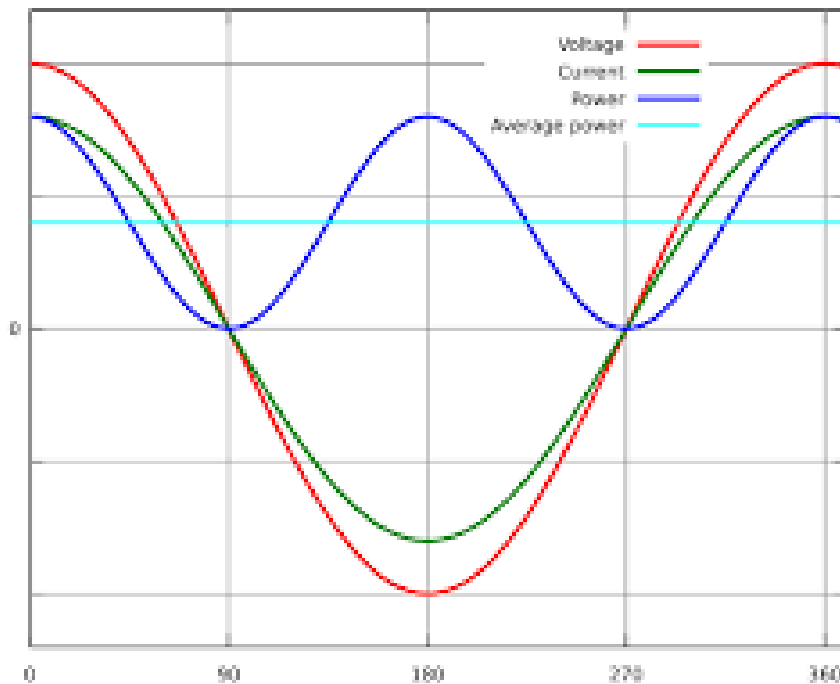


Рисунок 4.4 – графік залежності крутного моменту та потужності на валу електродвигуна від частоти його обертання

### 4.3. Визначення моменту інерції стенду тягових якостей теоретичним способом

Експериментальні дослідження що розробляється методики проводились на стенді інерційного типу у лабораторії діагностики автомобілів Тольяттінського державного університету на кафедрі Проектування та експлуатація автомобілів (рисунок 4.5).



Рисунок 4.5 – Роликовий стенд у лабораторному кабінеті Д-118.

Момент інерції стенду можна визначити двома способами:

теоретичним способом

- експериментальним методом

Для теоретичного способу визначення моменту інерції стенда було визначено інерційні маси всіх його елементів.

Таким чином, розрахований момент інерції стенду становив:  $10.84 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ .

Існує кілька методів визначення моменту інерції стенду експериментальним способом.

Визначити момент інерції тіл складної конфігурації щодо довільних осей обертання можна кількома способами. Один з них полягає в наступному: тіло встановлюють на вісь обертання, щодо якої визначається момент інерції. Прибирають опору і в процесі обертального руху під дією моменту від сили тяжіння задають дві кутові відстані і вимірюють два часові інтервали, необхідні тілу для проходження цих відстаней. Повторюють подібну процедуру для тіла з вантажем, що має наперед відомий момент інерції щодо осі обертання.

Наступний спосіб визначення моменту інерції, заснований на

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 54   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

послідовному підвішуванні, на пружному стрижні або струні спочатку тіла, момент інерції якого вимірюється, а потім тіла з відомих моментів інерції, вимірювання та порівняння періодів їх крутильних коливань.

Спосіб надмірно складний, вимагає значення розташування центру мас тіла і може бути застосований для визначення моментів інерції невеликих тіл.

Меншими недоліками володіє спосіб, також заснований на аналізі руху тіла і полягає в вивішуванні тіла на осі, забезпеченні коливального руху тіла з малою амплітудою і вимірюванні періодів цих коливань спочатку за наявності на осі обертання двох додаткових, симетрично розташованих відносно тіла, вантажів з відомими моментами інерції, а потім за їх віГСУтності. Спосіб дозволяє вимірювати моменти інерції великих тіл і не вимагає знання розташування центру мас. Однак у цьому способі, як і раніше, необхідно вертикально підвішувати тіло, що обмежує використання способу при визначенні моментів інерції великогабаритних тіл. У зв'язку з необхідністю виміру періодів коливання тіла спосіб характеризується великою тривалістю вимірів.

#### **4.4 Визначення моменту інерції стенду тягових якостей експериментальним способом**

Найбільш прийнятний метод визначення моменту інерції для нашого стенду тягових якостей полягає в наступному: На ролик намотаний трос, який кинутий через блок до іншого кінця троса вішаємо ще один вантаж, який розкручуватиме ролик. Відпустивши загальмований ролик, побачимо, що він почав розкручуватися, поступово набираючи обертів.

На ролик намотувався трос і пропускався через блок ( Рисунок), що фіксувався від прокручування стопорним елементом. На ролики нанесено мітку. На вільний кінець троса встановлювався вантаж масою 20 кг (рисунок 4.6). Після розблокування ролик починав обертатись. При суміщенні мітки ролика зі стрілкою на рамі вмикався секундомір і

рівно через один оберт ролика (що становить один метр) секундомір зупинявся. Експеримент було проведено п'ять разів, результати перевірок

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 55   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

зведено до таблиці 4.1.



Рисунок 4.6 – Експеримент для підтвердження теоретичних розрахунків  
Таблиця 4.1 - Результат вимірів

| Номер виміру | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    |
|--------------|------|------|------|------|------|
| Час (с.)     | 2.18 | 2.15 | 2.14 | 2.16 | 2.17 |

Таким чином, середнє значення часу опускання вантажу на один метр становило 2.16 секунд. Підставивши отримані значення формулу отримаємо, що момент інерції стенду дорівнює  $10.84 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ .

## 5. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 5.1. Методи визначення діагностичних параметрів сучасних гібридних силових установок

За можливостями передачі інформації від контролера на персональний комп'ютер, сучасні гібридні електричні транспортні засоби можна розділити на дві основні групи:

системи з простим контролером, який не має інтерфейсу зв'язку з персональним комп'ютером

системи, що забезпечують зчитування інформації з контролера та

видачі її на екран монітора в режимі он-лайн.

У першому випадку інформацію про технічний стан транспортного засобу та його силову установку можна отримати, підключивши до нього ряд датчиків, таких як:

датчик споживаного струму (струмові кліщі)

Датчик частоти обертання ролика

Для визначення напруги, яка надходить на обмотки електродвигуна, можна використовувати цифровий вольтметр.

У процесі розгону ведучого колеса транспортного засобу на стенді інерційного типу ( Рисунок) можна отримати інформацію про споживану потужність (вироб споживаної сили струму на напругу) і ефективну потужність на ведучому колесі (твор крутного моменту на частоту обертання ролика). Співвідношення ефективної та споживаної потужностей дозволяє визначити коефіцієнт корисної дії системи та поставити діагноз про її загальний технічний стан (за принципом: справна-не справна).

## **5.2. Можливості зчитування інформації з контролерів мають, інтерфейс зв'язку з персональним комп'ютером**

Більш дорогі системи, такі як Kelly Controls/ Part: KLS7245HC (рисунок 5.1) забезпечують: розширену діагностику та захист. Світлодіодний миготливий вказує джерела помилок.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 57   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |



Рисунок 5.1 – Контролер Kelly Controls/ Part: KLS7245HC

Клієнти можуть читати код помилки у програмному забезпеченні для ПК або планшета Android.

Контроль напруги акумулятора. Він перестане їхати, якщо напруга батареї занадто велика, і вона поступово зменшуватиме потужність двигуна, коли напруга батареї падає до тих пір, поки вона не повністю відключиться при заданому налаштуванні «Низька напруга батареї».

Вбудований захист струму зверху та знизу.

Діапазон захисту температур двигуна, що настраюється.

Зменшення струму при низькій температурі та високій температурі для захисту акумулятора та контролера. Струм починає знижуватися при температурі корпусу 90, відключаючись при 100.

Контролер продовжує контролювати напругу заряджання акумулятора під час рекуперативного гальмування.

Максимальна швидкість зворотної та прямої швидкості може бути задана між 20% та 100% відповідно та окремо.

4-контактний роз'єм для порту RS232 та кабель USB-RS-232 Z-TEK

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 58   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

дозволяє налаштувати, програмувати та оновлювати програмне забезпечення за допомогою планшета, який має бути на ОС Android. Люди можуть робити те саме на програмному забезпеченні ПК, використовуючи стандартний кабель USB для RS232.

Надання вихідної напруги +5 вольт та +12 В для живлення різних типів датчиків Холла.

Перемикаючих входів, що активуються при підключенні до 12 В. За замовчуванням перемикач ручки/педалі газу, вимикач гальма, реверсивний перемикач, передній вимикач та перемикач прискорення (Boost).

2 аналогові входи 0-5 В, які за замовчуванням мають вхід від ручки\педалі газу, та вхідний сигнал температури двигуна

Копіює сигнал одного із датчиків Холла.

Перемикач, що налаштовується. Забезпечує максимальну вихідну потужність, якщо перемикач увімкнено.

Вхід для перемикача гальм 12V використовується в різних портах від датчика температури двигуна Ви можете одночасно використовувати обидва перемикачі гальма та функції датчика температури двигуна в останній версії. Pin 25 – вхідний порт гальма 12 В. Pin1 – вхідний порт датчика температури двигуна.

Додаткова ручка газу – джойстика. Двосиметричний сигнал 0-5 Як для прямого, так і для заднього ходу.

Виявлення і захист від перегріву двигуна, що конфігурується рекомендованим термістором (датчиком температури) КТУ84-130 або КТУ84-150.

Вхідний сенсор від 3 позиційного датчика Холла. Відкритий колектор у разі підвищеної напруги.

Аналоговий режим рекуперативного гальмування. У цьому режимі рекуперації не потрібно будь-який додатковий гальмівний перемикач. Доступно лише з версії програмного забезпечення 0106. Контролер KLS не може підтримувати повторну перепрошивку.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 59   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Удосконалена функція рекуперативного гальмування. Нова Технологія ABS забезпечує потужну та плавну рекуперацію. Рекуперація може відбуватися від будь-якої швидкості до нульової швидкості.

особливості:

Інтелект із потужним мікропроцесором.

Синхронне випрямлення, наднизьке падіння, швидкий SVPWM та FOC для досягнення високої ефективності.

Електронне реверсування.

Контроль напруги на трьох фазах двигуна, шині та блоці живлення.

Контроль напруги джерел напруги 12В та 5В.

Чутливість струму у всіх трьох фазах двигуна.

Контур керування струмом.

Апаратний захист струму.

Захист від перенапруги обладнання.

Конфігурована межа для струму двигуна та струму батареї.

Низька електромагнітна сумісність.

Код несправності світлодіода.

Захист акумулятора: зменшення струму, попередження та вимкнення при конфігурованій напрузі живлення з високою і низькою напругою.

Міцний алюмінієвий корпус для максимальної тепловіддачі та суворого довкілля.

Міцні високоточні струмові клеми та міцні авіаційні рознімання для малого сигналу.

Тепловий захист: відключення струму, попередження та вимкнення за високої температури.

Конфігуровані датчики положення Холла 60 градусів або 120 градусів. Контролер може виконувати автоматичну ідентифікацію кута для різних кутів датчиків Холла.

Захист від високих напруг педалей, що настроюється: контролер не працюватиме, якщо при включенні буде виявлено високий рівень від

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 60   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

ручки/педалі газу.

Посилення струму: зменшення струму від батареї, отримання на виході більше струму на двигун.

Проста установка: трипровідний потенціометр працюватиме.

Стандартний ПК/портативний комп'ютер для програмування.

Є ще один вибір для клієнтів, щоб програмувати контролер KLS. Стандартний планшет з Android для програмування. Потрібно підключити кабель USB для RS-232 Z-ТЕК для підключення до програми додатків у планшетному ПК,

Надано програму користувача. Легко використати. Без витрат на клієнтів.

Підтримує двигуни з будь-якою кількістю полюсів до 70 000 стандартних електричних об/хв. (Електричні обороти = механічні обороти \* пари полюсів двигуна. Пари полюсів двигуна = полюси двигуна/2).

Основні характеристики:

Частота операцій: 20 кгц.

Струм батареї в режимі очікування: <0,5 мА.

Струм живлення датчиків 5 В або 12 В: 40 мА.

Контролер підтримує діапазон напруги: PWR, від 18 до 90

Для контролерів з номінальною або меншою напругою, ніж 72 В.

Струм живлення, PWR, 30 мА.

Настроюваний діапазон напруги батареї, В+. Максимальний робочий діапазон: від 18 до 1,25 \* Номінальна напруга.

Стандартний вхід ручки/педалі газу: 0-5 вольт. Може використовуватися 3-провідний резистивний потенціометр), 1-4 вольти (для датчиків Холу від ручки/педалі газу).

Вхід ручки/педалі газу: 0-5 В. Може використовувати 3-провідний потенціометр для отримання сигналу 0-5 Ст.

Драйвер котушки контактора <2А.

Повний діапазон робочих температур: від 0 до 70 (температура

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 61   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

MOSFET).

діапазон робочих температур: від -40 до 100 (температура MOSFET).

Обмеження струму двигуна, 20 секундне підвищення: 120А, залежно від моделі.

Обмеження постійного струму двигуна: 50А, залежно від моделі.

Максимальний струм батареї: налаштовується.

### 5.3. Загальна діагностика транспортного засобу

В результаті вимірювання параметрів, що характеризують загальний стан електричного мотоцикла, проводилися виміри його ефективної потужності в процесі розгону на роликовому стенді інерційного типу. Паралельно з цим визначалася витрачаючи модність.

Мотор колесо 1000Вт 48В (рисунок 5.2). Потужний двигун від відомого виробника Conhismotors. Також можете ознайомитися з навантажувальними графіками та параметрами двигуна (рисунок 5.3), які так само показані в таблиці 5.1.



Рисунок 5.2 –Мотор колесо електровелосипеда заднє 1000Вт 48В  
Conhismotor Direct Drive

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 62   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Графік залежності моменту, що крутить, і потужності на провідному колесі від частоти його обертання представлений на рисунку 5.3.

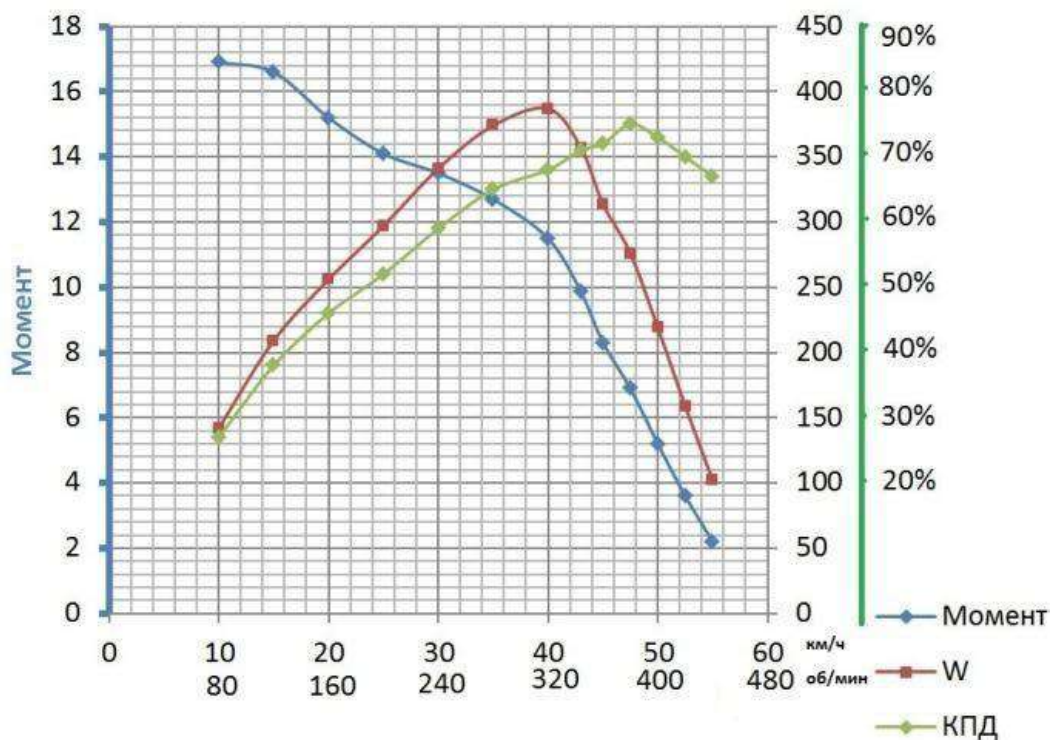


Рисунок 5.3 –Залежність крутного моменту та ефективної потужності мотор колеса

Випробування електровелосипеда та електро мотоцикла представлено на рисунку 5.4 та на рисунку 5.5 проводиться в лабораторному кабінеті на стенді тягових якостей



Рисунок 5.4-Визначення потужності двигуна колеса електровелосипеда по динаміці розгону



Рисунок 5.5-Визначення потужності на провідному колесі електричного мотоцикла з динаміки розгону

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        | 64   |

Також виробником проведено випробування при різної фактичного навантаження. Як видно, мотор має відмінний ККД у середньому та високому діапазоні оборотів. Результати вимірювань зведено до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Результати вимірювання механічної та електричної потужностей двигуна колеса

| км/год | момент | W(Вт) | P(Вт) | ККД(%) | U(В) | I(А) |
|--------|--------|-------|-------|--------|------|------|
| 10     | 16,7   | 145   | 376   | 39     | 23,5 | 16   |
| 15     | 15,6   | 203   | 376   | 55     | 23,5 | 16   |
| 20     | 13,90  | 241   | 379   | 64     | 23,7 | 16   |
| 25     | 11,6   | 251   | 360   | 69     | 24   | 15   |
| 27     | 9,1    | 213   | 294   | 71     | 24,5 | 12   |
| 29     | 7,2    | 181   | 257   | 71     | 24,5 | 10,5 |
| 31,5   | 5      | 137   | 197   | 70     | 24,6 | 8    |
| 33     | 3,9    | 111   | 161   | 69     | 24,8 | 6,5  |
| 35     | 2,2    | 67    | 100   | 67     | 25   | 4    |

Магніти двигуна мають ширину 30мм, швидкість 50-60кмч на 48В залежно від розміру обода, наявності режиму 120% та інших факторів, згідно з спостереженнями, багатьох електровелосипедистів, і наш досвід також. Мотор колесо для переробки велосипеда в електровелосипед має стандартні отвори для гальмівного диска і встановлюється в стандартний дропаут 135мм.

Двигун колесо в оновленому, менш помітному матовому корпусі. Це

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 65   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

модель 2018 року випуску. Фазні дроти посилені на заводі. Вага колеса становить близько 7 кілограм, що робить його одним із лідерів за співвідношенням ваги та потужності. Мотор колеса обладнане знімним кабелем у герметичному роз'ємі. Також цей мотор має оптимальне співвідношення тяги та швидкості. Мотор колеса комплектується тріскачкою shimano. Це мотор колеса дозволить заощадити, зібравши його в обід самостійно.

Також рекомендуємо посилити раму в місці кріплення мотор колеса, а також обмежити його потужність за допомогою програмованого контролера [Infineon](#). При тривалому русі на потужностях вище від номіналу необхідно контролювати температуру.

#### **5.4. Поглиблена діагностика елементів гібридної силової установки**

Якщо в процесі визначення загального стану транспортного засобу робиться висновок, що вихідні параметри не відповідають нормативним значенням - повинна проводитися поглиблена діагностика елементів (рисунок 5.6), які впливають на вихідні параметри, що визначаються його розгоном на стенді інерційного типу. До них відносяться:

- аккумуляторна батарея з датчиками температури
- електродвигун із датчиками положення ротора
- контролер із проводкою

Контролер для електровелосипеда: функції та принципи його роботи  
Для запуску мотор-колеса, управління швидкістю їх обертання та забезпечення контрольованої зупинки застосовуються пристрої, які називаються контролерами.

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 66   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |



Рисунок 5.6-Діагностика електродвигуна по струму, що споживається обмотками статора на режимі холостого ходу

Контролер – одне з основних складових частин безперебійної роботи Електровелосипед; це електронне пристрій, що відповідає за роботу мотор-колеса і керує ним. Контролер виконує функцію посередника між електромотором та кермовим керуванням, він забезпечує подачу струмів до електродвигуна та електро комплектуючих від акумуляторів.

Принцип роботи контролера аналогічний до мозкової діяльності.

Спочатку контролер сприймає сигнал від електрообладнання, далі - аналізує прийняту інформацію, і зрештою забезпечує скоординовану роботу електросистеми відповідно до поставлених перед ним завдань. Контролер використовує широтно-імпульсні модуляції для регулювання потужності мотор-колеса, забезпечуючи точний контроль швидкості та захищаючи електросистему від перенапруги та перевантаження струмом. Швидкість обертання двигуна прямо залежить від амплітуди напруги, що додається. Амплітуда сигналу, що направляється від контролера до мотор-колеса,

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 67   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

регулюється за допомогою широтно-імпульсної модуляції (ШИП). Послідовність імпульсів відображається зміною тривалості сигналу, тобто шириною імпульсу.

Контролер надає трифазне електроживлення велосипедного двигуна-колеса, забезпечує безперебійне функціонування двигуна електровелосипеда.

При складанні електровелосипеда з комплектуючих слід брати до уваги, що компоненти велосипедного електронабору повинні мати рівний ступінь напруги та потужності. Тому потрібно використовувати тільки той контролер, який відповідає за своїми параметрами потужності електродвигуна. До контролера підключаються, як правило, всі електричні комплектуючі велосипедного набору. Багато моделей контролерів припускають можливість приєднання до них, крім стандартних електрокомплектуючих, також охоронної сигналізації.

Контролер електровелосипед приймає сигнали від ручки акселератора, і на основі сприйнятої інформації керує швидкістю обертання мотор-колеса, регулюючи струм, що подається до електродвигуна.

Принцип формування керівних сигналів для контролера при керуванні електровелосипедом досить простий: при повороті ручки акселератора датчик Холла формує сигнал для контролера, на підставі якого в подальшому і відбувається рух мотор-колеса з певною частотою. Три датчики Холла мотор-колеса (SS41) забезпечують зворотний зв'язок мотор-колеса з контролером - вони інформують контролер про положення ротора, а також сповіщають про необхідну періодичність подачі напруги на електродвигун. Сприймаючи інформацію від датчиків Холла про положення ротора, контролер подає імпульси напруги на обмотки статора, забезпечуючи тим самим його обертання.

Контролер, керуючи роботою електровелосипеда, забезпечує:  
увімкнення/вимкнення електроніки,  
регулювання швидкості обертання мотор-колеса,  
Можливість обмеження швидкості,

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 68   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

круїз контроль,  
можливість роботи електродвигуна у тришвидкісному режимі,  
функціонування системи рекуперативного гальмування,  
Підтримка гальмівного моменту електродвигуна,  
підключення та відображення на панелі керування параметрів роботи електросистеми,

Реверс - зворотний хід.

Основні функції керування роботою електровелосипеда, що виконуються контролером, можна розділити на три групи:

керування швидкістю руху електровелосипеда,

управління крутним моментом,

Захист електродвигуна.

Електровелосипедний контролер знижує рівень вібрації

двигуна при старті, продовжуючи таким чином термін служби мотор-колеса. Завдяки можливостям контролера можна регулювати як швидкість руху електровелосипеда, а й рівень регенерації енергії при гальмуванні. У цьому випадку контролер забезпечує роботу електродвигуна як генератор енергії, створюючи таким чином, умови для часткового відновлення енергії батарей. Система рекуперативного гальмування дозволяє збільшувати пробіг електровелосипеда від одного заряду акумуляторних батарей, а також забезпечує високу енергетичну економічність.

В основі функції рекуперативного гальмування контролера покладено електричний спосіб рекуперації кінетичної енергії. Контролер забезпечує виконання мотор-колесом функції рекуперації енергії при гальмуванні та в момент руху електровелосипеда вниз схилом. При гальмуванні велосипедне мотор-колесо починає працювати в генеративному режимі, в електродвигуні створюється гальмівний момент та виробляється кінетична енергія, що запасується в акумуляторних батареях, і використовується у подальшій роботі електровелосипеда.

З метою підвищення рівня безпеки водія електровелосипеда на дорозі

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 69   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

контролер відключає мотор-колесо при гальмуванні. Електровелосипедні контролери створюють можливість регулювання швидкості обертання мотор-колес у тришвидкісному режимі. Завдяки функції круїз-контролю контролера, при повороті ручки газу під певним кутом і утримуванні її в даному становищі протягом 8-10 секунд, електровелосипед набирає швидкість і фіксує її на певному показнику до моменту наступного регулювання швидкості велосипедистом або гальмування. Іншими словами, однією з функцій контролера є стабілізація частоти обертання двигуна-колеса, завдяки чому велосипедисту не доводиться постійно користуватися ручкою акселератора для підтримки певного рівня швидкості пересування.

Контролер забезпечує оцінку (моніторинг) рівня напруги акумуляторних батарей та відключає електроніку, коли напруга в батареях падає більше ніж на 87,5 відсотка з метою захисту акумуляторів від надмірної розрядки. Для захисту FET транзисторів, контролер електровелосипеда стежить за їх температурою і відключає мотор-колесо, якщо температура підвищується вище за допустимий рівень. Якщо на мотор-колесо подається занадто великий струм, контролер зменшує подачу струму. У середині контролер складається з окремих частин (наприклад, конденсаторів, транзисторів та резисторів), оскільки електровелосипедний контролер має справу з великими струмами та напругою. Максимальна частота обертання мотор-колеса забезпечується завдяки встановленню в контролері спеціального резистора.

Електровелосипедні контролери з кожним роком дедалі більше удосконалюються: збільшується спектр їх функціональних можливостей, зменшуються їх габаритні параметри. В останні роки з'явилися контролери, інтегровані в структуру електродвигуна, завдяки чому зменшилася кількість зовнішніх складових частин електровелосипеда, і, кількість проводів, що проходять через електровелосипед.

Конструкція електровелосипедних контролерів дуже надійна та міцна. Електронні схеми контролерів стійкі до вібрацій. Корпуси контролерів, як

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 70   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

правило, виготовляються з алюмінієвого сплаву, до того ж, в них обов'язково обробляються з'єднувальні місця і область виходу назовні проводів спеціальним герметиком, щоб уникнути потрапляння всередину корпусу води або пилу.

Оскільки виробники роблять корпус контролера непроникним, не варто розкривати його самостійно без вагомих причин, оскільки навряд чи ви зможете потім так само герметично його запечатати, і зробите, таким чином, його більш сприйнятливим до потрапляння води в дощову погоду. Тому, у разі будь-яких змін у роботі електроніки контролера, краще проконсультуйтеся з фахівцем про можливі способи усунення несправностей або зверніться до спеціалізованого сервісного центру.

## ВИСНОВОК

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 71   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

Однією з найважливіших проблем є зниження впливу токсичних компонентів у продуктах згоряння вуглеводневого палива на довкілля. Вище сказане свідчить про необхідність застосування в конструкції автомобілів сучасних технологій, що замінюють загальнодоступні в даний час джерела енергії або дозволяють знизити використання двигунів внутрішнього згоряння бензину і дизельного палива.

Збільшення кількості автомобілів із ГСУ пов'язане з посиленням останнім часом екологічних вимог, а також постійним зростанням цін на пально-мастильні матеріали. Крім того, у Євросоюзі розглядають проект закону, який до 2050 року вносить заборону на продаж вуглеводневого палива та використання автомобілів із двигунами внутрішнього згоряння містах.

Незабаром збільшиться кількість автомобілів, що продаються з гібридною силовою установкою. Це підвищує актуальність досліджень надійності цих автомобілів, розробки методів діагностики силових генераторних установок та електроприводу. Одночасно підвищуються вимоги до методів, обладнання та технологій забезпечення працездатності вище перерахованих автомобілів у процесі експлуатації.

У процесі використання у зв'язку зношуванням деталей автомобілів зниженням ефективності акумуляторних батарей витрати на їх утримання збільшуються навіть якщо вчасно та якісно проводити діагностику та технічне обслуговування. Однак у зв'язку з відсутністю нормативної документації та сучасних методів діагностики ГСУ на вітчизняних станціях технічного обслуговування якість робіт, що виконуються з гібридними автомобілями, істотно відстає від світового рівня.

Розробка методів діагностики, що дозволяють визначати не тільки загальний стан транспортного засобу, а й несправності окремих його агрегатів та систем суттєво знизить трудомісткість виявлення несправних елементів та підвищить ефективність експлуатації гібридних автомобілів.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 72   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

1. Global EV Outlook 2019. IEA webstore : веб-сайт. URL : <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2019> (дата звернення: 10.09.2019).

2. Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Державна служба статистики України : веб-сайт. URL : <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 12.09.2019).

3. Крючкова В. В., Марченко Ю. В., Гринь С. А. Электромобиль. Его особенности и преимущества с точки зрения экологии. Молодий вчений. 2016. №. 12. С. 44-46.

4. Статистичні дані по галузі автомобільного транспорту. Міністерство інфраструктури України : веб-сайт. URL : <https://mtu.gov.ua/content/statistichnidani-po-galuzi-avtomobilnogo-transportu.html> (дата звернення: 12.09.2019).

5. Ширяєва Н. В., Клепіков Д. С. Дослідження ринку електромобілів та перспективи його розвитку : дис. Центр фінансово-економічних наукових досліджень, 2018.

6. Візуалізація продажів по всьому світу електрокарів. Visualcapitalist : веб-сайт. URL : <https://www.visualcapitalist.com/electric-vehiclesales/?fbclid=IwAR2XBrZsS3ARajrMI5ze4KAKmdPrtvtlpWzQpNU4cwrFdLDYrWR2Wa5iYks> (дата звернення 20.09.2019).

7. Найпопулярніші електромобілі в світі. Британська аналітична фірма JATO Dynamics : веб-сайт. URL : [https://twitter.com/JATO\\_Dynamics](https://twitter.com/JATO_Dynamics) (дата звернення: 25.09.2019).

8. Структура продажів виробників електромобілів в Україні. Офіційний сайт «Укравтопрому» : веб-сайт. URL : <http://ukrautoprom.com.ua> (дата звернення: 27.09.2019).

9. Сколько электромобилей в Украине и в какой области их больше всего. Журнал «Фокус» : веб-сайт. URL : <https://businessviews.com.ua/ru/business/id/elektromobili-v-ukraine-1851/> (дата звернення: 10.10.2019). 32

10. Середня заробітна плата по регіонах. Державна служба статистики

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 73   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |

України : веб-сайт. URL : <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 15.10.2019).

11. Статистика PlugShare: в Україні на 7 електромобілів одна зарядна станція. HEVCars : веб-сайт. URL : <https://hevcars.com.ua/skolko-zaryadnyhstantsij-v-ukraine/> (дата звернення: 20.10.2019).

12. Кількість зарядних пунктів у Києві та Кривому Розі. Google Maps : веб-сайт. URL : <https://hevcars.com.ua/skolko-zaryadnyh-stantsij-v-ukraine/> (дата звернення: 05.11.2019). URL :

13. Звіт про доходи компанії Tesla Inc (TSLA). Investing.com : веб-сайт. <https://ru.investing.com/equities/tesla-motors-income-statement> (дата звернення: 27.11.2019).

14. Развитие электромобилей: без господдержки не летают. VYGON Consulting : веб-сайт. URL : [https://vygon.consulting/upload/iblock/72c/vygon\\_consulting\\_electricvehicles2018.pdf](https://vygon.consulting/upload/iblock/72c/vygon_consulting_electricvehicles2018.pdf) (дата звернення: 12.12.2019).

15. Lieven T. Policy Measures to Promote Electric Mobility – A Global Perspective. Transportation Research Part A. Policy and Practice. 2015. Vol. 82, P. 78-93.

16. Langbroek J. H. M., Franklin J. P., Susilo Y. O. The Effect of Policy Incentives on Electric Vehicle Adoption. Energy Policy, 2016. Vol. 94, P. 94-103.

17. Законопроекти про стимулювання ринку електротранспорту в Україні. Офіційний портал Верховної Ради України : веб-сайт. URL : <https://rada.gov.ua/> (дата звернення: 15.12.2019).

18. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо створення доступу до інфраструктури зарядних станцій для електромобілів: Закон України від 11.07.2019 №2754-VIII. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/2754-VIII> (дата звернення: 15.12.2019).

|      |      |          |        |      |                        |      |
|------|------|----------|--------|------|------------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДРБАТ.24.20215.000. ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                        | 74   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                        |      |