



Міністерство освіти і науки України  
**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя**

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)

Кафедра Кафедра автомобілів  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
Олег ЦЬОНЬ  
(підпис) (прізвище та ініціали)

«24» січня 2023 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Адлахович Олександр Руслановичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу технічного обслуговування системи керування рухом гібридних автомобілів.

Керівник роботи Слободян Л.М., к.т.н., асист.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «24» січня 2023 року № 4/7-72

2. Термін подання студентом завершеної роботи 19 червня 2023

3. Вихідні дані до роботи Базові гібридні схеми

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Схеми гібридних установок – А1;

Лінійні графіки роботи планетарної передачі – 2А1;

Схеми системи управління – А1;

Алгоритм режимів руху – А1;

Моделі гібридних установок – А1;

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.	к.т.н. доц. Сенчишин В.С.		

7. Дата видачі завдання 24.січня 2023р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	16.02.2023	
2	Технологічний розділ	09.03.2023	
3	Конструкторський розділ	14.04.2023	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	05.05.2023	
5	Оформлення графічної частини	23.05.2023	
6	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра	20.06.2023	

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Адлахович О.Р.

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

Слободян Л.М.

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему: «Розроблення технологічного процесу технічного обслуговування системи керування рухом гібридних автомобілів».

Робота виконана на кафедрі автомобілів Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра к.т.н., асистент Слободян Л.М.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 51 сторінка формату А4 та 6 аркушів формату А1 графічної частини \_\_\_ сторінок додатків.

Ключові слова: оптимізація, надійність, енергоефективність, вдосконалення, екологічність.

## ЗМІСТ

<b>Вступ</b> .....	6
<b>1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ</b> .....	8
1.1 Аналіз наявних аналогів гібридних схем.....	8
1.2 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра....	16
<b>2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ</b> .....	17
2.1 Вибір датчиків струму.....	17
2.2 Двигун внутрішнього згоряння.....	21
2.3 Мотор-генератор.....	22
2.4 Вибір перетворювача напруги.....	24
2.5 Високовольтна батарея.....	25
2.6 Пристрій розподілу потужності.....	26
2.7 Лінійний графік роботи планетарної передачі.....	27
2.8 Система керування гібридною установкою.....	30
<b>3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ</b> .....	34
3.1 Принципова схема системи керування рухом гібридного автомобіля....	34
3.2 Алгоритм режимів руху.....	35
3.3 Моделювання гібридної установки у SIMULINK.....	35
<b>4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ</b> .....	41
4.1 Системний аналіз надійності та безпеки системи.....	41
4.2 Розроблення заходів щодо підвищення надійності та безпеки.....	43
4.3 Пожежна безпека під час виробництва та монтажу пристрою.....	45
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ</b> .....	48
<b>БІБЛІОГРАФІЯ</b> .....	49
<b>ДОДАТКИ</b>	

## ВСТУП

З поступом технологій і розвитком автомобільної промисловості, гібридні автомобілі стали все більш популярними серед власників транспортних засобів. Їх екологічна ефективність та економічні переваги створили попит на такі автомобілі, які поєднують двигуни з внутрішнього згоряння з електричними системами.

Однак, зростання популярності гібридних автомобілів ставить перед технічними обслуговуючими центрами нові виклики. Розроблення ефективного технологічного процесу технічного обслуговування системи керування рухом гібридних автомобілів стає надзвичайно важливим завданням для забезпечення безперебійної експлуатації цих транспортних засобів.

Система керування рухом гібридного автомобіля складається з комплексу електронних, електричних та механічних компонентів, які взаємодіють між собою для забезпечення ефективного переміщення автомобіля та оптимізації його роботи. Ця система включає у себе електромотори, акумуляторні батареї, керуючі блоки, сенсори, електричні кабелі та інші компоненти, які вимагають професійного обслуговування та регулярного технічного огляду.

Розроблення технологічного процесу технічного обслуговування системи керування рухом гібридних автомобілів має на меті створення систематизованої методології для виконання різноманітних робіт, пов'язаних з діагностикою, налагодженням та ремонтом цих складних систем. Це включає в себе перевірку та налагодження електричних компонентів, діагностику систем керування, вимірювання енергоефективності, а також заміну та обслуговування батарейних систем.

У даному дослідженні ми прагнемо розробити оптимальний технологічний процес технічного обслуговування системи керування рухом гібридних автомобілів. Наша мета полягає в покращенні продуктивності та ефективності обслуговування гібридних автомобілів, забезпеченні високої якості робіт та максимальному задоволенні потреб власників таких транспортних засобів.

У цьому дослідженні ми враховуємо особливості систем керування рухом гібридних автомобілів, аналізуємо існуючі методи технічного обслуговування та

шукаємо способи оптимізації процесів. Наша робота спрямована на виявлення недоліків та вдосконалення підходів до обслуговування гібридних автомобілів, з метою покращення їх ефективності та надійності.

Очікується, що результати цього дослідження сприятимуть покращенню технічного обслуговування гібридних автомобілів і забезпечать оптимальний технологічний процес для системи керування рухом. Це відкриє нові можливості для експлуатації гібридних автомобілів і сприятиме подальшому розвитку автомобільної індустрії у напрямку більш сталої та екологічної майбутнього.

# 1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Аналіз наявних аналогів гібридних схем

Існує три варіанти гібридних силових установок:

Гібридна установка послідовного типу рис. 1.1. - це система, яка поєднує два різних джерела енергії для приводу транспортного засобу. Вона складається з двигуна з внутрішнього згоряння (ДВЗ) та електричного двигуна (ЕД).

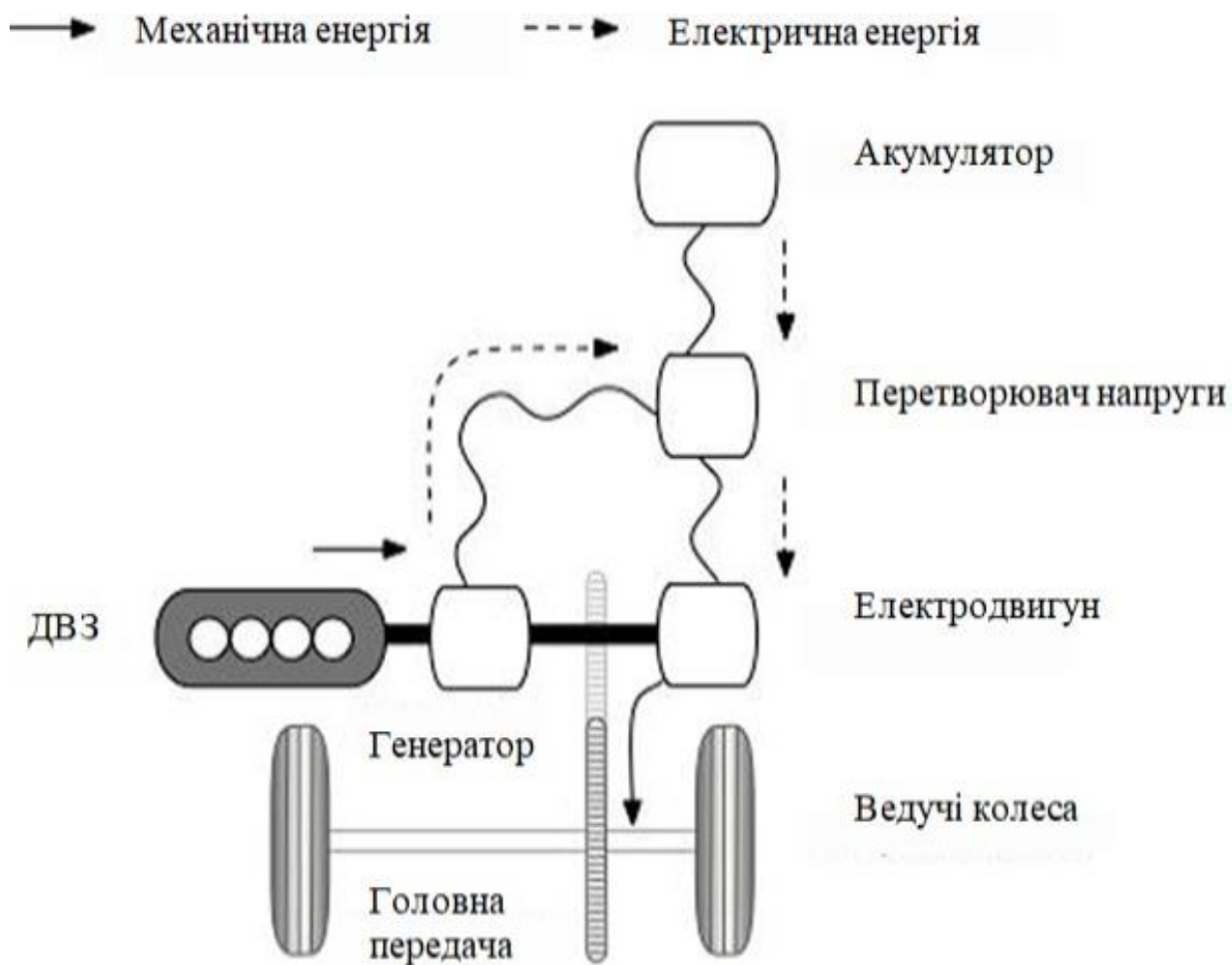


Рис. 1.1. Схема гібридної установки послідовного типу

У гібридній установці послідовного типу ДВЗ використовується як головне джерело енергії. Він приводить генератор, який в свою чергу живить електричний двигун або заряджає батарею. Електричний двигун використовується для підтримки руху автомобіля або для допомоги ДВЗ при прискоренні. Батарея відновлює свою енергію під час гальмування та



децентралізованого руху.

Основна перевага гібридної установки послідовного типу полягає у зменшенні споживання палива та викидів шкідливих речовин. Коли автомобіль рухається з низькою швидкістю або утримується на місці, ДВЗ автоматично вимикається, що дозволяє економити паливо та знижувати рівень шкідливих викидів. Крім того, гібридна установка послідовного типу може забезпечити додаткову потужність під час прискорення, завдяки використанню електричного двигуна.

Ця установка також має свої виклики та обмеження. Наприклад, обмежена потужність батареї може обмежувати дальність поїздки в режимі електромобіля. Крім того, вона потребує складнішої системи керування та керування енергією для оптимального розподілу енергії між ДВЗ та електричним двигуном.

У деяких випадках гібридна установка послідовного типу може бути використана як проміжний крок на шляху до повноцінного електричного приводу. Вона може бути перехідним рішенням для поліпшення екологічних характеристик транспортних засобів та зменшення залежності від палива.

В цілому, гібридна установка послідовного типу є одним з варіантів розвитку автомобільної технології, який поєднує переваги двигуна з внутрішнього згорання та електричного приводу. Вона може привести до зниження споживання палива та викидів шкідливих речовин, а також до поліпшення загальної продуктивності автомобілів та забезпечення більш сталої та екологічної майбутнього автопромисловості.

Переваги гібридної установки послідовного типу:

Економія палива: Гібридна установка послідовного типу дозволяє зменшити споживання палива, особливо у міському режимі, завдяки використанню електричного приводу та енергії, що відновлюється під час гальмування.

Зменшення викидів шкідливих речовин: Використання електричного приводу у гібридній установці послідовного типу допомагає зменшити викиди шкідливих вуглеводнів та викиди парникових газів, що сприяє зниженню негативного впливу на довкілля.

Покращена ефективність: Комбінація ДВЗ та електричного двигуна дозволяє досягти більшої ефективності у використанні енергії, що впливає на загальну продуктивність автомобіля та його рухові характеристики.

Розширена дальність поїздки: Використання електричного приводу дозволяє збільшити дальність поїздки, особливо у режимі електромобіля. Гібридна установка послідовного типу дозволяє комбінувати енергію з батареї та ДВЗ для подолання більших відстаней.

Недоліки гібридної установки послідовного типу:

Вища вартість: Гібридні системи, включаючи гібридну установку послідовного типу, мають вищу вартість порівняно з традиційними автомобілями з ДВЗ. Це може бути наслідком складнішої конструкції, використання електричних компонентів та батарей.

Обмежена потужність: Гібридна установка послідовного типу може мати обмежену потужність батареї, що може впливати на загальну продуктивність автомобіля та його здатність до швидкого прискорення.

Складніше управління: Гібридна установка послідовного типу вимагає складнішої системи керування та керування енергією для оптимального розподілу енергії між ДВЗ та електричним двигуном.

Залежність від зарядної інфраструктури: Для оптимального використання гібридної установки послідовного типу може знадобитися наявність доступної зарядної інфраструктури для зарядки батареї. Відсутність зарядних станцій може обмежити можливості використання електричного режиму.

Потреба у технічному обслуговуванні: Гібридні системи вимагають спеціального технічного обслуговування та діагностики, що може бути складнішим та дорожчим порівняно з традиційними автомобілями.

Розглядаючи переваги та недоліки гібридної установки послідовного типу, варто зважати на конкретні потреби та умови використання, а також на доступність необхідних ресурсів та інфраструктури.

Гібридна установка паралельного типу - це система, що поєднує два джерела енергії - двигун з внутрішнього згоряння (ДВЗ) та електричний двигун (ЕД) - для приводу транспортного засобу. У гібридній установці паралельного

типу обидва двигуни можуть одночасно працювати або приводити транспортний засіб окремо.

Гібридна установка послідовного типу встановлена на різних автомобілях, що пропонують гібридні моделі. Деякі з відомих автомобільних виробників, які використовують гібридну установку послідовного типу, включають:

Toyota: Toyota Prius є однією з найбільш відомих гібридних моделей, де використовується гібридна установка послідовного типу. Також інші моделі Toyota, такі як Camry Hybrid, Corolla Hybrid і RAV4 Hybrid, мають гібридну установку послідовного типу.

Honda: Honda Insight і Honda Accord Hybrid - це дві популярні моделі від Honda, які використовують гібридну установку послідовного типу для ефективного використання енергії.

Ford: Ford Fusion Hybrid і Ford C-Max Hybrid є прикладами гібридних моделей від Ford, де використовується гібридна установка послідовного типу.

Hyundai: Hyundai Ioniq Hybrid і Hyundai Sonata Hybrid - це дві гібридні моделі, які використовують гібридну установку послідовного типу для ефективного приводу.

У гібридній установці паралельного рис. 1.2. типу ДВЗ та ЕД з'єднані з трансмісією, яка дозволяє передавати потужність на колеса автомобіля. ДВЗ використовується як головне джерело енергії, особливо при високих швидкостях або під час потреби в більшій потужності. Електричний двигун використовується як допоміжне джерело енергії для зменшення споживання палива та емісії шкідливих речовин, особливо у міському режимі або при низьких швидкостях.

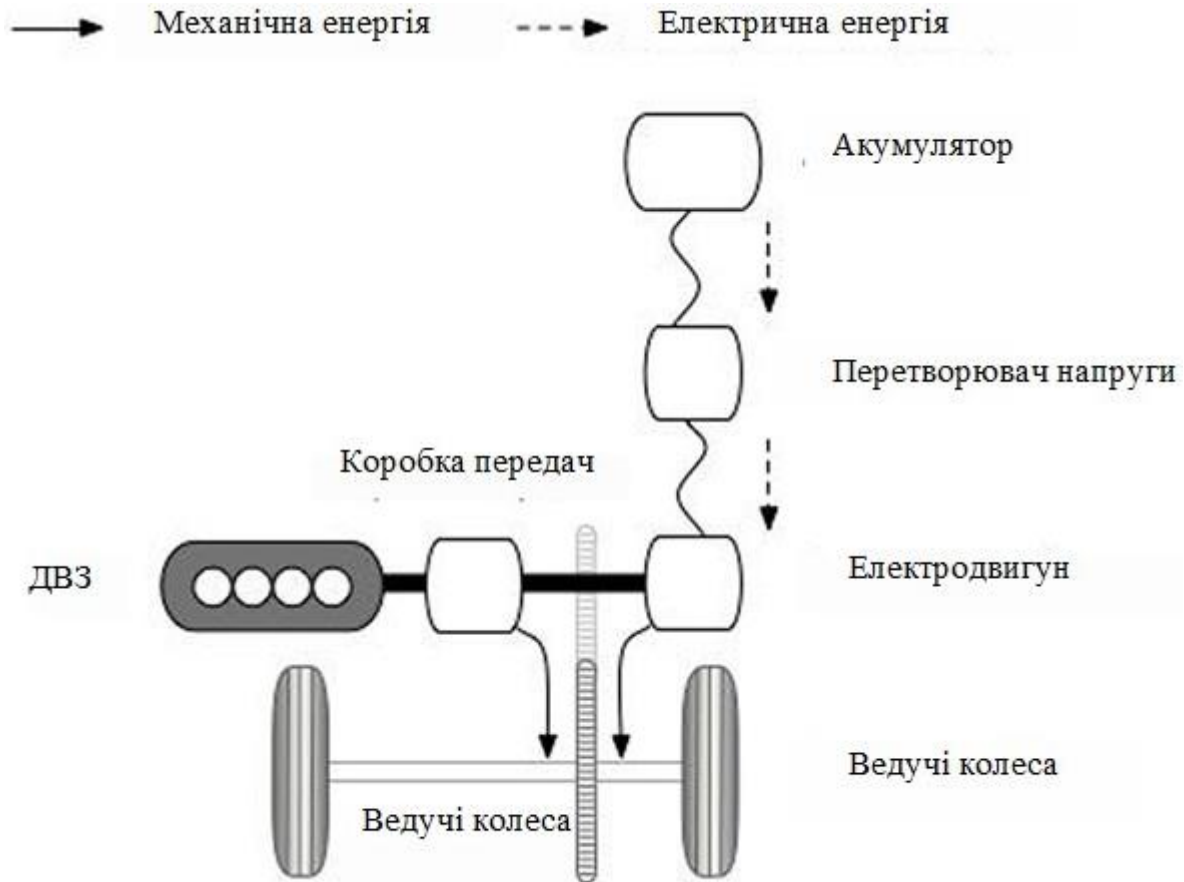


Рис.1.2 Схема гібридної установки паралельного типу

Основні переваги гібридної установки паралельного типу включають:

**Економія палива:** Використання електричного приводу у гібридній установці паралельного типу допомагає зменшити споживання палива та викиди шкідливих речовин. Електричний двигун активується під час низьких швидкостей або у міському режимі, коли вимагається менша потужність.

**Покращена продуктивність:** Гібридна установка паралельного типу може забезпечити додаткову потужність та підвищену реактивність завдяки спільній роботі ДВЗ та електричного двигуна. Це дозволяє автомобілю мати кращі рухові характеристики та більшу динаміку прискорення.

**Розширена дальність поїздки:** Використання електричного приводу дозволяє збільшити дальність поїздки. Батарея електричного двигуна може бути заряджена в режимі генератора під час руху автомобіля або зовнішнього джерела електроживлення.

**Покращена екологічність:** Гібридна установка паралельного типу допомагає знизити викиди шкідливих речовин та парникових газів, сприяючи

покращенню якості повітря та зменшенню негативного впливу на довкілля.

Недоліки гібридної установки паралельного типу включають:

Вища вартість: Гібридна установка паралельного типу може бути дорожчою в порівнянні з традиційними автомобілями з ДВЗ, через використання двох джерел енергії та складну технологію.

Зайнятість місця: Гібридна установка паралельного типу може вимагати більше простору у салоні автомобіля, оскільки потребує розміщення ДВЗ та електричного двигуна разом з батареєю.

Вага: Додаткове обладнання, таке як батарея, може збільшити загальну вагу автомобіля, що може вплинути на його маневреність та паливну ефективність.

Потреба у технічному обслуговуванні: Гібридна установка паралельного типу вимагає спеціального технічного обслуговування та діагностики, оскільки має складну структуру та різні компоненти.

Загалом, гібридна установка паралельного типу є перспективним рішенням у сфері автомобільної технології, яке поєднує переваги ДВЗ та електричного приводу.

Гібридна установка паралельного типу встановлена на різних автомобілях, що пропонують гібридні моделі. Деякі з відомих автомобільних виробників, які використовують гібридну установку паралельного типу, включають:

Toyota: Toyota Prius Prime є однією з популярних гібридних моделей, де використовується гібридна установка паралельного типу. Також інші моделі Toyota, такі як Toyota Camry Hybrid і Toyota Highlander Hybrid, мають гібридну установку паралельного типу.

Ford: Ford Escape Hybrid і Ford Explorer Hybrid - це дві моделі від Ford, які використовують гібридну установку паралельного типу для забезпечення ефективного приводу та енергоефективності.

Honda: Honda Accord Hybrid і Honda CR-V Hybrid - це дві гібридні моделі, які використовують гібридну установку паралельного типу для забезпечення оптимального сполучення ДВЗ та електричного приводу.

Hyundai: Hyundai Ioniq Plug-in Hybrid і Hyundai Tucson Hybrid - це

прикладі гібридних моделей від Hyundai, де використовується гібридна установка паралельного типу для ефективного використання енергії та зменшення викидів.

Гібридна установка послідовно-паралельного типу рис. 1.3. є комплексною системою, яка поєднує два види приводів - ДВЗ (двигун внутрішнього згоряння) та електричний двигун - для приводу транспортного засобу. Цей тип гібридної установки комбінує переваги обох систем, щоб забезпечити оптимальну продуктивність та ефективність автомобіля.

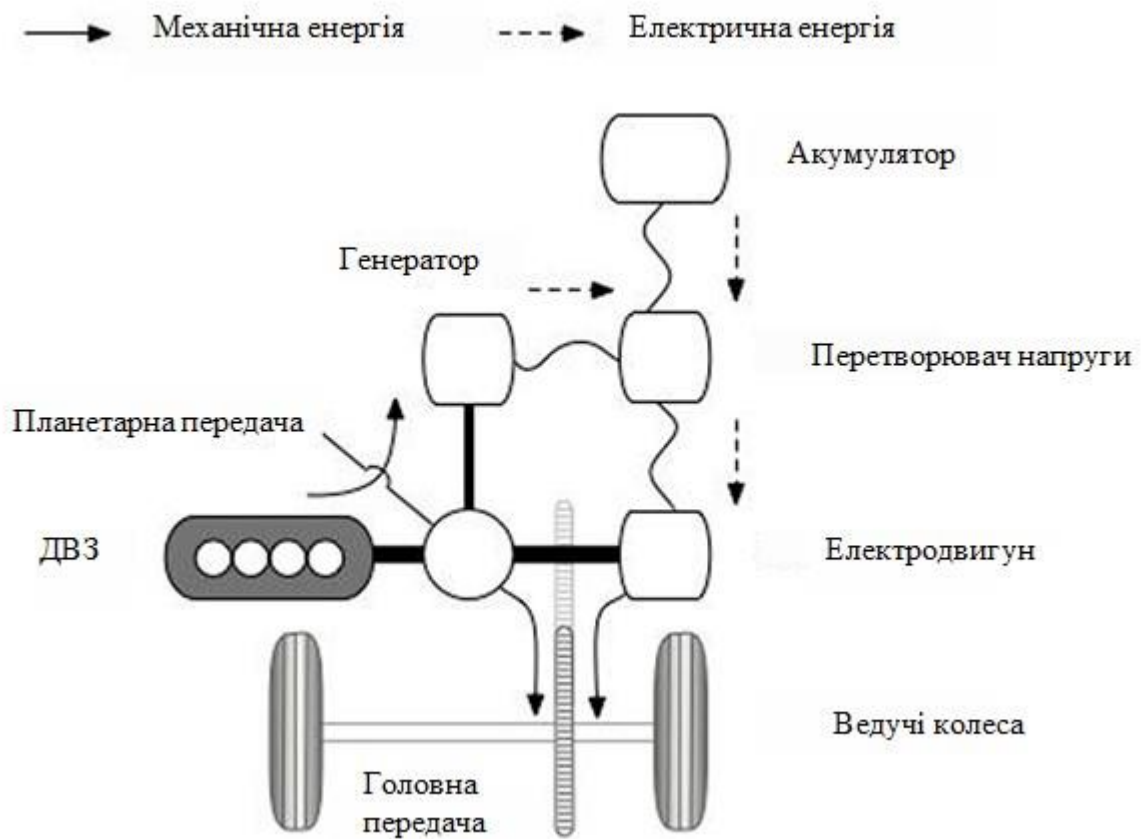


Рис. 1.4. Схема послідовно-паралельної гібридної установки.

У гібридній установці послідовно-паралельного типу ДВЗ та електричний двигун можуть працювати як окремо, так і спільно, залежно від умов руху та потреби енергії. Основні компоненти цієї системи включають ДВЗ, генератор, батарею, інвертор та електричний мотор.

Коли автомобіль рухається на невеликій швидкості або вимагає невеликого навантаження, використовується електричний привід. Енергія з батареї передається до електричного мотора, який забезпечує рух автомобіля.

При цьому ДВЗ може бути вимкнтий або працювати на низьких обертах, щоб ефективно заряджати батарею за допомогою генератора.

Коли потрібна більша потужність або автомобіль рухається з високою швидкістю, ДВЗ запускається і працює на повних обертах. Це забезпечує потрібну енергію для приводу автомобіля та одночасно заряджає батарею через генератор. В такому режимі електричний мотор може також допомагати ДВЗ, щоб забезпечити додаткову потужність та поліпшити продуктивність автомобіля.

Основною перевагою гібридної установки послідовно-паралельного типу є можливість оптимального використання обох приводів залежно від умов руху та енергетичних потреб. Це дозволяє забезпечити економію палива, зниження викидів шкідливих речовин та покращення загальної продуктивності автомобіля. Крім того, гібридна установка послідовно-паралельного типу може також використовувати енергію, що відновлюється під час гальмування, для заряджання батареї, підвищуючи ефективність системи.

Проте, слід зазначити, що гібридна установка послідовно-паралельного типу має складнішу конструкцію та потребує більш складного управління. Вона також може бути витратною у вигляді вартості та технічного обслуговування. Однак, завдяки комбінації двох приводів, цей тип гібридної установки є привабливим варіантом для забезпечення ефективності та сталості руху гібридних автомобілів.

Гібридна установка послідовно-паралельного типу використовується на різних автомобілях, що пропонують гібридні моделі. Ось кілька прикладів автомобільних виробників та моделей, де встановлюється гібридна установка послідовно-паралельного типу:

Toyota: Toyota Prius Plug-in Hybrid є однією з популярних гібридних моделей, що використовують гібридну установку послідовно-паралельного типу. Ця установка дозволяє комбінувати роботу двигуна з внутрішнього згорання та електромотора для забезпечення оптимальної ефективності палива.

Ford: Ford Fusion Energi Plug-in Hybrid є моделлю, яка використовує гібридну установку послідовно-паралельного типу. Вона дозволяє комбінувати

роботу бензинового двигуна та електромотора для досягнення максимальної ефективності й електричного пробігу.

Chevrolet: Chevrolet Volt є ще однією гібридною моделлю, де використовується гібридна установка послідовно-паралельного типу.

## **1.2 Висновки та постановка завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра**

Під час виконання дипломної роботи були розглянуті наявні гібридні схеми. Були ідентифіковані основні компоненти цих схем і з'ясований їх принцип роботи. На основі цього дослідження були зроблені такі висновки:

Необхідно розробити систему керування рухом гібридного автомобіля, що забезпечить оптимальний розподіл енергії у гібридній силовій установці, мінімізуючи витрати та забезпечуючи безпеку та екологічність.

Провести огляд останніх досягнень у сфері датчиків.

Створити універсальний процедурний алгоритм функціонування системи.

Потрібно розробити план дій для режимів руху, включаючи алгоритм їх виконання.

Потрібно вибрати метод визначення ефективності реалізації системи, в якій досягається нульовий збиток і отримується прибуток, що компенсує витрати.

Основна користь даної роботи полягає в здатності представленої системи до більш раціонального розподілу як електричної, так і механічної енергії.



## 2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Вибір датчиків струму

Автомобільні датчики струму використовуються для вимірювання електричного струму, що протікає через проводи автомобіля. Основними вимогами до таких датчиків є надійність, точність та відповідність стандартам автомобільної промисловості. Ось деякі загальні вимоги до автомобільних датчиків струму:

**Надійність:** Датчики струму повинні бути дуже надійними і здатними працювати в різних умовах експлуатації, включаючи широкий температурний діапазон, вологість та вібрації. Вони повинні бути захищені від короткого замикання та перевантаження.

**Точність:** Датчики струму повинні мати високу точність вимірювання, оскільки неправильне вимірювання може призвести до некоректної роботи електричних систем автомобіля. Точність може вимірюватись у відсотках від повного масштабу вимірювання.

**Широкий діапазон вимірювання:** Датчики струму повинні мати широкий діапазон вимірювання, щоб забезпечити можливість вимірювати різні рівні струму, що протікає через проводи автомобіля. Діапазон вимірювання може варіюватись від декількох міліампер до кількох сотень ампер.

**Сумісність з автомобільною електричною системою:** Датчики струму повинні бути сумісними з автомобільною електричною системою, включаючи напруговий рівень та тип сигналу. Зазвичай використовується напруга 12 або 24 вольти, а тип сигналу може бути аналоговим або цифровим.

**Захист від електромагнітних перешкод:** Датчики струму повинні бути захищені від електромагнітних перешкод, що можуть виникати в автомобільній електричній системі. Це допоможе уникнути спотворення сигналу та забезпечить правильну роботу датчика.

**Зручність установки:** Датчики струму повинні мати зручну конструкцію для легкої установки в систему автомобіля. Вони можуть мати різні типи кріплення, які дозволяють їх закріплювати на проводах або на інших частинах

автомобіля.

Ці вимоги можуть варіюватись залежно від конкретних додаткових вимог виробників автомобілів та використовуваних технологій. Отже, перед вибором датчика струму для конкретного застосування в автомобілі, рекомендується ознайомитись з вимогами, наведеними в технічних специфікаціях відповідного виробника.

Таблиця 2.1. Основні типи датчиків струму

Метод виміру	Метод резисторного шунту	Метод струмового трансформатора	Магнітно-пропорційний метод	Метод магнітного балансу
Чутливий елемент	Резисторний шунт	-	Датчик холу	Датчик холу
Точність	Низька	Дуже низька	Висока	Дуже висока
Ізоляція	Дуже низька	Висока	Висока	Висока
Вимірюваний струм	АС/DC	АС	АС/DC	АС/DC
Кількість компонентів	Велике	Середнє	Середнє	Низьке
Споживання струму	Середнє	Низьке	Низьке	Середнє
Вартість	Низька	Низька	Середня	Висока

Окремі вимоги до автомобільних датчиків струму можуть залежати від конкретних застосувань та систем, в яких вони використовуються. Однак, основними загальними вимогами до автомобільних датчиків струму є:

**Діапазон вимірювання:** Датчики струму повинні мати широкий діапазон вимірювання, щоб враховувати різні рівні струму, що протікають через проводи автомобіля. Вимоги до діапазону можуть варіюватись від кількох міліампер до кількох сотень ампер.

**Точність:** Датчики струму повинні мати високу точність вимірювання, оскільки неправильні вимірювання можуть призвести до некоректної роботи

електричних систем автомобіля. Точність може вимірюватись у відсотках від повного масштабу вимірювання.

**Надійність:** Датчики струму повинні бути надійними і здатними працювати в різних умовах експлуатації. Вони повинні бути стійкими до впливу вологості, пилу, вібрацій та температурних коливань, які можуть відбуватись у середовищі автомобіля.

**Швидкодія:** Датчики струму повинні забезпечувати швидкість реагування на зміни струму. Швидкодія є важливою, особливо при вимірюванні змінного струму (АС), де точність вимірювання може залежати від частоти змін.

**Сумісність з електричною системою:** Датчики струму повинні бути сумісними з електричною системою автомобіля, включаючи напруговий рівень та тип сигналу.

Особливість датчика SAA-200 полягає в його здатності досягати високої точності завдяки використанню методу магнітного балансу. Для досягнення необхідної точності вимірювання, розробники датчика визнали, що метод магнітного балансу є найбільш підходящим.

Компанія TDK, яка виробляє датчики SAA-200, спеціалізується на застосуванні методу магнітного балансу у своїх продуктах. Цей метод дозволяє досягти максимальної точності вимірювань шляхом установаження рівноваги між зовнішнім магнітним полем і внутрішнім полем датчика.

Використання методу магнітного балансу в датчику SAA-200 забезпечує високу стабільність і надійність вимірювань, дозволяючи отримувати точні дані навіть при зміні умов оточення. Це робить датчик SAA-200 ефективним і надійним рішенням для різних застосувань, де потрібна висока точність вимірювань.

Цей метод працює наступним чином: в сердечнику з магнітом'якого матеріалу з високою проникністю розташований датчик Холла в повітряному зазорі. Магнітний потік  $B_1$  проходить через датчик Холла і залежить від вимірюваного струму (що протікає крізь кабель, струмову шину тощо), який може збільшуватися або зменшуватися. Сигнал від датчика Холла подається на операційний підсилювач, вихід якого зв'язаний з котушкою зворотного зв'язку,

через яку протікає струм зворотного зв'язку. Цей струм зворотного зв'язку викликає протилежний магнітний потік 2. Опукла котушка зворотного зв'язку розрахована таким чином, щоб магнітний потік 2 був рівним В1.

Таким чином, завдяки зворотному зв'язку, створюється магнітне поле, яке точно компенсує вплив вимірюваного струму на датчик Холла. Це дозволяє забезпечити стабільні вимірювання і зберегти магнітний потік, що проникає через датчик на постійному рівні В1.

Цей принцип магнітного балансу в датчику SAA-200 гарантує високу точність і надійність вимірювань навіть у змінних умовах. Це особливо важливо для додатків, де потрібна точна і стабільна магнітна вимірювальна система.

$$I_1 \times N_1 = I_2 \times N_2.$$

$$I_1 = 200 \text{ A},$$

$$N_1 = 1 \text{ виток},$$

$$N_2 = 4000 \text{ витків},$$

$$200 \times 1 = I_2 \times 4000 = 200 \text{ A}.$$

$$I_2 = 0,05 \text{ A}.$$

За допомогою вимірювального резистора пропускається струм 0,05 А. Таким чином, шляхом вимірювання напруги на цьому резисторі можна визначити значення струму І1. Цей метод, який широко використовується, забезпечує високу стабільність і точність вимірювань.

Отже, шляхом контролю напруги на вимірювальному резисторі, можна визначити поточну величину струму І1. Завдяки загальноприйнятому застосуванню цього методу, досягається надійна і стабільна вимірювальна система, яка забезпечує високу точність результатів вимірювань.

Лінійність вихідної характеристики.

На відміну від цього при використанні методу магнітного балансу магнітний потік всередині сердечника дорівнює нулю - завдяки магнітному потоку, що зрівнює, викликаному дією котушки зворотного зв'язку, як описано вище.



Рис. 2.1 Приклад вихідної характеристики

Таблиця 2.2. Порівняння датчиків поточного та нового покоління

Параметри	Поточне покоління датчиків	Нове покоління датчиків струму
Метод	Магнітний баланс	Магнітний баланс
Напруга ПП	$\pm 12\text{В}$	$+ 5\text{В}$
Вихідний параметр	Вихідний струм	Вихідна напруга
Приклади	$+ 200\text{А} \rightarrow +50\text{мА}$	$+ 200\text{А} \rightarrow +4.5\text{В}$
	$0\text{А} \rightarrow 0\text{мА}$	$0\text{А} \rightarrow +2.5\text{В}$
	$-200\text{А} \rightarrow -50\text{мА}$	$-200\text{А} \rightarrow +0.5\text{В}$

## 2.2 Двигун внутрішнього згоряння

Двигун 1NZ-FXE є 1,5-літровим, бензиновим, чотирьохциліндровим двигуном, розробленим японською компанією Toyota. Він використовується в багатьох моделях автомобілів Toyota, зокрема в Prius, Yaris, Aqua (продажа в Японії), Auris Hybrid, Corolla Hybrid та інших.

Основні характеристики двигуна 1NZ-FXE:

Об'єм: Двигун має об'єм 1,5 літра, що дозволяє забезпечити прийнятну

потужність і економічність роботи.

Тип палива: Використовується бензин як основне паливо.

Конфігурація циліндрів: Чотири циліндри розташовані рядно.

Подвійний рядний розподільчий вал: Двигун оснащений подвійним рядним розподільчим валом (DOHC), що дозволяє кращий контроль над роботою клапанів і забезпечує оптимальну ефективність.

Система паливоподачі: Використовується система безпосереднього вприскування палива (Direct Injection System), що забезпечує кращу економію палива та зниження рівня викидів.

Гібридна технологія: Двигун 1NZ-FXE використовується в гібридних автомобілях Toyota, тому він має додаткові компоненти, такі як електромотор і батарею, для поліпшення паливної ефективності та зниження викидів шкідливих речовин.

Потужність: Залежно від конкретної модифікації і автомобільної платформи, потужність двигуна 1NZ-FXE може варіюватись в діапазоні від 72 до 78 кіловатт (97-105 кінських сил).

Обертний момент: Максимальний обертовий момент складає близько 111-130 Нм в залежності від версії і конфігурації.

Екологічність: Благодаря гібридній технології, двигун 1NZ-FXE відповідає вимогам стандартів щодо викидів шкідливих речовин, що сприяє зниженню негативного впливу на навколишнє середовище.

Економічність палива: Двигун 1NZ-FXE славиться своєю високою паливною ефективністю, забезпечуючи економічну роботу на довгих відстанях.

Загалом, двигун 1NZ-FXE є компактним, потужним, економічним і екологічним агрегатом, який використовується в гібридних моделях Toyota для забезпечення оптимальної комбінації продуктивності і паливної ефективності.

### **2.3 Мотор-генератор**

Двигун-генератор, що використовується в автомобілі Toyota Prius, має різні компоненти і функції, які спільно працюють для забезпечення гібридної

системи приводу. Основні характеристики мотор-генератора в Toyota Prius включають наступне:

Тип: Мотор-генератор використовується в гібридних системах Toyota Prius і є синхронним електромотором.

Функції: Мотор-генератор виконує декілька функцій в гібридній системі Prius. Він виступає як стартер для запуску двигуна внутрішнього згорання і генератор для заряду внутрішнього акумулятора і підтримки роботи системи.

Потужність: Потужність мотор-генератора може варіюватись в залежності від конкретної моделі Prius і покоління. У новіших моделях Prius потужність мотор-генератора може становити близько 53 кВт (71 кінська сила).

Робочий діапазон обертів: Мотор-генератор в Prius може працювати в широкому діапазоні обертів, що дозволяє ефективно використовувати електромотор як для руху автомобіля, так і для заряду акумулятора.

Енергія рекуперації: Мотор-генератор використовує систему рекуперації енергії, що дозволяє перетворювати кінетичну енергію, що втрачається під час гальмування і гальмувального ефекту двигуна, на електричну енергію для заряду акумулятора.

Режими роботи: Мотор-генератор може працювати в різних режимах, включаючи режим електромотора, коли автомобіль рухається виключно за рахунок електричного мотора, і режим генератора, коли мотор-генератор заряджає акумулятор або допомагає двигуну внутрішнього згорання.

Регенерація гальмівної енергії: Мотор-генератор використовує систему регенерації гальмівної енергії, що дозволяє конвертувати частину енергії, яка втрачається під час гальмування, на електричну енергію для подальшого використання.

Інтеграція з двигуном внутрішнього згорання: Мотор-генератор в Prius інтегрований з двигуном внутрішнього згорання і системою керування, що дозволяє оптимально керувати роботою гібридної системи.

Ці характеристики мотор-генератора в Toyota Prius допомагають забезпечити ефективну роботу гібридної системи, покращену паливну ефективність та зменшення викидів шкідливих речовин.

## 2.4 Вибір перетворювача напруги

Перетворювач напруги в автомобілі Toyota Prius, відомий як інвертор (inverter), є ключовим компонентом гібридної системи автомобіля. Його основною функцією є перетворення постійного струму (DC) з батареї на змінний струм (AC) для живлення електричних моторів та інших систем автомобіля.

Основні характеристики перетворювача напруги в автомобілі Toyota Prius можуть варіюватися залежно від конкретної моделі та року випуску. Узагальнюючи, наведу деякі загальні описи та характеристики, які можуть бути притаманні цьому компоненту:

Постачання живлення: Інвертор отримує постійний струм від батареї гібридної системи автомобіля і перетворює його на змінний струм, який використовується для живлення електричних моторів.

Номінальна потужність: Інвертори в автомобілі Toyota Prius можуть мати різні номінальні потужності залежно від моделі. Зазвичай вони забезпечують достатню потужність для приводу електричних моторів, заряджання батареї та живлення додаткових електричних пристроїв.

Вихідна напруга: Інвертори виробляють змінний струм з контрольованою напругою для живлення електричних систем автомобіля. Напруга може варіюватися залежно від потреб системи, але зазвичай вона відповідає стандартному напруговому рівню для електричних систем автомобіля, наприклад, 220-240 В.

Інтелектуальне управління: Інвертори в автомобілі Toyota Prius зазвичай мають вбудовані системи управління, які контролюють потужність, швидкість та інші параметри роботи. Це дозволяє оптимізувати роботу гібридної системи автомобіля для досягнення найбільшої ефективності палива.

Система охолодження: Інвертори, особливо високовольтні, можуть мати вбудовану систему охолодження для забезпечення стабільної роботи. Це може включати радіатори, вентилятори або інші компоненти для відведення тепла від інвертора.

Захист від перевантажень та короткого замикання: Інвертори зазвичай



мають вбудовані захисні механізми, які реагують на перевантаження або короткі замикання, щоб запобігти пошкодженню системи та забезпечити безпеку.

**Енергорекуперація:** Важливою функцією перетворювача напруги в гібридних автомобілях, включаючи Toyota Prius, є здатність відновлювати енергію під час гальмування або сповільнення. Інвертор може використовувати енергію, яка зазвичай втрачається у вигляді тепла, для заряджання батареї, що сприяє підвищенню ефективності палива.

Важливо відзначити, що конкретні технічні характеристики та властивості інвертора в автомобілі Toyota Prius можуть відрізнятися залежно від року випуску, моделі та регіону. Для отримання детальнішої інформації рекомендується звернутися до офіційних джерел, таких як руководство користувача або сертифіковані сервісні центри Toyota.

## **2.5 Високовольтна батарея**

Високовольтна батарея в автомобілі Toyota Prius Hybrid є основним джерелом енергії для електричної системи і гібридного приводу. Це літій-іонна батарея, яка забезпечує живлення електричних моторів та зберігає енергію, відновлену під час рекуперації енергії під час гальмування та сповільнення. Нижче наведена детальна характеристика високовольтної батареї Toyota Prius Hybrid:

**Тип батареї:** Літій-іонна батарея є найпоширенішим типом батарей, який використовується в гібридних автомобілях, включаючи Toyota Prius. Цей тип батареї відомий своєю високою енергетичною щільністю, тривалим терміном служби та здатністю до швидкого заряду.

**Номинальна напруга:** Високовольтна батарея Toyota Prius Hybrid має номінальну напругу, яка може коливатися залежно від конкретної моделі і року випуску. Зазвичай вона становить близько 200-300 вольт.

**Ємність:** Ємність батареї вимірюється в кіловат-годинах (kWh) і вказує на кількість енергії, яку батарея може зберігати. Високовольтна батарея Toyota Prius Hybrid має варіюючу ємність залежно від моделі і року випуску, і зазвичай

вона становить близько 4-8 kWh.

Розташування: Високовольтна батарея Toyota Prius Hybrid зазвичай розташовується під заднім сидінням або у багажному відділенні автомобіля. Це спеціально спроектоване місце для забезпечення оптимального розподілу ваги та забезпечення безпеки пасажирів.

Управління та контроль: Високовольтна батарея Toyota Prius Hybrid має вбудовану систему управління та контролю, яка відповідає за заряджання, розряджання, моніторинг стану батареї та захист від перевантажень або коротких замикань.

Життєвий цикл: Літій-іонні батареї мають високий життєвий цикл, що означає, що вони можуть пройти велику кількість циклів заряду-розряду до того, як їх потрібно буде замінити або обслуговувати. Зазвичай високовольтна батарея Toyota Prius Hybrid має тривалий термін служби, але це також може залежати від умов експлуатації та правильного обслуговування.

Важливо відзначити, що конкретні технічні характеристики високовольтної батареї можуть відрізнятися залежно від моделі та року випуску Toyota Prius Hybrid. Для отримання докладної інформації рекомендується звернутися до офіційних джерел, таких як руководство користувача або сертифіковані сервісні центри Toyota.

## **2.6 Пристрій розподілу потужності**

Розподільник потужності Power Split Device (PSD) є ключовим компонентом гібридної системи автомобіля Toyota Prius. Його основною функцією є керування потоками потужності між двигуном згоряння та електричними моторами для досягнення оптимальної ефективності палива. Ось детальна характеристика розподільника потужності Power Split Device:

Основний принцип роботи: Розподільник потужності Power Split Device використовує планетарну передачу для комбінації потоків потужності від двигуна згоряння і електричних моторів. Він забезпечує можливість одночасної роботи двигуна згоряння та електричних моторів, а також перемикання між режимами руху, такими як електромобільний режим, заряджання батареї та

генерація електричної енергії під час гальмування.

Електричні мотори: Розподільник потужності PSD має два електричних мотори - MG1 (Motor Generator 1) і MG2 (Motor Generator 2). MG1 виконує функції генератора, який забезпечує заряджання батареї та створення електричної потужності для руху автомобіля, а також функції стартера для запуску двигуна. MG2 відповідає за привід коліс та надання потужності для руху автомобіля.

Планетарна передача: Розподільник потужності PSD використовує планетарну передачу, що складається з сонячного колеса, планетарного колеса та обігруючого колеса. Ця конструкція дозволяє розподілити потужність між різними компонентами системи залежно від потреб і забезпечити оптимальну ефективність роботи.

Керування електронікою: Розподільник потужності PSD керується спеціальною електронною системою, яка моніторить стан автомобіля, вимірює швидкість, оберти двигуна та електричних моторів, і приймає рішення щодо розподілу потужності для оптимальної продуктивності та ефективності.

Режими роботи: Розподільник потужності PSD дозволяє автомобілю Toyota Prius працювати в різних режимах руху, таких як електричний режим, коли автомобіль працює виключно на електричній потужності, та гібридний режим, коли двигун згоряння та електричні мотори працюють спільно для найбільшої ефективності палива.

Ці характеристики є загальним описом розподільника потужності Power Split Device в автомобілі Toyota Prius.

## **2.7 Лінійний графік роботи планетарної передачі**

Графіки, що відображають взаємозв'язок між роботою двигуна згоряння, генератора та електричного мотора на прикладі автомобіля, який не перебуває в режимі роботи або не запущений.

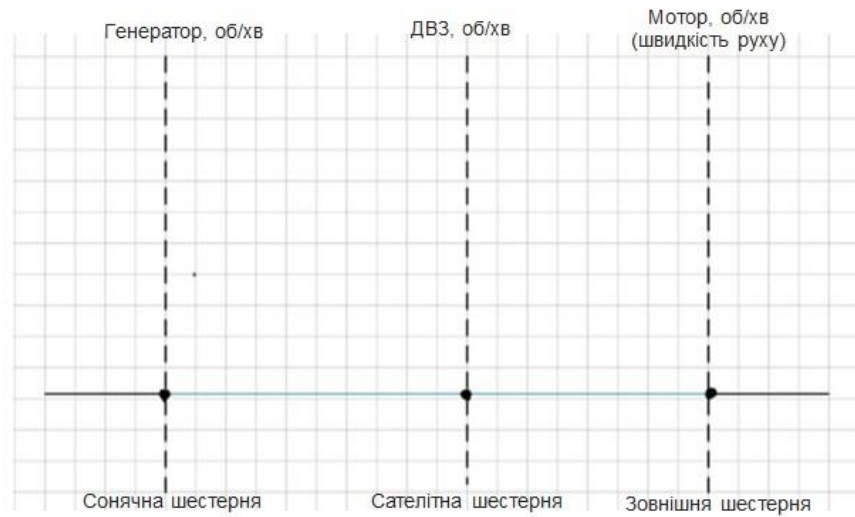


Рис. 2.2. Графік, який відображає залежність крутного моменту в незапущеному стані.

Під час процесу запуску двигуна внутрішнього згоряння, генератор та електромотор знаходяться в неактивному стані.

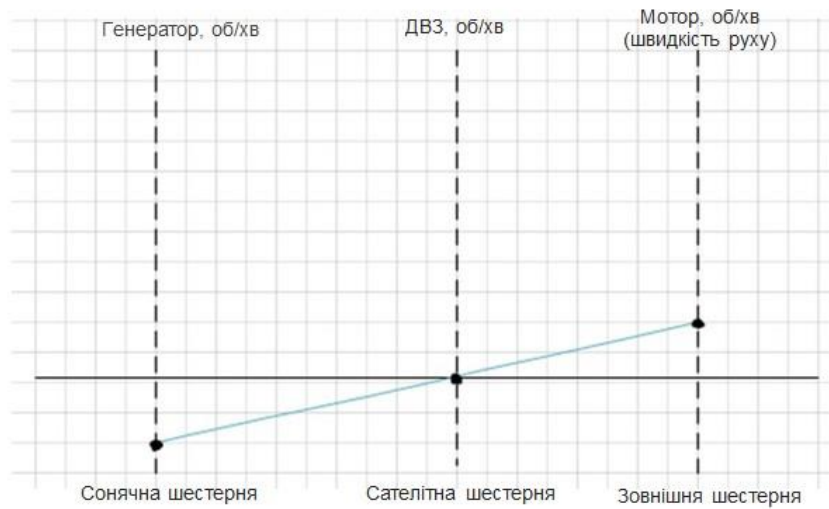


Рис. 2.3. Графік, що відображає залежність крутного моменту під час процесу запуску.

Під час розгону зі старту автомобіль використовує тільки електричний двигун.

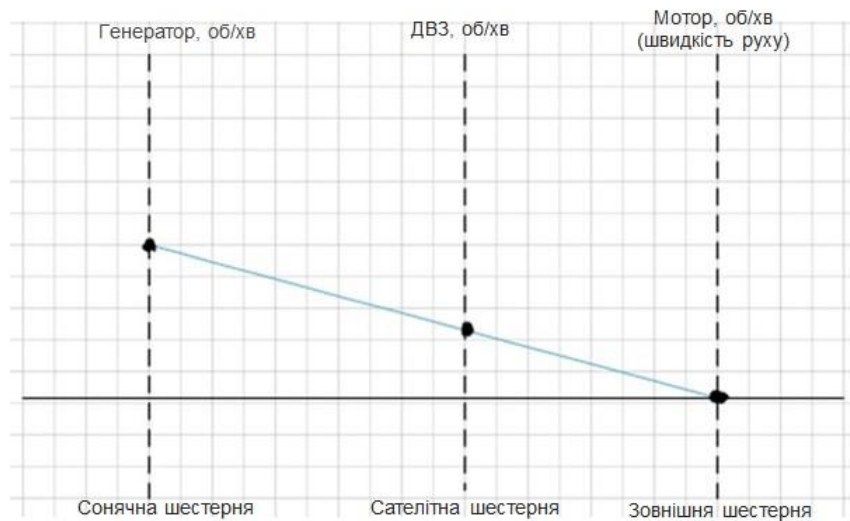


Рис. 2.4. Графік, який показує залежність крутного моменту під час процесу розгону.

Під час нормального руху генератор, що виконує функцію стартера, приводить в рух сонячну шестерню, і запускає двигун. Після запуску двигуна генератор починає виробляти електрику, яка заряджає батарею та підтримує роботу електричного мотора.

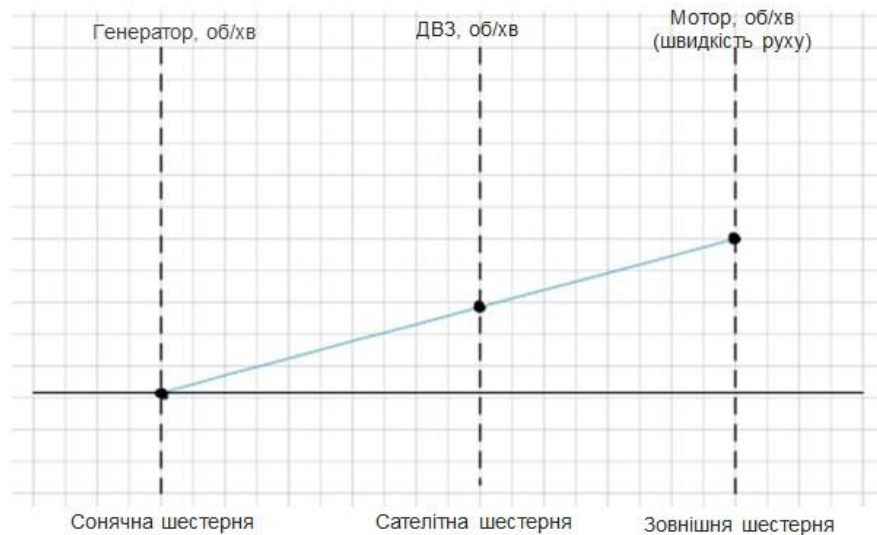


Рис. 2.5. Графік, що відображає залежність крутного моменту під час типового руху.

Під час розгону використовується в основному двигун внутрішнього згоряння для приведення автомобіля в рух. В цьому режимі не вимагається продукція енергії.

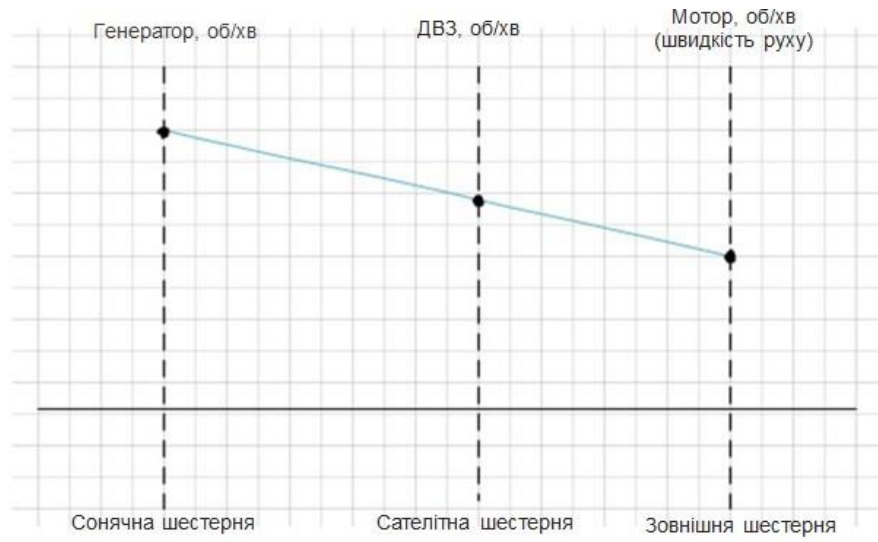


Рис. 2.6. Графік, що відображає залежність крутного моменту під час процесу прискорення.

Під час процесу прискорення в нормальному режимі руху, оберти двигуна внутрішнього згоряння зростають, і одночасно генератор починає генерувати електрику. Ця електрика використовується разом з електрикою з високовольтною батареї, при цьому двигун внутрішнього згоряння додає свою власну потужність для збільшення прискорення.

## 2.8 Система керування гібридною установкою

Система керування THS II (Toyota Hybrid System II) є комплексною гібридною установкою, яка використовується в гібридних автомобілях Toyota. Ось детальна характеристика цієї системи:

**Структура:** THS II складається з декількох ключових компонентів, включаючи двигун внутрішнього згоряння, електричні мотори, високовольтну батарею, генератор, розподільник потужності (Power Split Device), і електронну керуючу систему.

**Режими роботи:** Система THS II має кілька режимів роботи, включаючи електричний режим, коли автомобіль працює виключно на електричній потужності, і гібридний режим, коли двигун внутрішнього згоряння та електричні мотори працюють спільно для досягнення оптимальної ефективності палива.

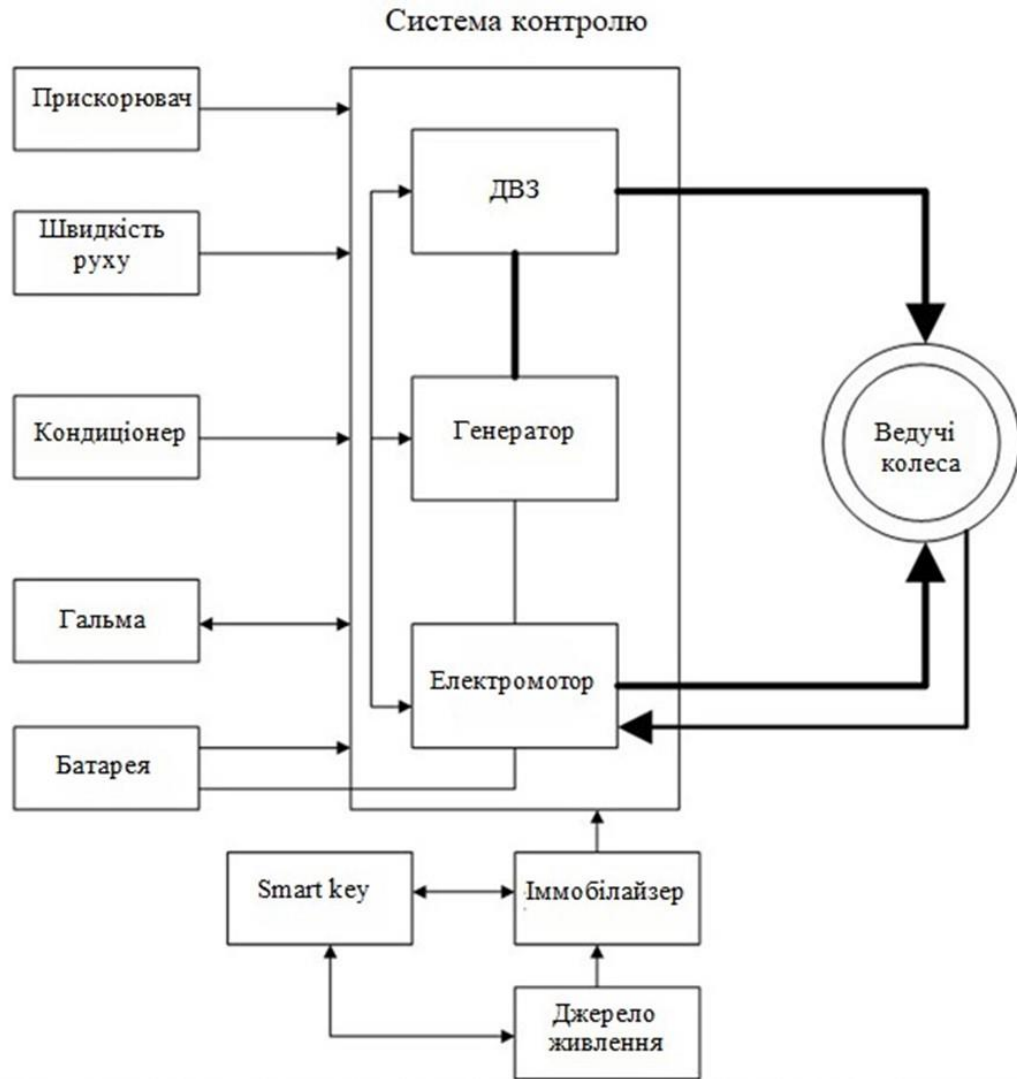


Рис. 2.7 Блок схема системи керування гібридною системою.

**Енергетичний потік:** Система THS II керує енергетичним потоком між двигуном внутрішнього згоряння, електричними моторами і батареєю з метою забезпечення оптимального використання енергії та ефективності палива. Вона вирішує, коли використовувати електричний режим, коли запуснути двигун внутрішнього згоряння та коли комбінувати роботу обох.

**Рекуперація енергії:** THS II включає функцію рекуперації енергії, яка дозволяє відновлювати частину енергії, яка віддається під час гальмування або сповільнення автомобіля. Ця енергія зберігається в батареї для подальшого використання.

**Електронне керування:** Система THS II має комплексну електронну систему керування, яка забезпечує взаємодію всіх компонентів гібридної установки. Це включає моніторинг та керування енергетичним потоком,

оптимізацію режимів роботи, регулювання потужності та ефективності системи.

Вища ефективність палива: Одним з основних переваг THS II є вища ефективність палива порівняно з традиційними автомобілями з двигунами внутрішнього згоряння. Гібридна система дозволяє зменшити споживання палива, особливо в умовах міського руху та зупинок.

Синергічна робота компонентів: THS II демонструє синергію роботи компонентів системи, так що кожен компонент підтримує та підсилює ефективність роботи інших компонентів.

Це загальна характеристика системи керування THS II гібридною установкою, яка використовується в гібридних автомобілях Toyota.

Принцип роботи системи керування THS II (Toyota Hybrid System II) гібридною установкою полягає в ефективному комбінуванні роботи двигуна внутрішнього згоряння та електричних моторів для забезпечення оптимальної ефективності палива і низького рівня викидів.

Основні принципи роботи системи THS II включають:

Старт і зупинка двигуна: Під час старту система THS II використовує електричний мотор для запуску двигуна внутрішнього згоряння, забезпечуючи плавний і ефективний старт. Після запуску двигуна система автоматично керує його режимами роботи, включаючи зупинку на холостому ході під час стоячого режиму.

Рекуперація енергії: Система THS II використовує функцію рекуперації енергії під час гальмування або сповільнення. Електричні мотори переключаються на генераторний режим, щоб відновити частину енергії, яка віддається під час гальмування, і перетворити її на електричну енергію, яка зберігається у високовольтній батареї для подальшого використання.

Розподільник потужності: Один з ключових компонентів системи THS II - розподільник потужності (Power Split Device). Цей пристрій дозволяє ефективно комбінувати потужність двигуна внутрішнього згоряння і електричних моторів для приведення автомобіля в рух. Розподільник потужності контролює розподіл потоку енергії між різними приводними системами, забезпечуючи оптимальну ефективність та швидкість руху.



Управління режимами роботи: Система THS II автоматично переключається між різними режимами роботи, в залежності від умов дороги, потреби в потужності та заряду високовольтної батареї. Вона може працювати в електричному режимі, коли автомобіль рухається виключно на електричній енергії, або в гібридному режимі, коли працюють і двигун внутрішнього згоряння, і електричні мотори.

Оптимізація потужності: Система керування THS II надає оптимізоване керування потужністю, враховуючи режими руху, швидкість, навантаження та інші фактори. Вона розподіляє потужність між двигуном внутрішнього згоряння і електричними моторами таким чином, щоб забезпечити ефективність палива та оптимальну продуктивність автомобіля.

Це загальний принцип роботи системи керування THS II гібридною установкою. Враховуйте, що деталі принципу роботи можуть варіюватися в залежності від конкретної моделі гібридного автомобіля Toyota.

### 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1 Принципова схема системи керування рухом гібридного автомобіля

Для даної гібридної установки була розроблена та зроблена в MS Office Visio - принципова схема.

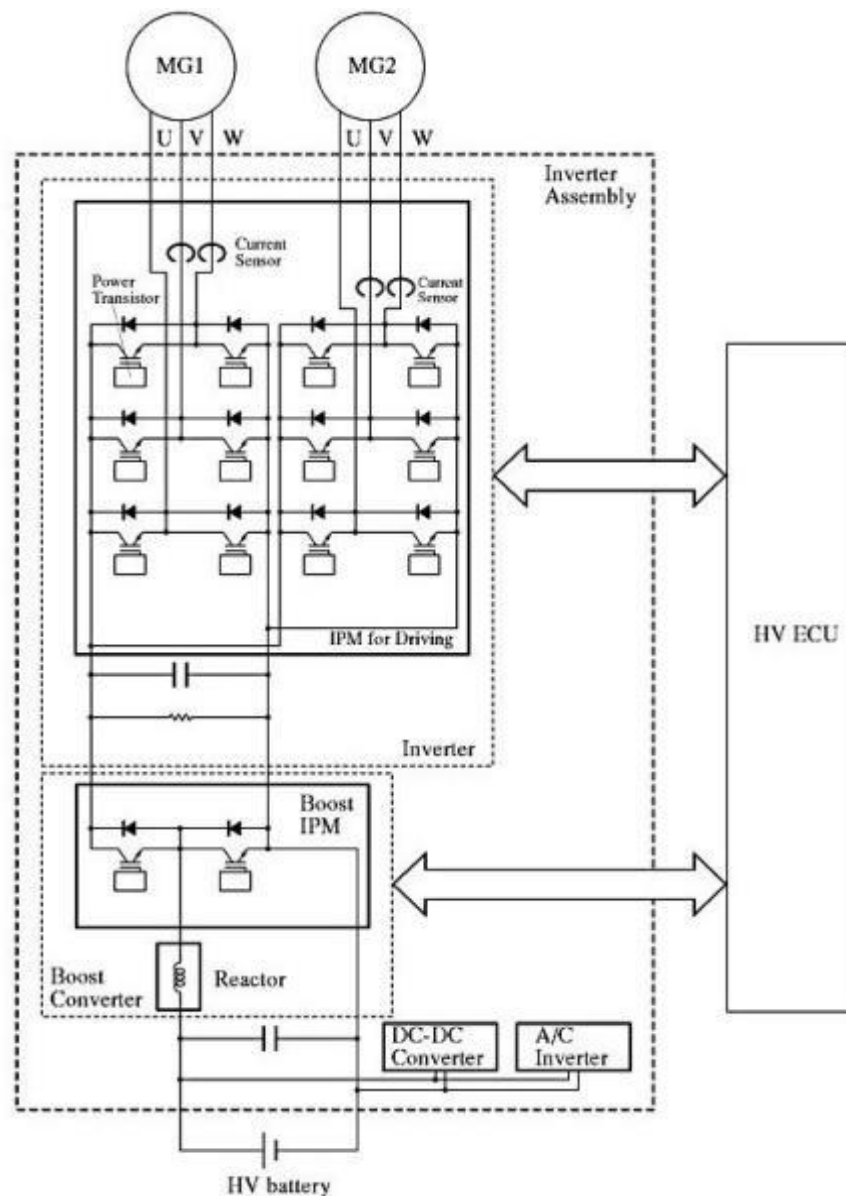


Рис. 3.1 Принципова схема системи керування силової гібридної установки

На малюнку показано: HV ECU - блок управління; DC-DC конвертор; A/C інвертор; перетворюючий пристрій електричних двигунів MG1/MG2; Високовольтна батарея.

### 3.2 Алгоритм режимів руху

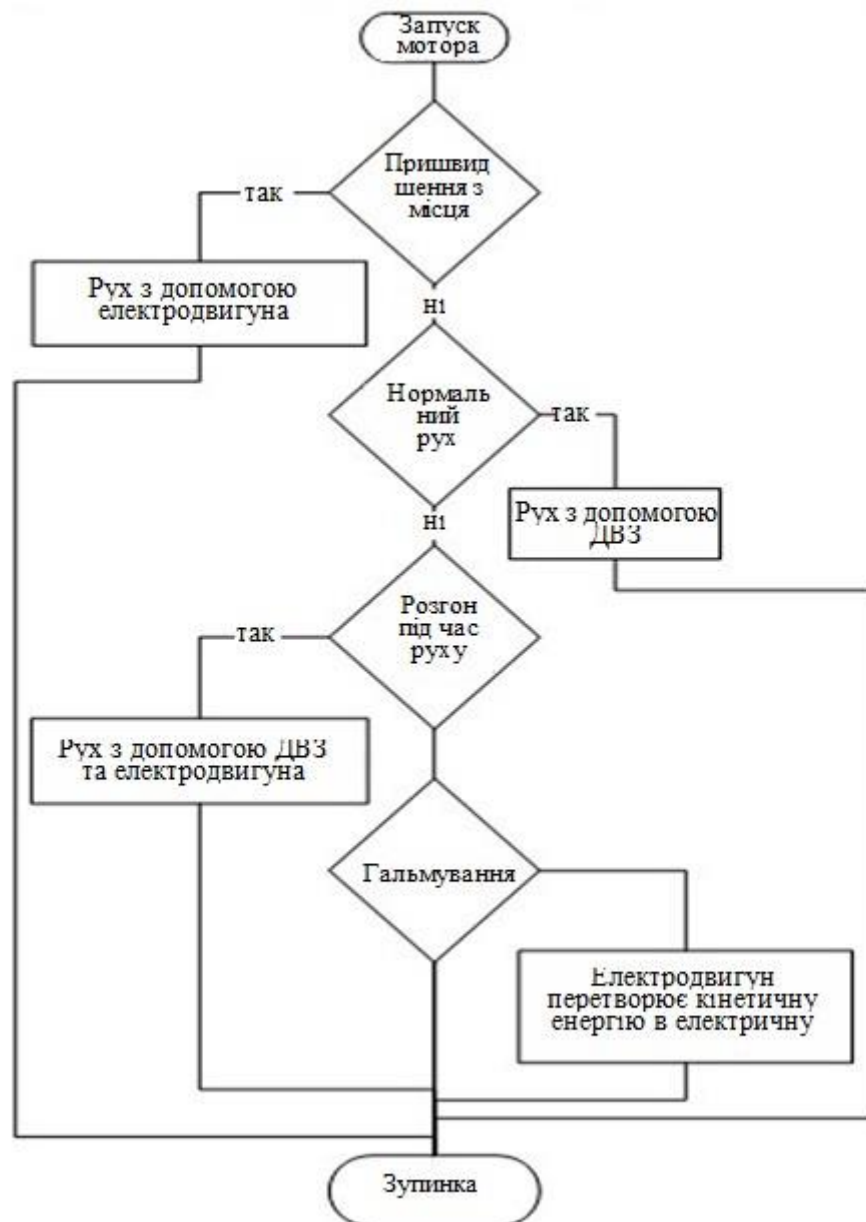


Рис. 3.2 Алгоритм режимів руху

### 3.3 Моделювання гібридної установки у SIMULINK

Для реалізації гібридної схеми, яка поєднує послідовні та паралельні елементи, було використано програму SIMULINK з пакету MATLAB.

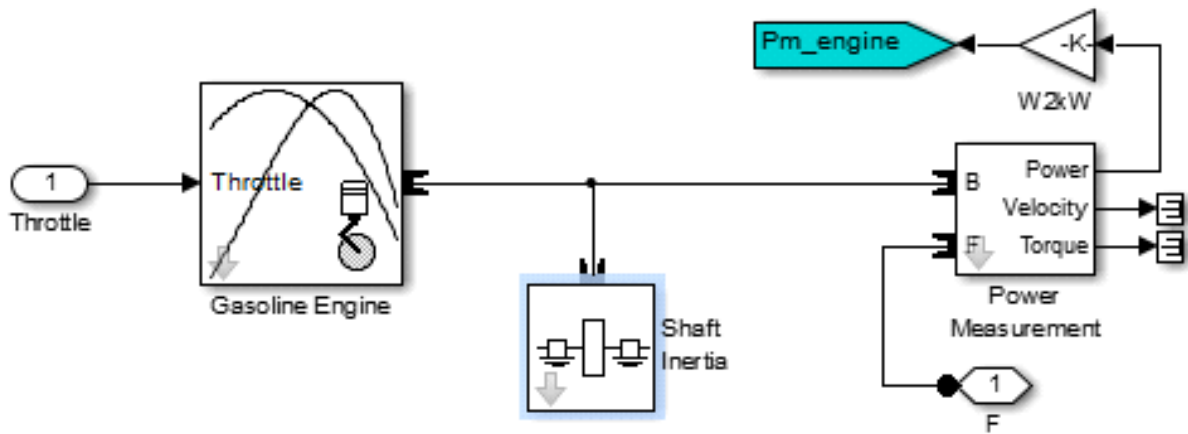


Рис. 3.3. Модель двигуна внутрішнього згоряння

Вибір для моделі був зроблений на користь двигуна з чотирма циліндрами об'ємом 1.5 літра та потужністю 76 кінських сил, який працює за принципом Аткинсона.

Крім того, використовується електричний двигун MG2.

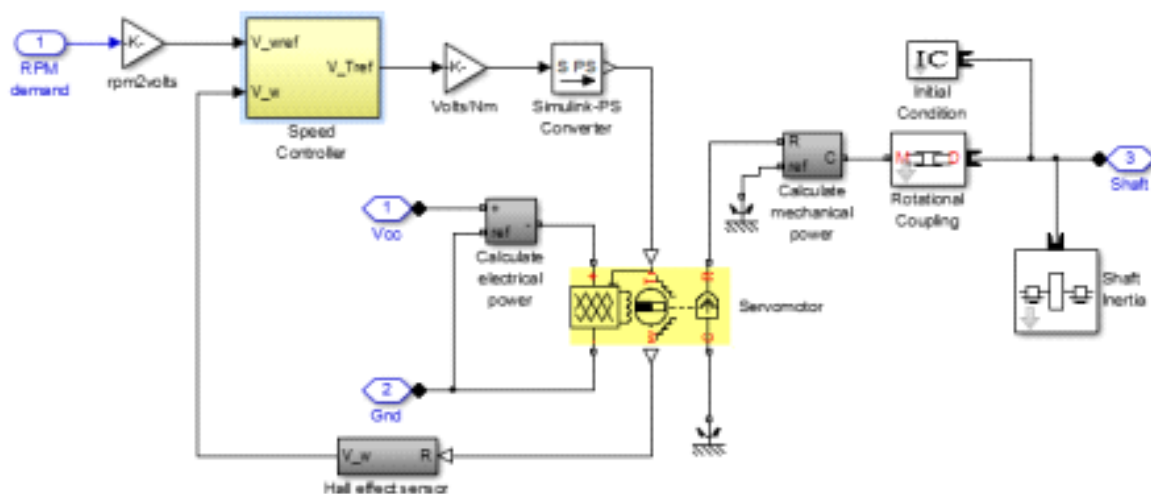


Рис. 3.4. Модель електричного двигуна MG2.

У даній моделі основним тяговим електромотором є трифазний змінного струму електричний двигун з потужністю 50 кВ. Крім того, використовується планетарна передача.

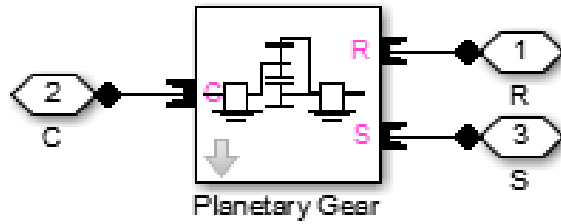


Рис. 3.5. Модель планетарної передачі

У якості трансмісії було вибрано дільник потужності (Power Split Device, PSD). Основним компонентом автомобільної трансмісії є планетарний механізм, який використовується як дільник потужності (Split Device).

Контролер.

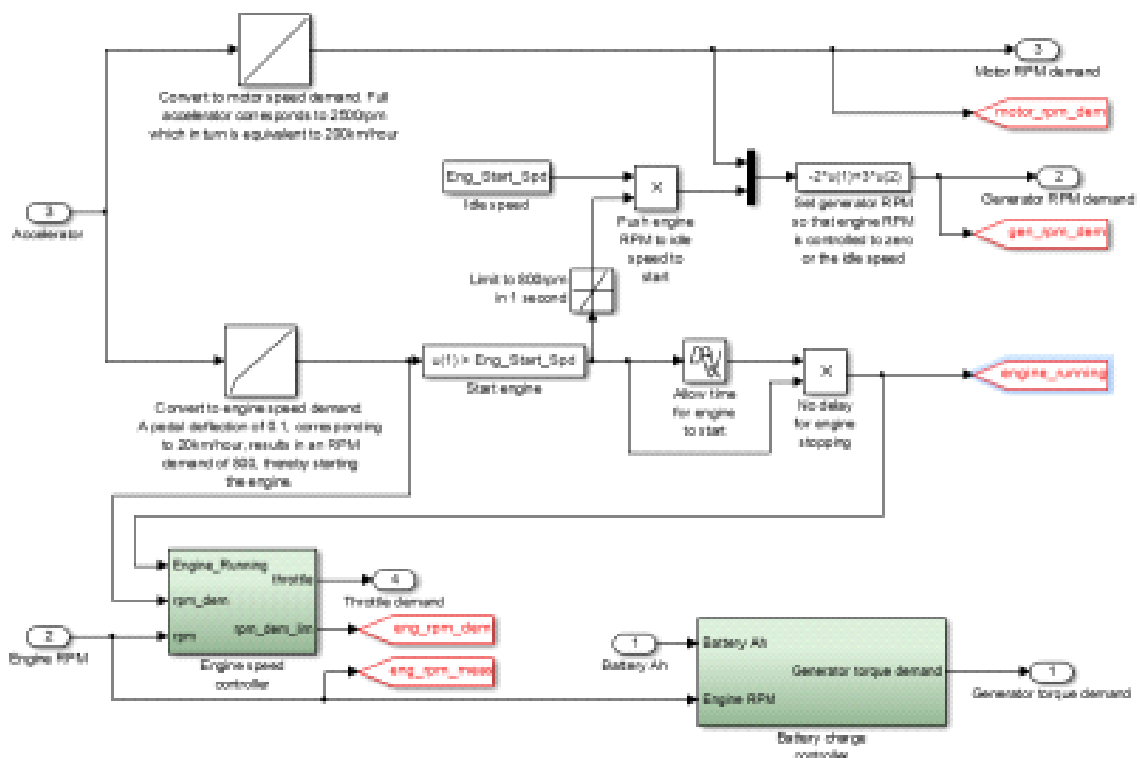


Рис. 3.6 Модель контролера

Це є системою, що розподіляє потужність. Вона складається з двох компонентів: контролера швидкості електродвигуна та контролера заряду батареї.

Генератор.



максимальний струм 80 А. Для використання у інверторі, напруга батареї піднімається до 500 В за допомогою спеціального пристрою - DC-DC конвертера, відомого як "booster".

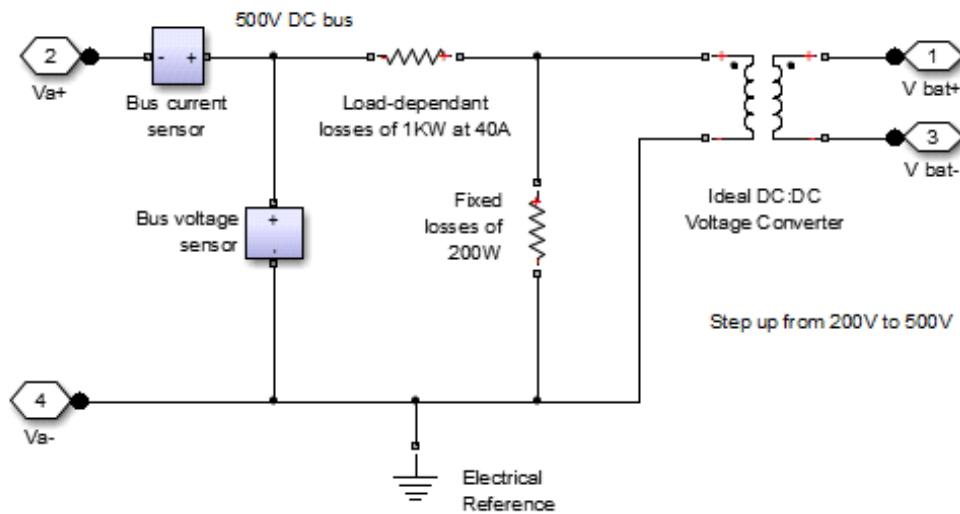


Рис. 3.9 Модель конвертера DC-DC

Для перетворення напруги з 200 В на 12 В було використано DC-DC конвертер, який був обраний як перетворювач.

Була створена модель гібридної послідовно-паралельної установки, в яку внесені дані, що відповідають нашим компонентам.

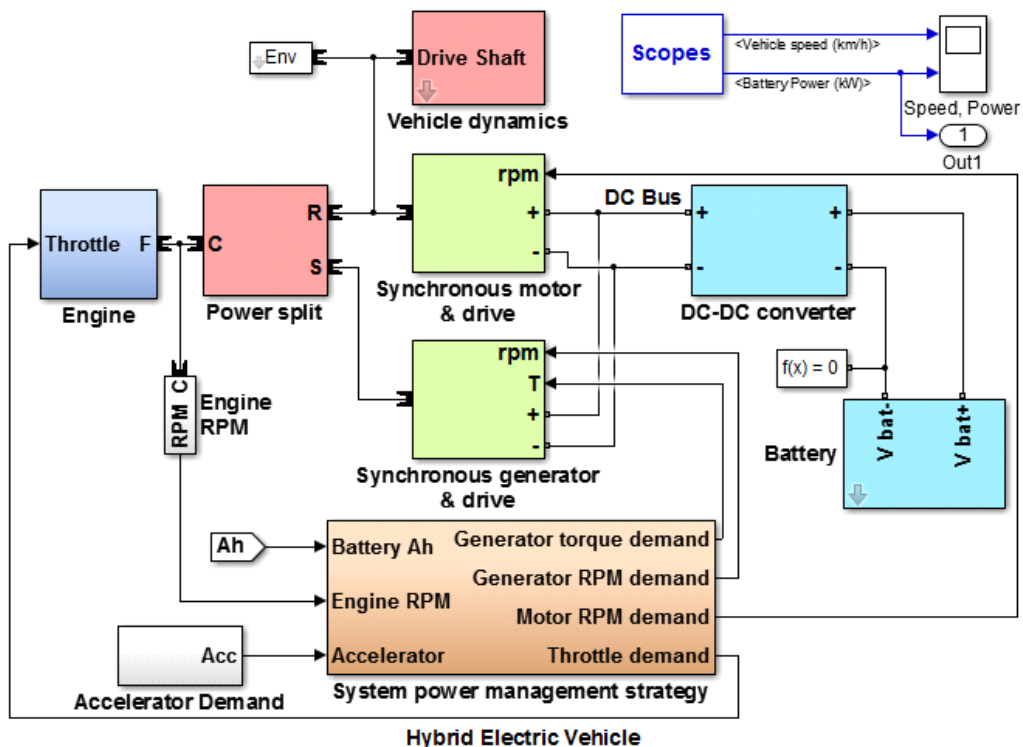


Рис. 3.10. Модель послідовно-паралельної гібридної установки.

Для візуальної демонстрації розподілу потужності команда Scopes була

здіяна. За допомогою Scores виводяться два графіки. Перший графік відображає швидкість автомобіля у км/год, а другий графік показує криву потужності високовольтної батареї. Виведені результати демонструють залежність між вироблюваною потужністю та швидкістю автомобіля. Тестуються режими прискорення, крейсерської швидкості та уповільнення.

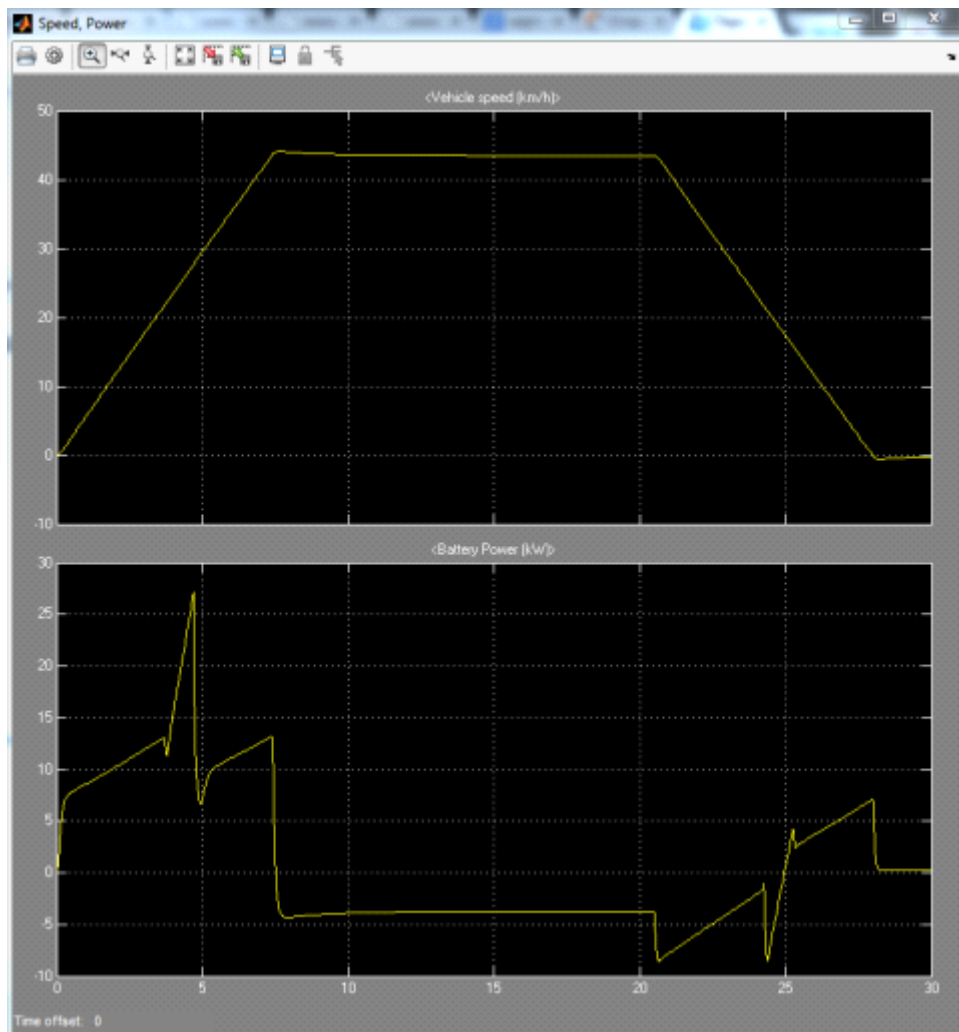


Рис. 3.11. Графіки, що виводяться командою scores.

З рисунка 3.11 можна зрозуміти, яку потужність генерує високовольтна батарея в залежності від режиму руху.



## 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Системний аналіз надійності та безпеки системи

Для підвищення безпеки та надійності (безвідмовності) роботи розроблюваного пристрою необхідно ефективним чином проаналізувати можливі аварійні ситуації та причини, що їх викликають. І, як наслідок, вжити заходів щодо запобігання таким.

Відмови розроблюваного устрою носять стохастичний характер, тобто. вони можуть проявитися чи не проявитися. Тому як адекватну оцінку ризику можна застосовувати ймовірність настання небажаної події, що визначається статистично.

Як приклад ситуації відмови пристрою управління УБП, візьмемо випадок виходу його з експлуатації при використанні в системі обробки сигналів. При відмови пристрою необхідна інформація не надходитиме на мікропроцесор, що у свою чергу призведе до необхідності повтору експерименту.

Оскільки дана система є пристроєм обробки сигналу, очевидно, що найбільш несприятливою з точки зору працездатності буде ситуація відсутності або спотвореності інформації. Причинами такої події можуть бути як зовнішні, що мало залежать від нас, так і несправності електричних схем самого пристрою. Ці групи подій виділені через різку відмінність причин, що призводять до їх виникнення.

Виходячи з вищевикладеного, як головна подія для аналізу надійності та безпеки проекту, що розробляється, розглянемо подію «не працює блок управління гібридного автомобіля». Причини відмови блоку керування гібридним автомобілем:

- немає напруги живлення;
- пошкодження плати пристрою;
- збій роботи мікроконтролера.

Відсутність напруги живлення може статися з кількох причин:

- якщо згорів запобіжник, у такому разі потрібно його замінити, попередньо усунувши причину виходу з ладу запобіжника, якою може бути

коротке замикання електропроводки або несправність стабілізатора напруги.

– якщо запобіжник перебуває в робочому стані, а живлення все одно немає, тоді можливий обрив струмопровідних проводів, який може бути викликаний хімічним впливом (окислення проводів), термічним чи механічним впливом. У разі необхідно відновити цілісність проводки шляхом паяння, у своїй необхідно також відновити ізоляцію у разі її руйнації щоб уникнути короткого замикання, чи заміни обірваних проводів.

– якщо з проводкою все гаразд, а пристрій не вмикається, значить, є пошкодження плати блоку управління. Це може статися при механічному впливі на елементи, або виході з ладу самих елементів плати при порушеннях правил експлуатації приладу, перегрівання елементів через природне старіння або порушення температурного режиму. Необхідно замінити деталі, що вийшли з ладу, на нові.

Ушкодження плати пристрою може статися через причини:

– якщо був механічний вплив на плату, у такому разі призначається огляд та подальше виявлення проблеми.

– якщо механічного впливу був, а плата перебуває у неробочому стані, тоді можливий вихід із ладу елементів плати викликаний чи механічним впливом, чи перегрівом.

– якщо механічний вплив був відсутній, то причиною відмови пристрій є перегрів, викликаний або порушенням температурного режиму, або природним старінням елементів схеми.

Збій роботи мікроконтролера може статися:

– мікроконтролер може вийти з ладу, якщо два або більше виведення "ніжки" якимось чином замкнути (за умови, що ці висновки "ніжки", програмно задіяні як входи, або на них подано сигнал від датчиків, або живлення);

– ще однією причиною може бути механічний вплив на сам мікроконтролер. Щоб не допустити цього, потрібно розташовувати мікроконтролер у віддалених від навантажень місцях .

– мікроконтролер може вийти з ладу якщо на нього подати напругу живлення більше встановленої напруги, це може статися у разі замикання

проводів, а також при підключенні програматора, в тому випадку, коли прилад підключений до бортової мережі автомобіля. Щоб уникнути цього, рекомендується відключати пристрій від бортової мережі.

До дефектів, які можуть виникнути в процесі збирання, відносяться: удар, перегрів, обрив, електричний пробій статичною електрикою та інші. До порушень правил експлуатації відносяться: невідповідність температурного режиму, невідповідність кліматичній зоні, неномінальна напруга живлення тощо.

Необхідно також додати сюди відсутність сигналу на вході пристрою паркування автомобіля, що, у свою чергу, може бути викликано, наприклад, відсутністю об'єкта спостереження, тобто відмовою датчика.

#### **4.2 Розроблення заходів щодо підвищення надійності та безпеки**

На основі вище викладеного при розробці, встановленні та експлуатації пристрою необхідно виконувати наступні заходи щодо підвищення надійності системи, що розробляється.

Розглядаючи небезпеку виходу з ладу елементів УБП через їх перегрівання, треба передбачити не тільки охолодження пристрою в умовах природної конвекції та застосування тепловідводів на функціональних вузлах, але й вибрати таку елементну базу, яка б витримувала значні перепади температур, особливо з її підвищенням у більш спекотних регіонах.

Для захисту від перепаду напруги необхідно скористатися мережевим фільтром і стабілізатором напруги живлення із захистом від короткого замикання, також необхідно передбачити наявність плавкого або самовідновлюваного запобіжника в ланцюгу живлення.

Несправності, причинами яких є обрив мережевого кабелю можна усунути шляхом прокладання даного кабелю в місцях, де може бути механічний вплив місцях таким чином, щоб мінімізувати можливість механічних пошкоджень (вигин, натяг), наприклад, у підлозі автомобіля.

Така ситуація як відсутність напруги запобігається регулярної перевіркою стану проводів живлення, проведенням технічного огляду УБП, а також

стеженням за справністю електропроводки.

Організаційні заходи. Персонал для роботи над збиранням, монтажем та налагодженням блоку управління готується спеціально. До роботи можуть бути допущені особи, які досягли 18-річного віку, пройшли медичну комісію та мають посвідчення на право виконання робіт. Для персоналу, що безпосередньо працює в електроустановках, проводиться повторна перевірка знань щорічно.

Для безпеки робіт у електроустановках здійснюються організаційні заходи. Організаційними заходами є:

- допуск робітників, кваліфікаційна група яких не нижче 3;
- інструктаж з техніки безпеки;
- оформлення перерв у роботі, переведення на інше робоче місце, закінчення роботи.

Гігієнічні заходи. На робочих місцях велике значення приділяється створенню комфортних умов праці, які забезпечуються параметрами мікроклімату та ступенем запиленості повітря.

Місцева витяжна вентиляція призначена для видалення повітря безпосередньо від місць утворення або виходу шкідливих виділень, припливна для подачі повітря на певні робочі місця або ділянки

Світлотехнічні умови є найважливішим фактором при роботах, що потребують зорової напруги. Роботи, що виконуються в лабораторії, відносяться до III розряду зорових робіт (розмір об'єкта 2-4 мм). Відповідно до вимог СНиП 23-05-95 необхідна освітленість робочого місця для III розряду зорових робіт повинна становити не менше 300 лк . Працюючи вдень використовується природне бічне освітлення, тобто. через світлопройми (вікна) у зовнішніх стінах. Світло в лабораторії проникає через віконні отвори загальною площею 6м<sup>2</sup>. У

У вечірній час використовується система загального штучного освітлення, що складається з шести світильників типу ШОД з лампами ЛБ-80 та ЛДЦ-80, розміщених у два ряди групами по чотири лампи на висоті 3,5 м від підлоги.

Оскільки роботи виконуються переважно у світлий час доби, то розглянемо природне освітлення приміщення лабораторії.

Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості (КЕО) ( $e$ ), який є відношенням освітленості природним світлом якої-небудь точки всередині приміщення до значення зовнішньої освітленості горизонтальної поверхні, що освітлюється світлом повністю відкритого небосхилу і виражається у відсотках:

$$e = ( E_{вн} / E_{нар} ) * 100\%;$$

де  $E_{вн}$  - освітленість будь-якої точки всередині приміщення;

$E_{нар}$  - освітленість точки поза приміщенням.

Щоб знизити стомлення очей, рекомендується після кожної години роботи робити десятихвилинну перерву.

### 4.3 Пожежна безпека під час виробництва та монтажу пристрою

При монтажі та налаштуванні пристроїв використовуються різні електричні прилади. При їх неправильній експлуатації виникає небезпека виникнення надзвичайної ситуації. У процесі роботи із пристроєм існує небезпека виникнення пожежі. Причини пожежі можуть бути електричного та неелектричного характеру. До причин електричного характеру належать:

- іскріння в електричних пристроях;
- струми коротких замикань, провідники, що нагріваються, до високої температури, при якій може виникнути займання їх ізоляції, а також значні електричні перевантаження проводів і обмоток електричних приладів;
- погані контакти у місцях з'єднання проводів, коли внаслідок великого перехідного опору виділяється велика кількість тепла;
- електрична дуга, що виникає внаслідок помилкових операцій;

Причинами пожеж неелектричного характеру можуть бути:

- Несправність опалювальних приладів та порушення режимів їх роботи;
- Несправність виробничого обладнання та порушення технологічного процесу, в результаті якого можливе виділення горючих газів, парів пилу в повітряне середовище;
- Куріння у пожежонебезпечних приміщеннях;
- Самозаймання деяких матеріалів.

Основними причинами пожежі у пристрої є:

- порушення технологічного режиму роботи;
- несправність електропроводки (старіння або пошкодження ізоляції).
- для виключення появи короткого замикання та перевантаження по струму в блоці живлення пристрою передбачені:
  - плавкий запобіжник в ланцюзі живлення 12 ;
  - мікросхема з автоматичним захистом від навантажень kp142eh5a(5 b).

Захист мережі від короткого замикання забезпечується реле та настановними автоматами. Необхідно також передбачити вимикачі для вимкнення живлення всіх приладів у лабораторії. При перевантаженні найбільш ефективними є автоматичні схеми захисту, тепле реле та плавкі запобіжники.

Технологічні операції (наприклад, паяння, лудіння гарячим припоєм, випалювання кінців монтажного дроту) проводяться з використанням ЛЗР (етилового спирту, ацетону, скипидару) та при підвищеній температурі.

Щоб уникнути пожежі, електричні паяльники повинні забезпечуватися спеціальними термостійкими підставками. Випалювання ізоляції кінців проводів повинно проводитися в невиворняній витяжній шафі. ЛЗР слід зберігати в посуді з герметичними кришками (пробками). Посуд відкривають лише у момент користування. Кількість ЛЗР не повинна перевищувати добову потребу. Вентиляція робочого місця дозволяє зменшити концентрацію в повітрі легкозаймистих речовин. Вентиляційна система повинна мати пристрої, що запобігають виникненню пожежі можливість поширення вогню з одного поверху в інший або з одного приміщення в інше.

Готова продукція, обладнання, тара та інше майно має бути на певних місцях.

Куріння допускається лише у спеціально відведених місцях чи кімнатах, позначених відповідними написами та забезпечених урнами з водою.

У лабораторії має бути вивішена табличка із зазначенням прізвищ та посади осіб, відповідальних за пожежну безпеку.

Коридори, проходи, основні та запасні виходи, тамбури, сходові клітини повинні постійно утримуватися у справному стані, нічим не зашарашені, а в

нічний час висвітлюватись.

Енергопостачання приміщень здійснюється від трансформаторної станції. На трансформаторних підстанціях особливу небезпеку становлять трансформатори з олійним охолодженням. У зв'язку з цим перевагу слід надавати сухим трансформаторам.

Для швидкого виклику міської пожежної частини, у разі виникнення пожежі, у лабораторії мають бути засоби зв'язку. Весь пожежний інвентар, протипожежне обладнання та первинні засоби пожежогасіння повинні утримуватися у справному стані, знаходитись на видному місці та до них у будь-який час доби повинен бути забезпечений безперешкодний доступ. Усі стаціонарні та переносні засоби пожежогасіння повинні періодично перевірятися та випробовуватись.

Для гасіння пожежі в лабораторії є вогнегасник ОУ-2 ТУ27-4563-79, призначений для гасіння невеликих вогнищ пожежі. Вогнегасники зазнають періодичної перевірки та перезарядки.

При виникненні пожежі необхідно негайно вимкнути електроживлення лабораторії рубильником і скористатися вогнегасником. Також використовуються низка інших первинних засобів пожежогасіння, таких як пісок, багри, відра, що знаходяться на пожежних щитах або біля них.

Організаційні заходи щодо пожежної профілактики проводять з метою забезпечення правильної експлуатації та проведення протипожежного інструктажу серед оперативно-ремонтного персоналу.

У разі виникнення пожежі, крім вжиття заходів щодо її ліквідації, необхідно здійснити евакуацію робочого персоналу з небезпечної зони.

Основними причинами спалахів у працюючому приладі УБП є навантаження проводів, коротке замикання, іскріння.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В рамках бакалаврської роботи було виконано наступні дії:

Проведено огляд існуючих гібридних схем, виокремлено основні компоненти та описано принцип їх роботи.

Проведено аналіз, який спричинив розробку послідовно-паралельної гібридної схеми.

На основі технічного завдання визначено основні силові агрегати для гібридної силової установки.

Розроблено структурну та принципову електричну схему системи управління.

Складено алгоритм режимів руху гібридного автомобіля.

Застосовано програму SIMULINK для моделювання послідовно-паралельної схеми гібридного автомобіля.

Крім того, було виконано моделювання роботи гібридного автомобіля згідно розробленої моделі у програмі SIMULINK.



**БІБЛІОГРАФІЯ**

1. О.Л. Ляшук, Ю.І. Пиндус, М.Г. Левкович, Гупка А.Б., Хорошун Р.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за освітнім рівнем «бакалавр галузі знань 27 «Транспорт» спеціальність 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2022. – 61 с.
2. Підручник з будови автомобіля. Видання третє. Виправлене й доповнене – Моноліт 2021 – 288 с.
3. Кисликов В.Ф., В.В. Луцик Будова і експлуатація автомобілів. Підручник - Либідь м.Київ, 2018 – 400с.
4. Кузьмінський Р.Д., Шарибура А.О Технічний сервіс. Ремонт електрообладнання тракторів і автомобілів Львів 2017 – 376 с.
5. Сукач М.К. Технічний сервіс машин. Навч. пос.. Гриф МОНМСУ - Ліра-К, 2017 – 288 с.
6. Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «автомобільний транспорт».-Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2021. – 136 с.
7. Левкович М.Г., Кищун В.А., Гандзюк М.О. Конспект лекцій з дисципліни «Аналіз конструкцій, робочі процеси та основи розрахунку автомобілів» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «автомобільний транспорт».-Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. – Тернопіль.: ТНТУ, 2021. – 242 с.
8. Sokil, B., Lyashuk, O., Sokil, M., Vovk, Y., Dzyura, V., Aulin, V., Khoroshun, R. Interpreting the main power characteristics choice of the wheel vehicles guided cushioning system (2021) Communications - Scientific Letters of the University of Zilina, 23 (2), pp. B139-B149. (Scopus).
9. Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Хорошун Р.В. Модель руху автомобіля по криволінійній трасі. Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. Херсон: Херсонська державна морська академія, 2021. № 2 (25). С. 72–81.

10. Техніко-економічне обґрунтування інженерних рішень на СТО та АТП : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Ляшук О.Л., Луциків І.В., Плекан У.М., Клендій В.М. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 276 с.

11. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Укладачі : Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гудь В.З., Левкович М.Г., Сташків М.Я., Сіправська М.Д. - Тернопіль : Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. 544 с.

12. Sokil, B., Lyashuk, O., Sokil, M., Vovk, Y., Lebid, I., Nevko, I., Khoroshun R Matviyishyn, A. (2022). Methodology of Force Parameters Justification of the Controlled Steering Wheel Suspension. Communications, 24(3), B247-B258.

13. Гевко І.Б., Рогатинський Р.М., Левкович М.Г., Клендій В.М., Гупка В.В. Структурний синтез гальмівних систем з техніко-економічним обґрунтуванням // Міжвузівський збірник "Наукові нотатки". Вип. 71. Луцьк. Ред.-вид. відділ ЛТНУ.- 2021. – С. 228-233.

14. Рогатинський Р.М., Ляшук О.Л., Гевко І.Б., Хорошун Р.В. Модель руху автомобіля по криволінійній трасі. Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. Херсон : Херсонська державна морська академія, 2021. № 2 (25). С. 72–81.

15. Ляшук О., Серілко Л., Гевко І., Кондратюк О., Цьонь О., Галан Ю. Investigation of the operation of vibration-centrifugal installation for automobile parts machining (Дослідження роботи вібраційно-відцентрової установки для обробки деталей автомобілів). Вісник ТНТУ, Тернопіль, 2021. № 1 (101), с. 80-89.

16. Конспект лекцій з дисципліни «Відновлення деталей» для здобувачів освітнього рівня бакалавр за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» / Укладачі: Левкович М.Г., Гупка А.Б., Сіправська М.Д. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2021. – 136 с.

17. Lyashuk, O., Levkovych, M., Vovk, Y., Gevko, I., Stashkiv, M., Slobodian, L., Pyndus, Y. The study of stress-strain state elements of the truck semi-trailer body bottom. Scientific Journal of Silesian University of Technology.

Series Transport. 2023, 118, 161-172. ISSN: 0209-3324. DOI:  
<https://doi.org/10.20858/sjsutst.2023.118.11>.

18. Формальчик Є. Ю., Качмар Р. Я. Основи технічного сервісу транспортних засобів - Львівська політехніка 2017, - 324 с.

19. Коробочка О.М. Основи розрахунків, проектування і експлуатації технологічного обладнання для автомобільного транспорту: Навч. посібник / Коробочка О.М., Скорняков Е.С., Сасов О.О. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007 – 252 с.

20. Кукурудзяк, Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів ТО і ПР навчальний посібник / Ю. Ю. Кукурудзяк, В. В. Біліченко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 198 с.