

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Пояснювальна записка
до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему «Підвищення ефективності експлуатації автомобілів автобази Вінницької обласної ради дослідженням тягово-швидкісних властивостей легкових гібридних автомобілів»



Виконав: студент 2 курсу,
групи 1АТ-18м
спеціальності
274 – «Автомобільний транспорт»
Ришков Володимир Олександрович

Керівник: канд. техн. наук, доцент
Крещенецький В.Л.

Рецензент: к. т. н, доцент,
Дерібо О.В.

Вінниця – 2019 року

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ГІБРИДНИХ АВТОМОБІЛІВ ТА ЇХ КОНСТРУКТИВНИХ СХЕМ	11
1.1 Історія розвитку гібридних автомобілів.....	11
1.2 Класифікація і аналіз конструктивних схем гібридного автомобіля.....	20
1.3 Будова і принцип роботи послідовно-паралельної гібридної силової установки на прикладі автомобіля Toyota Prius.....	32
1.4 Типові режими роботи трансмісії гібридного автомобіля.....	33
1.5 Переваги і недоліки гібридного автомобіля.....	37
1.6 Загальна характеристика підприємства.....	38
2. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ГІБРИДНОГО АВТОМОБІЛЯ.....	42
2.1 Вибір раціональної схеми гібридної силової установки и постановка задачі моделювання	42
2.2 Початкові дані для розрахунку.....	44
2.3 Математична модель гібридної силової установки.....	47
2.4 Результати моделювання.....	63
3 ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВА.....	67
3.1 Вибір програмного забезпечення для розрахунку на ЕОМ.....	67
3.2 Розподіл трудомісткості ТО і ПР по виробничих зонах і дільницях.....	71
3.3 Розрахунок річного обсягу допоміжних робіт.....	73
3.4 Розрахунок кількості постів.....	75
3.5 Розрахунок площ приміщень.....	77
4 ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ГІБРИДНИХ АВТОМОБІЛІВ.....	79
4.1 Проблеми діагностування несправностей і їх джерела, обслуговування ГСУ..	79
4.2 Системи самодіагностики гібридних автомобілів.....	85
5 ЕФЕКТИВНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ КОМБІНОВАНОЇ ГІБРИДНОЇ СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ.....	88
5.1 Коефіцієнт корисної дії гібридної силової установки.....	88

5.2 Ефективні показники очищення відпрацьованих газів ДВЗ комбінованої силової гібридної установки каталітичним нейтралізатором.....	92
5.3 Використання ультраконденсаторів в гібридних силових установках.....	94
5.4 Порівняння ККД різних силових установок.....	100
ВИСНОВКИ.....	103
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	104
ДОДАТКИ.....	107



ВСТУП

Актуальність теми. Після того, як почала дорожчати нафта і відповідно нафтопродукти, почали думати про альтернативне паливо. Плюс до всього цього втрутилися екологи, які з кожним роком накладали все жорсткіші і жорсткіші рамки по викидах вуглекислого газу в навколишнє середовище (рис. 1). У результаті народилася краща на даний момент альтернатива - гібридний автомобіль. Притому після появи вище зазначених проблем їх популярність стали розкручувати навіть на рівнях держав, впроваджуючи усілякі заохочення всім власникам гібридних автомобілів. А впроваджували в життя перші «гібриди» ще понад 100 років тому, так що це зовсім не новинка.

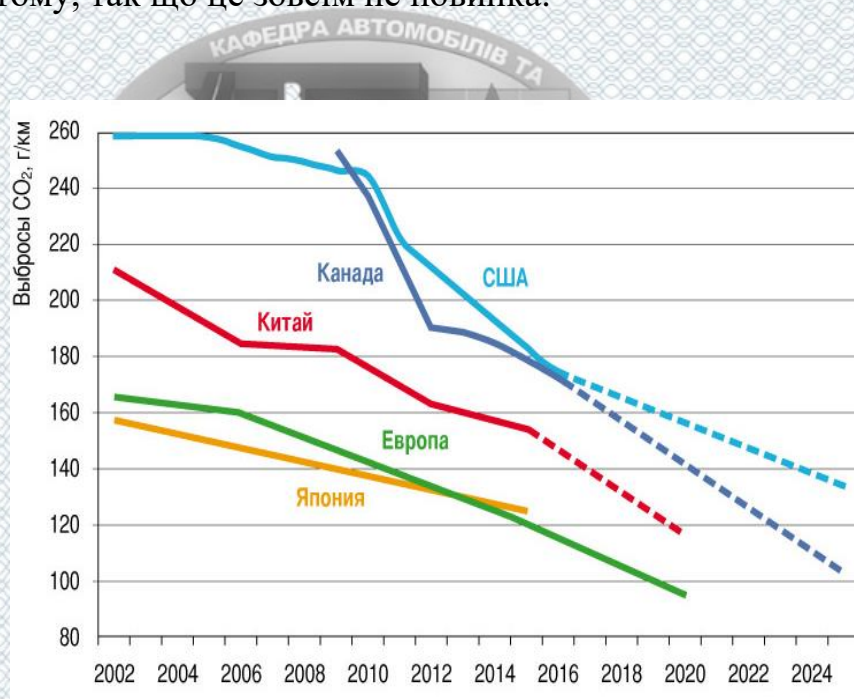


Рисунок 1 – Вимоги по викидам CO₂

На сьогоднішній день найбільш перспективними гібридними автомобілями є авто від компанії Тойота. Особливо вони актуальні у великих містах. Адже постійні пробки, це постійна робота двигуна на холостому ході, а в разі гібридних двигунів, холостого ходу і не існує.

Спостерігаючи за тим, як, часом, «лихоманить» світовий ринок вуглеводнів, виникає цілком адекватне і доречне запитання: «Чим можна замінити нафтове паливо щоб воно було більш доступним і дешевим?»

По-перше, мова йде про істотне зниження споживання автомобілем пального. В умовах енергетичної кризи подібна перспектива здається дуже привабливою. По-друге, гібридний автомобіль не даремно назвали "автомобілем майбутнього", оскільки в епоху тотального забруднення навколишнього середовища він дозволяє мінімізувати шкідливі викиди в атмосферу. Саме ці цілі (одночасно створити економічний і екологічний автомобіль) стояли перед піонерами в сфері розробок гібридного автомобіля в 70-х роках минулого століття. Варто визнати, що на сьогоднішній день їм це практично вдалося.

Однак гібридний автомобіль, крім згаданих, відрізняється рядом інших не менш важливих достоїнств. У першу чергу, варто відзначити високі показники його ходових характеристик, які практично не відрізняються від тих же, але в традиційних авто з бензиновим двигуном. Крім того, гібридний автомобіль може похвалитися продовженою дальністю пробігу, що дозволяє його господареві істотно економити час.

Придбання екологічного гібридного автомобіля в окремих країнах дає можливість людині користуватися деякими преференціями (як правило, у сфері оподаткування), що робить покупку гібрида вигідною і з економічної точки зору. І ще один важливий факт - вирішивши згодом продати свій гібрид, будьте впевнені, що повернете практично всі, колись витрачені на нього гроші. Гібридний автомобіль набагато менш схильний здешевленню, ніж його бензиновий "родич".

З точки зору екологів двигун внутрішнього згоряння - це беззастережне зло, один з основних джерел забруднення навколишнього середовища. З точки зору інженерів - неминуче зло, з яким доводиться миритися. ККД ДВС досить низький, особливо при малих навантаженнях і в перехідних режимах. Самостійно рухати автомобіль він не може, на допомогу доводиться ставити коробку передач.

Відповідь була знайдена досить скоро – це використання електричної енергії, яка є доступною і більш дешевою.. Електричний мотор не забруднює навколишнє

середовище, має ідеальну моментну характеристику - подав живлення, і відразу ж отримав 100% «тяги» на колесах. Та й коробка передач йому не потрібна.

Разом з тим електромобілі були менш надійними і досить незручними в експлуатації - безліч мінусів переважило кілька плюсів, нехай і досить вагомих. Головна перешкода на шляху масового впровадження електромобілів - відсутність ємних і надійних батарей.

Але з часом ці недоліки поступово були усунені. З'явилась ідея об'єднати переваги двигунів внутрішнього згорання та електродвигунів створивши гібридні автомобілі. З цього часу розпочалась історія гібридних автомобілів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дипломна робота магістра виконана у відповідності з бюджетною темою “Розробка систем і методів діагностування та оцінки ефективності експлуатації автомобілів”

Мета та завдання дослідження. Метою даної дипломної роботи є аналіз існуючих компоновочних схем гібридних автомобілів і визначення раціональної схеми гібридної силової установки для підвищення тягово-швидкісних показників автомобіля.

У відповідності з цим були поставлені наступні задачі дипломної роботи:

- виконати аналіз існуючих компоновочних схем гібридних автомобілів;
- провести аналіз функціонування обласного комунального підприємства „Автобаза обласної ради”.
- дослідити робочі процеси гібридного автомобіля;
- розробити математичні моделі агрегатів та систем гібридного легкового автомобіля;
- провести технологічне проектування обласного комунального підприємства „Автобаза обласної ради”.
- розглянути особливості обслуговування гібридних автомобілів.

Об'єкт дослідження – процес роботи гібридної силової установки автомобіля.

Предмет дослідження – тягово-швидкісні властивості гібридного автомобіля.

Методи дослідження – теоретично-аналітичні.

Наукова новизна одержаних результатів:

- встановлено зв'язок між конструктивною схемою гібридного автомобіля та його тягово-швидкісними властивостями;
- отримав подальший розвиток підхід до розробки математичної моделі агрегатів та систем гібридного легкового автомобіля;

Публікації. Матеріали магістерської роботи представлені у матеріалах всеукраїнської науково-технічної інтернет конференції аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи».



АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ГІБРИДНИХ АВТОМОБІЛІВ ТА ЇХ КОНСТРУКТИВНИХ СХЕМ

1.1 Історія розвитку гібридних автомобілів

Більшість з нас упевнені, що мода на гібридні транспортні засоби з'явилася відносно недавно. Все більша кількість автовиробників починають заново досліджувати гібридні транспортні технології, яким насправді виповнилося вже більше сотні років. Так-як, Toyota Prius, якому в 2018 році виповнилося 21 рік, був далеко не першим гібридом на планеті.

Перший патент на автомобіль з гібридною силовою установкою був зареєстрований у США 2 березня 1909. Бельгієць німецького походження Генрі Піпер був зброярем, однак захоплювався точними науками і чимало часу приділяв технічним винаходам. Одного разу Генрі Піпер прийшов до ідеї суміщення двох двигунів в одному автомобілі. Перші дослідження були пророблені ще в XIX столітті, а працюючий прототип продемонстрований публіці в 1900 році. Алгоритм роботи складного транспортного засобу наступний: двигун внутрішнього згоряння був підключений до динамо-машини (генератору), яка мала зв'язок з акумуляторними батареями. Динамо-машина могла працювати в обидві сторони: заряджати акумулятори від ДВС і додавати тягу під час важкого підйому. Сам Генрі Піпер називав свій винахід «Mixed Drive for Automobiles» - «Автомобіль зі змішаним приводом». Заявка на патент була подана 23 листопада 1905, проте офіційне підтвердження було отримано лише в 1909 році.

Імя геніального Фердинанда Порше напевно відомо більшості автолюбителів усього світу. Адже саме він побудував не тільки найперший передньо-приводний автомобіль в історії, але і самий перший гібрид, який Порше створив, коли йому ледь виповнилося двадцять років [1]. У той час молодий інженер працював на Джейкоба Лохнера, засновника компанії Lohner Coach Factory у Відні, Австрія. Унікальний талант Порше за час роботи на фабриці Лохнера допоміг йому створити кілька автомобільних конструкцій, кожна з яких була революційною за

своєю суттю, а першою з них стала Система Лохнера-Порше (System Lohner-Porsche) - передньо-привідна самохідна коляска, вперше в світі використала електричні мотори прямо на колісних маточинах (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 - Відновлений Lohner-Porsche «Semper Vivus»

На виставці Paris World Fair в 1900 році автомобіль справив абсолютний фурор, і одночасно заклав перший камінь у фундамент майбутнього гібридних транспортних засобів. Вже через рік був побудований автомобіль з електромоторами на всіх чотирьох колесах, що отримав назву System Lohner-Porsche Mixte. (рис. 1.2) У складі силового агрегату цієї машини був і ДВС, що постачав енергією генератор, у свою чергу забезпечує електрикою мотори. У конструкцію входив також комплект батарей. Саме Mixte стала першою машиною в світі з самим справжнім гібридним двигуном, а крім того найпершою 4x4. Дизайн System Lohner-Porsche налічує більше трьох сотень автомобілів, в які входять різні типи транспорту - легкові, вантажні, автобуси і пожежні машини. Навіть тіло ерцгерцога Австрії Фердинанда під час похорону перевозилося на гібридному катафалку, розробленому в компанії Лохнера.

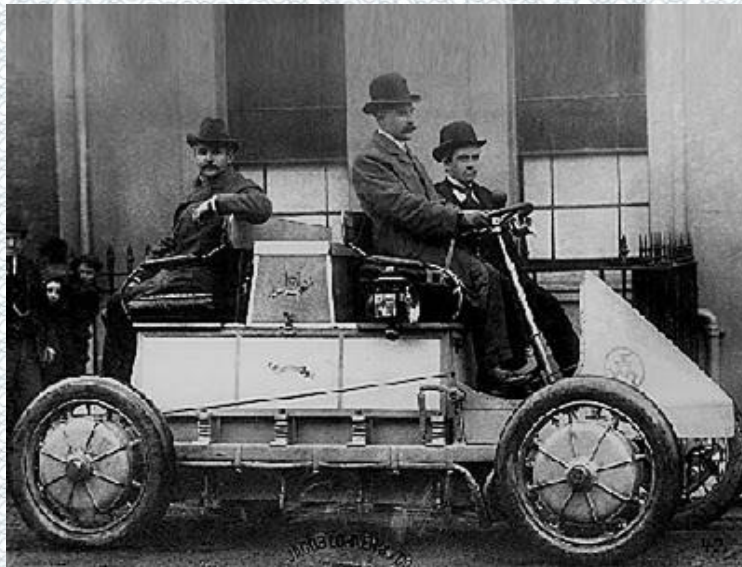


Рисунок 1.2 - Повнопривідний System Lohner-Porsche Mixte

Незважаючи на те, що конструкція Lohner-Porsche була досить надійна, вона не змогла на рівних конкурувати зі звичайними бензиновими автомобілями того часу головним чином через свою високу вартість. Це стало причиною припинення виробництва гібридних автомобілів в 1906 році, хоча тролейбуси Lohner-Stoll продовжували випускатися ще деякий час.

Практично в ті ж роки над гібридними силовими установками експериментувала і інша компанія - бельгійська Piereer. Бельгійський «візок», як тоді його називали, приводився в рух маленьким бензиновим ДВС, прикрученим до електромотора під водійським сидінням. Під час їзди електродвигун працював генератором, заряджаючи батареї, а під час руху в гору виробляв додаткову потужність. Через деякий час після запуску машини у виробництво, власник компанії раптово помер, в результаті чого патенти Piereer перейшли іншій бельгійській фірмі, що називалася Auto-Mixte. Ця компанія виробляла гібриди з 1906-го по 1912 рік, а потім згорнула їх випуск з тієї ж причини, що і Lohner Coach.

Через три роки, в 1915-му, коли Європа потерпала, роздираєма Першою Світовою війною, американська компанія Woods Motor Vehicle представила систему Dual Power після кількох років виробництва тільки електромобілів [2]. Машини Dual Power (рис. 1.3) використовували електромотор спільно з чотирьох-

циліндровим бензиновим ДВС, показуючи витрата палива в 4,9 л/100 км. Woods Motor побудували 600 примірників Dual Power, перед тим, як їх виробництво було згорнуто у 1918 році.

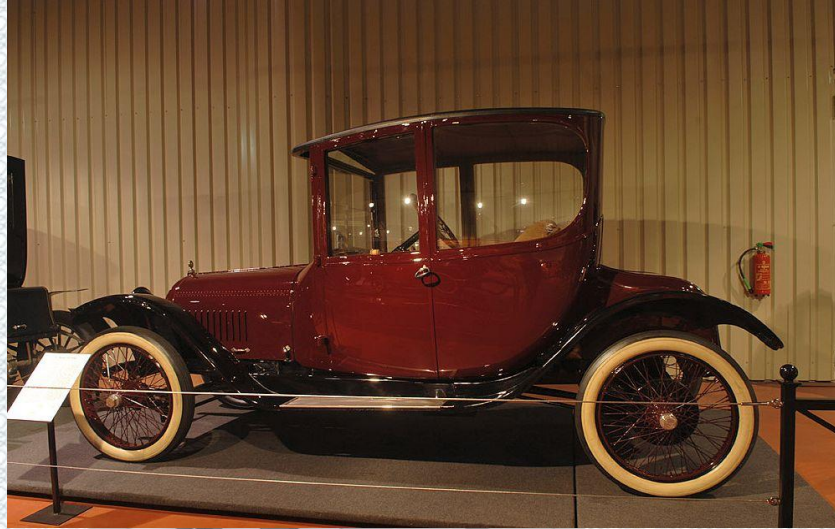


Рисунок 1.3 - Woods Dual Power 12 HP

Але, незважаючи на те, що переваги гібридних транспортних засобів з точки зору паливної ефективності стали очевидні ще на етапі їх зародження, на подальшому їх розвитку була поставлена жирна крапка. І поставив її ні хто інший як Генрі Форд і його незабутня «Модель Т» [3].

Крапка перетворилася на кому лише в 60-х роках 20-го століття, коли трьома інженерами з TRW Automotive був сконструйований новий функціональний електро-механічний силовий модуль, який забезпечував менші мотори тією ж продуктивністю, що і мотори з великим літражем. Принципи, закладені в його основу Баручем Берманом, Джорджем Гелбом і Нілом Річардсаном, використовуються в гібридних установках і сьогодні. У той же час компанія General Motors представила концепт GM 512, що працювала на комбінації електромотора з акумуляторами і двох-циліндрового ДВС. А Daimler-Benz підготував дизель-електричний автобус OE 302 (рис. 1.4) з революційною на ті часи

(1969) системою. У її складі був дизельний мотор від легкової машини, генератор і електродвигун постійного струму, батареї ж розміщувалися між колісних осей.



Рисунок 1.4 - Дизель-електричний автобус Daimler-Benz OE 302

У СРСР першим автотранспортним засобом з гібридною силовою установкою став серійний радянський автобус ЗІС-154, випущений в 1947 році (рис. 1.5). Чотирициліндровий дизельний двигун ЯАЗ-204 потужністю 110 к.с обертав вал генератора, який виробляв струм, який приводив в дію електродвигун, пов'язаний з ведучими задніми колесами цього автобуса.



Рисунок 1.5 - Перший радянський серійний автобус ЗІС-154 з ГСУ

У 1960-1970-х роках в СРСР найбільш відомим дослідником гібридних силових установок був Нурбей Гуліа.

Щирий інтерес до альтернативних джерел енергії, у тому числі і до гібридного транспорту, знову виявився, коли грянула нафтова криза 1973 року. Розробки в цій області почала компанія Volkswagen, запропонувавши систему паралельного гібрида, що забезпечує гнучке перемикання між електромотором і ДВС. Такі компанії як General Motors, Toyota і Mercedes-Benz продовжили працювати над своїми гібридними технологіями, яким, все ж, так і не судилося перетворитися на серійну техніку [4].

Ще однією знаковою подією сімдесятих років є винахід рекуперативної гальмівної системи. Ця технологія дозволяє конвертувати кінетичну енергію автомобіля в електрику, заряджаючи тим самим акумуляторні батареї. Загальний принцип досить простий і логічний: під час натискання на педаль гальма активується генератор, ротор приводиться в дію, створюючи навантаження і сповільнюючи автомобіль. Нова система дозволила підвищити ефективність гібридного силового агрегату, в результаті Девід Артурс, першопроходець в області рекуперативних гальмівних систем, зміг створити гібрид на базі Opel GT, витрата палива якого складала неймовірні навіть за сучасними мірками 3,1 літра на 100 км. Винахідливість і натиск Девіда Артурса розбилися об скелю нерозуміння мислячих лише комерційно промисловців, до серійного виробництва справа знову не дійшла.

У 80-90-х роках багато виробників експериментували з гібридними силовими агрегатами. Наприклад, компанія Audi створила два концепти Duo (рис. 1.6), один з яких навіть був запущений в дрібносерійне виробництво - в 1997 році з конвеєрів зійшли 60 екземплярів цих машин [3]. Але в цілому, більшість європейців віддали перевагу сучасним дизелям, які виявилися не тільки дешевше за вартістю, але і економічніше гібридів, попит на які залишався більш-менш постійним тільки в Сполучених Штатах.



Рисунок 1.6 - Audi Duo

Лише в останні кілька років інтерес до гібридів по обидві сторони Атлантики знову зріс. Багато хто з створюваних сьогодні гібридних моделей відносяться до преміум-класу, і міркування економії для їх власників навряд чи грають якусь роль. Тим не менше, кожен поважаючий себе виробник прагне включити в свій модельний ряд хоча б одну гібридну комплектацію.

Першим дійсно вдалим досвідом щодо створення зручного та функціонального гібрида в дев'яностих роках є Toyota Prius. Акцентувати увагу тільки на позаминулому десятилітті вже не варто, так як всі сучасні гібриди своїм розвитком, по суті, зобов'язані саме Toyota Prius. Перша версія Toyota Prius вийшла в 1997 році, призначалася вона тільки для внутрішнього ринку. Модель NHW10 (рис. 1.7) багато в чому змогла почати нову епоху в автомобілебудуванні, відкривши гібридним бензиново-електричним автомобілям двері до масового ринку.

Ще на початку розробки в 1995-1996 роках керівництво автомобільного гіганта вирішило зробити гібридний автомобіль, який став би масовими і популярним. Сьогодні очевидно: поставлена мета досягнута. Невідома тільки ціна успіху: вартість розробки першого покоління Toyota Prius так і не була названа. Фігурували в планах Toyota і конкретні цифри: щорічні продажі на рівні 12000

автомобілів при середній вартості 17000 доларів. Таким чином, інноваційний автомобіль був спеціально поміщений в нішу доступних сімейних автомобілів.



Рисунок 1.7 - Toyota Prius NHW10

На думку експертів, виробництво кожного примірника першого Prius обходилося Toyota приблизно в два рази дорожче роздрібної ціни: японська компанія безперервно втрачала гроші на випуску Prius. Витрати не йшли даремно, розважливі японці інвестували у своє майбутнє. Адже за ранніми оцінками ринок гібридів в 2005 році повинен був скласти третину загальної маси автомобілів. Прогнози аналітиків не справдилися, однак Toyota Prius все ж став символом гібридного автомобіля, сьогодні Prius - ім'я загальне [2].

Перше покоління Toyota Prius оснащувалося скромним бензиновим двигуном потужністю 58 кінських сил, електромотор був майже в півтора рази слабкіше: 40 к.с. Трансмісія представлена єдиноюпланетарною передачею. Нікель-метал-гібридні акумуляторні батареї ємністю 1,73 кіловат-годину заряджалися від ДВС. Дивно, але за 13 років Prius в технічному аспекті майже не змінився. Трохи підвищилися можливості обох двигунів, комп'ютер обзавівся великим дисплеєм з барвистими діаграмами і графіками, але функціонально все залишилося на тому ж рівні. Парадокс: найбільш інноваційний автомобіль сучасності не змінюється ось уже 13 років.

Через два роки після випуску оригінального Toyota Prius з'явився заклятий противник бестселера - Honda Insight. Автомобілі донині є прямими конкурентами. Гібридний Insight можна розглядати як відповідь компанії Honda на випуск Prius, але автомобілі досить значно різняться з технічного утримання. У Insight використаний 3-циліндровий літровий бензиновий двигун потужністю 68 кінських сил. Скромний 13-сильний електромотор розташований безпосередньо на колінчастому валу ДВС. Це типовий представник паралельного гібридного приводу. Але про класифікацію трохи пізніше. Бензиновий мотор Honda Insight виготовлений з алюмінію, титану і міцних видів пластику, що дозволило добитися максимального зниження ваги: 838 кг у мінімальній комплектації. Виробник передбачив два типи трансмісії: 5-швидкісна механічна і варіаторна. Їздити без використання ДВС Insight не вміє, зате може похвалитися завидною економічністю: 3,7 літра на 100 км у змішаному циклі. Це менше, ніж у будь-якої модифікації Prius. Більше того, це офіційно найскромніша витрата палива для серійного автомобіля з бензиновим двигуном, коли-небудь виробленого в США. У чому секрет успіху? У рекуперативній гальмівній системі, запасуючій енергію під час негативного прискорення. Вона згодом використовується при розгоні, дозволяючи основному двигуну працювати не на повну потужність [1]. Додатково Honda Insight (рис. 1.8) оснащений системою «стоп / старт», так що під час простою на заборонний сигнал світлофора споживання палива припиняється.



Рисунок 1.8 - Honda Insight

Ще одна цікава особливість гібридного автомобіля: версія з механічною КПП оснащена індикаторами оптимального моменту зміни передач. Що до незвичайного вигляду хетчбека, все ж низький коефіцієнт аеродинамічного опору грає не останню роль у зниженні споживання палива.

Два розглянутих нами гібридних автомобіля, мабуть, є головними представниками масових легкових автомобілів з двома типами двигунів. Пізніше з'явилися серійні зразки від Mazda, Mitsubishi, Suzuki. З 2004 року виробництвом гібридних автомобілів починають займатися американські виробники: Ford, Chevrolet, GMC. Всі вони - лише послідовники [2].

У 2004 році на Міжнародному конкурсі в Німеччині силовий агрегат Toyota Prius (рис. 1.9) посів перші місця одразу в чотирьох номінаціях, в тому числі і в найпрестижнішій - "Кращий двигун 2004 року".



Рисунок 1.9 - Силовий агрегат Toyota Prius

1.2 Класифікація і аналіз конструктивних схем гібридного автомобіля

Термін «гібрид» бере свій початок від латинського слова *hybrida*, і означає щось схрещені, або змішане. У техніці гібридом називають систему, в якій комбінуються один з одним дві різних технології. У зв'язку з концепціями приводу термін технологія гібридного приводу застосовується для позначення двох напрямків:

- бівалентний (або двоохпаливний) силовий агрегат.

Під автомобілями з двоохпаливним силовим агрегатом у вазі автомобілі, у яких двигун внутрішнього згорання здатний працювати на різних видах палива. Приміром системи, в яких можуть застосовуватися мінеральні та відтворювані види палива (дизельне / біодизельне паливо), або рідкі та газоподібні палива (бензин / природний газ / зріджений газ), і число таких систем на ринку збільшується.

- гібридний силовий агрегат.

У разі гібридної технології приводу йдеться про комбінації з двох різних силових агрегатів, робота яких заснована на різних принципах дії. В даний час під технологією гібридного приводу розуміють комбінацію двигуна внутрішнього згорання і електродвигуна-генератора (електромашини). Ця електромашини може використовуватися як генератор для вироблення електричної енергії, тяговий електродвигун для руху автомобіля, і стартер для запуску двигуна внутрішнього згорання. В залежності від виконання основної конструкції розрізняють три види гібридного силового агрегату [5]:

- «Мікрогібридний» силовий агрегат (mild hybrid);
- «середнегібридний» силовий агрегат або пасивний гібрид (passive або assisted hybrid);
- «повногібридний» силовий агрегат (full hybrid).

"Мікрогібридний" силовий агрегат:

У цій концепції приводу електричний компонент (стартер/генератор) служить виключно для реалізації функції Старт-стоп. Частина кінетичної енергії можна знову використовувати в якості електричної енергії (рекуперація). Привід тільки від електричної тяги не передбачений. Параметри 12-вольтової АКБ зі скловолоконним наповнювачем адаптовані до частих запусків двигуна.

Цей тип конструкції по суті не можна навіть назвати "гібридом" тому в автомобілі використовується тільки одна рухова система.

«Середнегібридний» силовий агрегат:

Висока напруга/Мала потужність. Система з невеликим (за запасом енергії) акумулятором і невеликим електромотором, який включається в роботу при розгоні автомобіля.

Електричний привід підтримує роботу двигуна внутрішнього згорання. Рух автомобіля тільки на електричній тязі неможливо. У «среднегібридного» приводу більша частина кінетичної енергії при гальмуванні регенерується, і у вигляді електричної енергії накопичується в високовольтній батареї. Високовольтна батарея, а також електричні компоненти сконструйовані для більш високого електричної напруги і, таким чином, більш високої потужності. Завдяки підтримці електродвигуна-генератора режим роботи теплового двигуна може бути зміщений в область максимальної ефективності. Це позначається як зміщення точки навантаження.

Повний гібрид:

Потужний електродвигун-генератор комбінується з двигуном внутрішнього згорання. Можливо рух тільки на електричній тязі. Електродвигун-генератор, якщо тільки дозволяють умови, підтримує роботу двигуна внутрішнього згорання. Рух з малою швидкістю здійснюється тільки на електричній тязі. Реалізована функція Старт-стоп для двигуна внутрішнього згорання. Рекуперація використовується для зарядки високовольтної батареї. Завдяки роздільним зчепленню між двигуном внутрішнього згорання і електродвигуном-генератором можна забезпечити роз'єднання обох систем. Двигун внутрішнього згорання підключається в роботу тільки при необхідності.

За принципом взаємодії електричної і паливної складових авто, гібридні приводи прийнято розділяти на три види:

- Паралельний гібридний силовий агрегат;
- Послідовно-паралельний (з розділеними потоками потужності);
- Послідовний гібридний силовий агрегат.

Послідовна схема гібридної силової установки:

У цьому випадку двигун внутрішнього згорання працює на генератор в найбільш економічному режимі. Електрична енергія від генератора подається або

на тяговий електродвигун, або на акумулятор і електродвигун [2]. Тяговий електродвигун забезпечує рух автомобіля а при уповільненні транспортного засобу працює в режимі генератора, забезпечуючи рекуперацію енергії гальмування (рис. 1.10).

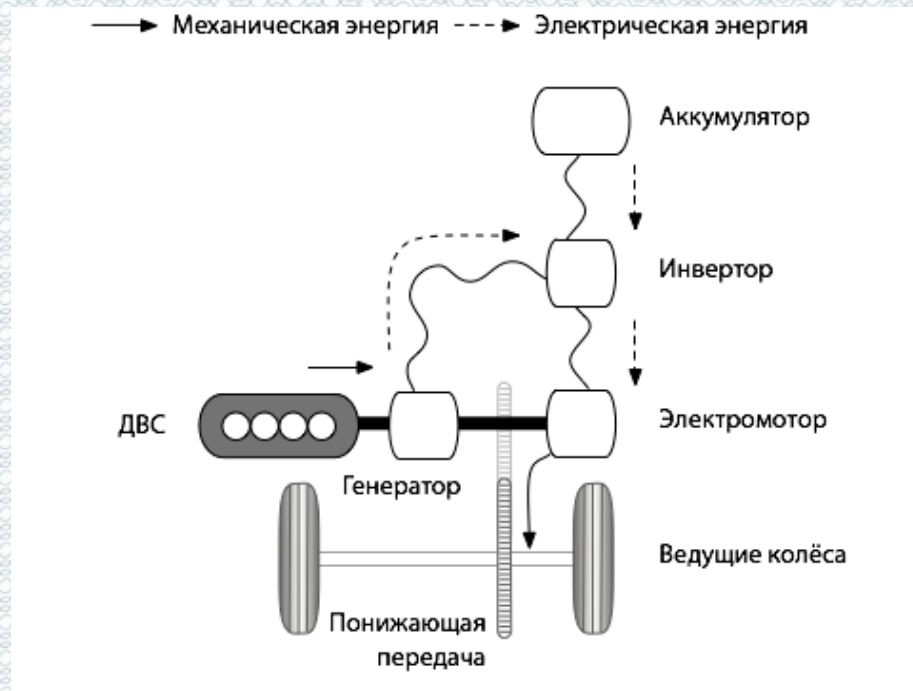


Рисунок 1.10 - Послідовна схема гібридної силової установки

Достоїнствами послідовної схеми є можливість роботи первинного двигуна (ДВС) на постійному режимі мінімальної витрати палива, простота керування силовою установкою і відсутність спеціальних вузлів трансмісії, широкі компоувальні можливості, що дозволяють легко скомпонувати силову установку в підкапотному просторі існуючого автомобіля.

Недоліками послідовної схеми є занадто малий ККД системи перетворення енергії від ДВС до приводних коліс через двократне перетворення одного виду енергії в інший: механічної в електричну і потім електричної в механічну і обов'язкова наявність двох електромашин великої потужності.

Паралельна схема гібридної силової установки:

У цьому випадку ДВС і тяговий оборотний електродвигун, що живиться від акумуляторної батареї (АКБ) через трансмісію пов'язані з провідними колесами (рис. 1.11).

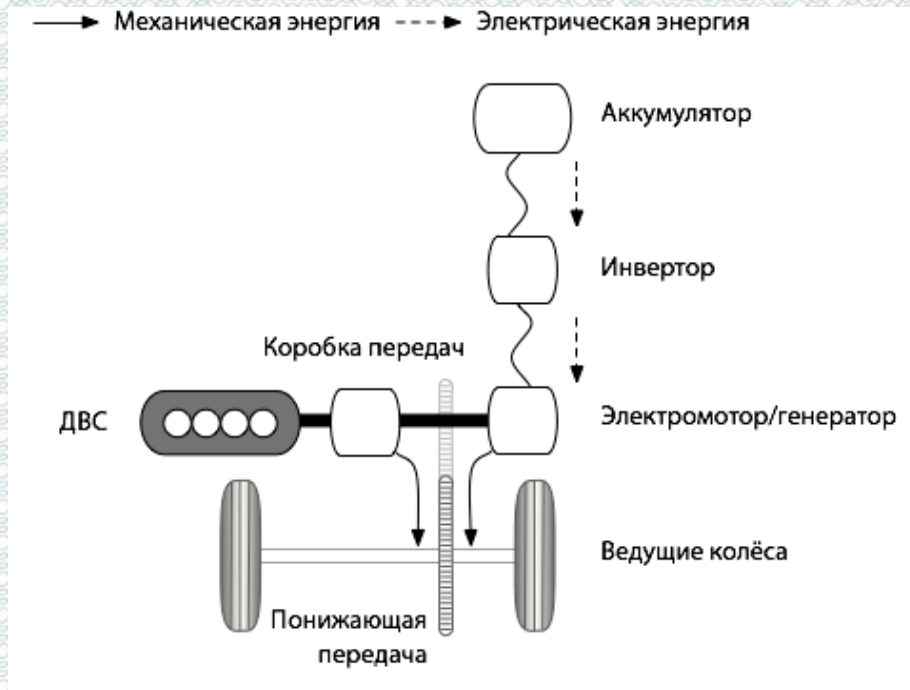


Рисунок 1.11 - Паралельна схема гібридної силової установки

Перевагою паралельної схеми є більш високий ККД передачі енергії від первинного двигуна до ведучих коліс у порівнянні з послідовною схемою і можливість застосування однієї електромашини замість двох.

Недоліком є обов'язкове ускладнення трансмісії для забезпечення відбору (підведення) потужності електричної машини, відхід первинного двигуна від режиму мінімальної витрати палива при застосуванні ступінчастою механічною трансмісією при регулюванні швидкості руху транспортної машини і певне ускладнення системи керування силовою установкою [6].

Можливий варіант паралельної схеми, коли оборотна електромашина встановлюється в приводі іншого провідного моста, ніж провідний міст трансмісії первинного ДВС.



Рисунок 1.12 - Гібридна силова установка паралельної схеми

У цьому випадку первинний двигун, генератор і вихідний вал передачі, який пов'язаний з валами приводу ведучих коліс і на який передає енергію тяговий електродвигун, пов'язані через планетарну передачу, при цьому первинний двигун працює на постійному режимі мінімальної витрати палива, а регулювання швидкості вихідного валу передачі здійснюється зміною частоти обертання вала тягового електродвигуна за рахунок відповідного управління, при цьому необхідно синхронно управляти потужністю на валу генератора для забезпечення постійного режиму роботи ДВС з мінімальною витратою палива і мінімальною токсичністю. До достоїнств системи "спліт" слід віднести досить високий ККД при передачі енергії від первинного двигуна до провідних колесам і можливість роботи первинного двигуна на постійному режимі мінімальної витрати палива, до недоліків - ускладнення механічної частини трансмісії (установка додаткової планетарної передачі) і ускладнення системи управління автомобілем [7].

Компанія «Тойота» при створенні гібридів пішла своїм шляхом. Розроблена японськими інженерами система Hybrid Synergy Drive (HSD) об'єднує в собі особливості двох попередніх типів (рис. 1.13).

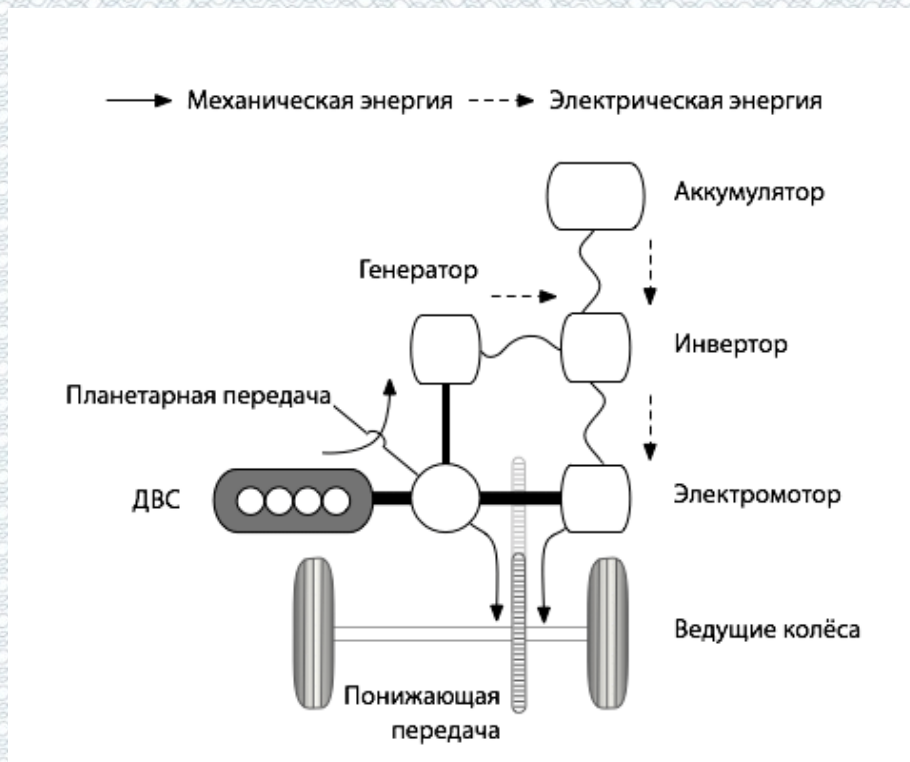


Рисунок 1.13 - Послідовно-паралельна схема гібридної силової установки

Система HSD встановлюється на хетчбек Toyota Prius, седані бізнес-класу Camry, вседорожниках Lexus RX400h, Toyota Highlander Hybrid, Harrier Hybrid, спортивному седані Lexus GS 450h і автомобілі люкс-класу - Lexus LS 600h. Ноу-хау компанії Тойота куплено компаніями Форд і Ніссан і використано при створенні Ford Escape Hybrid і Nissan Altima Hybrid. Toyota Prius лідирує з продажу серед всіх гібридів. Витрата бензину в місті становить 4 л на 100 км пробігу. Це перший автомобіль, у якого споживання палива при русі в місті менше, ніж на шосе. На Паризькому автосалоні 2008 була представлена модель Prius plug-in hybrid (рис. 1.14).



Рисунок 1.14 - Prius plug-in hybrid

Також гібридна схема може бути заснована на різному типі накопичувача.

За типами накопичувачів:

- Електричні:
- На основі електрохімічних акумуляторів
- На основі інерційних накопичувачів
- Механічні:
- На основі пневматичних акумуляторів, гідроаккумуляторів з пневматичним накопичувачем.
- На основі інерційних накопичувачів.

На великих вантажівках і автобусах часто застосовуються схеми на основі гідроаккумуляторів з пневматичним накопичувачем з гідравлічним приводом коліс (рис. 1.15).

Перевагою таких гібридних автомобілів, є те що вони на відміну від електричних гібридів не потребують встановлення додаткового двигуна. Цю функцію у пневматичних гібридах виконує звичайний двигун внутрішнього згорання. Відмінність полягає лише в тому що на відміну від звичайного ДВЗ змінюються такти роботи двигуна циліндри працюють попарно.



Рисунок 1.15 - Модель пневматичної двигуна Scuderi

В одному з них - компресійному - відбувається впуск і стиснення повітря, в у другому - головному - робочий хід і вихлоп. Стиснене повітря надходить з компресійного циліндра в головний через перепускний канал і систему клапанів [4].

Особливістю роботи такого двигуна є те що робочий хід може здійснюватися як за рахунок розширення попередньо стисненого повітря, так і за рахунок згорання палива, як у звичайному двигуні внутрішнього згорання. Окрім того, поділ тактів між парою циліндрів не приводить до подвоєння їх числа в двигуні, як можна було б припустити. Справа в тому, що в такому двигуні робочий хід головного циліндра відбувається кожен оберт валу (також як в двотактному моторі), а не через оборот, як у звичайному чотиритактному двигуні.

Ще однією відмінною рисою рисою гібридних автомобілів є можливість рекуперації та збереження енергії, як праило при гальмуваинні автомобіля. [3].

Наприклад, ще в 2003 році таку систему запропонували в Каліфорнійському університеті в Лос-Анджелесі за участю фахівців Ford. Силова установка крім шестициліндрового "повітряного" двигуна включає резервуар для стисненого повітря і модифіковану гальмівну систему. Працює такий привід в чотирьох режимах. Під час гальмування мотор працює в режимі компресора, стискаючи

повітря і заправляючи їм резервуар. При повній зупинці машини двигун відключається, а пуск потім здійснюється на стислому повітрі. Після первісного розгону двигун перемикається в режим зі спалюванням палива. Важливою перевагою такої схеми перед електричної автори вважають мінімальну надбавку в масі автомобіля. Гібридний двигун-компресор за масою не відрізняється від стандартного мотора, а резервуар для повітря важить не більше 30 кг, тоді як акумулятор і допоміжний електромотор важать істотно більше [10].

Але далі за всіх в створенні пневмомобіля просунулася французька фірма MDI, що розробила цілу серію пневматичних двигунів та автомобілів на їх основі. Перший двигун, що працює на стисненому повітрі, в MDI створили ще в 1996 році, а двома роками пізніше були проведені випробування таксі з пневмопривідом. З тих пір двигуни MDI піддалися ряду удосконалень. У 2004 році з'явилося сімейство моторів "Тип 41", в які 2005 році було впроваджено технологію "активної камери" (подробіці компанія не розкриває), що дозволила додатково підвищити ККД мотора.

Нинішнє покоління двигунів MDI використовує "активну камеру" в поєднанні з одним або декількома модулями з двох опозитних циліндрів. Модулі об'єднуються в блоки по чотири або шість циліндрів і можуть використовувати як чисто повітряний привід, так і спалювати паливо, що дозволяє отримувати мотори потужністю від 4 до 75 к.с.

Інжинірингова компанія Ricardo і розробник тороїдальної безступінчатим трансмісії - компанія Torotrak (обидві з Туманного Альбіону), американський фахівець з автоматичним коробок передач Allison Transmission і британський виробник автобусів Optare побудували гібридний автомобіль незвичайного типу. У той час як більшість компаній експериментує з гібридами, оснащеними електромоторами і акумуляторами, система рекуперації енергії в системі, названої Flybus, чисто механічна.

При гальмуванні кінетична енергія автобуса передається через тороїдальний варіатор і магнітну муфту на маховик з вуглецевого композиту, поміщений в вакуумований корпус (для зниження втрат) (рис. 1.16).

В міру уповільнення автобуса маховик розкручується до 60 тисяч обертів на хвилину. При розгоні все відбувається в зворотному порядку - маховик віддає свою енергію машині.



Рисунок 1.16 - Маховик, його корпус і вбудована магнітна муфта

Варіатор Torotrak, порівняно компактний і легкий, але при цьому здатний передавати в ту чи іншу сторону до 60 кВт потужності, а також маховикові накопичувач Kinergy від Ricardo з'явилися ключем до всього проекту, який посів кілька років. Тепер система зібрана і встановлена на автобус Optare Solo Midibus (рис. 1.17).

"Flybus є наступним етапом в еволюції гібридних автобусів і технічних рішень, які допомагають знизити витрату палива і викиди CO₂, пише PhysOrg.com. - При цьому основною проблемою стандартних гібридів є ціна".

Саме через ціни все і затівалося. Ricardo заявляє, що система Flybus повинна коштувати лише малу частку від електричної гібридної системи для автобусів.

Механічні KERS з використанням маховика.

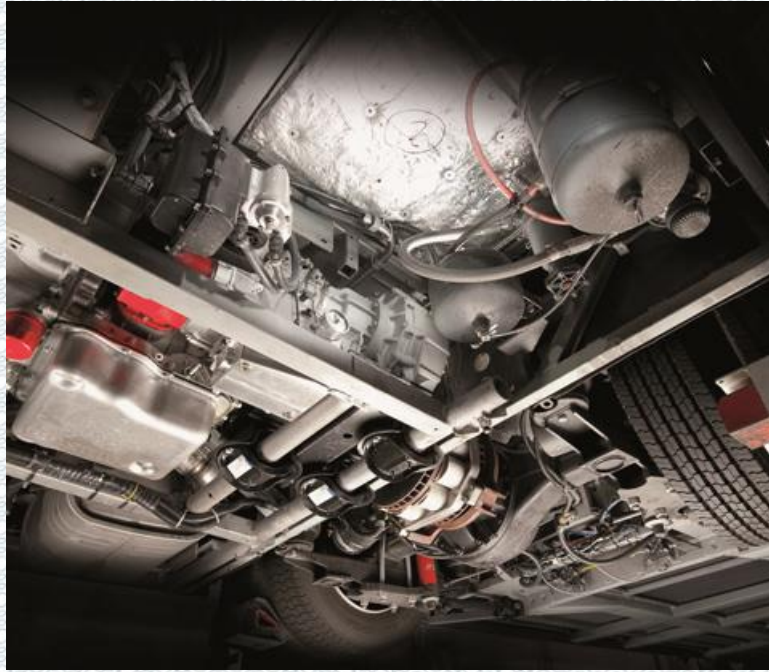


Рисунок 1.17 - Система Flybus під підлогою автобуса

Отже, принцип роботи механічної системи полягає в різниці швидкості обертання (5:1) валу головної передачі та спеціального маховика, який обертаючись зі швидкістю 64000 обертів на хвилину, може запасати в собі досить багато кінетичної енергії. Цей маховик із сталі і вуглецевого волокна, який обертається зі швидкістю 64000 обертів на хв у вакуумній камері, підключається до трансмісії через кілька зубчастих передач з фіксованим передавальним числом, зчеплення і варіатор.

Система при масі в 24 кг забезпечує передачу потужності в 60 кВт або близько 80 к.с. в обидві сторони і може запасати до 600 кДж енергії з урахуванням втрат. Особлива гордість творців KERS - це система герметизації вакуумної камери. Вал змонтований в ній за допомогою спеціальної системи ущільнень. У певний і потрібний момент можна просто перевести цю систему з режиму накопичення в режим віддачі енергії, просто змінивши передавальне відношення.

Система здатна вивільнити до 80 к.с. протягом 6 секунд. Така схема не нова за своєю суттю, але має ряд переваг перед електронною: її вага з усіма контролюючими елементами дорівнює 24 кг., Що як мінімум у два рази легше, вона

більш енергоємна, ніж електронна система, що дозволяє накопичувати більший крутний момент, але вона і набагато більш небезпечна.

Для її роботи необхідний надміцний герметичний корпус і ідеальне балансування сталі-карбонного маховика. Вже відомі проблеми з безпекою при її розробці. Однак, по дорозі саме механічної системи пішли команди Williams і подібну, але свою розробку, веде Ferrari [10].

1.3. Будова і принцип роботи послідовно-паралельної гібридної силової установки на прикладі автомобіля Toyota Prius

Ця гібридна силова установка в залежності від умов руху автомобіля може працювати або як послідовна або як паралельна.

Для прикладу розглядатиметься пристрій силової установки наймасовішого гібридного автомобіля в світі Toyota Prius (рис. 1.18).

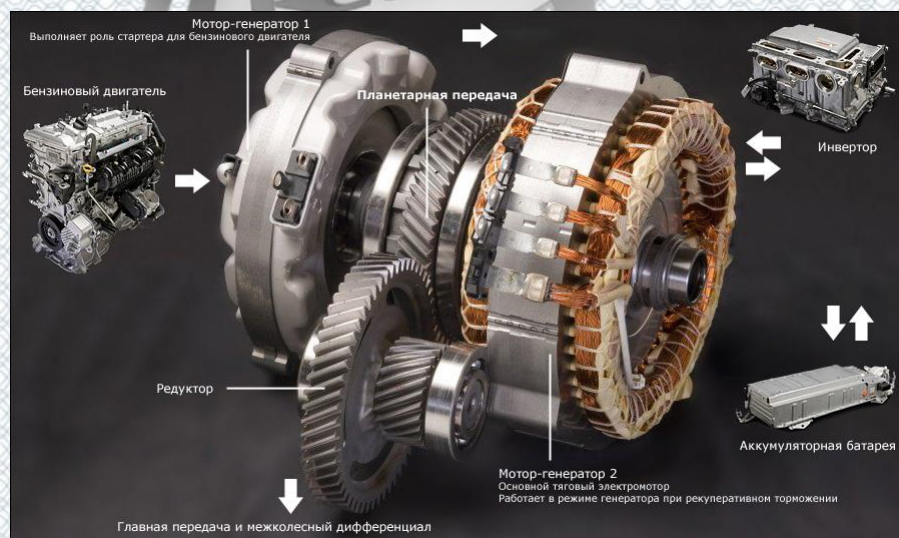
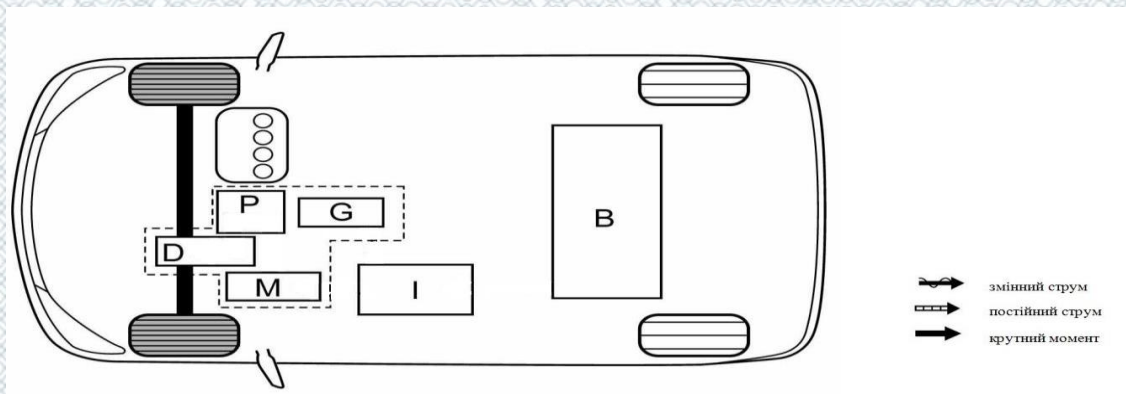


Рисунок 1.18 - Агрегати системи Hybrid Synergy Drive

1.4. Типові режими роботи трансмісії гібридного автомобіля

Наявність в трансмісії автомобіля двигуна внутрішнього згоряння, механізму розподілу потужності і двох мотор-генераторів (MG1 і MG2) дозволяє забезпечити велику кількість режимів роботи гібридної установки в залежності від умов руху автомобіля. Постійно мінливі умови руху викликають постійна зміна різних режимів роботи гібридної установки [11].

Позначення агрегатів автомобіля на рисунках 1.20 – 1.27.



P - дільник потужності; M - тяговий електродвигун (MG2); I - інвертор; D - диференціал; G - стартер-генератор; B - високовольтна батарея (MG1)

Рисунок 1.20 - Схема автомобіля

Режим рушання з місця (рис. 1.21).

- Початок руху завжди відбувається тільки при використанні електротяги.
 - Колеса приводяться за допомогою основного електродвигуна без задіяння ДВС.
- ДВС.

При початку руху і при русі на малих швидкостях працює лише електромотор

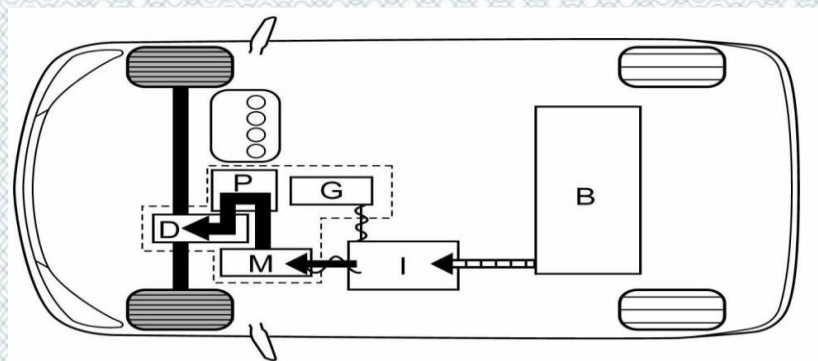


Рисунок 121 - Схема рушання з місця

Запуск двигуна (рис. 1.22).

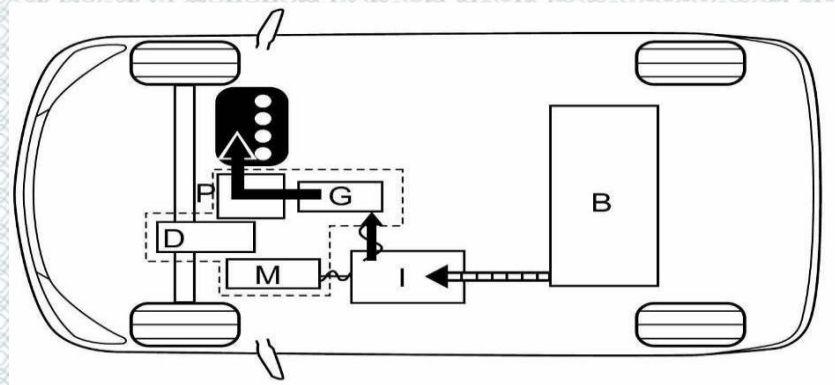


Рисунок 1.22 - Схема запуску двигуна

Двигун запускається за допомогою стартера-генератора, що живиться від високовольтної батареї

Невелике навантаження/Рух на низькій швидкості (рис. 1.23) [11].

- Рух на низькій швидкості з невеликим навантаженням відбувається тільки лише з використанням електродвигуна
- Бензиновий двигун включається при необхідності підзарядки високовольтної батареї

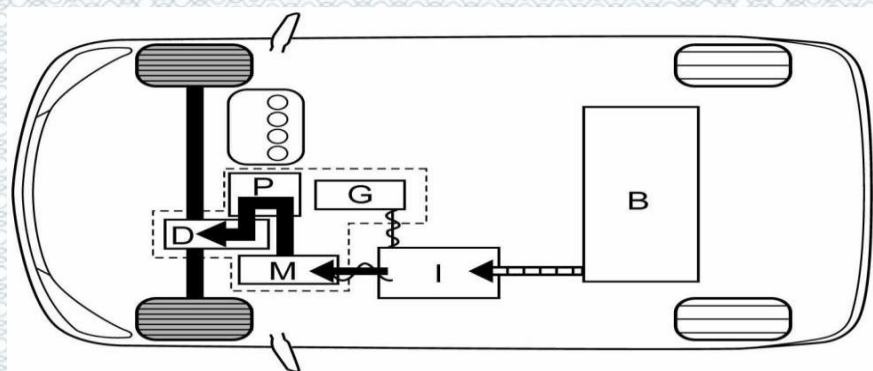


Рисунок 1.23 - Схема невелике навантаження/рух на низькій швидкості

Рівномірний рух з постійною швидкістю (рис. 1.24).

- Автомобіль, переважно, приводиться в рух бензиновим двигуном.
- Частка участі електродвигуна мінімальна.

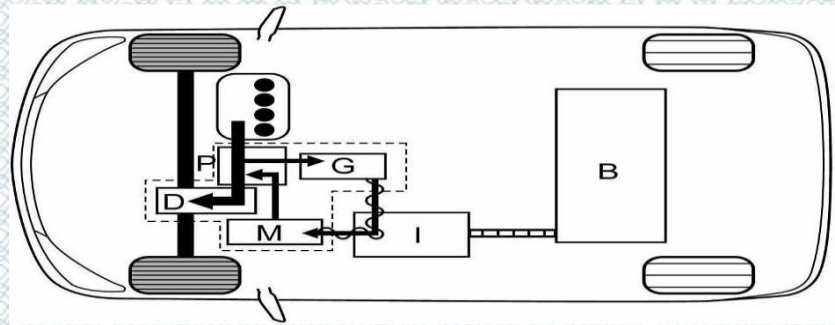


Рисунок 1.24 - Схема рівномірного руху з постійною швидкістю

Зайва потужність, що виробляється ДВС за допомогою мотор-генератора MG1, перетворюється в електричну енергію і використовується для зарядки високовольтної акумуляторної батареї [1].

Динамічне прискорення (рис. 1.25).

- Задіяні обидва рушія, ДВС і тяговий електродвигун

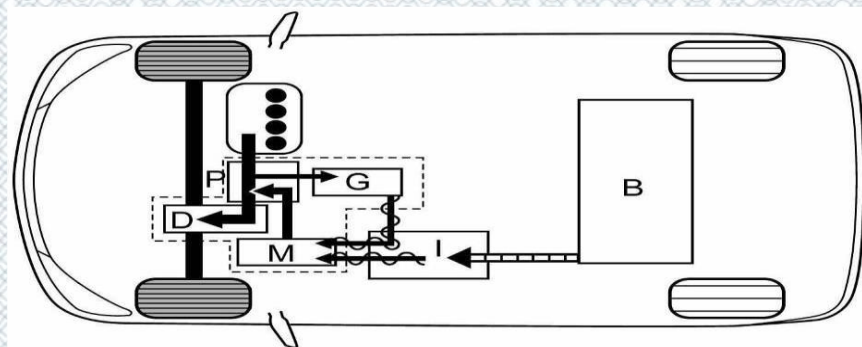


Рисунок 1.25 - Схема динамічного прискорення

У цьому випадку момент на провідні колеса надходить з ДВС і електромотора; енергія бензинового двигуна розподіляється між колесами і електричним генератором, який приводить в рух електромотор. Мотор-генератор MG2 працює на максимальній потужності. При цьому для збільшення електричної потужності, що підводиться до мотор-генератору MG2, електрика до мотор-

генератору MG2 надходить одночасно від мотор-генератора MG1 і від високовольтної акумуляторної батареї.

Рух заднім ходом (рис. 1.26).

- Заднім ходом автомобіль рухається тільки на електротязі, бензиновий двигун не задіюється.

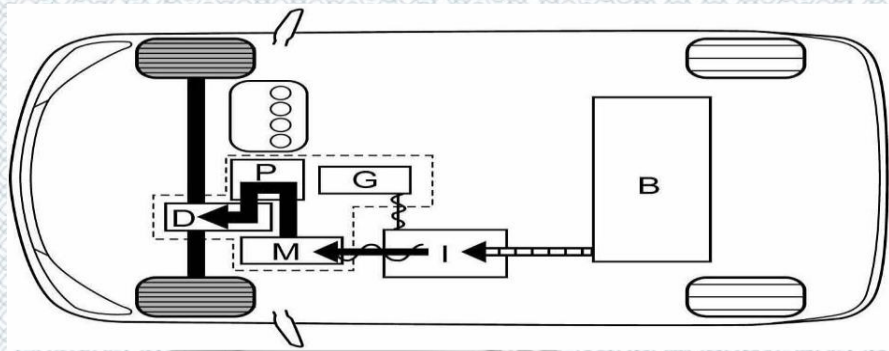


Рисунок 1.26 - Схема рух заднім ходом

Уповільнення / гальмування (рис. 1.27).

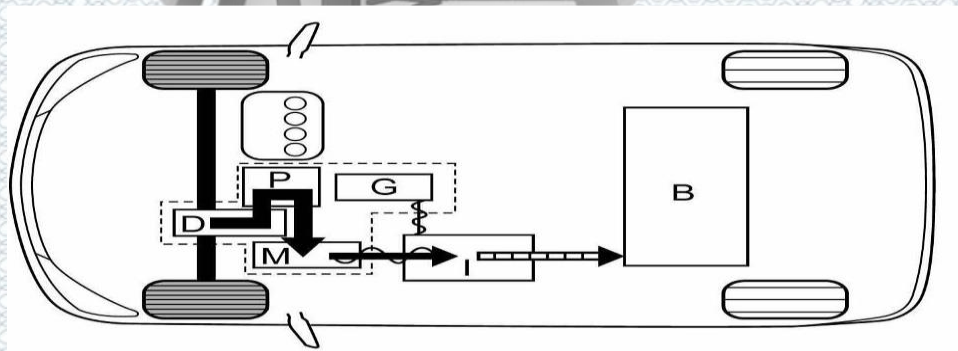


Рисунок 1.27 - Схема уповільнення / гальмування

- Для оптимізації кількості зберігаємої енергії керована електронікою гальмівна система приймає рішення про те, коли варто використовувати гідравлічну систему, а коли - рекуперативне (регенеративне) гальмування (воно й є пріоритетним). При рекуперативному гальмуванні електродвигун працюють в генераторному режимі, створюючи гальмівний момент на передній і задній осях. Виробляється, енергія надходить на блок управління електроживленням, а звідти на високовольтну акумуляторну батарею.

1.5 Переваги і недоліки гібридного автомобіля

Основна перевага гібридних автомобілів це економія енергетичних ресурсів.

Економія досягається за рахунок :

- використання двигунів меншої потужності і об'єму;;
- забезпеченням роботи двигуна в найбільш економному режимі протягом максимального часу;
- відключенням двигуна, за необхідності;
- забезпеченням руху з використанням лише електродвигунів;
- рекуперацією енергії при гальмуванні.

Управління такими системами роботи автомобілів є настільки складним що воно стало можливим лише при розвитку комп'ютерних систем керування автомобілем. .

Гібридні автомобілі є більш екологічно чистими оскільки вони витрачають менше водневих палив. Зниження витрати вуглецевого палива, негайно позначилося на екологічній чистоті. Повна зупинка роботи двигунів в пробках теж істотно зменшує шкідливі викиди.

Гібридні автомобілі мають достатньо високі динамічні характеристики. Оскільки при необхідності підведення до ведучих коліс великої енергії працюють одночасно основний і допоміжний двигуни.

Ще однією перевагою є збільшення дальності пробігу:

Час - це найцінніший ресурс для людини. Вю гібридних автомобілів в першу чергу в порівнянні з електромобілями є більший запас ходу..

1.6 Загальна характеристика підприємства

Обласне комунальне підприємство „Автобаза обласної ради” за характером транспортної роботи є пасажирським підприємством, а за характером виробничої діяльності – підприємством, що надає транспортні послуги (в основному посадовим особам апарату Обласної Ради, відповідно до свого початкового призначення), обслуговує та ремонтує автомобілі. Підприємство виконує

перевезення пасажирів по місту та області, надає транспортні послуги підприємствам, організаціям, закладам, населенню. Також підприємство виконує роботи по технічному обслуговуванню, ремонту транспортних засобів, що належать населенню, підприємствам, організаціям.

ОКП „Автобаза обласної ради” знаходиться у центрі міста за адресою вулиця Константиновича 45, що є досить привабливим фактом для розширення сфери обслуговування та надання транспортних послуг, що, звичайно, робить підприємство досить перспективним і привабливим.

Автобаза має досить потужну виробничо-технічну базу, що дає змогу обслуговувати не тільки власні автомобілі, а й надавати послуги по технічному обслуговуванню та ремонту автомобілів інших підприємств та приватних осіб, що власне також входить до сфери діяльності підприємства.

На підприємств експлуатуються пасажирські легкові автомобілі що пояснюється специфікою роботи підприємства. Це в основному автомобілі BMW 520, Mercedes-Benz 280 E, Skoda Octavia, Subaru Legacy, Volkswagen Passat, автомобілі Ваз різних модифікацій

В процесі своєї діяльності «Автобаза обласної Ради» м. Вінниця має контакти з такими аудиторіями: органи місцевого самоврядування, фінансові установи, районне відділення ДАІ; МРЕО; органи держкомприроди і екології.

На діяльність підприємства можуть вплинути різні фактори фінансового становища як самого підприємства та і фінансового становища замовників, податкова політика держави, правила та нормативи у веденні підприємницької діяльності та інші фактори. При зміні перерахованих факторів в бік погіршення, наслідки призведуть до зменшення об’ємів перевезень та наданих послуг.

Обстеження внутрішніх сильних і слабких сторін підприємства проведемо за допомогою SWOT-аналізу, який відображено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Базова матриця SWOT-аналізу ОКП «Автобаза обласної Ради» м. Вінниця

Сильні сторони (S)	Слабкі сторони (W)
--------------------	--------------------

<p>S1. Стабільна забезпеченість обсягами транспортних послуг для потреб обласної Ради.</p> <p>S2. Надання послуг по ТО, ремонту та зберігання автомобілів.</p> <p>S3. Можливість заняття комерційною діяльністю.</p>	<p>W1. Значна частина рухомого складу експлуатується досить тривалий час, що вимагає підвищених витрат на їх технічне обслуговування та ремонт.</p> <p>W2. Додаткова комерційна діяльність у вигляді здавання в оренду нерухомого майна надала приблизно 53% від суми загального доходу.</p>
Можливості (О)	Загрози (Т)
<p>O1. Підприємство має можливість збільшити свою частку на сегментах ринку транспортних послуг і послуг з ремонту, ТО і зберігання автомобілів юридичних і фізичних осіб.</p> <p>O2. Проведення нових ефективних методів в виробництві ТО і ремонту. O3. Збільшення об'ємів та номенклатури послуг.</p> <p>O3. Зниження собівартості послуг збільшить доходи підприємства для досягнення прибутковості та подальшого вдосконалення діяльності підприємства.</p>	<p>T1. Вартість природних ресурсів і енергії, які необхідні для діяльності підприємства відносно стабільна, але вона має тенденцію до збільшення через ряд економічних і політичних причин.</p> <p>T2. Несприятлива політика уряду щодо розвитку підприємництва.</p> <p>T3. Несприятливі економічні зміни.</p> <p>T4. Ріст цін на паливно-мастильні матеріали.</p> <p>T5. Низькі бар'єри виходу на ринок потенційних конкурентів, тобто можливість появи нових конкурентів</p>

На основі даних таблиці 1.5 будується стратегії, які визначають взаємозв'язки сильних і слабких сторін підприємства із можливостями та загрозами ринку, на основі якої формуються найбільш доцільні стратегії розвитку підприємства та розробляються заходи з мінімізації загроз для господарської діяльності.

На основі створеної SWOT-матриці спроектуємо стратегії чотирьох типів (таблиця 1.2).

Таблиця 1.2 – Стратегії, розроблені на основі даних SWOT-аналізу

Стратегії виду SO	Стратегії виду WO
1	2
<p>SO1: S1 S2 O1 O2 – За умови сприятливої економічної політики держави зросте і кількість клієнтів.</p> <p>SO2: S2 S3 S4 O2 O3 O4 – Дозволить вийти на нові сегменти ринку з збільшеною номенклатурою послуг.</p>	<p>WO1: W1 O1 O2 – Підприємство може збільшити дохід наданням послуг з ТО та ремонту транспортних засобів і їх зберігання.</p> <p>WO2: W1 O2 – Значний вік рухомого складу вимагає значних витрат на його експлуатацію, але впровадження нових ефективних методів в виробництві ТО і ремонту та закупівля нової техніки дозволить їх зменшити.</p> <p>WO3: W2 O3 O4 – Прибутковість комерційної діяльності може бути збільшена за рахунок розширення номенклатури надаваних послуг та зменшення їх собівартості.</p>


Стратегії виду ST	Стратегії виду WT
<p>ST1: S1 T1 T2 – Тривалий час роботи на ринку перевезень та висока якість виконуваних робіт дасть можливість забезпечити основні види діяльності.</p> <p>ST2: S2 S3 S4 T3 T4 T5 T6 – Незважаючи на зростання цін на паливо-мастильні матеріали та кризові явища в економіці держави, покращення матеріально-технічної бази та розширення номенклатури послуг дасть змогу підвищити дохід підприємства</p>	<p>WT1: W1 W2 T2 – Вибір курсу на конкурентний рівень цін, реклама, розширення видів комерційної діяльності, модернізація існуючого обладнання дозволить працювати в період погіршення платоспроможності фізичних та юридичних осіб.</p>

Пропоновані типи стратегій:

- стратегії виду SO – сили-можливості.
- стратегії виду ST – сили-загрози.
- стратегії виду WO – слабкості-можливості.
- стратегії виду WT – слабкості-загрози.

В таблиці 1.2 представлені розроблені стратегії, для кожної з них вказаний скорочений запис параметрів, з яких утворена стратегія. При цьому використані найбільш значимі фактори.

Впровадження нових ефективних методів у ТО і ремонті рухомого складу, збільшення об'ємів послуг, зниження собівартості перевезень дасть змогу підприємству збільшити свої доходи, досягти прибутковості в діяльності та подальшого вдосконалення.



РОЗДІЛ 2
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ГІБРИДНОГО АВТОМОБІЛЯ

2.1 Вибір раціональної схеми гібридної силової установки и постановка задачі моделювання

Найефективнішою схемою трансмісії гібридних силових установок, на наш погляд, є послідовно-паралельна схема. Тому що початок руху, і рух на невисоких швидкостях здійснюється або тільки на електричній тязі, або комбіновано ДВЗ та електродвигун, що істотно підвищує екологічну чистоту автомобіля, особливо в міському циклі руху (рис. 2.1).

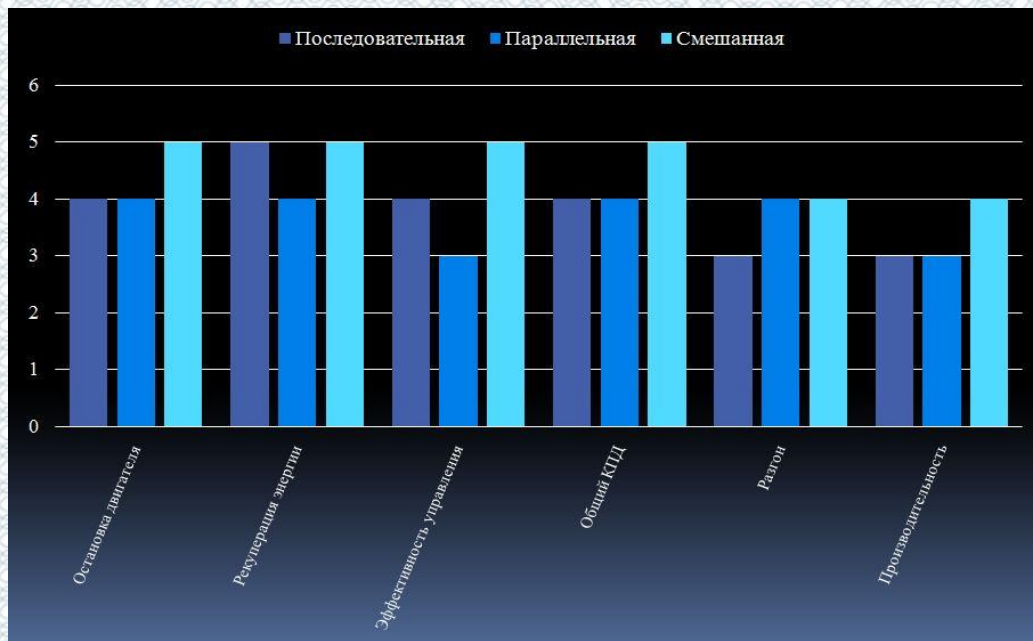


Рисунок 2.1 - Порівняння схем гібридного приводу

Математична модель є формалізованим описом системи за допомогою абстрактної мови, зокрема, за допомогою математичних співвідношень, що відображають процес функціонування системи. Для складання моделі можна використовувати будь-які математичні засоби – алгебра, диференціальне, інтегральне числення, теорію множин, теорію алгоритмів і т.д. При побудові математичних моделей необхідно встановити всі взаємозв'язки між змінними, які характеризують властивості і характеристики системи [13].

Оскільки всі реальні системи по своїй природі є динамічними, то для їх опису можна використовувати диференціальні рівняння. Для вирішення системи отриманих рівнянь використовується перетворення Лапласа.

перетворення Лапласа.

$$F(s) = \int_0^{\infty} f(t)e^{-st} dt \quad (2.1)$$

Метод перетворення Лапласа дозволяє замінити достатньо складне рішення диференціальних рівнянь відносно простим рішенням рівнянь алгебри.

Змінну s в перетворенні Лапласа можна розглядати як оператор диференціювання і далі можна ввести оператор інтеграції

$$\frac{1}{s} \rightarrow \int_0^t dt \quad (2.2)$$

Визначення реакції системи на вхідну дію має на увазі наступні дії:

- отримання диференціальних рівнянь, що описують поведінку досліджуваної системи;
- перетворення по Лапласу цих диференціальних рівнянь;
- рішення отриманих рівнянь алгебри.

В даний час могутнім засобом для моделювання і дослідження систем управління із зворотним зв'язком є програма Simulink, а також інші системи моделювання. Розглянемо особливості побудови математичних моделей в програмі Simulink.

Simulink – інтерактивний інструмент для моделювання, імітації і аналізу динамічних систем. Він дає можливість будувати графічні блок-діаграми, імітувати динамічні системи, досліджувати працездатність систем і удосконалювати проекти. Simulink повністю інтегрований з MATLAB, тому забезпечує оперативний доступ до широкого спектру інструментів аналізу і проектування.

Математична модель створена в програмі Simulink дозволить вивчити властивості гібридної силової установки і провести порівняльний аналіз тягово-динамічних характеристик автомобіля на різних режимах руху [14].

Поставимо задачу на математичне моделювання тягово-динамічних характеристик автомобіля з гібридною силовою установкою на різних режимах руху, а саме:

- скласти математичну модель тягово-динамічних характеристик автомобіля з існуючим двигуном внутрішнього згорання, в яку входять наступні підсистеми:

модель ДВС, модель трансмісії, модель системи управління, модель сил діючих на автомобіль, модель визначення потужності та інші підсистеми;

- скласти математичну модель тягово-динамічних характеристик автомобіля з тяговим електричним двигуном з урахуванням маси акумуляторних батарей;

- скласти комбіновану математичну модель тягово-динамічних характеристик автомобіля з гібридною силовою установкою;

- провести порівняльну оцінку тягово-динамічних характеристик автомобіля з ДВС і автомобіля з гібридною силовою установкою.

2.2 Початкові дані для розрахунку

Для моделювання тягово-динамічних характеристик автомобіля в якості прикладу виберемо доступний автомобіль російського виробництва LADA «Granta» з двигуном внутрішнього згоряння об'ємом 1.6 л.

Для складання математичної моделі автомобіля з гібридною силовою установкою приведемо в табл. 2.1 основні технічні характеристики автомобіля ВАЗ-2190 «Granta», які потрібні для розрахунку тягово-швидкісних характеристик автомобіля (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 - LADA «Granta»

Таблиця 2.1 - Початкові дані для моделювання автомобіля ВАЗ-2190 «Granta»

Параметр	Позначення в математичній моделі	Розмірність	Величина
1	2	3	4
Повна маса	m	кг	1515
Тип двигуна бензиновий розподілений вписк			
Максимальна потужність двигуна	Ne	кВт	59
Частота обертання валу при максимальній потужності	nN	Обертів за хвилину	5600
Передавальні числа коробки передач:			
1-а передача	U_{k1}		3,636
2-а передача	U_{k2}		1,950
3-а передача	U_{k3}		1,357

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
4-а передача	U_{k4}		0,941
5-а передача	U_{k5}		0,784
Передавальне число головної передачі	U_0		3,705
ККД трансмісії	η		0,93
Шини типу 175-70R13 Статичний радіус коліс	$r_{ст}$	м	0,271
Габаритні розміри: ширина	$B_{г}$	м	1,700
висота	$H_{г}$	м	1,500

Коефіцієнт опору повітря	k	$\text{H} \cdot \text{c}^2 / \text{m}^4$	0,367
--------------------------	---	--	-------

В якості додаткового електропривода виберемо електричний двигун постійного струму. Його необхідну потужність розрахуємо під час моделювання гібридної силової установки автомобіля.



2.3 Математична модель гібридної силової установки

Для створення математичної моделі гібридної силової установки автомобіля необхідно побудувати підсистеми усіх її основних блоків. Для цього моделюємо в блоці “автомобіль” підсистеми “engine” (двигун внутрішнього згоряння), “gearbox” (коробка перемикавання передач), “U0” (головна передача), “Rk” (ведучі колеса). Побудова моделі систем зводиться до того, щоб за допомогою програми “Simulink” зібрати схему, що буде відображати формулу, яка описує заданий вузол. Крім того в модель вписуються параметри автомобіля, тобто в модель підставляються потужність двигуна, передаточні числа коробки передач, головної передачі та інші дані, які були вибрані з технічних характеристик автомобіля [1].

Математична модель ДВЗ. Створюємо модель поршневого двигуна внутрішнього згоряння (підсистема “engine”) працюючого на зовнішній швидкісній характеристиці, використовуючи емпіричну формулу, що дозволяє по відомим координатам однієї точки швидкісної характеристики ($N_{E_{max}}$ та n_N) відтворити всю криву потужності:

$$N_e = N_{e_{max}} \left[A_1 \frac{n}{n_N} + A_2 \left(\frac{n}{n_N} \right)^2 - \left(\frac{n}{n_N} \right)^3 \right], \quad (2.3)$$

де N_e - поточне значення потужності ДВЗ, відповідне частоті обертання вала двигуна, кВт;

n - частота обертання вала ДВЗ, об/хв.;

n_N - частота обертання вала при максимальній потужності ДВЗ, об/хв.;

$N_{E_{max}}$ - максимальна потужність ДВЗ, кВт;

A_1, A_2 - емпіричні коефіцієнти, що характеризують тип двигуна внутрішнього згоряння. Для бензинових двигунів $A_1 = A_2 = 1,0$.

Визначивши поточне значення потужності ДВЗ N_e для любых значень частоти обертання вала n , модель рахує відповідне значення обертального моменту двигуна M_e .

$$M_e = 9550 \frac{N_e}{n}, \quad (2.4)$$

Структура моделі двигуна внутрішнього згоряння (підсистеми “engine”) представлена на рис. 2.3.

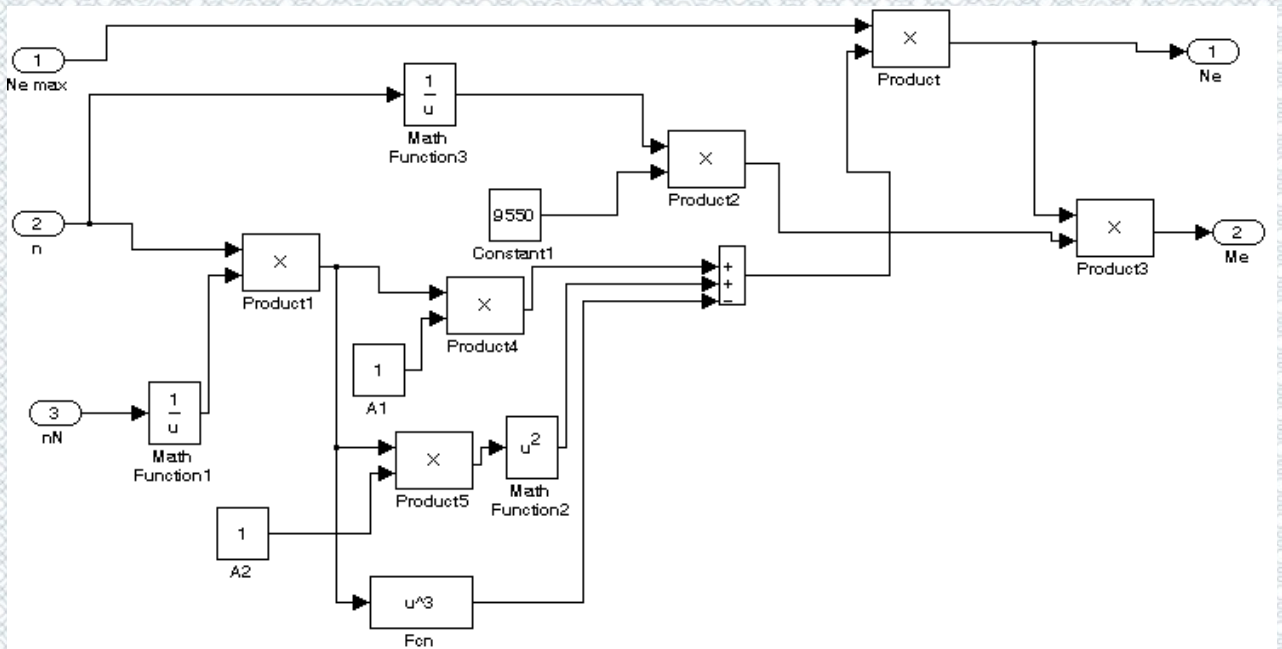


Рисунок 2.3 - Схема структурна моделі ДВЗ (підсистема “engine”)

Побудова моделі трансмісії. Блоки “gearbox”, U_0 , и R_k – моделі коробки передач, головної передачі та ведучих коліс, визначають тягове зусилля на ведучих колесах R_k та швидкість автомобіля V .

Розрахуємо тягове зусилля на ведучих колесах

$$P_k = \frac{M_e U_{ki} U_o \eta}{r_d}, \quad (2.5)$$

де U_{ki} - передаточне число коробки передач,

U_o - передаточне число головної передачі,

η – ККД трансмісії,

r_d – динамічний радіус колеса, який в нормальних умовах руху приймають рівним статичному радіусу r_{st} .

Розрахуємо швидкість автомобіля V , км/год, яка пов'язана з частотою обертання валу двигуна внутрішнього згоряння n наступною залежністю:

$$V = 0,377 \cdot \frac{r_k n}{U_{ki} U_o}, \quad (2.6)$$

де r_k - радіус кочення колеса, що дорівнює статичному радіусу r_{st} .

Блок моделі коробки передач “gearbox” наведено на рис. 2.4.

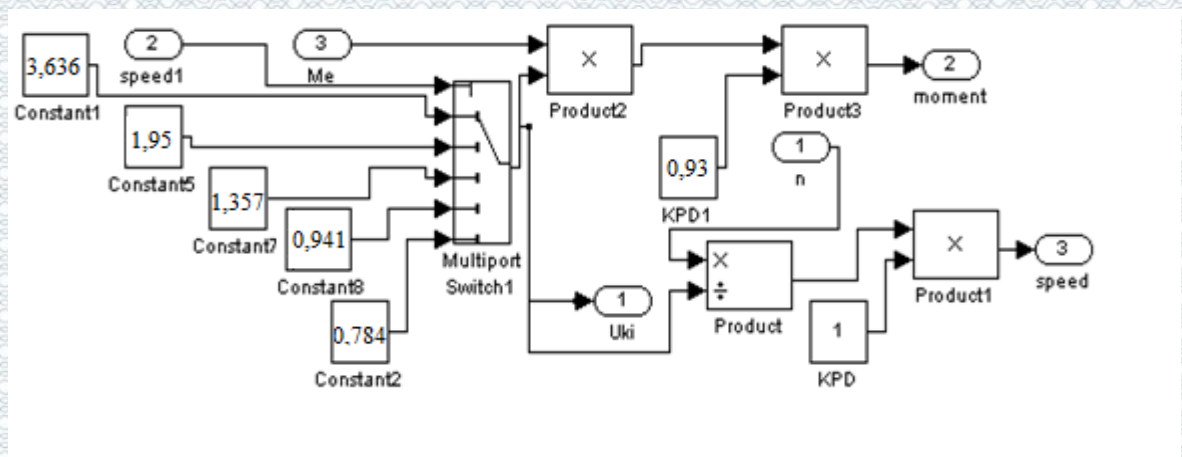


Рисунок 2.4 - Схема структурна моделі коробки передач (підсистема “gearbox”)

В даній підсистемі константи – це передаточні числа коробки передач, які вибираються, в залежності від конкретного автомобіля, з його технічних характеристик [1].

Передачі перемикаються за допомогою перемикача “MultiportSwitch1”.

Аналогічно будемо схему головної передачі, константою якої є передаточне число головної передачі. Схему головної передачі зображено на рис. 2.5.

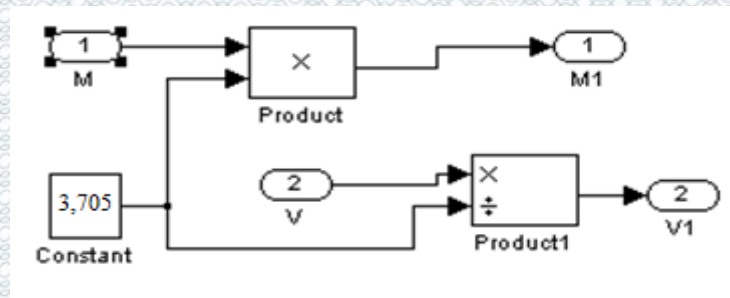


Рисунок 2.5 - Схема структурна моделі головної передачі (підсистема U_0)

Будемо модель системи ведучих коліс, де r_{st} – це статичний радіус колеса. В системі “automobile” зображено, як підсистему “Rk”. Модель ведучих коліс зображено на рис. 2.6.

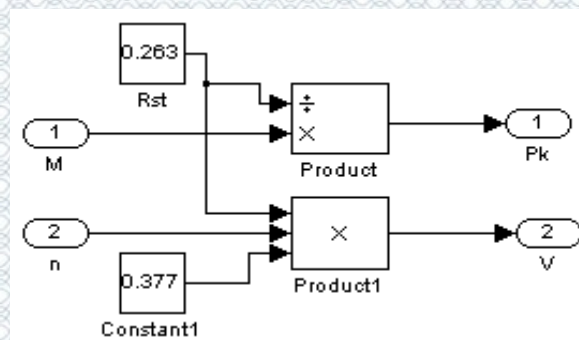


Рисунок 2.6 - Схема структурна моделі ведучих коліс (підсистема “R_k”)

Моделювання сил, які діють на автомобіль. Силу сумарного дорожнього опору визначаємо по формулі

$$P_{\psi} = \psi G, \quad (2.7)$$

де ψ – коефіцієнт опору кочення;

$G = gm$ - повна вага автомобіля;

$g = 9,81$ м/с² - прискорення вільного падіння.

В розрахунках не враховується вплив швидкості руху на коефіцієнт опору коченню, в зв'язку з чим, вважаємо, що $\psi = const$.

$$P_w = \frac{kFv^2}{3,6^2}, \quad (2.8)$$

де k - коефіцієнт опору повітря

F - лобова площа,

v - швидкість автомобіля, км/год.

Лобова площа може бути визначена по кресленню автомобіля, а при його відсутності – приблизно з виразу

$$F = \alpha B_r H_r, \quad (2.9)$$

де α - коефіцієнт заповнення площі. Для легкових автомобілів $\alpha = 0,78 \dots 0,8$.

Приймаємо $\alpha = 0,8$, тоді $F = 1,86$.

Динамічний фактор автомобіля D визначається для різних передач і швидкостей руху за формулою:

$$D = \frac{P_k - P_w}{G}, \quad (2.10)$$

Для визначення динамічного фактору і сили опору повітря створюємо підсистему D (рис. 2.7)

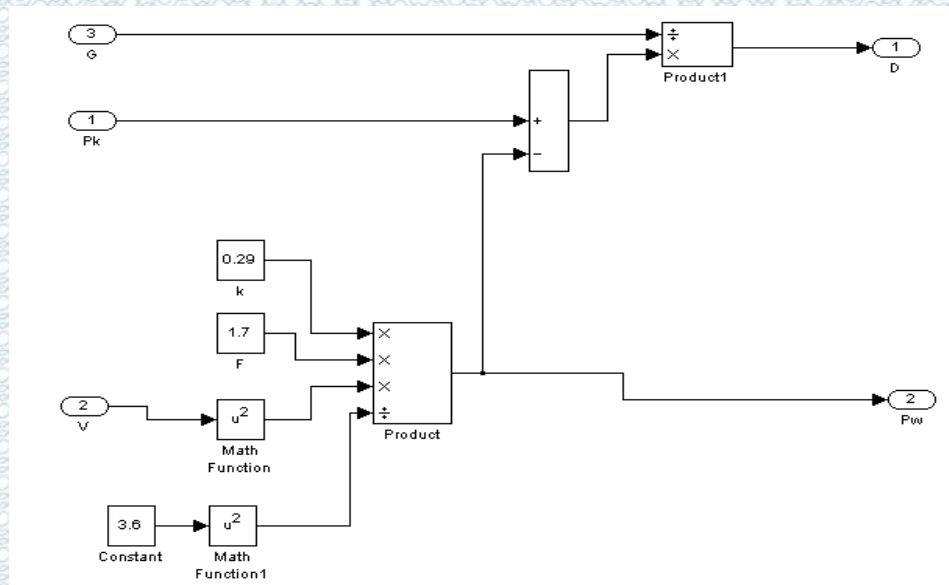


Рисунок 2.7 - Схема структурна моделі для визначення динамічного фактору і сили опору повітря (підсистема D)

Крім того, за допомогою підсистеми D визначається сумарний дорожній опір, який може подолати автомобіль ψ_{\max} .

$$\psi_{\max} = D_{\max}; \quad (2.11)$$

$$i_{\max i} = (\psi_{\max i} - f) \cdot 100\% , \quad (2.12)$$

де $i_{\max i}$ - максимальний продольний ухил дороги, який може подолати автомобіль,

f – опір коченню ($f = 0.1$ – ґрунтова дорога після дощу).

Для визначення максимального ухилу створюємо підсистему “Slope” (рис. 2.8)

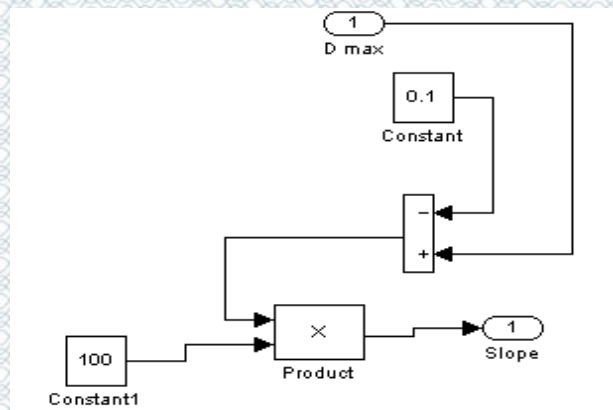


Рисунок 2.8 - Схема структурна підсистеми для визначення максимального ухилу, що може подолати автомобіль (підсистема “Slope”)

Крім динамічного фактору і сили опору повітря необхідно розрахувати силу сумарного дорожнього опору [15]. Для цього будемо підсистему $P_w + P_{ksi}$ (рис. 2.9).

Час розгону одержуємо за допомогою блоків “math function” і “integrator” як інтеграл функції

$$t = \int_{v^1}^{v^2} \frac{1}{j} dv, \quad (2.13)$$

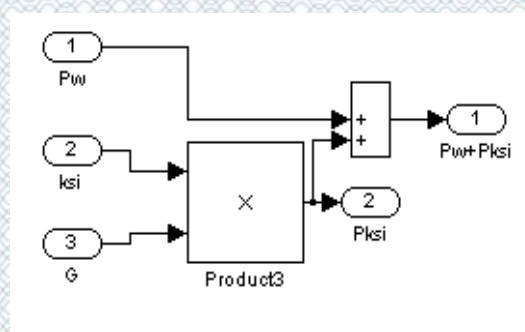


Рисунок 2.9 - Схема структурна моделі для визначення сили сумарного дорожнього опору (підсистема $P_w + P_{ksi}$)

Прискорення j для різних передач і швидкостей визначають по значенням D , використовуючи формулу:

$$j = (D - \psi) \frac{g}{\delta}, \quad (2.14)$$

де $\delta = 1,04 + 0,04 U_{kj}^2$ - коефіцієнт для врахування інерції обертальних мас.

Для того, щоб визначити прискорення автомобіля, побудуємо систему J (рис. 2.10).

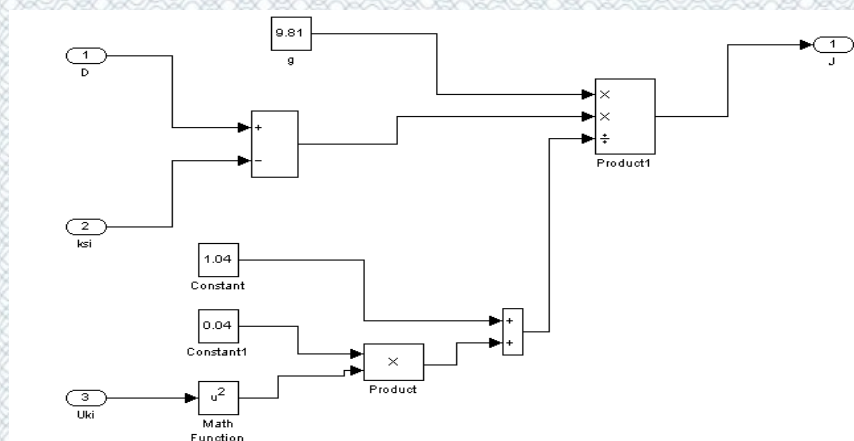


Рисунок 2.10 - Схема структурна моделі для визначення прискорення автомобіля (підсистема J)

Поєднавши приведені вище схеми, створюємо систему “automobile”, яка наведено на рис. 2.11.

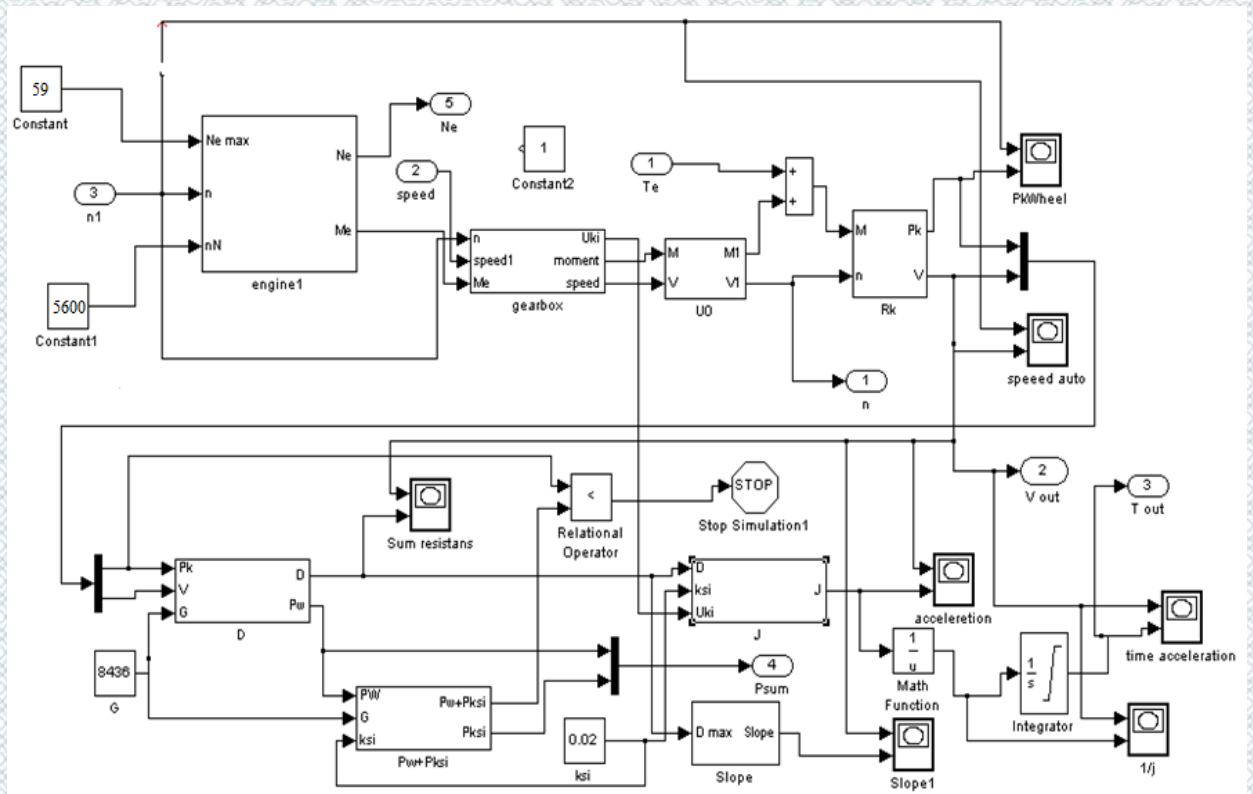


Рисунок 2.11 - Схема структурної системи “automobile”

Модель системи управління (підсистема “driver”) наведено на рис. 2.12.

Об’єднаємо модель автомобіля та модель системи управління (рис. 2.13).

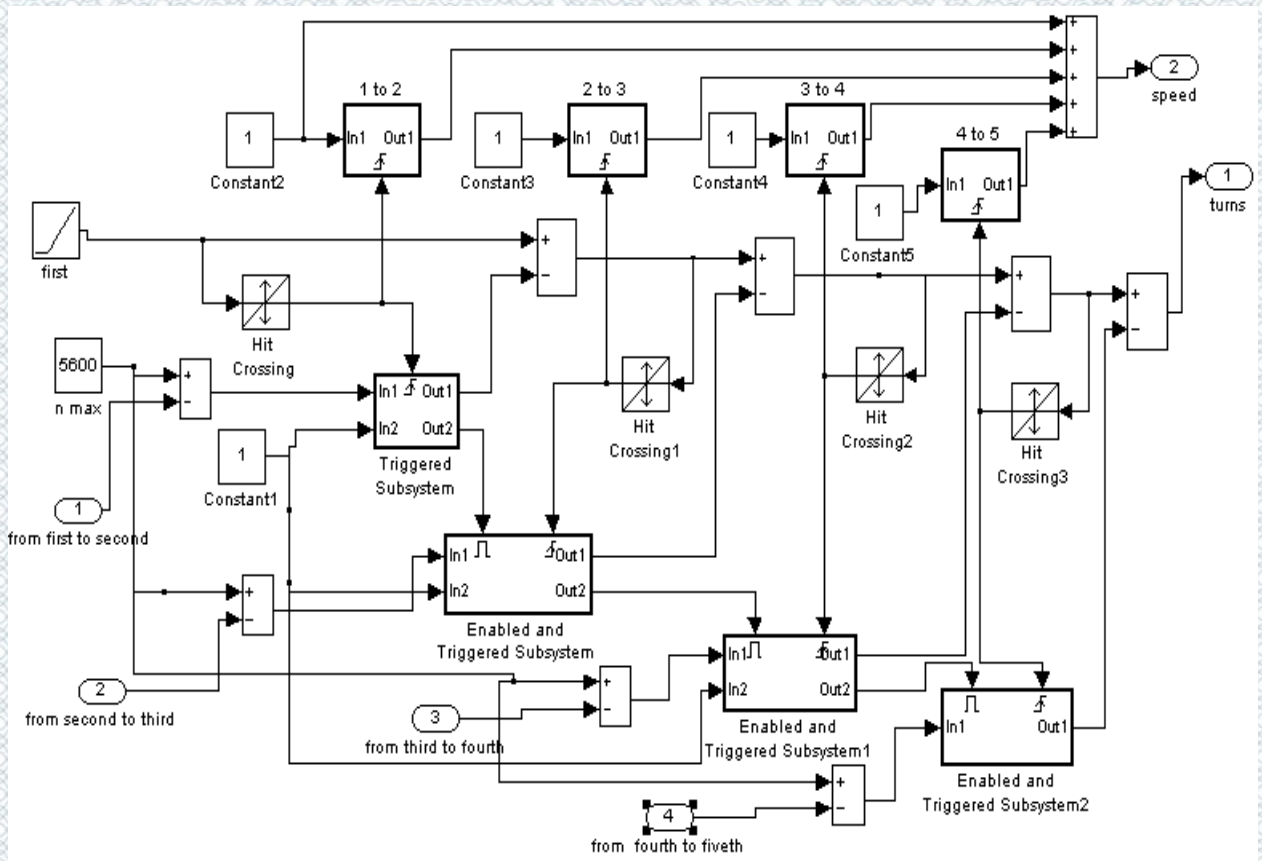


Рисунок 2.12 - Схема структурна моделі системи управління (підсистема “driver”)

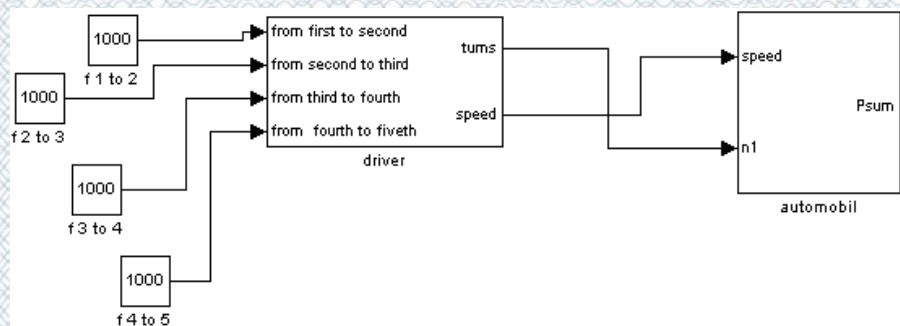


Рисунок 2.13 - Схема структурна моделі автомобіля та системи управління

Спочатку оберти ДВЗ, при переході на вищу передачу, встановлюємо вільно. В результаті моделювання отримуємо наступний графік прискорень автомобіля при не налаштованій системі управління (рис. 2.14).

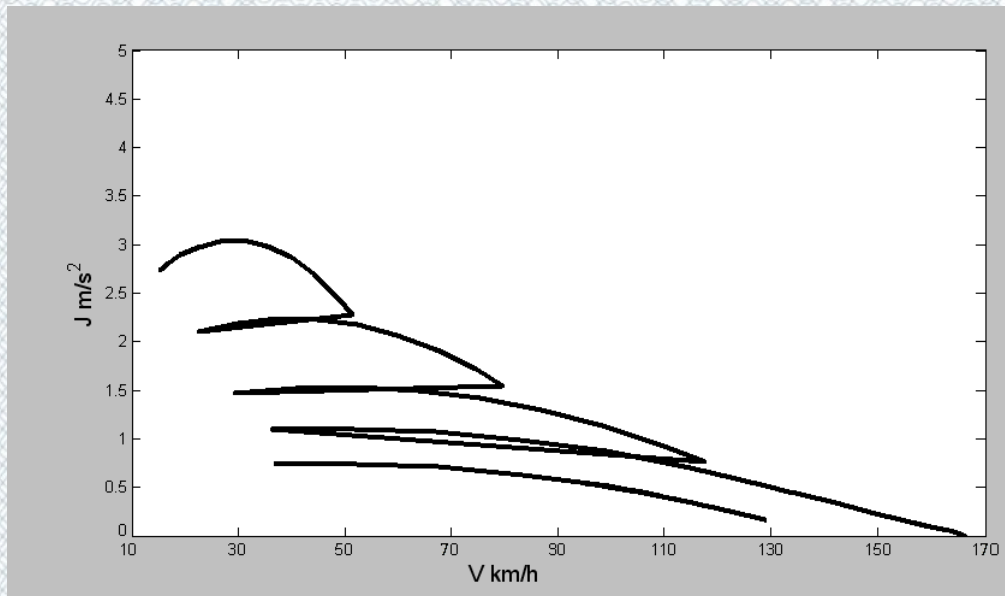


Рисунок 2.14 - Графік прискорень автомобіля при не налаштованій системі управління

Підбираємо параметри системи управління (значення констант 'f 1 to 2, f 2 to 3, f 3 to 4) так, щоб перехід на вищу передачу здійснювався при рівних прискореннях, тоді графік прискорень автомобіля буде мати вигляд наведений на рис. 2.15.

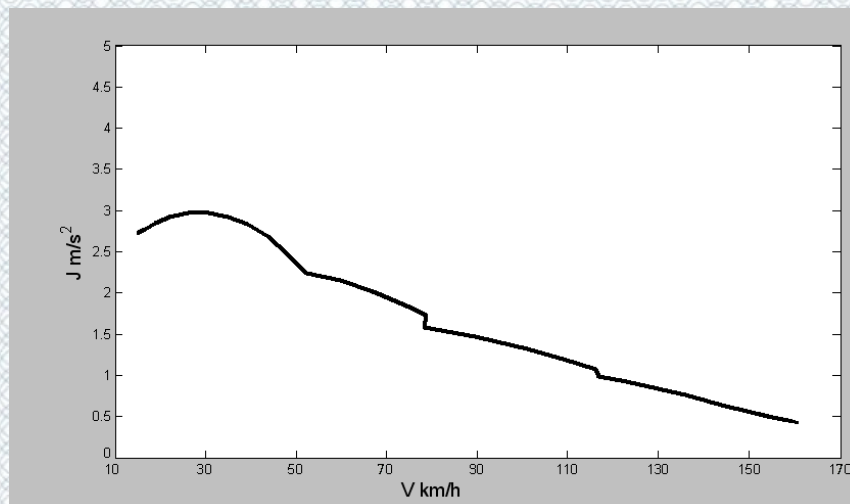


Рисунок 2.15 - Графік прискорення автомобіля при налаштованій системі управління

Після вибору моментів перемикання передач вибираємо масштаб інтегрування величин, зворотних прискоренням. Для цього змінюємо параметр “Slope” блока “first” в підсистемі “driver” до тих пір, доки на графіку часу розгону (рис. 2.16) ні співпадає з паспортними даними

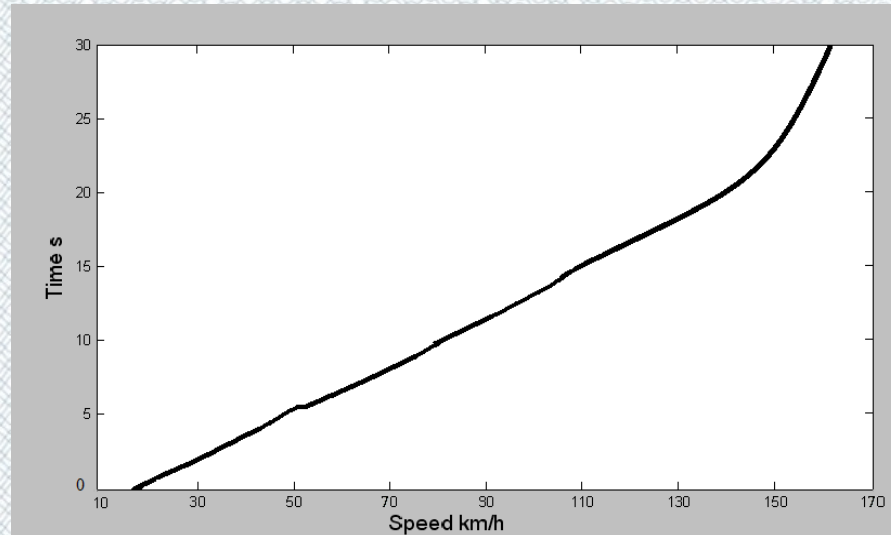


Рисунок 2.16 - Графік часу розгону автомобіля

Моделювання електричного двигуна. Електричний двигун обираємо при мінімально необхідній потужності для руху зі швидкістю 40 км/год.

$$N_{\text{need}} = N_{\psi} + N_w, \quad (2.15)$$

де N_{ψ} – потужність, яка витрачається на здолаття сумарного дорожнього опору

$$N_{\psi} = \frac{P_{\psi} V}{3600}; \quad (2.16)$$

N_w – потужність, яка витрачається на здолаття опору повітря

$$N_w = \frac{P_w V}{3600}, \quad (2.17)$$

Для знаходження необхідної потужності електричного двигуна зберемо підсистему “necessary power” (рис. 2.17), в якій і визначимо необхідну потужність тягового електричного двигуна для нашого автомобіля [1].

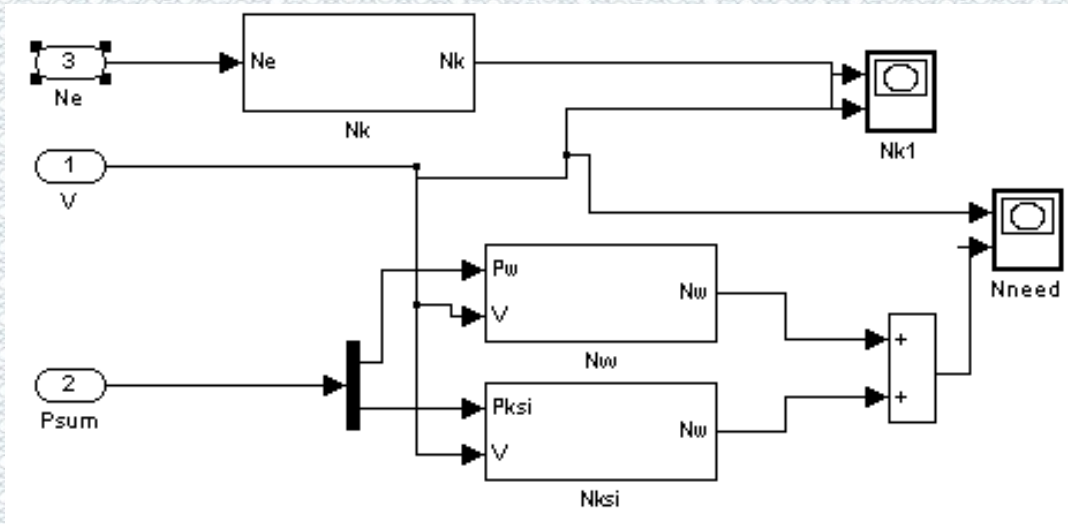


Рисунок 2.17 - Схема структурна моделі для визначення потужності електричного двигуна (підсистема “necessary power”)

Промодельємо та отримаємо графік мінімально необхідної потужності тягового електричного двигуна для руху автомобіля по горизонтальній поверхні з заданою швидкістю, який показаний на рис. 2.18.

За допомогою графіка (рис. 2.18) визначимо потужність тягового електричного двигуна, який треба використовувати в автомобілі з гібридною силовою установкою. Для цього по осі швидкості знайдемо відмітку 40 кілометрів на годину, проведемо лінію до перетину з графіком, потім спроектуємо точку перетину на вісь потужності.

В результаті встановлено, що для рівномірного руху із швидкістю 40 км на годину мінімально необхідна потужність електричного двигуна складає 4 кВт,

таким чином вибираємо електричний двигун постійного струму з потужністю 4 кВт.

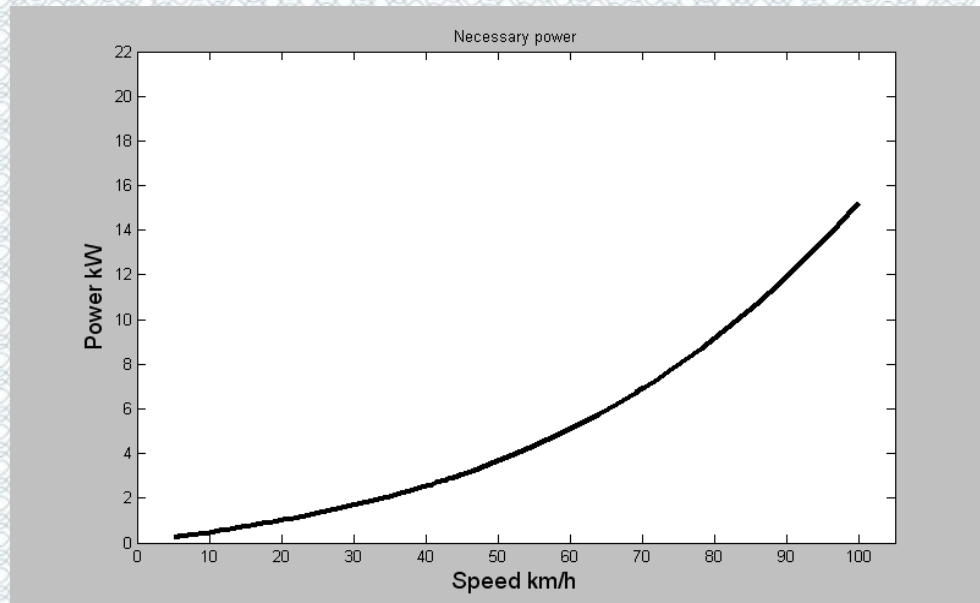


Рисунок 2.18 - Мінімально необхідна потужність для руху с заданої швидкістю

Проведемо визначення параметрів моделі за паспортними даними електричного двигуна.

Початкові дані двигуна постійного струму: $P_{ном} = 4$ кВт, $U_n = 220$ В, $n = 4000$ об/хв, $R_{я} = 0.564$ Ом, $R_{ов} = 35$ Ом, $L_{я} = 4,8$ мГн $= 0.0048$ Гн.

Визначимо взаємну індуктивність обмоток збудження та обмотки якоря (L_{ϕ})

Знаходимо струм обмотки збудження

$$I_{\phi} = \frac{U_n}{R_{я}} = \frac{220}{35} = 6,285 \text{ А} \quad . (2.18)$$

Визначаємо струм, який споживає двигун в номінальному режимі

$$I_{\text{дв}} = \frac{P_{\text{ном}}}{U_{\text{н}}} = \frac{4000}{220} = 18.18 \text{ А}, \quad (2.19)$$

Знаходимо струм якоря

$$I_{\text{я}} = I_{\text{дв}} - I_{\text{ф}} = 18,18 - 6,285 = 11,8968 \text{ А}, \quad (2.20)$$

Визначаємо противо-ЕРС, що виникає в обмотці якоря

$$E_0 = U_{\text{н}} - I_{\text{я}} \cdot R_{\text{я}} = 220 - 11,896 \cdot 0,564 = 213,29 \text{ В}, \quad (2.21)$$

Знаходимо взаємну індуктивність

$$L_{\text{аф}} = \frac{E_0 \gamma}{\omega \cdot I_{\text{ф}}} = \frac{213,29}{418,879} * 6,285 = 0,08 \text{ Гн}, \quad (2.22)$$

де $\omega = 418,879 \text{ рад / с}$

Визначивши всі необхідні параметри електричного двигуна, необхідно для його роботи синхронізувати його частоту із зовнішньою частотою, для цього ми створюємо підсистему “n/w”, показану на рис. 2.19.

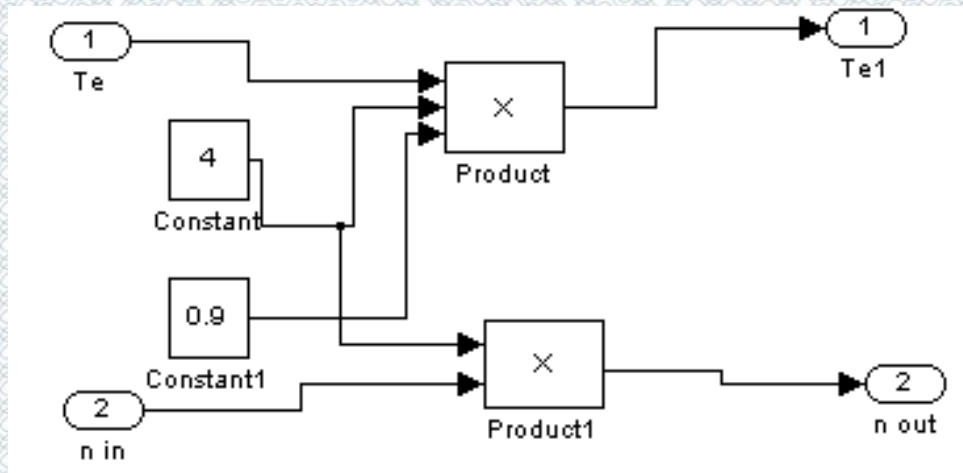


Рисунок 2.19 - Схема структурна системи синхронізації частот (підсистема “n/w”)

Синхронізація проводиться за формулою

$$\omega = 2\pi \frac{n}{60}, \quad (2.23)$$

(2.23)

Після синхронізації його із зовнішньою частотою двигуна внутрішнього згоряння, підсистема моделі тягового електричного двигуна має вигляд, наведений на рис. 2.20.

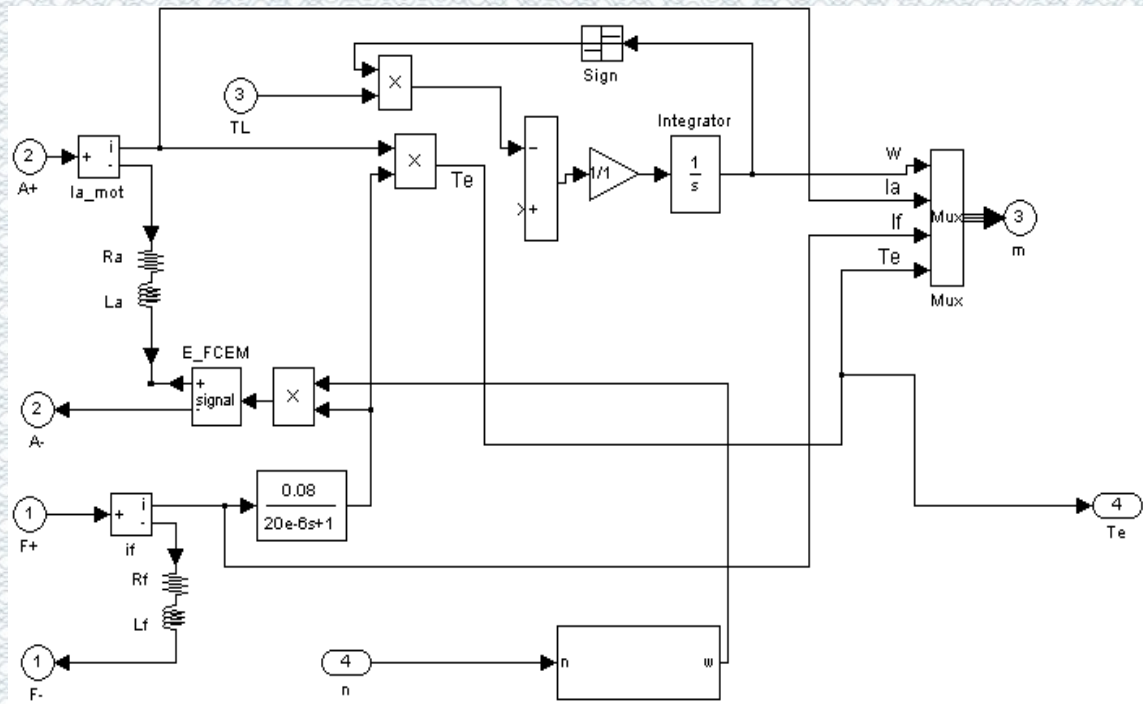


Рисунок 2.20 - Схема структурна тягового електричного двигуна

2.4 Результати моделювання

Проведемо моделювання порівняльних характеристик базового та гібридного автомобілів. Для моделювання автомобіля з гібридною силовою установкою підключимо розрахований і змодельований нами тяговий електричний двигун до системи “automobile”. Така система імітує сумісну роботу ДВЗ та електричного двигуна у процесі розгону автомобіля. Створену систему назвемо “Hybrid”.

Схема структурна гібридного автомобіля (система “Hybrid”) наведено на рис. 2.21

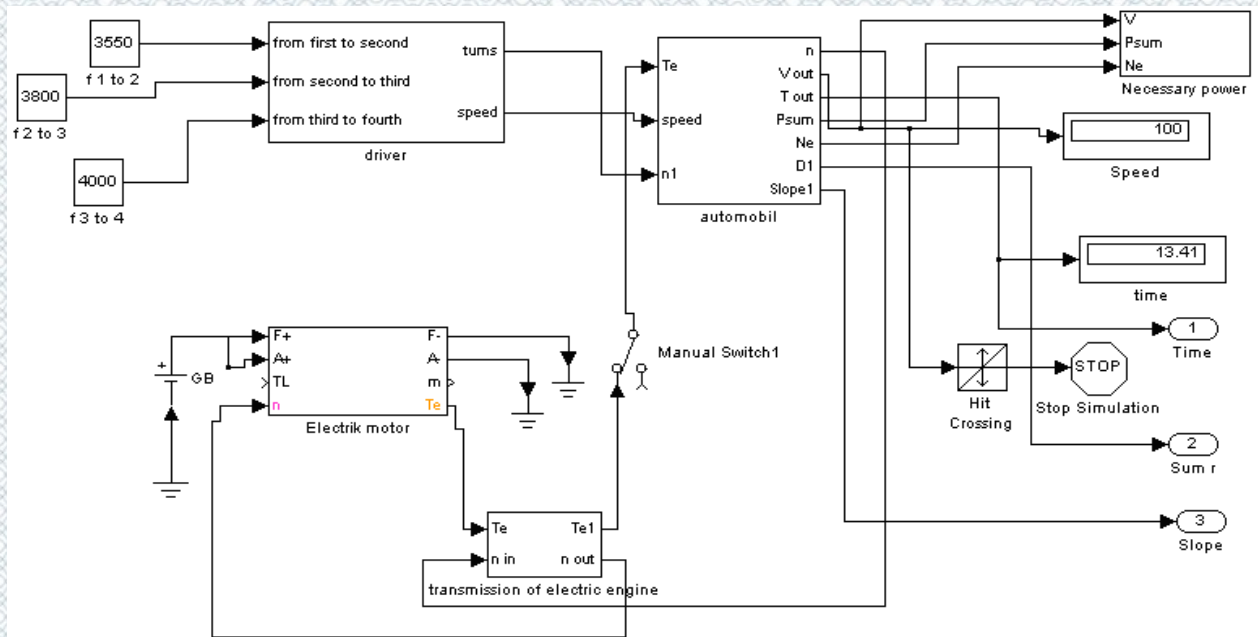


Рисунок 2.21 - Схема структурна автомобіля з гібридною силовою установкою (система “Hybrid”)

Порівняльна характеристика динаміки розгону базового автомобіля (система “automobile”) з динамікою розгону автомобіля, який оснащений гібридною силовою установкою (система “Hybrid”) наведено на рис. 2.22.

Результати порівняльного моделювання показують, що незважаючи на збільшення маси гібридного автомобіля та відносно малої потужності електричного двигуна постійного струму (4 кВт), час розгону до 100 км/год знизився на 2 с.

На рис. 2.23 показана динамічна характеристика гібридного автомобіля, у порівнянні з базовим.

Результати порівняльного моделювання показує, що автомобіль з гібридною енергетичною установкою здатний подолати набагато більший дорожній опір, ніж базовий автомобіль.

На рис. 2.24 показано порівняльний аналіз максимального продольного ухилу автомобільної дороги, який в змозі подолати гібридний та базовий автомобіль.

Результати порівняльного моделювання показують, що гібридний автомобіль здатний подолати більш круті підйоми, не знижуючи швидкості, та без перемикання коробки передач на нижчу передачу.

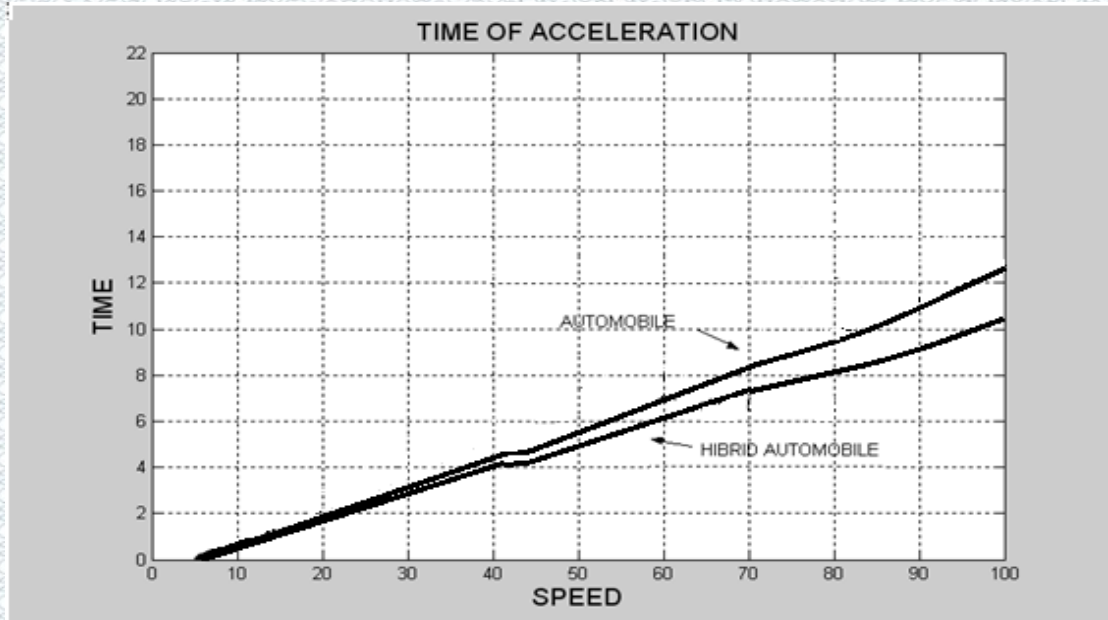


Рисунок 2.22 - Графік порівняння динаміки розгону базового та гібридного автомобілів

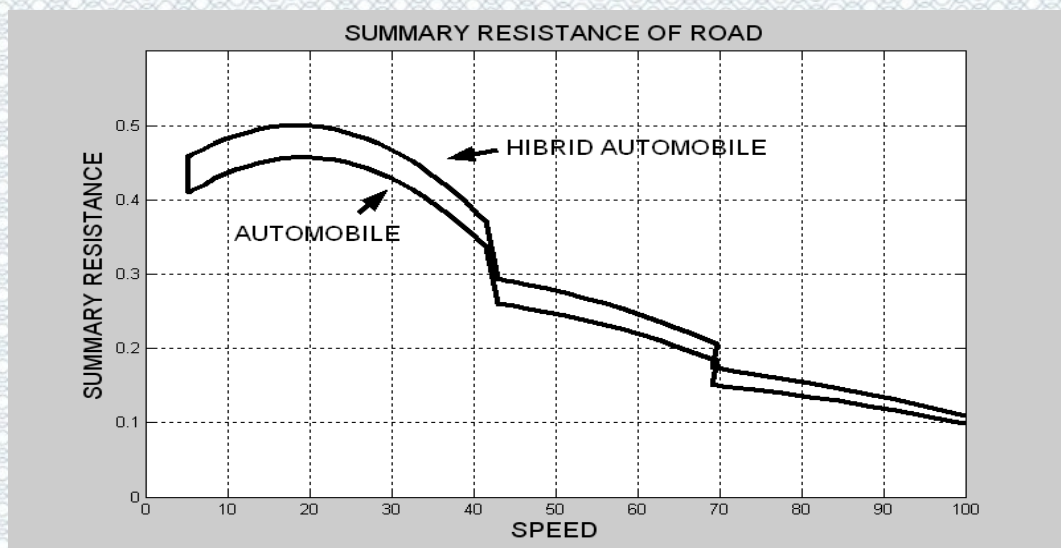


Рисунок 2.23 - Графік порівняння динамічних характеристик гібридного та базового автомобілів

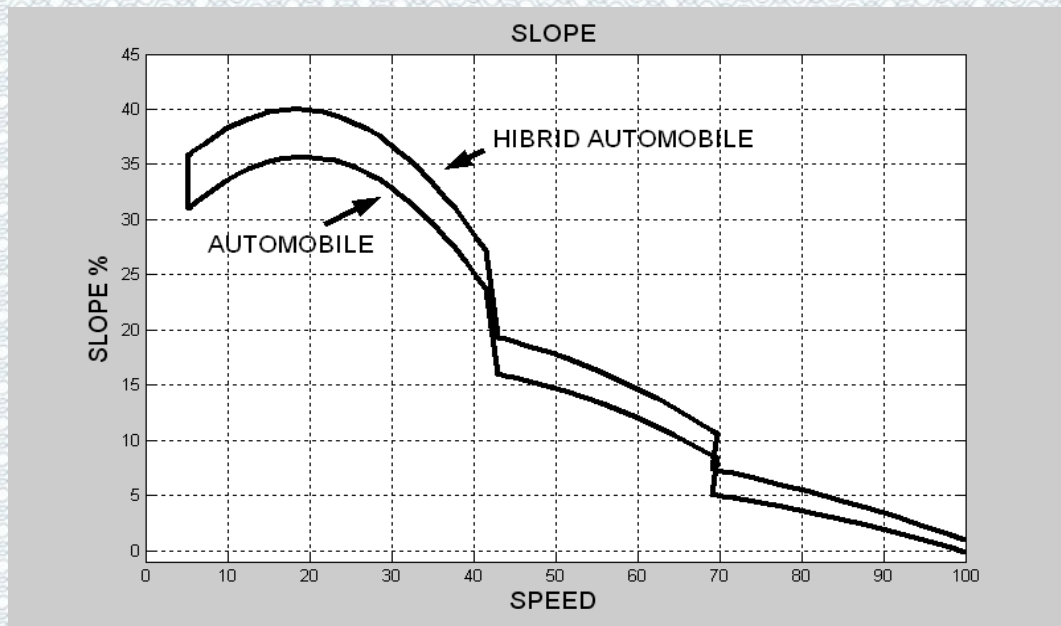


Рисунок 2.24 - Графік порівняння максимального ухилу, що можуть подолати гібридний та базовий автомобіль

В результаті проведеного математичного моделювання ми переконалися, що автомобіль з гібридною силовою установкою, в порівнянні з базовою моделлю, є більш потужним, екологічно чистішим, більш економічним, та більш динамічним транспортним засобом. Він здатний легше і набагато ефективніше долати максимально допустимі ухили без перемикання передач. Крім того, швидкість розгону до 100 км/год автомобіля з гібридною силовою установкою зменшилася на 2 секунди, незважаючи на збільшення маси автомобіля.

РОЗДІЛЗ

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

3.1 Вибір програмного забезпечення для розрахунку на ЕОМ

Розрахунок основних показників технологічного проекту підприємства виконується на персональному комп'ютері в діалоговому режимі за програмою “ВТБ”, яка знаходиться в каталозі програмного забезпечення кафедри “Автомобілі та транспортний менеджмент”.

У відповідності з рекомендаціями [19] для розрахунку програми необхідно мати такі вихідні дані:

- тип рухомого складу Намсьогодні на підприємстві експлуатуються автомобілі ГАЗ 3110 які є як морально так і фізично застарілими тому пропонується їх заміна на гібридні автомобілі Toyota Prius.

В цьому випадку для технологічного розрахунку приймаються такі автомобілі:

Skoda Octavia, Toyota Prius, Toyota Prado.

Ці автомобілі за рекомендаціями [19] складають три технологічно сумісні групи:

- кількість рухомого складу

Кількість рухомого складу розраховано в першому розділі цього дипломного проекту.

- середньодобовий пробіг РС по кожній групі складає:

Skoda Octavia – 190 км; Toyota Prius – 180 км; Toyota Prado – 176 км.

- категорія умов експлуатації

Враховуючи тип дорожнього покриття, тип рельєфу місцевості, а також умови роботи у відповідності з [19] приймається III-а категорія умов експлуатації.

- природно-кліматичні умови

У відповідності з [13] приймаємо помірно-теплий вологий кліматичний район.

- режим роботи рухомого складу

У відповідності з [9] кількість днів роботи за рік становить 253 дня, а час перебування в наряді за добу – 10,5 год.

- режим виконання технічного обслуговування і поточного ремонту рухомого складу (вибираємо за рекомендаціями [16]).

Розрахунки проведено за відомими методиками наведеними в [16-21]. Вихідні дані наведено в табл 3.1 результати розрахунків в табл 3.2,3.3.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для розрахунку виробничої програми по ТО і ПР

Показник	Skoda Octavia	Toyota Prius	Toyota Prado
1	2	3	4
Спискова кількість автомобілів, одиниць	14	17	4
Нормативний пробіг до капітального ремонту, тис. км	150	400	400
Коефіцієнт, що враховує категорію умов експлуатації для КР	0.8	0.8	0.8
Коефіцієнт, що враховує модифікацію РС для КР	1.0	1.0	1.0
Коефіцієнт, що враховує природно-кліматичні умови для КР	1.1	1.1	1.1
Нормативний пробіг автомобіля до ТО-1, км	5000	5000	5000
Нормативний пробіг автомобіля до ТО-2, км	20000	20000	20000
Кількість днів простою РС в капітальному ремонті	18.00	18.00	18.00
Кількість днів простою РС в ТО і ПР на 1000 км	0.18	0.22	0.22
Коефіцієнт, що враховує категорію умов експлуатації для ТО	0.80	0.80	0.80
Коефіцієнт, що враховує природно-кліматичні умови для ТО	1.00	1.00	1.00
Дні роботи РС за рік	253	253	253
Середньодобовий пробіг одиниці рухомого складу, км	190.00	180.00	176.00
Нормативна трудомісткість ЩОд, люд.год	0.20	0.25	0.25
Нормативна трудомісткість ЩОт, люд.год	0.10	0.13	0.13
Нормативна трудомісткість ТО-1, люд.год	2.60	3.40	3.40
Нормативна трудомісткість ТО-2, люд.год	10.50	13.50	13.50
Нормативна трудомісткість ПР, люд.год	1.80	2.10	2.10
Коефіцієнт, що враховує категорію умов експлуатації для ПР	1.20	1.20	1.20
Коефіцієнт, що враховує модифікацію РС для ЩО, ТО та ПР	1.20	1.20	1.25

Продовження табл. 3.1

1	2	3	4
Коефіцієнт, що враховує природно-кліматичні умови для ПР	0.90	0.90	0.90
Коефіцієнт, що враховує кількість технологічно-сумісних груп РС для ПР	1.55	1.55	1.55
Коефіцієнт, який враховує умови зберігання РС для ПР	1.00	1.00	1.00
Коефіцієнт, який враховує частку допоміжних робіт	0.30	0.30	0.30
Площа, яку займає один автомобіль, м ²	8.45	8.77	8.89
Коефіцієнт щільності розміщення для зони зберігання	2.50	2.50	2.50
Коефіцієнт щільності розміщення для зони ЩО	2.30	2.30	2.30
Коефіцієнт щільності розміщення для зони ТО	4.50	4.50	4.50
Коефіцієнт щільності розміщення для зони ПР	4.50	4.50	4.50

Таблиця 3.2 – Виробнича програма по ТО і ПР рухомого складу по маркам

Показник	Skoda Octavia	Toyota Prius	Toyota Prado
1	2	3	2
Пробіг рухомого складу до КР, км	150000	400000	400000
Пробіг рухомого складу до ТО-1, км	5000	5000	5000
Пробіг рухомого складу до ТО-2, км	20000	20000	20000
Коефіцієнт технічної готовності	0.94	0.93	0.94
Коефіцієнт випуску	0.77	0.76	0.77
Річний пробіг групи РС, км	672980	774180	178112
Коригований пробіг рухомого складу до ТО-1, км	4000	4000	4000
Коригований пробіг рухомого складу до ТО-2, км	16000	16000	16000
Коригований пробіг рухомого складу до КР, км	132000	352000	352000

Продовження табл. 3.2

<i>РІЧНА КІЛЬКІСТЬ ТО-1</i>	<i>163.15</i>	<i>191.35</i>	<i>44.02</i>
1	2	3	2
Річна кількість ТО-2	36.96	46.19	10.63
Річна кількість КР	5.10	2.20	0.51
Річна кількість ЩОд	3542.00	4301.00	1012.00
Річна кількість ЩОт	320.18	380.05	87.44
Річна кількість Д-1	216.42	256.67	59.05
Річна кількість Д-2	44.36	55.42	12.75
Річна кількість СО	28.0	34.0	8.0
Округлена річна кількість ТО-1	163.1	191.3	44.0
Округлена річна кількість ТО-2	37.0	46.2	10.6
Округлена річна кількість КР	5.0	2.0	0.0
Добова кількість ТО-1	0.64	0.76	0.17
Добова кількість ТО-2	0.15	0.18	0.04
Добова кількість КР	0.02	0.01	0.00
Добова кількість ЩОд	14.00	17.00	4.00
Добова кількість ЩОт	1.27	1.50	0.35
Добова кількість Д-1	0.86	1.01	0.23
Добова кількість Д-2	0.18	0.22	0.05
Коригована трудомісткість ЩОд, люд.год	0.24	0.30	0.31
Коригована трудомісткість ЩОт, люд.год	0.12	0.15	0.16
Коригована трудомісткість ТО-1, люд.год	4.84	6.32	6.59
Коригована трудомісткість ТО-2, люд.год	19.53	25.11	26.16
Коригована трудомісткість ПР, люд.год	3.62	4.22	4.39
Річна трудомісткість ЩОд, люд.год	850.08	1290.30	316.25
Річна трудомісткість ЩОт, люд.год	38.42	57.01	13.66
Річна трудомісткість ТО-1, люд.год	788.98	1210.07	289.99
Річна трудомісткість ТО-2, люд.год	721.89	1159.75	277.94
Річна трудомісткість ПР, люд.год	2433.39	3265.86	782.67
Річна трудомісткість допоміжних робіт, люд.год	1449.83	2094.90	504.15

Таблиця 3.3 - Виробнича програма по парку

Показник	Значення
----------	----------

Річний пробіг парку, км	1625272
Кількість КР	7.80
Кількість ЩОд	8855.00
Кількість ЩОт	787.66
Кількість ТО-1	398.51
Кількість ТО-2	93.78
Кількість Д-1	532.14
Кількість Д-2	112.53
Кількість СО	70.00
Трудовісткість ЩОд, люд.год	2456.63
Трудовісткість ЩОт, люд.год	109.09
Трудовісткість ТО-1, люд.год	2289.04
*Трудовісткість ТО-2, люд.год	2159.57
Трудовісткість ПР, люд.год	6481.92
Трудовісткість допоміжних робіт, люд.год	4048.88

*10% загальної трудовісткості ТО-2 (215.96 люд.год) буде відраховано на дільничні роботи ПР.



3.2 Розподіл трудовісткості ТО і ПР по виробничих зонах і дільницях

Обсяг робіт з ТО і ПР розподіляється по місцях їх виконання за технологічними і організаційними ознаками. ТО і ПР рухомого складу виконуються на постах і виробничих дільницях. 3. Розподіл обсягу робіт з ТО і ПР виконується за рекомендаціями [19], а результати розрахунку наведені в таблицях 3.4-3.6.

Таблиця 3.4 - Розподіл трудовісткості ТО за видами робіт

Види робіт	ТО-1		ТО-2	
	□	люд.год.	□	люд.год.
Діагностичні	15	343.36	12	259.15
Кріпильні, регулювальні, змащ. та інші	85	1945.69	88	1900.43
Разом	100	2289.04	100	2159.57

Таблиця 3.5 - Розподіл трудовісткості ПР за видами робіт

Види робіт	% □	Трудомісткість, люд.год.
ПР - Постові роботи		
Діагностика загальна (Д-1)	1	64.82
Діагностика поглиблена (Д-2)	1	64.82
Регулювальні і розбірно-складальні роботи	13	2139.03
Зварювальні роботи	4	259.28
Бляхарські роботи	2	129.64
Фарбувальні роботи	8	518.55
Разом	49	3176.14
ПР - Дільничі роботи		
Агрегатні роботи	16	1037.11
Слюсарно-механічні роботи	10	648.19
Електротехнічні роботи	6	442.90
Акумуляторні роботи	2	183.63
Ремонт приладів системи живлення	3	248.45
Шиномонтажні роботи	1	118.81
Роботи вулканізації (ремонт камер)	1	64.82
Ковальсько-ресорні роботи	2	129.64
Мідницькі роботи	2	129.64
Зварювальні роботи	2	129.64
Бляхарські роботи	2	129.64
Арматурні роботи	2	129.64
Оббивні роботи	2	129.64
Разом	51	3521.74*

*Розподіл дільничних робіт ПР враховує 10% загальної трудомісткості ТО-2 (215.96 люд.год).

Таблиця 3.6 - Розподіл трудомісткості ЩО за видами робіт

Види робіт	%%	Трудомісткість, люд.год.
ЩОд		
Мийні	15	368.49
Прибиральні (сушка-обтирання включно)	25	614.16
Заправні	12	294.80
Контрольно-діагностичні	13	319.36
Ремонтні (усунення незначних несправностей)	35	859.82
Разом:	100	2456.63
ЩОт		
Мийні	60	65.45
Прибиральні (сушка-обтирання включно)	40	43.64
Разом	100	109.09

3.3 Розрахунок річного обсягу допоміжних робіт

Розподіл допоміжних робіт по АТП виконується за рекомендаціями [19], результати розподілу наведені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 - Розподіл трудомісткості допоміжних робіт за видами

Види робіт	%	Трудомісткість, люд.год
По самообслуговуванню	40.00	1619.55
Транспортні роботи	10.00	404.89
Прийом, зберігання і видача матеріальних цінностей	15.00	607.33
Перегон рухомого складу	15.00	607.33
Прибирання виробничих приміщень	10.00	404.89
Прибирання території	10.00	404.89
Разом:	100	4048.88
Розподіл обсягу робіт по самообслуговуванню АТП		
Електротехнічні	25.00	1012.22
Механічні	10.00	404.89
Слюсарні	16.00	647.82
Ковальські	2.00	80.98
Зварювальні	4.00	161.96
Жерстяницькі	4.00	161.96
Мідницькі	1.00	40.49
Трубопровідні	22.00	890.75
Ремонтно-будівель та деревообробні	16.00	647.82
Разом:	100	1619.55

Розрахунок чисельності виробничого персоналу і допоміжних робітників

До виробничих робітників відносять робітників зон і діляниць, які безпосередньо виконують роботи з ТО і ПР рухомого складу.

Таблиця 3.8 - Чисельність ремонтних робітників

Види робіт	Фонд часу	Чисельність робітників	Округлено
1	2	3	4
Зона ЩО	1728	1.5	2
ТО-1			
Діагностика загальна (Д-1)	1728	0.20	1
Кріпильні, регулювальні, змащувальні та ін.	1728	1.13	
ТО-2			
Діагностика поглиблена (Д-2)	1728	0.15	1
Кріпильні, регулювальні, змащувальні та ін.	1728	1.10	
ПР - Постові роботи			
Діагностика загальна (Д-1)	1728	0.04	1
Діагностика поглиблена (Д-2)	1728	0.04	
Регулювальні і розбірно-складальні роботи	1728	1.24	
Зварювальні роботи	1727	0.15	1
Бляхарські роботи	1728	0.08	
Фарбувальні роботи	1502	0.35	
ПР - Дільничі роботи			
Агрегатні роботи	1728	0.60	2
Слюсарно-механічні роботи	1728	0.98	
Ремонт приладів системи живлення	1727	0.14	
Електротехнічні роботи	1728	0.84	1
Акумуляторні роботи	1727	0.11	
Шиномонтажні роботи	1728	0.07	
Роботи вулканізації (ремонт камер)	1727	0.04	
Оббивні роботи	1728	0.08	
Ковальсько-ресорні роботи	1727	0.12	
Мідницькі роботи	1727	0.36	1
Зварювальні роботи	1727	0.17	
Бляхарські роботи	1728	0.43	
Арматурні роботи	1728	0.08	
За видами допоміжних робіт			
Транспортні роботи	1728	0.25	1
Прийом, зберігання і видача матеріальних цінностей	1728	0.35	
Перегон рухомого складу	1728	0.35	
Прибирання виробничих приміщень	1728	0.25	1
Прибирання території	1728	0.25	

3.4 Розрахунок кількості постів

Значення вихідних параметрів визначено в попередніх частинах записані в таблицю 3.9, а результати розрахунків наведені в таблиці 3.10.

Таблиця 3.9 - Вихідні дані для розрахунку кількості робочих постів

Типи робочих постів	Коефіцієнт резервування постів для компенсації нерівномірного завантаження	Кількість робочих змін за добу	Тривалість робочої зміни, годин	Чисельність робітників, які одночасно працюють на посту	Коефіцієнт використання робочого часу поста
Щоденне обслуговування:					
прибиральні	1,8	1	8	2	0,96
мийні	1,8	1	8	1	0,9
заправочні	1,8	1	8	1,25	0,9
контрольно-діагностичні	1,8	1	8	1,25	0,98
ремонтні	1,8	1	8	1,25	0,98
Технічне обслуговування №1:					
діагностичні	1,4	1	8	2	0,9
кріпильні, регулювальні, змащувальні та інші	1,4	1	8	1,5	0,98
Технічне обслуговування №2:					
діагностичні	1,4	1	8	2	0,9
кріпильні, регулювальні, змащувальні та інші	1,4	1	8	1,5	0,98
Поточний ремонт:					
діагностичні	1,4	1	8	2	0,9
регулювальні і розбирально-складальні	1,8	1	8	1,5	0,98
зварювально-жерстянецькі	1,4	1	8	1,5	0,9
фарбувальні	1,8	1	8	2	0,9

Таблиця 3.10 - Результати розрахунку кількості робочих постів

Типи робочих постів	Кількість	Округлено
ЩО		
Прибиральні	0.65	1
Мийні	0.20	0
Заправні	0.23	0
Контрольно-діагностичні	0.23	0
Ремонтні	0.62	1
Разом	1.94	2
ТО-1		
Діагностичні	0.13	0
Кріпильні, регулювальні, змащувальні та інші	0.92	1
Разом	1.05	1
ТО-2		
Діагностичні	0.10	0
Кріпильні, регулювальні, змащувальні та інші	0.89	1
Разом	0.99	1
ПР		
Діагностичні	0.05	0
Регулювальні і розбирально-складальні	1.29	1
Зварювально-жерстянецькі	0.20	1
Фарбувальні	0.26	
Разом	1.8	2

За результатами розрахунків вибираємо два поста ЩО, пост ТО-1, пост – ТО-2 та пост ПР.

3.5 Розрахунок площ приміщень

Таблиця 3.11 - Вихідні дані для визначення площ зон зберігання, обслуговування та ремонту рухомого складу

Показник	Skoda Octavia	Toyota Prius	Toyota Prado
1	2	3	4
Зона зберігання автомобілів:			
кількість постів зберігання, одиниць	14	17	4
площа, яку займає один автомобіль, м ²	8.45	8.77	8.89
коефіцієнт щільності розміщення	2,5	2,5	2,5
Зона ЩО:			
кількість постів обслуговування	2		
коефіцієнт щільності розміщення	2,3	2,3	2,3
Зона ТО:			
кількість постів обслуговування	2		
коефіцієнт щільності розміщення	4,5	4,5	4,5
Зона ПР:			
кількість постів обслуговування	2		
коефіцієнт щільності розміщення	4,5	4,5	4,5

Таблиця 3.12 - Результати розрахунків площ зон

Зона	Площа, м ²
Зберігання автомобілів	757
Щоденного обслуговування	40
Технічного обслуговування	82
Поточного ремонту	92

Вихідні дані для розрахунків заносяться в таблицю 3.13, а результати розрахунків наведені в таблиці 3.14.

Таблиця 3.13 - Вихідні дані для визначення площ виробничих приміщень

Дільничі роботи	Чисельність робітників	Округлено
1	2	3
Агрегатна	0.60	1
Слюсарно-механічна	0.98	1
Ремонту електрообладнання	0.84	1
Ремонту акумуляторів	0.11	0
Ремонту приладів системи живлення	0.14	0
Шиномонтажна, шиноремонтна	0.11	0
Фарбувальна	0.34	0
Ковальсько-ресорна Мідницько-радіаторна	0.5	1
Зварювальна Бляхарська Арматурна Оббивна	0.75	1

Таблиця 3.14 - Результати розрахунків площ виробничих приміщень

Найменування дільниці	Чисельність робітників	Площа, м ²
1	2	3
Агрегатна	1	22.0
Слюсарно-механічна	1	18.0
Ремонту електрообладнання	1	15.0
Ремонту акумуляторів	0	0.0
Ремонту приладів системи живлення	0	0.0
Шиномонтажна, шиноремонтна	0	0.0
Фарбувальна	0	0.0
Ковальсько-ресорна Мідницько-радіаторна	1	21.0
Зварювальна Бляхарська Арматурна Оббивна	1	30.0

РОЗДІЛ 4

ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ГІБРИДНИХ АВТОМОБІЛІВ

4.1 Проблеми діагностування несправностей і їх джерела, обслуговування ГСУ

Оцінка технічного стану та пошук несправностей ГСУ (за результатами сканування електронної системи управління) в даний час виконується методом поелементної перевірки, що не забезпечує високу якість діагностування, що виявляється в додаткових трудозатратах і складності процесу діагностування. Недостатній рівень достовірності при постановці діагнозу призводить до помилок під час ремонту та пошкодження дорогих елементів гібридного приводу. Ремонтні роботи ускладнюються через відсутність необхідного діагностичного обладнання.

У реальних умовах експлуатації автомобілів при діагностуванні технічного стану ГСУ найчастіше використовується бесстендовий метод. При цьому в якості основних діагностичних приладів застосовують: мотор-тестер для ДВС, сканер помилок електронної системи управління ГСУ, осцилограф, тестер високовольтної частини електроприводу [16].

Узагальнюючи існуючий досвід, можна зробити висновок про те, що розробники засобів діагностування ГСУ йдуть шляхом роздільного контролю технічного стану систем ДВЗ і електроприводу, що не передбачаючи при цьому оцінки їх взаємопов'язаної роботи.

Найбільш поширеними є автомобілі з ГСУ змішаного типу (приблизно 80%). Інформація про відмови ГСУ і причини їх появи недостатньо вивчена і практично не систематизована. Оскільки саме схема змішаного типу найбільш поширена і представляє найбільшу складність для діагностування, їй приділено найбільшу увагу.

У змішаній схемі ГСУ потужність, що виробляється ДВС, може передаватися на колеса автомобіля залежно від режиму руху двома потоками: механічним, через пристрій розподілу потужності, і електричним, через електромотори-генератори (МГ) і високовольтну батарею. Для створення потужності на ведучих колесах

двигун внутрішнього згорання і високовольтна батарея можуть працювати як окремо, так і спільно, що ускладнює оцінку технічного стану ГСУ.

Виявлено основний недолік існуючих методик оцінки технічного стану ГСУ автомобілів, а саме, вони засновані на роздільній перевірці ланцюжків потоків потужності. При цьому не враховується те, що несправності ДВС, що призводять до погіршення його ефективних показників, супроводжуються збільшенням навантаження на високовольтну батарею, різко знижуючи її надійність.

Найбільша кількість відмов у роботі ГСУ викликано несправностями ДВС, що приводять до погіршення таких ефективних показників, як корисна потужність і витрата палива. Проблему викликає діагностування несправності саме цього вузла. Це пояснюється тим, що перевірити роботу ДВС в даному випадку важко, його запуск і управління здійснює ЕБУ і тільки в режимі споживання потужності. Так само існує зв'язок між відмовами двигуна і електронних компонентів системи. Недолік потужності ДВС супроводжується збільшенням навантаження на друге джерело енергії - високовольтну батарею, що різко знижує її надійність і призводить до прискороного старіння її елементів (рис. 4.1).

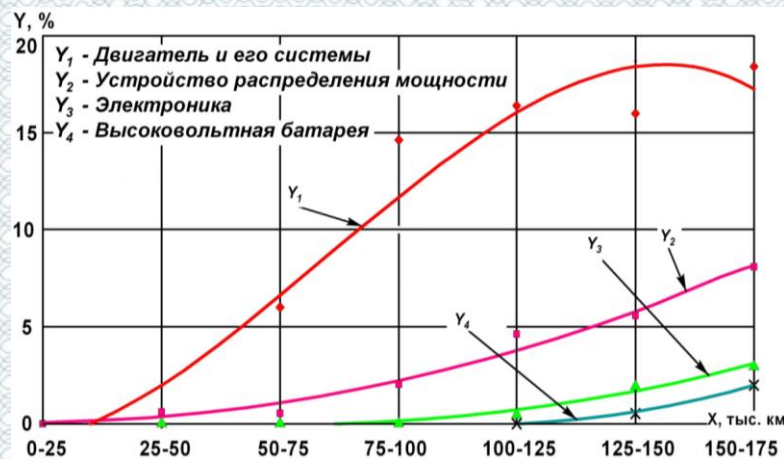


Рисунок 4.1 - Відносна величина відмов з систем

Основними проблемами при експлуатації та обслуговуванні ГСУ є:

1. Відсутність можливості діагностування елементів ГСУ на нерухомому автомобілі. Існуючі методики оцінки технічного стану не можуть бути застосовані в повному обсязі;
2. Взаємовплив несправностей одних елементів ГСУ на працездатність інших;
3. Існує взаємозв'язок між кліматичними умовами, що виникають відмовами і несправностями, у зв'язку з чим необхідна коригування періодичності ТО;
4. Відсутні необхідні знання у обслуговуючого інженерно-технічного персоналу, а так само обладнання для оцінки технічного стану та ремонту ГСУ.

На надійність елементів ГСУ впливають кліматичні умови експлуатації. Приміром відповідно до сервісним бюлетенем заміна свічок запалювання регламентується через кожні 100 тис. км пробігу, але виходячи з проведеного аналізу несправностей термін їх служби в наших кліматичних умовах знижується до 50-75 тис.км.

Гібридні автомобілі потребують своєчасного, повноцінного технічного обслуговування та якісного ремонту. Як видно з таблиці 1 основними причинами поломок автомобілів є важкі умови експлуатації і відсутність інфраструктури з їх обслуговування і ремонту (рис. 4.2).

Типові проблеми.

Експлуатація "Пріуса" зазвичай виходить не надто накладною. Специфічних "расходников" не потрібно, а фільтри, свічки і деталі підвіски коштують не більше, ніж на звичайні "Тойоти". Дорогі іридієві свічки запалювання в принципі можна замінити і звичайними. Мотор працюватиме нормально, хоча сам виробник робити цього не радить. До речі, цікава деталь: гальмівні колодки на "Toyota Prius" зазвичай виходжують не менш 100.000-120.000 км. Справа в тому, що вони майже не використовуються. Гальмує адже машина в основному електромотором (таким чином енергія руху рекуперується назад в електричну). Штатні гальма підключаються тільки при екстремому гальмуванні і при остаточній зупинці автомобіля.

Неисправности	Причина
Плохая работа ДВС (большой расход топлива)	1. Низкокачественный бензин; 2. Отсутствие своевременного обслуживания.
Рулевая рейка	1. Некачественные дороги.
Амортизаторы	1. Некачественные дороги.
Двигатель не запускается или заводится с ошибкой	1. Несвоевременное обслуживание двигателя; 2. Некорректная установка сигнализации; 3. Некачественный ремонт; 4. Отсутствие топлива.
Коробка передач	1. Критическое снижение уровня трансмиссионной жидкости. 2. Неправильная эксплуатация.
Электроника	1. Некорректный ремонт; 2. Неправильная эксплуатация;
Помпа системы охлаждения гибридной установки	1. Использование некачественной охлаждающей жидкости; 2. Работа без антифриза.
Высоковольтная батарея	1. Неправильное обслуживание и ремонт; 2. Окончание срока службы (единичные случаи)


Рисунок 4.2 - Основні несправності гібридних автомобілів і їх причини

До того ж фірми дають величезну гарантію на всі життєво важливі вузли гібрида. Так, Toyota дає десятирічну гарантію або 160 тисяч кілометрів на "гібридні" вузли своїх автомобілів, а компанія Ford - 8 років гарантії або 130 тисяч. Навряд чи фірма-виробник давала б подібної гарантію на неякісний виріб.

Головний силовий акумулятор "Пріуса" (є ще й допоміжний, який реально відповідає тільки за роботу габаритних вогнів і магнітоли на стоянці) дуже надійний. Компанія "Panasonic" - розробник і виробник цього вузла - дає на нього восьмирічну гарантію. Технічна документація на батарею здебільшого засекречена, але навіть у її відкритою загальнодоступною частини можна знайти такий параметр: акумулятор розрахований на 5 млн. циклів розрядів і зарядів. Це дуже багато, явно більше 8 років експлуатації. Мабуть, гарантійні зобов'язання на всякий випадок даються з солідним запасом. Несправності Toyota Prius (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 - Несправності Toyota Prius 2

Двигун		Електрична помпа охолодження може підтікати або вийти з ладу. Несправна електрична помпа призводить до поломки інвертора. Заміна паливного фільтра вимагає демонтажу бака .
Трансмсія	+	Мінімальні проблеми з низькою вартістю ремонту
Система управління підвіски	+	Мінімальні проблеми з низькою вартістю ремонту
Гальмівна система	+	Гальмівні механізми вимагають догляду. При кожній зміні колодок потрібен контроль всіх пильників та змащування напрямних.
Підігрів повітря і кондиціонер	!	Недовговічні компресор і вентилятор кондиціонера.
Система запуску зарядки	+	Мінімальні проблеми з низькою вартістю ремонту
Електричні компоненти і інше	!	Виходять з ладу склопідйомники задніх дверей.

- + Мінімальні проблеми з низькою вартістю ремонту;
- +  Середні проблеми
- + - Серйозні проблеми з високою вартістю

Як і на будь-якій іншій машині, на " Prius " треба проводити регулярне ТО, міняти масло, свічки і фільтри. А в міру необхідності - чистити форсунки уприскування. Якщо цього не робити, то якийсь час електроніка буде в міру своїх сил і можливостей компенсувати (і тим самим приховувати) проблеми бензинового

мотора, а потім, в один не прекрасний день, він просто не заведеться .. Далі піде глибокий розряд батареї з усіма витікаючими з цього наслідками [17].

Як обслуговувати гібридний автомобіль? Відповідь: як звичайний. Гібридна частина як така в обслуговуванні не потребує. Але все таки є сенс уточнити, що і коли робити з машиною.

- Моторне мало 0W30 або 5W30 (рекомендації Тойота) кожні 7,5 т.км. 3.7 літра
- Масляний фільтр тільки оригінал кожні 7,5 т.км. 1 шт.
- Масло в коробці по суті конструкції, будь ATF. Тойота рекомендує ATF TYPE-IV раз на 60 т.км 4,5 літра
- Свічки запалювання Тойота рекомендує оригінал
- Представник фірми NGK рекомендував такі типи свічок:
На всі модифікації Toyota Prius:
"Залізо" BKR5EY11
"Платина" PFR5G11 - під "наш" бензин.
"Гридій" IFR5A11 станом 4 шт.
- Незалежних систем охолодження дві. Бензомотора і коробки. Міняти потрібно в обох. раз на 60 т.км або 3 роки 8.6 літра мотор 2.7 літра коробка
- Паливні фільтри тільки оригінал (тонкої і попереднього очищення) те ж 2 шт
- Гальмівна система DOT 3 рази на 120 т.км або 5 років близько 1 літра
- Тойота рекомендує заводити гібридний автомобіль на 30-40 хвилин хоча б раз на два місяці, якщо він не експлуатується, для підзарядки великого акумулятора.

Що ще крім заміни потрібно зробити для нормальної роботи машини:

- Промивання паливних форсунок (бажано в ультразвуку) відразу після, потім раз на 30-40 т.км.
- Промивання дросельної заслінки і датчика витрати повітря той же
- Промивання камер згоряння той же

Тепер залишилося перерахувати чого не можна робити:

1. Не можна їздити на гібридному автомобілі без бензину! Це може привести до виходу з ладу високовольтного акумулятора!
2. При сильних морозах (нижче -20) читайте зарядом високовольтної батареї перед тривалою стоянкою! вона повинна бути не нижче 50%. Більш низький заряд перед тривалою стоянкою може призвести до неможливості запуску автомобіля.
3. Не можна буксирувати гібридні автомобілі типу Toyota Prius зі швидкістю більше 30 км / ч. це може спричинити за собою вихід з ладу планетарної передачі.

4.2 Системи самодіагностики гібридних автомобілів

Самодіагностика (іноді звана бортовий діагностикою) це система, яка постійно тримає під наглядом сигнали різних датчиків і виконавчих механізмів систем управління. Ці сигнали порівнюються з їх контрольними значеннями, які зберігаються в пам'яті бортового комп'ютера. Набір таких контрольних значень може бути різним у різних автомобілях і їх моделях. Він може в себе включати верхні і нижні допустимі межі контрольованих параметрів, припустиме число помилкових сигналів в одиницю часу, неправдоподібні сигнали, сигнали, що виходять за допустимі межі та ін При виході сигналу за межі контрольних значень (наприклад, опір кола стало рівним нулю - коротке замикання) БУУ кваліфікує цей стан як несправність, формує і перешкодить у пам'ять відповідний код.

Ранні конструкції систем діагностики були здатні формувати і зберігати лише невелике число кодів. Сучасні системи в змозі генерувати і зберігати 100 і більше кодів і здатні ще збільшити цю кількість у міру того, як програмне забезпечення бортових комп'ютерів навчиться виділяти нові збійні ситуації [1].

Наприклад в одній діагностичній системі всі несправності в якийсь ланцюга визначаються одним кодом. В іншій, більш досконалої системі, різними несправностей у цьому ланцюзі будуть відповідати різні коди, що допоможе швидше знайти несправний елемент і усунути несправність. Візьмемо для прикладу ланцюг датчика температури охолоджуючої рідини. У найпростішій системі при несправності в цьому ланцюзі з'явиться єдиний код - несправність

ланцюга в цілому. Більш досконала система зможе вже вказати, що сталося коротке замикання або обрив ланцюга. Нарешті, на додаток до коду несправності може бути зафіксовано, наприклад, таке супутнє обставина як склад робочої суміші. У СУД зі зворотним зв'язком, яка підтримує складу робочої суміші близьким до ідеального, несправність датчика температури може викликати вихід складу суміші за допустимі межі, а це викличе, у свою чергу поява нових кодів. Щоб уникнути появи дуже великого числа кодів, яке ускладнить пошук несправності, БЕУ перейде в режим з обмеженим управлінням ("limp home" - "іти додому").

Самодіагностика двигуна виводиться через лампочку "CHECK" на щитку приладів. Але на деяких машинах замість лампочки "CHECK" є лампочка із зображенням двигуна, це загалом, одне і те ж. Так само майте на увазі, що в деяких моделях дизельних машин для самодіагностики використовується лампочка контролю розжарення свічок із зображенням спіралі. Несправності автоматичної трансмісії в режимі самодіагностики зазвичай виводяться через лампочку "O/D" (але це може бути і лампочка "POWER" або "A/T CHECK"), а несправності систем "ABS", "TRC", "SRS" через відповідні контрольні лампочки (рис. 4.3).



Рисунок 4.3 - Вивід несправності на екран автомобіля Toyota Prius

У міру вдосконалення БЕУ під його контроль буде потрапляти все більше число елементів і параметрів, які повинні фіксуватися системою діагностики.

Недоліки систем діагностики

Системи діагностики ще не досягли такого ідеального стану, при якому можна було б повністю покластися на їх інформацію. Адже код не може з'явитися в тих випадках, коли для будь-яких датчиків або станів програмним забезпеченням не передбачена відповідна обробка інформації. Так, системою діагностики не охоплені механічні пошкодження двигуна, вторинна ланцюг запалювання та ін. Разом з тим. побічні ефекти, породжувані, наприклад, витоком вакууму або несправністю випускного клапана можуть викликати проблеми зі складом суміші або холостим ходом, які приведуть до появи відповідних кодів. Таким чином, при появі таких кодів доведеться перевірити багато системи двигуна, щоб виявити справжню причину несправності.

Зауважимо також, що код вказує тільки на несправну ланцюг. Наприклад, код, який вказує на несправність ланцюга датчика температури охолоджуючої рідини, може означати несправність самого датчика, або пов'язаних з ним проводів, або електричних роз'ємів.

Діагностичні системи деяких автомобілів можуть фіксувати випадкові збої, а на інших автомобілях системи таких збоїв не фіксують. У деяких системах коди несправностей скидаються при виключенні запалення. У таких випадках для виявлення несправності треба бути особливо уважним.

Код несправності, як правило, дозволяє досвідченому механіку швидко знайти і усунути відмову. Разом з тим, відсутність кодів ще не означає відсутність несправностей, тому, незважаючи на наявність системи самодіагностики, слід ретельно дотримуватися звичайних правил технічного обслуговування автомобіля.

РОЗДІЛ 5

ЕФЕКТИВНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ КОМБІНОВАНОЇ ГІБРИДНОЇ СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ

5.1. Коефіцієнт корисної дії гібридної силової установки

Щоб максимально використати ККД гібридного двигуна потрібно правильно використовувати роботу установки на всіх режимах руху. Наприклад: автомобіль рушає з місця. Відкриваючи дросельну заслінку карбюратора ДВЗ, водій хоче почати рух і отримати потрібну йому швидкість автомобіля. В цей період на ведучі колеса передається сумарний крутний момент від обох двигунів, цим самим підвищуючи ККД всієї установки.

Якщо автомобіль рухається на спуск, при попутному вітрі чи при інших умовах, що зменшують сумарне зусилля опору руху, то в цьому випадку електродвигун працює в режимі генератора, цим самим підвищуючи свій ККД.

Якщо автомобіль рухається на підйом, при зустрічному вітрі чи інших умовах, які створюють додаткову силу опору руху, швидкість автомобіля при цьому стає нижче визначеного, програмно заданого водієм кута відкриття дросельної заслінки. ДВЗ і електродвигун продовжують працювати в тяговому режимі, витрачаючи при цьому електроенергію і паливо.

При зменшенні кута відкриття дросельної заслінки, при русі накатом, електромеханічна характеристика електродвигуна така, що частота обертів вала, при якій він переходить в генераторний режим, зменшується, а фактична, яка відповідає швидкості автомобіля в момент зменшення кута відкриття дросельної заслінки, вище. Електродвигун працює в режимі генератора до тих пір, поки швидкість транспортного засобу не впаде до швидкості переходу електродвигуна в режим двигуна, що заданий положенням дросельної заслінки.

Теоретично, якщо порахувати ККД електродвигуна, то він дуже низький, за рахунок втрат теплових електростанцій, втрати на розрядку та зарядку АКБ. Тому сумарний ККД електроприводу становитиме:

$$\eta_e = \eta_{e.tepl.st.} \cdot \eta_{e.zar} \cdot \eta_{e.rozr} \cdot \eta_{e.el.d} \cdot \eta_m \quad (5.1)$$

$\eta_{e.tepl.st.} = 0.5$ -- ефективний ККД теплових електростанцій;

$\eta_{e.zar} = 0.7$ -- ефективний ККД зарядки акумуляторної батареї;

$\eta_{e.rozr} = 0.7$ -- ефективний ККД розрядки АКБ;

$\eta_{e.el.d} = 0.7$ -- ефективний ККД електродвигуна;

$\eta_m = 0,93$ -- ККД механічних втрат.

Тоді: $\eta_e = 0.5 \cdot 0.7 \cdot 0.7 \cdot 0.7 \cdot 0.93 = 0.15$

ККД двигуна внутрішнього згорання розраховуємо, виходячи з даних навантажувальної характеристики двигуна С30-NE за відомою формулою:



$$\eta_e = \frac{3600}{h_n \cdot g_e} \quad (5.2)$$

Де h_n -- нижча теплота згорання палива, для бензину А95 становить 44 кДж.

g_e -- питома витрата палива, кг/(кВт.год)

Дані M_k і g_e взяті з навантажувальних характеристик двигуна С30-NE

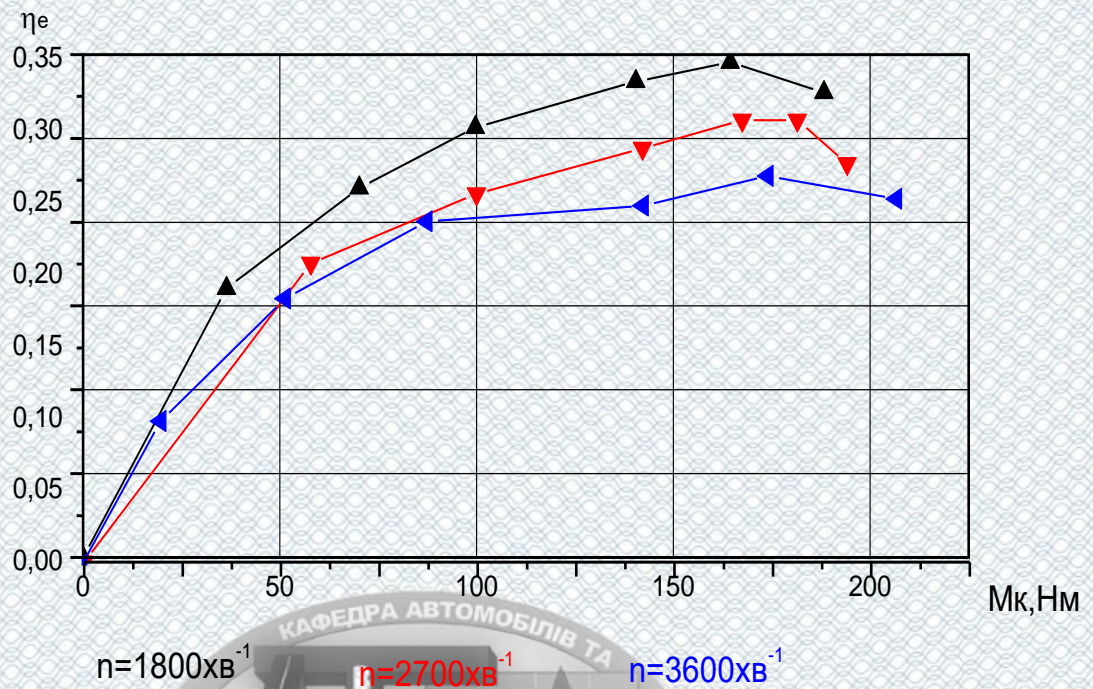


Рисунок 5.1. Ефективний ККД двигуна C30-NE

Сумарний ефективний ККД використання гібридної силової установки знаходиться за формулою:

$$\eta_{g.y} = \eta_e \cdot 0.3 + \eta_{dvz} \cdot 0.7 \quad (5.3)$$

Де η_e – ефективний ККД електроустановки;

η_{dvz} – середній ефективний ККД ДВЗ;

0.3 – частка, яка припадає на потужність електроустановки;

0.7 – частка, яка припадає на потужність ДВЗ.

Зробивши розрахунки в Excel, отримаємо:

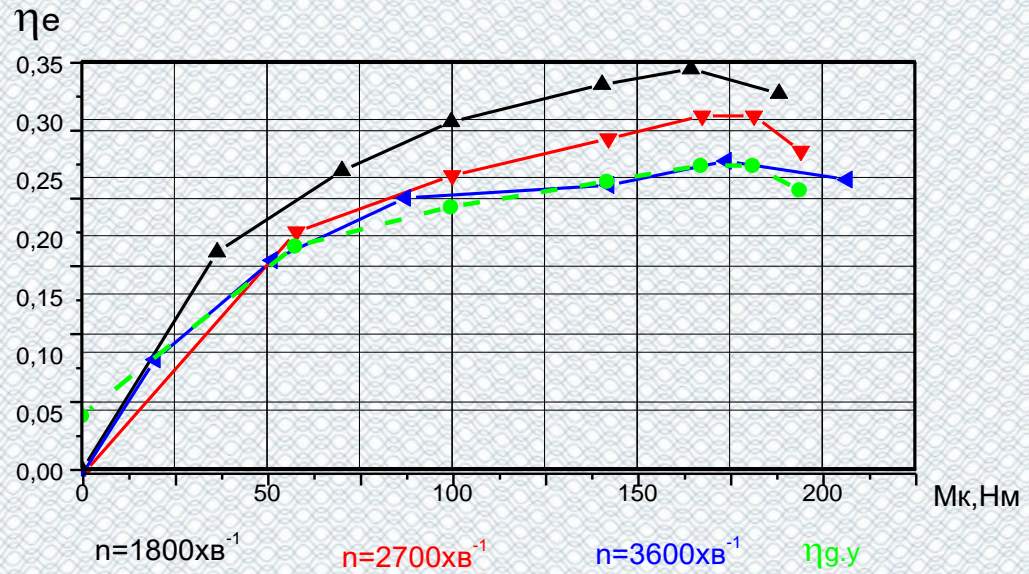


Рисунок 5.2. Приведений ефективний ККД комбінованої гібридної силової установки

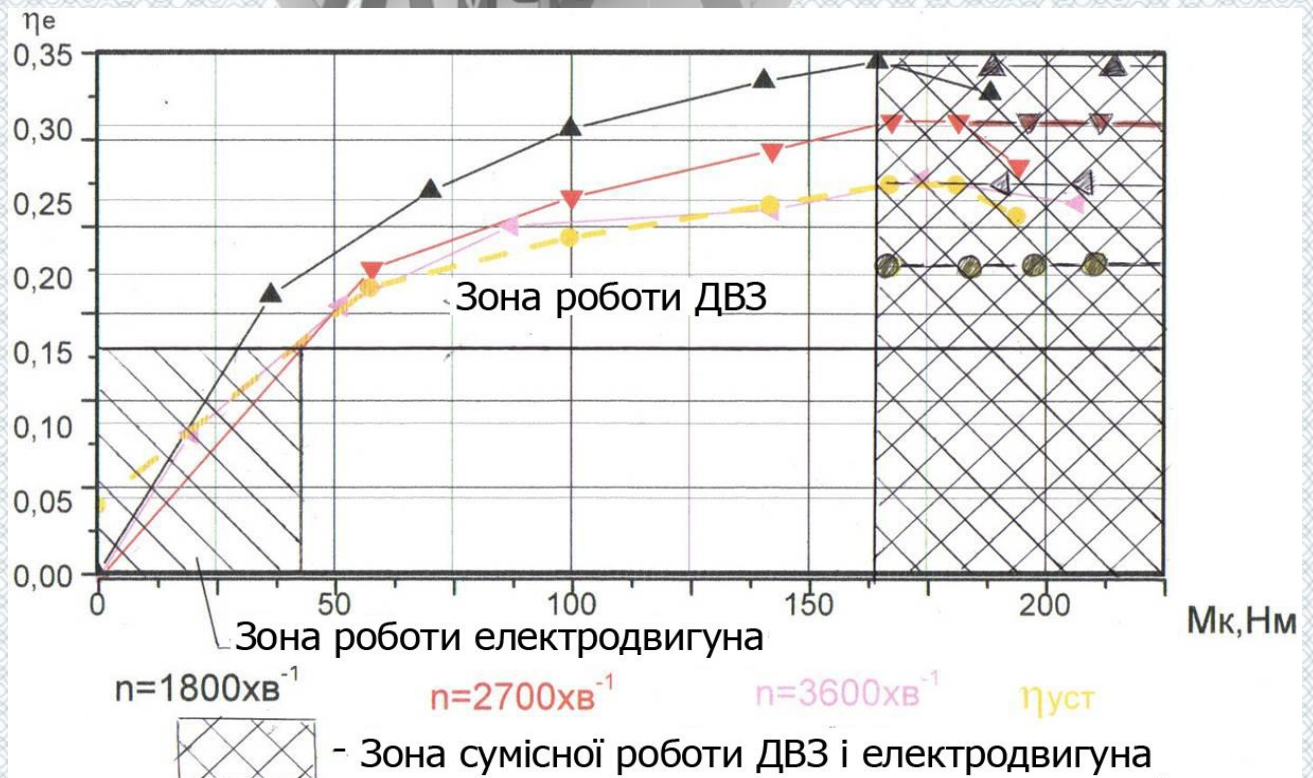


Рисунок 5.3. Графік розподілу ККД роботи гібридної силової установки .

Роботу комбінованої гібридної силової установки можна організувати таким чином. На режимах від 0 до 40Нм ККД електродвигуна вище ніж ККД ДВЗ при розгоні, тому працює лише електродвигун. На режимах усталеного руху ККД двигуна внутрішнього згоряння значно вище ККД електродвигуна, тому доцільно на цьому режимі відключати електродвигун та використовувати сумарний крутний момент ДВЗ і електродвигуна лише при розгонах на всіх режимах руху. На режимах максимального навантаження 160 – 200 Нм застосування сумарного крутного моменту ДВЗ і електродвигуна значно підвищить ККД роботи комбінованої гібридної силової установки.

5.2 Ефективні показники очищення відпрацьованих газів ДВЗ комбінованої силової гібридної установки каталітичним нейтралізатором.

Основою для забезпечення ефективного очищення відпрацьованих газів каталітичним нейтралізатором від основних токсичних компонентів – CO, CmHn, NOx, є підтримання α в діапазоні від 0,99 – 1,01.

Також перед запуском двигуна необхідно забезпечувати підігрів до ефективної робочої температури. На рисунках 5.4 і 5.5 показані навантажувальні характеристики двигуна С30-NE, обладнаного трикомпонентним каталітичним нейтралізатором. $E_{\text{сум}}$ -- сумарна ефективність очистки трикомпонентного каталітичного нейтралізатора, яка розраховується за такою формулою:

$$E_{\text{сум}} = \frac{K_{i.\text{ex}} - K_{i.\text{вих}}}{K_{i.\text{ex}}} \cdot 100 \quad (5.4)$$

де $K_{i.\text{ex}}$ -- концентрація і-ї шкідливої речовини на вході в нейтралізатор;

$K_{i.\text{вих}}$ -- концентрація і-ї шкідливої речовини на виході з нейтралізатора.

α – коефіцієнт надлишку повітря.

Сумісна робота електродвигуна та двигуна внутрішнього згоряння при розгоні та на режимах максимального навантаження дає можливість забезпечити

ефективність очищення близько 95% (Рис.5.4), шляхом підтримки коефіцієнту надлишку повітря в межах 0,99 – 1,01

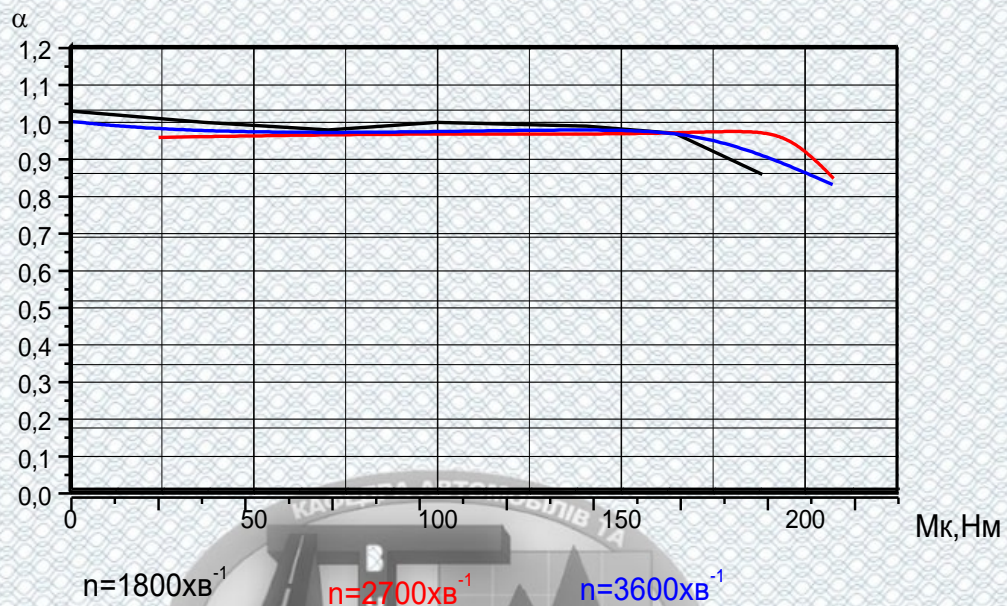


Рисунок 5.4. Залежність коефіцієнту надміру повітря від крутного моменту двигуна С30-NE

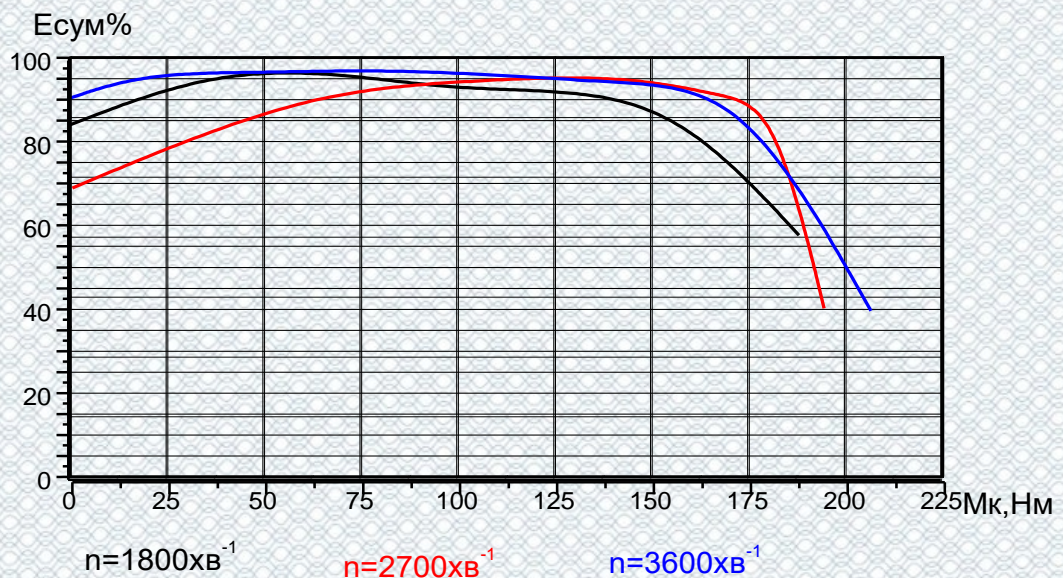


Рисунок 5.5. Сумарна ефективність очищення викидів каталітичним нейтралізатором двигуна С30-NE

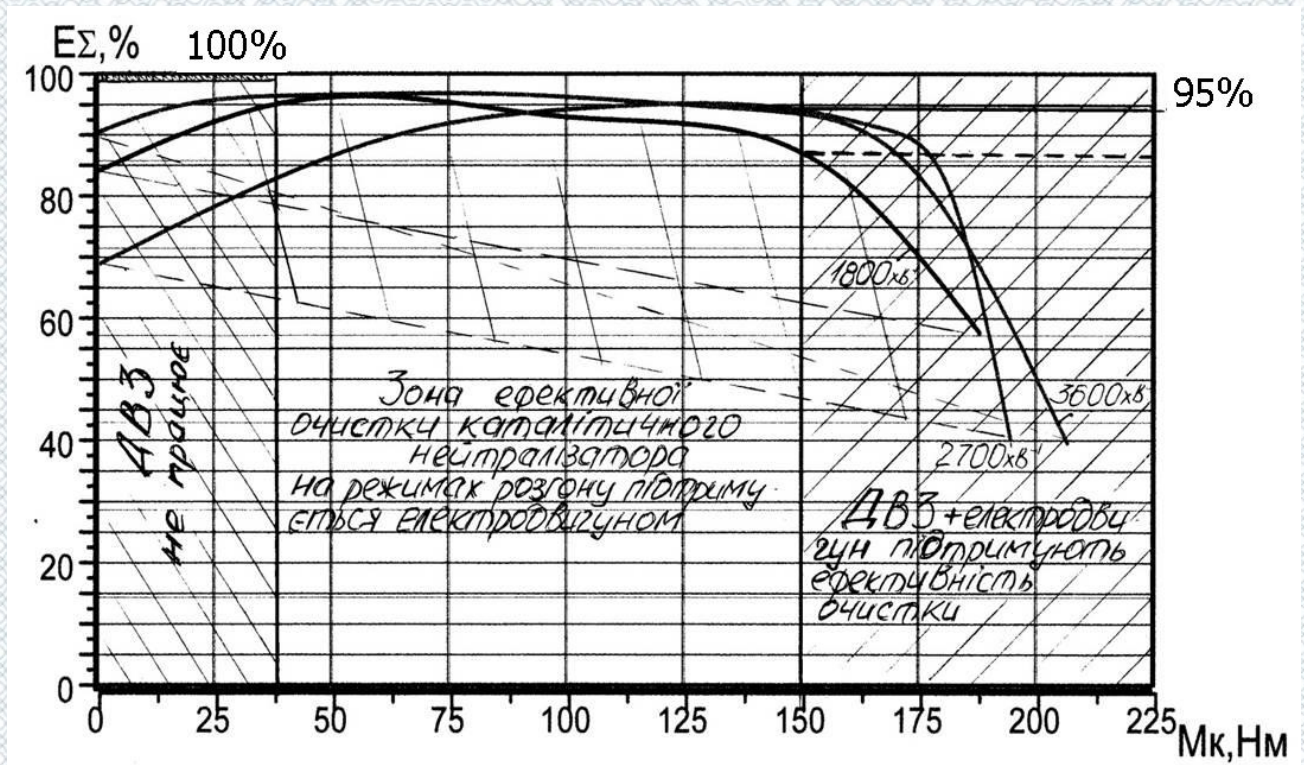


Рисунок 5.6. Підвищення ефективності очищення на режимах розгону та максимальних навантажень з застосуванням комбінованої гібридної силової установки

5.3. Використання ультраконденсаторів в гібридних силових установках

У останніх розробках в області вживання електродвигунів і гібридних двигунів в автомобілебудуванні електромобілів і гібридних автомобілів вдалося досягнути значних успіхів завдяки вживанню ультраконденсаторів. Ультраконденсатори, або конденсатори, з подвійним шаром здатні зберігати великий заряд, володіють високим ККД, стабільністю при циклічній роботі і відмінною працездатністю при низьких температурах.

При виробництві електромобілів і гібридних автомобілів ультраконденсатори дозволяють використовувати рекуперативне гальмування, що значно покращує ККД і знижує забруднення довкілля. Вони дозволяють зупинити двигун, коли автомобіль стоїть, і запускати його, коли потрібно. Спільне використання бензинового двигуна і ультраконденсаторів в гібридних автомобілях

забезпечує збільшення паливної ефективності на 7-15%, і зниження забруднюючих викидів.

Серед компаній, що оголосили про програми використання ультраконденсаторів в силових агрегатах своїх електромобілів і гібридних автомобілів, такі фірми, як BMW, Volkswagen, Honda, Nissan і Toyota. Їх автомобілі включають системи для гібридних вантажівок, автобусів і пасажирських електромобілів і гібридних автомобілів; деякі з них знаходяться ще в стадії розробки, інші ж готові до масового випуску.

Приклад схеми гібридної силової установки з використанням ультраконденсаторів показано на Рис. 5.7.

У прототипі системи використовувалося 288 ультраконденсаторів на напругу 2,5 В, сполучених послідовно, щоб отримати необхідну напругу 350-720 В. Повна енергія, що запасється в системі ультраконденсаторів, достатня для того, щоб розганяти гібридний автомобіль до швидкості 50 км/ч без допомоги дизельного двигуна.

Ультраконденсатори виробництва Maxwell були також випробувані на швидкісних трамваях. У Німеччині з 2003 року для пасажирських перевезень використовується розроблений фірмою Bombardier Transportation трамвай, який продемонстрував можливість економії до 30% енергії і став прототипом сучасних швидкісних трамваїв, що використовують рекуперацію. Ультраконденсатори, які накопичують енергію, що виділяється при гальмуванні, в типовому випадку проходять протягом року від 100 000 до 300 000 циклів перезарядки — це означає, що акумуляторні батареї не підходять для такого використання. Крім того, ультраконденсатори легші, ніж акумуляторні батареї.

Враховуючи, що суспільний транспорт споживає приблизно 25% первинній електроенергії (дані по Німеччині), стає ясно, що такі розробки можуть внести значний вклад до загального зниження вжитку енергії.

Приклад — корпорація ISE

Корпорація ISE розробляє рішення для гібридних автомобілів, електропривід яких вбирає в себе краще від двигунів внутрішнього згорання, електроприводів і

компонентів зберігання енергії. Системне рішення використовує ДВЗ або паливні елементи, що працюють первинним джерелом енергії, і системою зберігання енергії, що слугує вторинним джерелом. Первинне джерело енергії розраховане на крейсерський режим роботи, а вторинне джерело використовується при навантаженнях, пов'язаних з розгоном.

У первинних конструкціях гібридних систем для зберігання енергії використовували акумулятори. Проте інженери-розробники зіткнулися з декількома проблемами. Акумуляторам потрібна складна схема вирівнювання заряду. Оскільки характеристики акумуляторів істотно знижуються при крайніх температурах, для потужних акумуляторних батарей потрібна система термостабілізації. При негативних температурах акумулятори не працюють без підігріву. Обмежений термін служби акумуляторів при крайніх значеннях температури приводить до великих витрат по заміні і збільшує експлуатаційні витрати. Вартість заміни, окрім ціни нового акумулятора і вартості його установки, включає витрати на демонтаж і утилізацію старого акумулятора. Утилізація акумулятора може створювати особливо великі проблеми, якщо у виробника немає пов'язаної з цим спеціальної програми.



Рисунок 5.7 Схема гібридної силової установки з використанням системи ультраконденсаторів

І можливо, найголовніше: деякі конструкції акумуляторних батарей не здатні віддавати високу потужність в короткочасному піке, наприклад, при розгоні і рекуперативному гальмуванні. Ці обмеження на потужність знижують ефективність конструкцій гібридних систем електроприводу.

Щоб здолати обмеження, властиві акумуляторним батареям, корпорація ISE досліджувала вживання як вторинне джерело енергії ультраконденсаторів. Постачальником ультраконденсаторів для корпорації ISE стала фірма Maxwell Technologies, що пропонує технологію BOOSTCAP.

Серед переваг технології BOOSTCAP — кращі характеристики на високих рівнях потужності, безпека, економічність, простота утилізації і ККД. На відміну від акумуляторів і багатьох інших технологій ультраконденсаторів, вироби BOOSTCAP працездатні при температурах до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Вища безпека пов'язана з тим, що ультраконденсатори легко зарядити за ніч, що неможливе в разі акумуляторних батарей, де протягом всього циклу потрібна висока напруга. Оскільки в ультраконденсаторах не протікають хімічні реакції, як в акумуляторах, термін їх служби більше відповідає терміну експлуатації автомобіля, на якому вони встановлені. Завдяки цьому сервісне обслуговування потрібне рідше, що додатково знижує витрати в порівнянні з акумуляторами. Ще одна перевага полягає в тому, що за нормальним функціонуванням системи легко стежити, забезпечуючи при необхідності регулярне обслуговування без ризику раптових відмов, властивих акумуляторам. Енергетична ємкість і ККД при заміні акумуляторів на ультраконденсатори збільшується з 70% до 84-95%, оскільки в останніх значно менше внутрішній опір. Ультраконденсатори можуть заряджатися при високому рівні рекуперативної потужності гальмування і згодом повертати цю потужність при розгоні. Вироби BOOSTCAP виготовляються з матеріалів з рівнем утилізації 70% і не містять важких металів, що завдають збитків довкіллю. За рахунок ультраконденсаторів інженери-розробники корпорації ISE змогли виконати вимоги по акумуляції енергії в двигуні гібридного автомобіля, забезпечивши високу надійність і високий рівень його загальних характеристик.

Нижче в табл. 5.1 приведено порівняльний аналіз спеціальної акумуляторної батареї ZEBRA, що підігривається, і розробленого в ISE Thunderpack II ультраконденсаторів.

Таблиця 5.1. Порівняльна характеристика акумуляторних батарей і ультраконденсаторів.

	Акумулятори ZEBRA
Максимальна енергія, кВт*г	17,8
Пікова потужність, кВт	
Питом енергія, Вт*г/кг	
Питом потужність, кВт/кг	
Термін служби, років	
Вартість системи, \$/кВт	
Експлуатаційні витрати, \$/кВт років)	

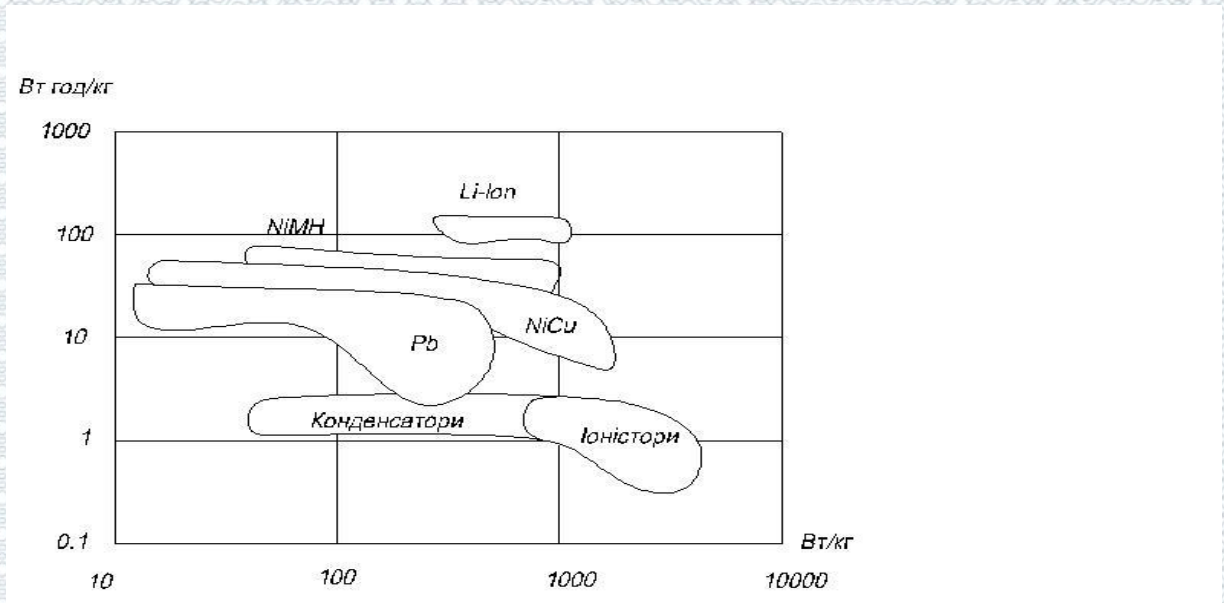


Рисунок 5.8. Відношення ємності до пікової потужності АКБ та ультраконденсаторів

З рис. 5.8 видно, що це порівняння ілюструє різницю в енергії і потужності між акумуляторними батареями і ультраконденсаторами. У оптимальній системі гібридного автомобіля технології енергії і потужності можна комбінувати так, щоб максимально використовувати переваги кожної. Таким чином, як вторинне джерело ультраконденсатори зручніші за акумуляторні батареї.

За словами Тома Бартлі, менеджера по інноваціях в корпорації ISE, завдяки високій потужності ультраконденсатори покращують характеристики, надійність і довговічність вбудованого акумулятора енергії в гібридних автомобілях.

Корпорації ISE і Maxwell Technologies співпрацюють в розробці технології по створенню систем акумуляції енергії на основі ультраконденсаторів для автопромисловості. Мета — створити безпечний, надійний, легкий в обслуговуванні і економічно вигідний виріб. ISE вбудувала ультраконденсатори в свої гібридні автомобілі і отримала несподівані результати. Гібридно-електричний автобус завдовжки 12 м з накопичувачем енергії на ультраконденсаторах пройшов прискорений цикл випробувань в центрі випробувань вантажівок в Олтуне (США, шт. Пенсільванія). Система вже експлуатується на 17 автобусах в р. Елк Грув

(США, шт. Каліфорнію), планується встановити її на 56 автобусів, які мають бути поставлені на Лонг-бич і до Південної Каліфорнії. Додаткові замовлення на гібридні автобуси з ультраконденсаторами для інших регіонів призведуть до того, що на дорогах експлуатуватиметься від 100 до 125 таких систем.

Переваги від використання ультраконденсаторів BOOSTCAP виробництва Maxwell Technologies — підвищена надійність автомобілів, яка забезпечує низькі витрати на експлуатацію і високі рекуперативні властивості. З часу своєї установки на перший прототип система Thunderpack II надійно працювала при температурах від -25 до $+45$ °С. Реакція машини набагато краща, ніж в стандартного автобуса, а витрата палива завдяки ефективнішому використанню енергії гальмування знизилася. Попередні дані вказують, що середня витрата палива на автобусах з гібридним електроприводом ISE на базі ультраконденсаторів істотно нижче, ніж на автобусах з гібридною системою, що використовують акумуляторні батареї або на автобусах із звичайними двигунами.

5.4. Порівняння ККД різних силових установок

Отже, для порівняння ефективності гібридних силових установок необхідно розрахувати ККД кожної з них. Для порівняння візьмемо два типи двигунів дизельний та двигун з іскровим запаленням. Вихідні дані для розрахунку наведені в табл. 5.2.

Таблиця 5.2. Вихідні дані для розрахунку сумарного ККД гібридних силових установок.

	Позначення	ККД	
		дизеля	двигуна з іскровим запалюванням
Двигун	$\eta_{\text{двз}}$	0,42	0,32
КПП	$\eta_{\text{кпп}}$	0,96	
Кардан	$\eta_{\text{кардан}}$	0,975	

Шини	$\eta_{\text{шини}}$	0,945
Генератор	$\eta_{\text{генер}}$	0,95
Система керування	$\eta_{\text{с.керу.}}$	0,98
АКБ/ультраконденсатор (іоністор)	$\eta_{\text{АКБ/}} \eta_{\text{ульткон}}$	0,7/0,95
Електродвигун	$\eta_{\text{ел.двиг.}}$	0,87

Розрахунок сумарного ККД проведемо за формулою:

$$\eta_{\text{сум}} = \prod_{i=1}^n \eta_i \quad (5.5)$$

Для режиму номінальної потужності автомобіля ККД складає:

-з дизелем

$$\eta_e = \eta_{\text{ДВЗ}} \eta_{\text{КПП}} \eta_{\text{Кардан}} \eta_{\text{Шини}} = 0.42 \cdot 0.96 \cdot 0.975 \cdot 0.945 = 0.37$$

-з двигуном примусового запалювання

$$\eta_e = \eta_{\text{ДВЗ}} \eta_{\text{КПП}} \eta_{\text{Кардан}} \eta_{\text{Шини}} = 0.32 \cdot 0.96 \cdot 0.975 \cdot 0.945 = 0.28$$

Зі зменшенням навантаження ефективний ККД двигуна $\eta_{\text{ДВЗ}}$ зменшується. Залежності зміни ефективного ККД дизеля і бензинового двигуна від частки розвиненої потужності N_e до номінальної потужності $N_{e,\text{ном}}$ показано на рис. 5.9.

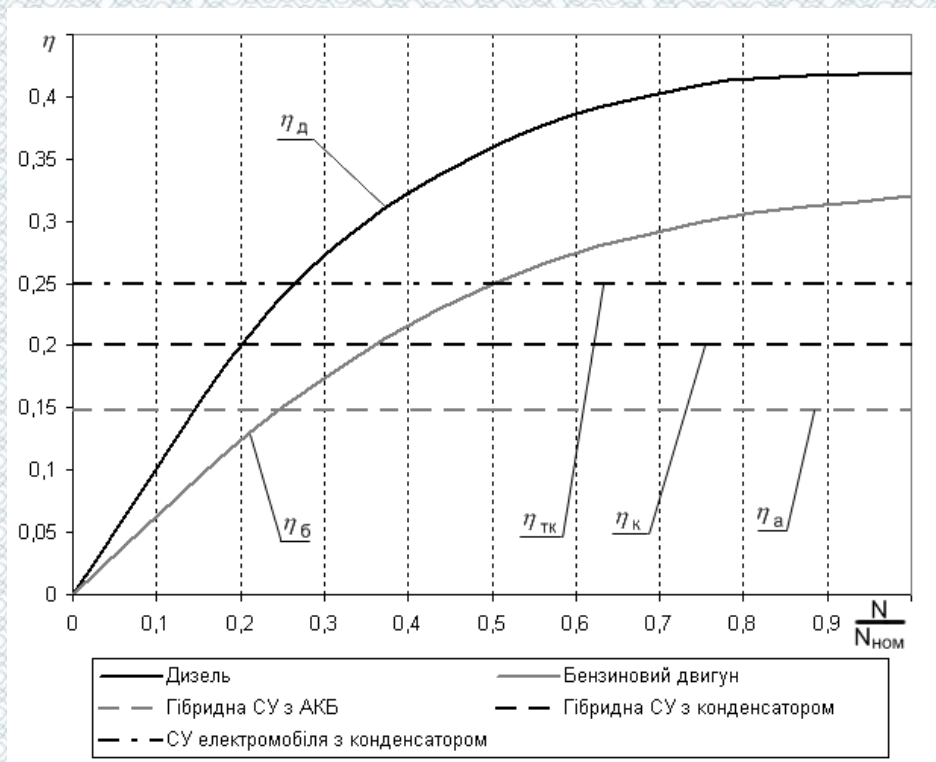


Рисунок 5.9 Залежності зміни ефективного ККД дизеля і бензинового двигуна від частки розвиненої потужності N_e до номінальної потужності $N_{e,ном}$

Ефективний ККД автомобіля η_e з гібридною силовою установкою і з акумуляторною батареєю, складає:

- бензиновий двигун

$$\eta_{д} = \eta_{ДВЗ} \eta_{Генер} \eta_{Сист.кер.} \eta_{АКБ} \eta_{Ел.дв} \eta_{Кардан} \eta_{колеся} = 0.32 \cdot 0.96 \cdot 0.98 \cdot 0.7 \cdot 0.87 \cdot 0.975 \cdot 0.945 = 0.17$$

- дизель

$$\eta_{д} = \eta_{ДВЗ} \eta_{Генер} \eta_{Сист.кер.} \eta_{АКБ} \eta_{Ел.дв} \eta_{Кардан} \eta_{колеся} = 0.42 \cdot 0.96 \cdot 0.98 \cdot 0.7 \cdot 0.87 \cdot 0.975 \cdot 0.945 = 0.222$$

Ефективний ККД автомобіля η_e з гібридною силовою установкою і з конденсаторною батареєю, складає:

- бензиновий двигун

$$\eta_{д} = \eta_{ДВЗ} \eta_{Генер} \eta_{Сист.кер.} \eta_{АКБ} \eta_{Ел.дв} \eta_{Кардан} \eta_{колеся} = 0.32 \cdot 0.96 \cdot 0.98 \cdot 0.95 \cdot 0.87 \cdot 0.975 \cdot 0.945 = 0,23$$

-дизель

$$\eta_{д} = \eta_{ДВЗ} \eta_{Генер} \eta_{Сист.кер.} \eta_{АКБ} \eta_{Ел.дв} \eta_{Кардан} \eta_{колеся} = 0.42 \cdot 0.96 \cdot 0.98 \cdot 0.95 \cdot 0.87 \cdot 0.975 \cdot 0.945 = 0.302$$

З наведених розрахунків видно, що ефективне використання гібридної силової установки з ультраконденсаторними батареями вище, ніж з акумуляторними батареями.

Так як, сумарний ККД гібридної силової установки при роботі двигуна на часткових навантаженнях вище, ніж ККД безпосередньо двигуна внутрішнього згоряння, то на часткових режимах доцільно використовувати електричну енергію, накопичену в конденсаторах та АКБ.



ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу конструктивних схем гібридних автомобілів була обрана найефективніша схема гібридної силової установки – змішаного типу (паралельно-послідовна, Toyota Prius її системи Hybrid Synergy Drive);
2. Виконано аналіз і досліджено конструкцію паралельно-послідовної гібридної силової установки легкового гібридного автомобіля. Визначено переваги і недоліки гібридної силової установки легкового автомобіля;
3. Розроблено математичні моделі та структурні схеми агрегатів та систем гібридного легкового автомобіля;
4. Встановлено що автомобіль з гібридною силовою установкою, в порівнянні з базовою моделлю, є більш потужним, екологічно чистішим, більш економічним, та більш динамічним транспортним засобом. Він здатний легше і набагато ефективніше долати максимально допустимі ухили без перемикання передач. Крім того, швидкість розгону до 100 км/год автомобіля з гібридною силовою установкою зменшилася на 2 секунди, незважаючи на збільшення маси автомобіля.
5. Розглянуто особливості обслуговування гібридних легкових автомобілів.
6. Визначено що енергетична ємкість і ККД при заміні акумуляторів на ультраконденсатори збільшується з 70% до 84-95%, оскільки в останніх значно менше внутрішній опір. Ультраконденсатори можуть заряджатися при високому рівні рекуперативної потужності гальмування і згодом повертати цю потужність при розгоні.
7. Так як, сумарний ККД гібридної силової установки при роботі двигуна на часткових навантаженнях вище, ніж ККД безпосередньо двигуна внутрішнього згоряння, то на часткових режимах доцільно використовувати електричну енергію, накопичену в конденсаторах та АКБ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Бажинов О.В., Смирнов О.П., Серіков С.А., Гнатов А.В., Колесніков А.В. / О.В. Бажинов, О.П. Смирнов, С.А. Серіков, А.В. Гнатов, А.В. Колесніков. - Гібридні автомобілі. – Харків, ХНАДУ, 2008. – 326 с.
- 2 Electric and Hybrid Cars: A History/Curtis D. Anderson and Judy Anderson /McFarland & Company 2010 267.
3. Бахмутов С.В., Карунин А.Л., Круташов А.В. Бахмутов С.В., и др. Конструктивные схемы автомобилей с гибридными силовыми установками /Учебное пособие – М.:МГТУ «МАМИ», 2007 – 71 с.
4. HybrydTech — Гибридная техника и технологии [Электронный ресурс] / hybrydtech.ru – 2011 Режим доступа <http://hybrydtech.ru/?cat=5>.
- 5.Программа самообучения 450 Touareg с гибридным силовым агрегатом Устройство и принцип действия.
6. TOYOTA HYBRID SYSTEM 2. Toyota Motor Corporation, Public Affairs Division 4-8 Koraku 1-chome, Bunkyo-ku, Tokyo, 112-8701 Japan May 2003.
7. Я знаю автомобиль [Электронный ресурс] / autology.jimdo – Режим доступа <http://autology.jimdo.com/>.
8. Propulsion Systems for Hybrid Vehicles, 2nd Edition (Iet Renewable Energy) by John M. Miller (Jun 30, 2010) – 441.
9. Иванов А.М., Солнцев А.Н., Гаевский В.В. Основы конструкции автомобиля / А.М. Иванов, А.Н. Солнцев, В.В.Гаевский. . – М. ООО Книжное издательство «За рулем», 2005. – 336 с.:ил.
10. Авторевю. Офіційний сайт журналу [Электронный ресурс] / Авторевю. – 2013. – Режим доступа до журналу: <http://www.autoreview.ru/>.
11. Hybrid Synergy Drive. Jesse Russell, 2012, 107.
12. Автотехцентр HYBRIDs.ru [Электронный ресурс] Режим доступа <http://www.hybrids.ru>.
13. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів / О.А. Лудченко – Підручник. – Київ: Знання-Прес, 2003. – 511 с.
14. Аксенова З.И., Бачурин А.А. Анализ производственно-хозяйственной деятельности автотранспортных предприятий: Учебное пособие для вузов. – М.

Транспорт. – 2007. – 352 с.

15. Автомобили группы ГАЗ. [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.gazgroup.ru> (дата звернення 17.12.2014). – Назва з екрана.

16. Напольский Г.М. “Технологическое проектирование АТП и СТО” / Г.М. Напольский, Москва: Транспорт, 1985 г.– 228 с.

17. Норми витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті. Затверджені наказом Міністерства транспорту України від 10 лютого 1998 р. № 43 (із змінами і доповненнями, останні з яких унесено наказом Міністерства інфраструктури України від 24 січня 2012 року № 36).

18. Канарчук В.Є., Курніков І.П. Виробничі системи на транспорті: Підручник. - К.: Вища шк., 1997. – 359 с.

19. ОНТП-01-91. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта. – М.: Гипроавтотранс, 1991. – 184с.

20. Основы технического обслуживания автомобилей / Под ред. Лудченко А.А. – К.: Вища школа, 1987. – 399 с.

21. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта Украины. – Харьков, 1991р. – 25с.

22. Положення про технічне обслуговування і ремонт дорожніх транспортних засобів автомобільного транспорту. Затверджено наказом Мінтрансу України від 30 березня 1998 р. № 102.

23. Кукурудзяк Ю.Ю. Дипломне проектування виробничих підрозділів підприємств автомобільного транспорту. Навчальний посібник МОН / Ю.Ю. Кукурудзяк, О.В. Рудь, Л.В. Кукурудзяк. - Вінниця: ПП «Едельвейс і К», 2010. - 336 с.

24. Попов Г.Н. «Машиностроительное черчение. Справочник», Л., Машиностроение, 1986. – 447 с.

25. СН 1245-71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий. М. – 1971 г.

26. СН 3223-85. Санитарные нормы допустимых уровней шума на рабочем месте. М. – 1985г.

27. СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986г.
28. СНиП II-4-79. Естественное и искусственное освещение. М. ЦИТП Госстроя СССР, 1986 г.
29. СНиП 2.04.05-86. Отопление, вентиляция и кондиционирование. М., ЦИТП Госстроя СССР, 1986 г.
30. Справочник инженера – экономиста автомобильного транспорта / С.П. Голованенко и др. – К.: Техника, 1991. – 351 с.
31. Детали машин в примерах и задачах. Учебное пособие (С.Н.Ничипорчик, М.И.Корженцевский; и др.Под общ. ред. С.Н.Ничипорчик) - 2-е изд. - Мн.:Вш.школа, 1981 -432с.
32. Сборник норм времени на техническое обслуживание и ремонт легковых, грузовых автомобилей. Том 1: РД 03112178-1023-99. [Действителен от 2001-01-01]. – М.: Центроргтрудоавтотранс, 2001. – 172 с.
33. Табель технологического оборудования и специализированного инструмента для АТП, АТО, БЦТО. – М.: ЦНБТИ Минавтотранса РСФСР, 1983. – 98 с.
34. Техническая эксплуатация автомобилей / Под ред. Кузнецова Е.С. и др. - : М.: Транспорт, 1991. – 413 с.
35. Хасанов Р.Х. Основы технической эксплуатации автомобилей: Учебное пособие / Р.Х. Хасанов. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2003. – 193с.
36. Галузева тарифна угода між Міністерством інфраструктури України, Федерацією роботодавців транспорту України, спільним представницьким органом Профспілки працівників автомобільного транспорту та шляхового господарства України і Всеукраїнської незалежної профспілки працівників транспорту у сфері автомобільного транспорту на 2013 - 2015 роки [Електронний ресурс]. Режим доступу: www.asmap.org.ua/info/gal_ug.doc (дата звернення 26.05.2015). — Назва з екрана.
37. Ришков В.О Вибір раціональної схеми гібридної силової установки / В.О. Ришков, В.В. Біліченко, С.С. Коробов // Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція: «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи». – Вінниця, 2019 Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2020/schedConf/presentations>



ДОДАТКИ: