

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства
та природокористування

Кафедра автомобілів та автомобільного господарства



02-03-125М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для виконання практичних робіт з навчальної дисципліни
«Методи та системи діагностування транспортних засобів»
для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за
освітньо-професійною програмою «Автомобільний транспорт»
спеціальності 274 «Автомобільний транспорт»
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою з якості
ННМІ
Протокол №10 від 05.07.2023 р.

Рівне – 2023

Методичні вказівки для виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Методи та системи діагностування транспортних засобів» для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня за освітньо-професійною програмою «Автомобільний транспорт» спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» денної та заочної форм навчання [Електронне видання] / Марчук М. М., Ігнатюк Р. М., Морозюк С. В. – Рівне : НУВГП, 2023. – 89 с.

Укладачі:

Марчук М. М. – к.т.н., професор кафедри автомобілів та автомобільного господарства;

Ігнатюк Р. М. – к.т.н., доцент кафедри автомобілів та автомобільного господарства;

Морозюк С. В. – старший викладач кафедри автомобілів та автомобільного господарства.

Методичні вказівки схвалено на засіданні кафедри автомобілів та автомобільного господарства

Протокол № 9 від 20 червня. 2023 р.

Відповідальний за випуск: в. о. завідувача кафедри автомобілів та автомобільного господарства Стадник О. С.

Керівник групи забезпечення спеціальності
274 «Автомобільний транспорт»

Марчук М. М.

© М. М. Марчук,
Р. М. Ігнатюк,
С. В. Морозюк, 2023
© НУВГП, 2023

ЗМІСТ

<i>Практична робота № 1.</i> Режим роботи бензинових двигунів внутрішнього згоряння електронною системою управління (2 год).....	4
<i>Практична робота № 2.</i> Вибір та обґрунтування діагностичних параметрів системи запалювання та аналіз факторів, що на них впливають (2 год).....	9
<i>Практична робота № 3.</i> СУД. Призначення (2 год).....	15
<i>Практична робота № 4.</i> СУД. Відпрацьовані гази двигунів внутрішньої згоряння. (4 год)	22
<i>Практична робота № 5.</i> Функціональна схема комплексної СУД. Принципи функціонування СУД (4 год).....	31
<i>Практична робота № 6.</i> Діагностування СУД із використанням сканерів (4-6 год).....	40
<i>Практична робота № 7.</i> Діагностування СУД із використанням мотор-тестерів. Аналіз осцилограм (2 год)	54
<i>Практична робота № 8.</i> Діагностування СУД із використанням мотор-тестерів. Пошук несправностей (4 год)	62
<i>Практична робота № 9.</i> Діагностування СУД із використанням газоаналізаторів. (2 год).....	72
<i>Практична робота № 10.</i> Визначення діагностичних нормативів технічної діагностики.....	80
<i>Практична робота № 11.</i> Метрологічна оцінка результатів перевірки вимірювальних систем діагностичного обладнання.....	85
<i>Список рекомендованої літератури</i>	89

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

Тема: Режими роботи бензинових двигунів внутрішнього згорання з електронною системою управління (2 год)

Теоретичні відомості.

Інформація щодо алгоритмів керування двигунами, оснащених системами електронного керування паливоподачею та запалюванням досить обмежена. Теорія та математичні моделі каналів управління робочим процесом двигуна за сигналами датчиків режимних параметрів та параметрів навколишнього середовища, а також загальний алгоритм управління представлені в роботі А. В. Гірявця. Автор виділяє дві групи режимів, що реалізуються системою управління робочим процесом двигуна. Це режими, що забезпечують потенційні можливості для керування потужністю двигуна та режими, де здійснюється безпосереднє керування потужністю (рисунк 1).



Рис. 1.1. Режими роботи автомобільного двигуна з електронною системою управління

Мікропроцесорні системи управління впорскуванням всіх типів підтримують наступні режими роботи:

Режим запуску двигуна. При включенні запалення електронний блок управління (ЕБУ) включає реле електробензонасоса, і він створює тиск у магістралі подачі палива до паливної рампи. ЕБУ перевіряє сигнал від датчика температури охолоджуючої рідини та визначає правильне співвідношення повітря та палива для пуску. Умовами режиму пуск є наявність частоти обертання колінчастого валу не вище частоти виходу з пуску за умови, що двигун або був зупинений, або, у разі прокручування двигуна трансмісією, система управління була відключена. Запуск двигуна можливий при довільному положенні дросельної заслінки, тому з пускового режиму двигун може перейти в будь-який інший режим. У деяких ЕБУ закладено режим продування «залитого» двигуна.

Робочий режим управління паливоподачею. Після пуску двигуна (коли обороти більше 400 об/хв) ЕБУ управляє системою подачі палива у робочому режимі. У цьому режимі ЕБУ розраховує тривалість імпульсу на форсунки по сигналах від датчика положення колінчастого валу (інформація про частоту обертання), датчика масової витрати повітря, датчика температури рідини, що охолоджує, і датчика положення дросельної заслінки. Розрахована тривалість імпульсу впорскування може давати співвідношення повітря та палива, що відрізняється від 14,7:1. Прикладом може служити непрогрітий стан двигуна, так як при цьому для забезпечення хороших ізових якостей, потрібна збагачена суміш.

Робочий режим для системи упорскування із зворотним зв'язком. У цій системі ЕБУ спочатку розраховує тривалість імпульсу на форсунки на основі сигналів від тих самих датчиків, що і в системі впорскування без зворотного зв'язку. Відмінність полягає в тому, що в системі зі зворотним зв'язком ЕБУ ще використовує сигнал від датчика кисню для коригування та тонкого регулювання розрахункового імпульсу, щоб точно підтримувати співвідношення повітря та палива на рівні (14,6...14,7): 1. Це дозволяє каталітичному нейтралізатору працювати з максимальною ефективністю.

Робота системи з послідовним (фазованим) упорскуванням пального. ЕБУ включає форсунки послідовно, у порядку запалювання по циліндрах (1-3-4-2). Датчик фаз дає ЕБУ сигнал про те, коли 1-й циліндр знаходиться у ВМТ наприкінці такту стискування. З цього сигналу ЕБУ розраховує момент включення кожної форсунки, причому кожна форсунка впорскує паливо один раз за два обороти колінчастого валу двигуна, тобто, за повний робочий цикл. Такий

метод дозволяє більш точно дозувати паливе по циліндрах і знизити рівень токсичності відпрацьованих газів.

Режим збагачення під час прискорення. ЕБУ стежить за різкими змінами положення дросельної заслінки (по датчику положення дросельної заслінки) та за сигналом датчика масової витрати повітря та забезпечує подачу додаткової кількості палива за рахунок збільшення тривалості імпульсу упорскування.

Режим збагачення при прискоренні застосовується тільки для керування паливоподачею в перехідних умовах (при переміщенні дросельної заслінки рис. 1.2)



Рис. 1.2. Зміни складу суміші при переході двигуна ЗМЗ 4062.10 у вільний розгін при різкому переміщенні дросельної заслінки (початкова частота обертання 850 хв⁻¹)

Режим збіднення при гальмуванні. При гальмуванні автомобіля із закритою дросельною заслінкою можуть збільшитись викиди в атмосферу токсичних компонентів. Щоб не допустити цього, ЕБУ стежить за зменшенням кута відкриття дросельної заслінки і за сигналом датчика масової витрати повітря і своєчасно зменшує кількість палива, що подається шляхом скорочення імпульсу впорскування.

Режим збагачення при збільшенні потужності. ЕБУ стежить за сигналом датчика положення дросельної заслінки та частотою обертання колінчастого валу для визначення моментів, у які водієві необхідна максимальна потужність двигуна. Для досягнення максимальної потужності потрібна збагачена горюча суміш, і ЕБУ змінює співвідношення повітря та палива приблизно до 12:1. У системі упорскування зі зворотним зв'язком у цьому режимі сигнал датчика концентрації кисню ігнорується, оскільки він вказуватиме на збагачення суміші (рис. 1.3).

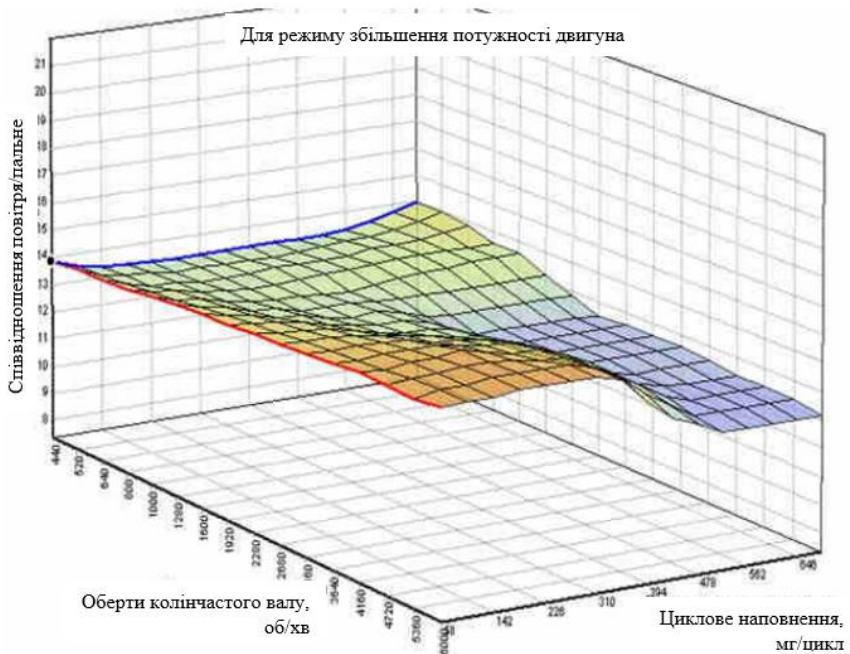


Рис. 1.3. Розрахунок складу паливоповітряної суміші від частоти обертання колінчастого валу та циклового наповнення (двигун ЗМЗ 4062.10)

Режим вимкнення подачі палива при гальмуванні двигуном.

При гальмуванні двигуном із включеною передачею та зчепленням ЕБУ може на короткі періоди часу повністю відключити імпульси упорскування палива. Відключення та включення подачі палива на цьому режимі відбувається при виконанні певних умов по температурі рідини, що охолоджує, частоті обертання колінчастого валу, швидкості автомобіля і куту відкриття дросельної заслінки.

Відключення подачі палива також відбувається при перевищенні гранично допустимої частоти обертання колінчастого валу двигуна для захисту від перекручування двигуна.

Компенсація напруги живлення. При падінні напруги живлення система запалювання може давати слабку іскру, а механічний рух відкриття форсунки може займати більше часу. ЕБУ компенсує це шляхом збільшення часу накопичення енергії в котушках запалення та тривалості імпульсу упорскування. Відповідно, при зростанні напруги акумуляторної батареї (або напруги в бортовій мережі автомобіля) ЕБУ зменшує час накопичення енергії в котушках запалення та тривалість упорскування. Наприклад, для електробензонасоса моделі 155.1139002 двигуна УМЗ 4216 при напрузі живлення 13,5В продуктивність 110л/год, а при напрузі 10,8 знижується до 80л/год.

Режим вимкнення подачі палива. При вимкненому запалюванні паливо форсункою не подається, чим виключається самозаймання суміші при перегрітому двигуні. З іншого боку, імпульси упорскування палива не подаються, якщо ЕБУ отримує опорних імпульсів від датчика положення колінчастого валу, тобто. це означає, що двигун не працює.

Аварійний режим. При несправності датчиків (датчика температури, датчика масової витрати повітря, датчика положення дросельної заслінки, датчика розподільного валу, датчика детонації, котушки запалювання) електронної системи управління, ЕБУ переходить на управління паливоподачею та кутом випередження запалення згідно з картами аварійного режиму.

Аварійний режим роботи при несправному датчику температури охолоджувальної рідини передбачає включення в системі вентилятора, встановлення початкової температури при запуску двигуна 0°C, а також автоматичне збільшення температури двигуна до 85°C часу роботи двигуна після запуску. За такого режиму утруднений запуск двигуна.

При несправності датчика положення дроселя ЕБУ встановлює підвищені оберти холостого ходу. У цьому випадку система відмовляється від регулювання оборотів холостого ходу, кроковий мотор встановлюється у постійне положення 120 кроків. Паливоподача розраховується за показаннями датчика масової витрати повітря з параметром збагаченого складу паливної суміші.

Аварійний режим роботи при несправності датчика масової витрати повітря поводитьсь так само, як і при відмові датчика

положення дросельної заслінки. Кроковий двигун встановлюється в положення 120 кроків. Показання датчика масової витрати повітря замінюються значеннями з аварійної таблиці (на основі показань датчика положення дроселя та розрахованих обертів двигуна). Паливоподача розраховується за цими значеннями з параметром збагаченого складу паливної суміші.

Аварійний режим при відмові датчика детонації полягає у зміні режимних кутів випередження запалення. Система використовує аварійну таблицю (знижених) кутів випередження запалення та збільшує циклову подачу палива.

При виході з ладу датчиків масової витрати і датчика положення дроселя двигун здатний заводитися і працювати, але пересуватися на такому автомобілі безпечно практично неможливо.

При неприпустимому відсотку пропусків займання в циліндрі двигуна цей циліндр буде виведений з роботи, програма управління заборонить подачу палива в нього шляхом блокування відповідної форсунки.

Перехід на резервний режим роботи системи завжди супроводжується включеною лампою «Перевір двигун» та погіршенням їздових якостей автомобіля

Порядок виконання роботи:

1. Використовуючи теоретичні відомості, провести аналіз режимів роботи двигуна та провести їх описати.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

Тема: Вибір та обґрунтування діагностичних параметрів системи запалювання та аналіз факторів, що на них впливають (2 год).

Теоретичні відомості.

Система запалювання, як і будь-яка інша система автомобіля, може бути охарактеризована рядом діагностичних і структурних параметрів. Поява несправностей системи запалювання супроводжується зміною цих параметрів. Визначення діагностичних параметрів ставить своєю метою перевірку технічного стану системи і є невід'ємною процедурою у процесі виконання діагностування чи обслуговування двигуна. В табл. 2.1 наведений типовий перелік

діагностичних і структурних параметрів, що характеризують систему запалювання. Як видно з таблиці кількість параметрів, які необхідно визначити для перевірки технічного стану системи досить велика. Почергове визначення діагностичних параметрів призведе до необґрунтованого збільшення числа елементарних операцій, що є причиною збільшення трудомісткості та часу діагностування.

Отже, постає завдання скорочення кількості діагностичних параметрів і вибору тих, які мають найбільшу діагностичну цінність. Оцінити діагностичну цінність параметра можна за такими критеріями:

- максимальна інформативність і достовірність;
- простота реалізації;
- зручність для автослюсаря і мала трудомісткість.

Таблиця 2.1 Діагностичні та структурні параметри систем запалювання

Діагностичний параметр	Що характеризує
<i>Первинне коло:</i>	
1. Початковий кут випередження запалювання	Правильність встановлення початкового КВЗ
2. Зміна кута випередження запалювання в залежності від частоти обертів колінчастого валу	Роботу відцентрового регулятора кута випередження запалювання
3. Зміна кута випередження запалювання в залежності від навантажень двигуна	Роботу вакуумного регулятора кута випередження запалювання
4. Швидкість наростання і зникнення струму в первинному колі системи запалювання	Технічний стан елементів кола низької напруги та транзисторного комутатора
5. Падіння напруги на контактах переривника	Технічний стан контактів переривника
6. Кут замкнутого стану контактів	Зазор між контактами переривника
7. Опір окремих ділянок	Технічний стан проводів, з'єднань, обмоток
8. Напруга живлення датчика Хола	Коло живлення датчика Хола
9. Зміна керуючого імпульсу датчика Хола	Технічний стан датчика Хола
10. Відключення струму комутатором	Справність комутатора по відключенню струму
11. Характер зміни напруги у первинному колі	Технічний стан елементів низької та високої напруги

<i>Вторинне коло:</i>	
12. Характер зміни напруги у вторинному колі	Технічний стан елементів низької та високої напруги
13. Величина пробивної напруги	Технічний стан елементів низької та високої напруги
14. Тривалість горіння іскри	Технічний стан елементів низької та високої напруги
15. Напруга горіння іскри	Технічний стан елементів низької та високої напруги
16. Зазор між електродами свічок запалювання	Технічний стан свічок запалювання
17. Енергія і тривалість горіння іскри	Технічний стан елементів низької та високої напруги

З перерахованих параметрів (табл. 2.1) найбільшу діагностичну цінність складають ті, які в комплексі характеризують робочі процеси в системі запалювання та технічний стан її елементів, тобто мають найбільшу інформативність. З наведеного переліку параметрів доцільно вибрати характер зміни напруги в первинному або вторинному колах системи запалювання. При врахуванні критеріїв простоти та зручності реалізації кращим буде визначення напруги первинного кола, оскільки ця процедура не потребує використання спеціальних сенсорів, а може бути реалізована з використанням прямого контактного сенсора (щупа). Отже, діагностичним параметром, який буде в комплексі характеризувати технічний стан елементів системи запалювання, приймемо сигнал зміни напруги в первинному колі.

Розглянемо робочий процес, що проходить в системі запалювання при іскроутворенні. Робочий процес іскроутворення в циліндрах двигуна можна умовно поділити на три етапи (рис. 2.1).

Перший етап. Замикання первинного кола системи запалювання. На цьому етапі через первинну обмотку котушки запалювання починає проходити і наростає первинний струм. При цьому в магнітному полі котушки накопичується електромагнітна енергія.

Другий етап. Розмикання первинного кола системи запалювання. На цьому етапі первинний струм зникає внаслідок від'єднання первинної обмотки котушки запалювання від джерела струму. Накопичена електромагнітна енергія перетворюється в електростатичну. Виникає електрорушійна сила високої напруги у

вторинній обмотці котушки запалювання.

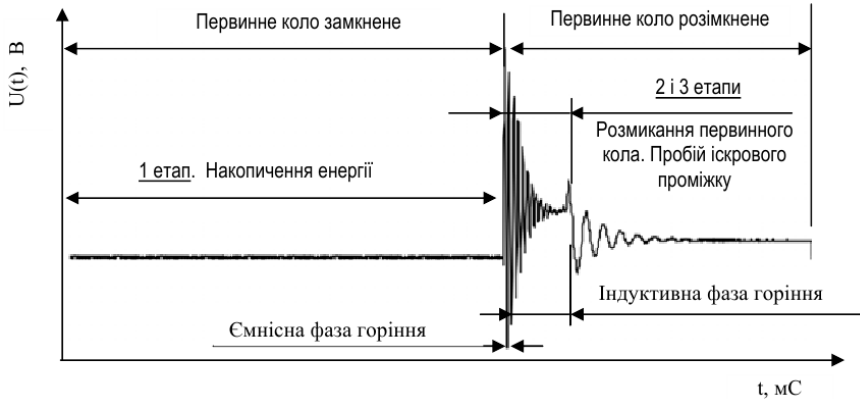


Рис. 2.1. Етапи робочого процесу системи запалювання

Третій етап процесу іскроутворення має дві складові: ємнісну та індуктивну фази.

Ємнісна фаза являє собою розряд енергії, накопичений у вторинному колі за рахунок його ємності. Ємнісна фаза характеризується досить високою силою струму, яка може досягати десятків ампер. Ємнісна фаза досить коротка (близько 1...2 мкс), тому потужність іскри в цій фазі висока. Ця фаза визначає величину пробивної напруги.

Друга фаза – індуктивна. В індуктивній фазі виділяється енергія, накопичена в магнітному полі котушки запалювання. Тривалість цієї фази значно більша – (1...2,5) мс. Ця фаза визначає напругу та тривалість горіння іскри.

Такі етапи робочого процесу притаманні всім типам системи запалювання. З точки зору визначення діагностичних параметрів найбільш цікавим є другий і третій етапи, а також інтервал часу, коли первинне коло системи запалювання розімкнене.

Розглянемо фактори, які впливають на процес іскроутворення в циліндрі, а відповідно і на характер зміни діагностичного параметра – напруги первинного кола системи запалювання.

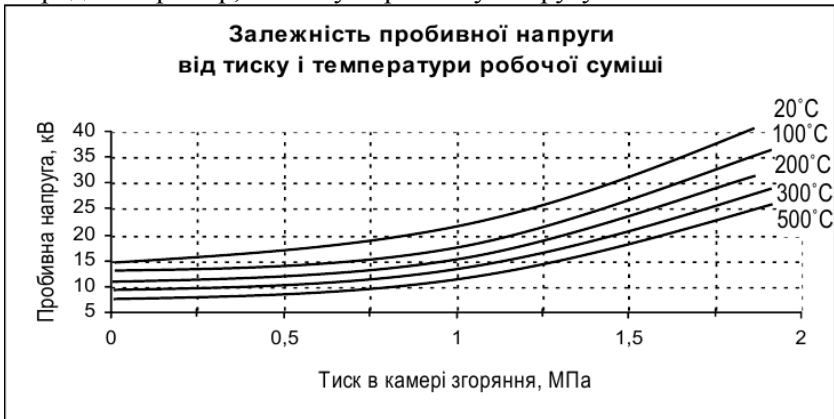
Зміна напруги у первинному і вторинному колах системи запалювання є взаємозалежними сигналами. Тому зміна параметрів вторинного кола буде відображена в зміні напруги первинного кола.

Для вторинного кола однією з характеристик зміни напруги є пробивна напруга, при якій відбувається пробій іскрового проміжку в

свічках запалювання. На величину пробивної напруги впливає багато факторів:

- тиск в камері згоряння в момент пробою іскрового проміжку;
- температура робочої суміші;
- величина іскрового проміжку в свічках запалювання;
- склад суміші;
- тривалість і форма прикладеної напруги;
- полярність пробивної напруги;
- матеріал електродів свічки запалювання;
- умови та режим роботи двигуна.

На рис. 3.2 показані графічні залежності величини пробивної напруги від різних факторів. Як видно з графіків, величина пробивної напруги прямо пропорційна тиску в камері згоряння і обернено пропорційна температурі робочої суміші. Процес збільшення величини пробивної напруги можна спостерігати при запуску і прогріві двигуна. В такому режимі роботи стінки циліндрів двигуна холодні, а паливна суміш, що надходить в циліндри погано змішується і також має низьку температуру. Краплини палива конденсуються і погано випаровуються. Така суміш, попадаючи в між електродний простір, збільшує пробивну напругу на 15–20 %.



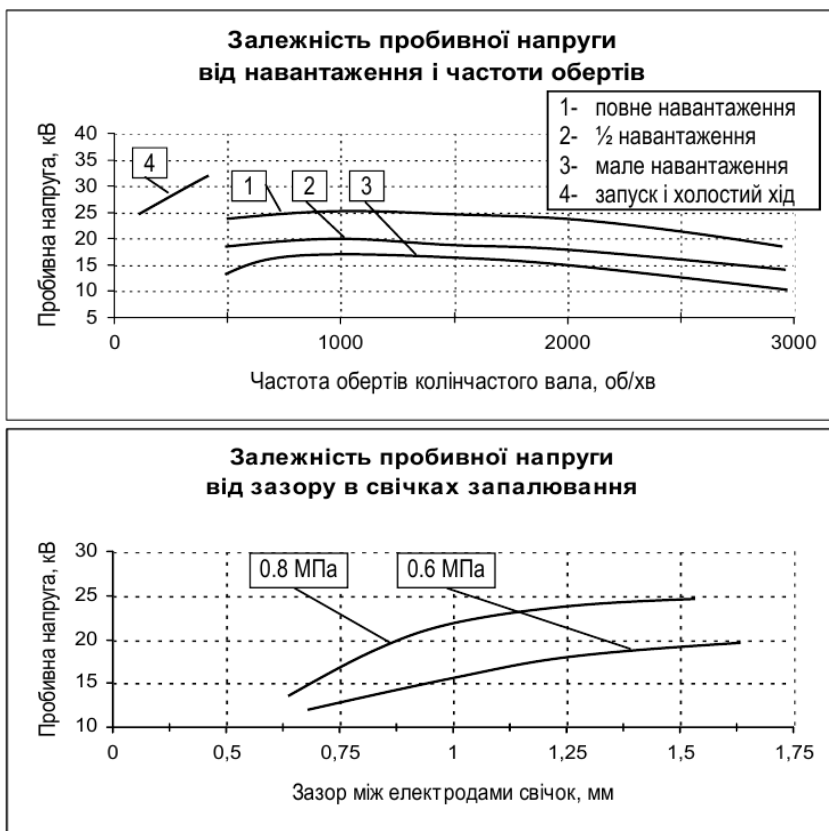


Рис. 2.2. Залежність величини пробивної напруги від різних факторів

Із залежності величини пробивної напруги від навантаження двигуна і частоти обертів колінчастого вала видно, що найбільша величина пробивної напруги при запуску двигуна і при роботі на мінімальних обертах холостого ходу. Із збільшенням іскрового проміжку у свічках запалювання величина пробивної напруги збільшується.

Отже, фактори, що впливають на процес іскроутворення в циліндрах двигуна можна умовно поділити на три групи (рис. 2.3). У процесі діагностування необхідно враховувати всі три групи факторів.

Перша група факторів є характерною для кожного окремого типу системи запалювання, описаного в п 1.2. Тому в процесі діагностування першим кроком повинно бути визначення типу

системи запалювання і відповідно до цього вибір способу визначення діагностичного параметра.

Друга група факторів за своєю суттю визначає технічний стан елементів системи запалювання. Виходячи з цього, задачу діагностування можна звести до знаходження взаємозв'язку між діагностичним параметром (характером зміни напруги у первинному колі системи запалювання) та впливом факторів цієї групи на цей діагностичний параметр.

Третя група факторів характеризує умови, в яких на цей час функціонує система запалювання. Під час діагностування ці фактори також повинні враховуватись, але спосіб їх визначення не повинен бути таким же, як спосіб визначення факторів другої групи. Такий підхід дає можливість незалежно проаналізувати кожен групу факторів і окремо визначити вплив кожного фактора на діагностичний параметр.

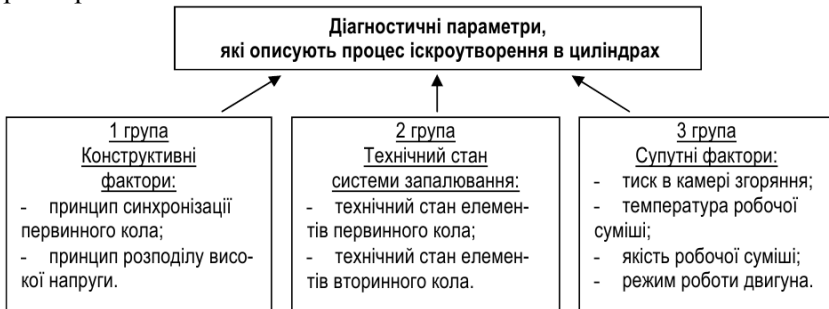


Рис. 2.3. Фактори, які впливають на діагностичні параметри системи запалювання

Порядок виконання роботи:

1. Використовуючи теоретичні відомості, провести аналіз діагностичних та структурних параметрів системи запалювання.
2. Розглянути робочий процес запалювання робочої суміші.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

Тема: Системи управління двигунами (СУД). Призначення. (2 год)

Теоретичні відомості

Основні функціональні завдання СУД.

Двигун є пристроєм, що виконує функцію керованого перетворення хімічної енергії палива на механічну роботу (енергію).

Як об'єкт управління двигун характеризується:

вхідними параметрами – параметрами, які впливають протікання робочого процесу двигуні. Їхні значення визначаються зовнішніми впливами на двигун з боку водія або СУД, тому їх також називають керуючими. До них можна віднести:

- кут відкриття дросельної заслінки $\varphi_{др}$;

- кут випередження запалювання θ ;

- циклова подача $G_{1цц}$;

циклове наповнення двигуна $G_{2ц}$ тощо;

вихідними (керованими) параметрами, що характеризують стан двигуна у робочому режимі. До них відносяться:

- частота обертання колінчастого валу n ;

- потужність, що віддається на валу P ;

- крутний момент M_B ;

- показник паливної економічності g_e

- показники токсичності відпрацьованих газів (зміст CO, CH, NO_x) та ін;

внутрішніми параметрами або параметрами стану, що характеризують робочі процеси, стан систем, що забезпечують, конструктивні особливості двигуна.

Наприклад:

- температура двигуна $T_{дв}$;

- напруга в електричній мережі U_0 ;

- ступінь стиснення робочої суміші та ін;

зовнішніми впливами, які мають випадковий характер і заважають управлінню. До них можуть бути віднесені:

- температура атмосферного повітря T ;

- атмосферний тиск p ;

- вологість повітря h тощо

Призначення системи управління у тому, щоб забезпечити оптимальний склад робочої суміші в циліндрах двигуна і спалахнути їх у циліндрі двигуна у певний час.

Склад робочої суміші характеризується двома основними показниками:

- співвідношення кількості палива та повітря у складі суміші показник – «лямбда» (λ);

- гомогенністю (однорідністю) тобто якістю змішування складових частин суміші.

Момент займання суміші визначається кутом випередження запалювання.

Принципи керування.

Принцип управління дає загальне уявлення про спосіб керування об'єктом управління. Він показує, як об'єкт управління повинен реагувати на обурення та сигнали, що управляють. Охарактеризуємо принципи, закладені основою побудови існуючих систем управління (СУД).

Автомобільний двигун є системою, що складається з окремих підсистем: паливно-емісійної, запалювання, охолодження, мащення і т.д. Усі системи пов'язані одна з одною і при функціонуванні вони утворюють єдине ціле.

Управління двигуном не можна розглядати у відриві від керування автомобілем. Швидкісні та навантажувальні режими роботи двигуна залежать від швидкісних режимів руху автомобіля в різних умовах експлуатації, які включають розгони та уповільнення, рух з відносно постійною швидкістю, зупинки.

Водій змінює швидкісний та навантажувальний режим двигуна, впливаючи на передатне відношення трансмісії автомобіля та педаль акселератора (дросельну заслінку). Вихідні характеристики двигуна при цьому залежать від складу паливоповітряної суміші та кута випередження запалювання, керування якими здійснюється за допомогою механічних, електронно-механічних або електронних систем керування двигуном автоматично (рис. 3.1).

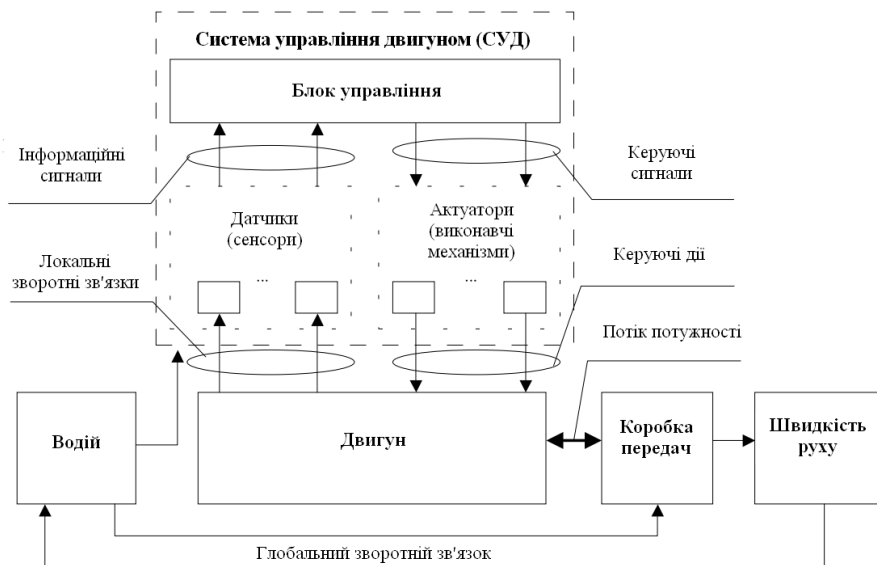


Рис. 3.1 Управління автомобільним двигуном

Для двигуна внутрішнього згоряння характерна періодична повторюваність робочих циклів. Тому важливим принципом керування двигуном є циклічність керування. Це зумовлює необхідність узгодження частотних параметрів керуючих впливів із частотою робочих циклів двигуна. Іншими словами, СУД повинна встигати сприймати інформацію про стан двигуна, обробляти її і передавати відповідні керуючі на двигун протягом обмежених за часом тактів робочого циклу (2-3 мс), що накладає жорсткі вимоги на швидкодію СУД.

Як об'єкт управління двигун є нелінійним, тому що реакція на суму будь-яких зовнішніх впливів не дорівнює сумі реакцій на кожну з дій окремо. Враховуючи, що двигун зазвичай працює на нестационарних (змінних у часі) режимах, виникає проблема оптимального та адаптивного (самонастроюваного) управління двигуном. Принципи оптимального та адаптивного управління виявилися можливим реалізувати завдяки розвитку електронних систем управління.

Слід зазначити, що з побудови оптимальних адаптивних управляючих систем потрібна наявність математичних моделей об'єкта управління. Через складність конструкції, наявність допусків

на розміри деталей, двигуни однієї і тієї ж моделі мають різні характеристики. Крім того, за конструктивними параметрами відрізняються окремі циліндри багаточиліндрового двигуна. У зв'язку з цим, загальні, досить точні та повні математичні моделі двигунів внутрішнього згоряння в традиційному аналітичному вигляді нині відсутні (це характерно для більшості складних технічних систем). Вихід знаходять у побудові емпіричних залежностей між параметрами індивідуальних типів двигунів та представлення їх у формі таблиць. Ці таблиці містять великі обсяги даних і можуть бути використані в системах управління тільки з наявністю засобів обчислювальної техніки, що володіє достатнім обсягом пам'яті і високою обчислювальною потужністю.

Автомобільний двигун є багатовимірним об'єктом управління, оскільки число входних параметрів має більше одного і кожен входний параметр впливає на два і більше вихідних. У такому разі система управління має бути багатовимірною. Для багатовимірних об'єктів управління таблиці залежностей між параметрами повинні бути багатовимірними. Такі таблиці та його графічне уявлення називають характеристичними картами. Детальніше ми зупинимося на них нижче.

Широке поширення автомобільних двигунів зумовило велику різноманітність їх конструкцій. Це призводить до багатоваріантності систем керування. Так, якщо в карбюраторних системах паливоподачі практично не використовується електроніка, то сучасні системи упорскування палива створюються тільки на основі керування електронними системами. А це призводить, у свою чергу, до взаємовпливу розвитку електронної (і, насамперед, обчислювальної) техніки на конструктивну реалізацію проєктованих двигунів.

На підставі вищевикладеного сформулюємо основні принципи керування двигуном:

- Циклічність впливів, що управляють, синхронізована з тактами робочого циклу двигуна;
- Поєднання програмного управління зі зворотними зв'язками;
- Оптимальність та адаптивність управління.

Критерії управління.

Вибір критеріїв управління диктується цілями або цільовими завданнями, що вирішуються об'єктом управління.

Автомобільний двигун – складна система, цільові завдання якої відповідають потребам різних груп людей та суперечливі вже хоча б тому. Так, перед конструктором двигуна стоїть проблема зробити максимально надійний, максимально потужний двигун. Споживач очікує появи на ринку гранично простого в експлуатації, дешевого та економічного автомобіля; відповідних якостей він очікує і від двигуна. Легкий, безшумний, екологічно чистий двигун – вимога борців за охорону навколишнього середовища. Система управління двигуном як система, забезпечує його оптимальне функціонування, підпорядкована цільовим завданням керованої системи, тобто. власне двигуна.

Вважається, що основне призначення систем управління двигуном полягає в забезпеченні: (1) максимальної потужності двигуна при (2) мінімальному витраті палива (енергії), а також до цього, - забезпеченні (3) мінімального вмісту шкідливих речовин у вихлопних газах. Можна показати, що такої ідеальної системи управління (що задовольняє відразу всім цим критеріям) у природі немає.

Припустимо, що вміст шкідливих речовин у вихлопних газах залежить від якості робочої суміші, що надходить у циліндри поршневого двигуна. (А це правильно і нижче буде розглянуто детальніше). Спочатку якість суміші охарактеризуємо словесно: багата, бідна та нормальна, що відповідно означає надлишок, нестачу та національний відносний вміст палива у її складі. Подані на рис. 3.2. залежності потужності та економічності двигуна від якості суміші говорять про те, що максимальної потужності можна досягти при багатій суміші, мінімуму витрати - при збідненій.



Рис. 3.2. Залежності потужності та економічності двигуна від якості суміші

Принципово неможливо створити таку систему управління, яка водночас задовольняла б критеріям максимуму потужності та мінімуму витрати. Принципово – тому, що суміш не може бути бідною і багатою одночасно.

Для потужності можна пожертвувати деякою кількістю палива, збагачуючи суміш, що, до речі і робиться на окремих режимах роботи двигуна (наприклад, при запуску, на режимах максимальних навантажень) або на окремих класах автомобілів. Це призводить до інтенсивного утворення нагару, підвищених навантажень на механізми та вузли двигуна та автомобіля і, як наслідок, до різкого зниження надійності двигуна, його ресурсу.

На користь підвищення економічності АД деякі виробники спеціально збіднюють робочу суміш. У цьому виникають тенденції до детонації, двигун перегрівається через повільне згоряння палива. У результаті – той самий ефект. Як знайти компроміс між цими вимогами, які взаємно виключають один одного? Компроміс було знайдено. У його основі - останній із наведених критеріїв - екологічна безпека автомобільного транспорту.

Системи управління створюють насамперед для забезпечення стабільної та екологічно безпечної роботи двигуна.

Отже, правильніше було б визначити систему керування двигуном як таку систему, яка прагне забезпечити максимально

безпечно (з точки зору охорони навколишнього середовища) роботу двигуна, за прийнятних потужностей та економічності двигуна. Нижче буде показано, що таке прагнення на більшості режимів досягається досить успішно, однак у ряді випадків конструкторам не вдається повністю позбавитися шкідливості автомобільних викидів.

Порядок виконання роботи:

1. Використовуючи теоретичні відомості, аналіз роботи системи управління двигуном та її основні характеристик.
2. Вивчити принципи керування і критерії управління

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4

Тема: Системи управління двигунами. Відпрацьовані гази двигунів внутрішньої згоряння.

Теоретичні відомості

В автомобілях як приводні двигуни використовуються майже виключно тільки двигуни внутрішнього згоряння (теплові двигуни). При цьому хімічно пов'язана в паливі енергія перетворюється на теплову енергію та в результаті дії тиску газу в механічну кінетичну енергію.

Паливо для бензинових та дизельних двигунів складається з різних вуглеводневих сполук. При згорянні вуглеводні розщеплюються на вуглець і водень і обидва з'єднуються з киснем повітря, що всмоктується. Повітря за нормальних умов містить 21 % об. кисню.

Повне згоряння відбувається, коли з повітрям поєднується саме стільки палива, скільки потрібно для окислення з цим киснем. При ідеальному повному згорянні виникають не шкідливі для здоров'я речовини, а двоокис вуглецю та вода.

У реальному процесі поряд з нешкідливими вихлопними газами азотом (N), водяною парою (H₂O) і двоокисом вуглецю (CO₂) як продукти неповного згоряння з'являються окис вуглецю (CO), частково

незгорлі вуглеводні (HC) і чадні гази (NO_x), а також двоокис сірки (SO₂) і кіптяву.

Виникнення шкідливих речовин значно залежить від процесу згоряння. У бензиновому двигуні всмоктується повітряно-паливна суміш і спалахує іскрою незадовго до кінця такту стиснення (стороннє запалювання). Температура стиску не така висока, щоб настало самозаймання. Температура самозаймання палива повинна бути відносно високою, щоб суміш не займалася сама по собі під час підйому температури в результаті стиснення. Ця властивість виражається також стійкістю проти детонації. Мірою для цього є октанове число. Чим вище октанове число, тим вище антидетонаційність. Розрізняють ROZ (октанове число за дослідницьким методом) і MOZ (октанове число за моторним паливом), які визначаються за різними методами. Паливо повинно мати таке октанове число:

Звичайний бензин - мінімум 91 ROZ

Супер (Eurosuper) - мінімум 95 ROZ

Супер плюс - мінімум 98 ROZ

Оцінка пропорції палива та повітря у суміші здійснюється за коефіцієнтом надлишку повітря або так званого коефіцієнта «лямбда». Коефіцієнт надлишку повітря λ (у вітчизняній літературі - α) – це відношення всмоктуваного двигуном і потім витраченої кількості повітря L до кількості повітря, необхідного для повного згоряння, тобто. $\lambda = L / L_T$ (L_T – теоретична потреба в повітрі). Теоретично повне згоряння паливної суміші для бензину відбувається при співвідношенні повітря/паливо, рівному 14,7:1 (за масою), тобто 14,7 кг повітря припадає на 1 кг палива. Це співвідношення називають стехіометричним. Об'ємне стехіометричне співвідношення становить приблизно 10000:1, тобто. на повне згоряння 1 літра палива потрібно витратити 10 000 літрів повітря.

Якщо фактичне відношення повітря до палива в суміші менше 14,7, то $\lambda < 1$ і суміш багата і, навпаки, - бідна суміш характеризується більшою 14,7 величиною пропорції повітря/паливо і відповідно значенням $\lambda > 1$.

Іншими словами, нормальна робоча суміш відповідає стехіометричній пропорції (для бензину, що дорівнює 14,7) або $\lambda = 1$.

Якщо до повітря, що всмоктується, додається більше палива, то виходить багата суміш ($\lambda < 1$) і вуглеводні згоряють лише частково. Зміст HC і CO у вихлопному газі відповідно підвищується. При бідній

суміші ($\lambda > 1$) паливо повністю згоряє і у вихлопному газі залишається кисень. В результаті поганого згорання, однак, знову підвищується частка НС при лямбді, що росте.

Гази, що виникають головним чином при неповному згоранні – отруйні і тому світова спільнота приймає закони, що обмежують шкоду, заподіяну автомобільним транспортом атмосфері і людям.

Виникнення та властивості шкідливих речовин

Окис вуглецю. Окис вуглецю утворюється головним чином за браку повітря ($\lambda < 1$), тобто. при багатій суміші, якщо подається занадто багато палива. За браку палива, тобто, при надлишку повітря ($\lambda > 1$) і бідній суміші, концентрація СО у вихлопному газі, в основному, заснована на неоднорідному розподілу суміші і на коливаннях складу суміші від циклу до циклу СО – це газ без кольору та запаху. Він краще кисню приєднується до гемоглобіну крові і тому призводить до отруєння.

Вуглеводні. Як і в окису вуглецю, нестача повітря ($\lambda < 1$) призводить до неповного згорання і, разом з тим, до емісії вуглеводнів, що не згоріли і частково згоріли. В області $\lambda > 1,1$ через погане згорання підвищується частка СН, а при більш високих значеннях з'являється нерівномірний перебіг роботи двигуна.

Емісії вуглеводнів з'являються також коли суміш через зазори між поршнем і циліндром потрапляє в картер двигуна. До того ж з'являються втрати при випаровуванні з паливного бака та карбюратора. В результаті відповідної вентиляції ці вуглеводні згорання можуть подаватися через керований клапаном фільтр з активованим вугіллям.

Відпрацьовані гази містять різні види вуглеводнів:

- насичені вуглеводні (парафіни) майже не мають запаху і мають наркотичну дію з легким подразненням слизової оболонки;
- ненасичені вуглеводні (олефіни, ацетилени) мають трохи солодкуватий запах з частковим подразненням слизової оболонки. Вони беруть участь в утворенні смогу та озону;
- ароматичні вуглеводні мають характерний запах. Це отрути, що вражають нервову систему, з наркотичною і, частково дією, що викликає рак.

Оксиди азота. Висока максимальна температура і високий тиск у камері згорання викликають певне окислення азоту, що знаходиться в суміші. Поряд з окисом азоту (NO) утворюються в невеликій кількості двоокис азоту (NO₂). NO₂ – безбарвний газ, який на повітрі

окислюється до NO. NO₂ – червоно-коричневий газ різкого, пронизливого запаху. Він дратує легені шляхом отруєння тканин і відомий як важка отрута для крові.

Двоокис сірки. Сірка згоряє разом із киснем повітря до двоокису сірки (SO₂). У поєднанні з водою виникає сірчиста кислота, яка відома як "кислотний дощ" та шкідлива для довкілля. Сірка міститься у паливі у невеликій кількості, у бензині менше, ніж у дизельному.

Сполуки свинцю діють як сильна отрута на клітини крові, кісткового мозку та нервової системи, оскільки вони перешкоджають сприйняттю клітинами кисню. Тому сьогодні використовується переважно бензин, який не містить свинцю.

Дим. Частинки. Сажа. Особливо при згорянні дизельного палива внаслідок складних фізичних та хімічних процесів з'являються частинки сажі, які складаються, головним чином, з атомів вуглецю. На дослідах із тваринами встановили, що ці частинки спричиняють ракові захворювання. Інші тверді складові частини - це сірка, шлаки та частинки пилу (продукти стирання). Усі тверді частинки у вихлопному газі утворюють дим або частинки. Дим та частки різняться за допомогою методів вимірювання.

Двоокис вуглецю. Двоокис вуглецю – це не шкідливий для здоров'я продукт згоряння. Людина і тварини видихають CO₂. Збільшення вмісту двоокису вуглецю в атмосфері вважається однією з важливих причин парникового ефекту. Це зростання викликається згорянням копалин видів палива в промисловості, приватному домашньому господарстві, на транспорті, а також через вирубування тропічних лісів.

Частка транспорту оцінюється у 10-15%. Тому, поряд із скороченням власне шкідливих речовин, існує завдання збереження споживання палива і, водночас, емісії CO₂ на якомога нижчому рівні. Виробники автомобілів добровільно зобов'язуються знизити CO₂.

На рис. 4.1 наведено графіки вмісту небезпечних речовин у складі вихлопних газів двигуна внутрішнього згоряння, які пояснюють доцільність підтримки значення коефіцієнта X, рівним 1 (або в деякій близькості до 1).

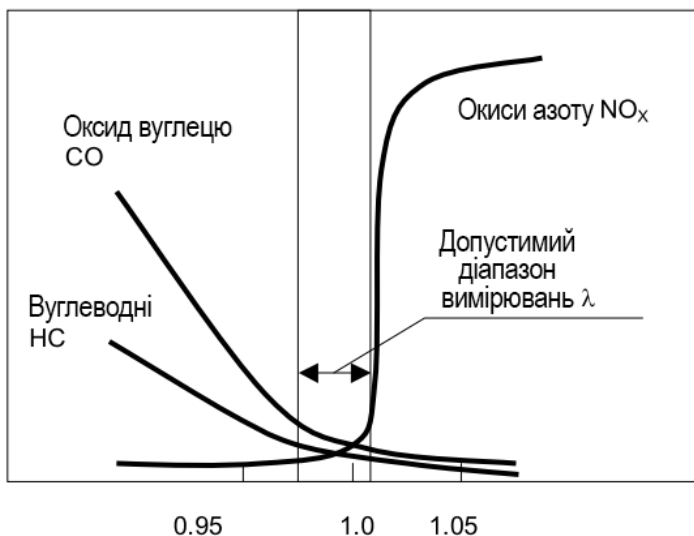


Рис. 4.1. Залежність вмісту шкідливих речовин у відпрацьованих газах від складу горючої суміші

Фактори процесу згоряння робочої суміші.

Потужність, паливна економічність двигуна, його «екологічність» тісно пов'язані з характеристиками згоряння робочої суміші в двигуні, які, в свою чергу, залежать від багатьох факторів, і перш за все від таких як:

- конструкція циліндро-поршневої групи;
- турбулентність робочого заряду у циліндрі;
- характеристики палива;
- наявність залишкових вихлопних газів у циліндрі;
- температура робочої суміші;
- енергія запалення суміші;
- встановлення моменту запалення;
- якість приготування робочої суміші.

Якщо перші три фактори залишаються відносно стабільними в процесі експлуатації АД і слабо керовані, то останні п'ять, і перш за все, момент запалювання та якість приготування суміші є досить динамічними змінними. Ними можна керувати. Правильний підбір параметрів цих чинників може істотно вплинути на стабільність роботи АД усім його режимах. Нижче коротко охарактеризуємо названі чинники.

Конструкція циліндро-поршневої групи визначається на заводі-виробнику шляхом розрахунків, моделювання та експериментального відпрацювання на стендовому обладнанні. При проектуванні двигуна розраховуються та оптимізуються багато конструктивних параметрів, у тому числі:

- ступінь стиснення;
- форма циліндрів та камери згоряння;
- період та послідовність управління клапанами;
- форма всмоктувальної труби та ін.

При високому ступені стиснення у зв'язку з підвищенням густини заряду зростає швидкість поширення полум'я.

Конструкція циліндра визначає місце упорскування паливно-повітряної суміші, розташування свічки запалювання.

Вибіркове припинення подачі палива до окремих циліндрів дозволяє забезпечити високий ККД у решти циліндрах, з поліпшеним згорянням і газообміном. Відключення клапанів забезпечує подальше зменшення втрат потужності, оскільки впускні та випускні клапани залишаються закритими.

Всмоктувальна труба забезпечує підготовку робочої суміші до займання. На ряді фірм (BMW, Ford, Opel, Citroen) застосовують системи з динамічним наддувом, а також змінну залежно від режимів роботи двигуна геометрію впускного трубопроводу, що забезпечує підвищення крутного моменту та зниження витрати палива в широкому діапазоні частот обертання колінчастого валу двигуна .

Слід все ж таки визнати, що сучасні технології поки що не дозволяють створювати об'ємні конструкції АД, геометричними та топологічними властивостями яких можна було б ефективно керувати в процесі їх експлуатації (без зниження загальної надійності автомобіля). Інакше кажучи, поки що складно і дорого широко впроваджувати подібні системи.

Турбулентність заряду. У момент займання робоча суміш у циліндрі не стоїть на місці, а рухається в формі вихрових потоків. Ці вихори здатні розповсюдженню полум'я, тому камери згоряння конструюють таким чином, щоб підвищити турбулентність газових вихорів. Зміна турбулентності на різних режимах роботи двигуна – завдання важливе і поки що перебуває у стадії наукових експериментів.

Характеристики палива. Автомобільне паливо є носієм хімічної енергії, що забезпечує функціонування двигуна, що його спалює.

Основні властивості палива, що визначають його сорт, можливість використання у тому чи іншому типі АД, по суті залежать від хімічного складу палива та описуються такими характеристиками:

- наявність присадок у паливі;
- антидетонаційні властивості;
- густина;
- теплотворна здатність;
- випаровуваність.

Параметри цих характеристик нормуються міжнародними та державними стандартами. Особлива увага при цьому приділяється показникам палива, що впливають на безпеку довшілля. Наприклад, застосування етилованих бензинів на сучасних моделях двигунів заборонено, а антидетонаційні властивості неетилованих бензинів покращуються за рахунок неметалічних добавок, таких як метилбутилові ефіри та/або спиртові суміші.

Для ефективної роботи АД велике значення має відповідність палива тому стандартному типу, на який розрахований конкретний двигун. У перспективних СУД передбачається автоматичне визначення характеристик палива, що заливається в бак, з метою регулювання відповідних керованих параметрів, а на існуючих іноді застосовується октан-коректор.

Температура робочої суміші. Температура суміші – критично важливий параметр для режиму запуску переохолодженого двигуна, особливо у зимових умовах. Внаслідок нетривалості цього режиму, наслідки від впливу зазначеного фактора на роботу двигуна та його негативний вплив на середовище не такі великі. Тим не менш, правильний запуск має важливий, а іноді і вирішальний вплив на подальшу роботу двигуна. Тому, як нижче буде показано, регулюванню температури робочої суміші не необхідно приділяти належну увагу при розробці та експлуатації систем керування двигунів.

Наявність залишкових вихлопних газів у циліндрі. Додавання газів, що відпрацювали, в робочу суміш призводить до зниження температури згоряння паливно-повітряної суміші, що, у свою чергу, забезпечує зниження викидів оксидів азоту, що утворюються при підвищеній температурі горіння. На двигунах із змінними фазами клапанного розподілу теоретично можливе регулювання викидів NO_x за допомогою зміни внутрішньої рециркуляції відпрацьованих газів. Однак на сучасних автомобілях застосовується так звана «зовнішня»

рециркуляція відпрацьованих газів, по якій частина відпрацьованих газів за допомогою спеціального електромагнітного клапана розбавляє свіжу робочу суміш. Найвища ефективність систем рециркуляції газів, що відпрацювали (EGR) досягається на режимах часткових навантажень. Викиди оксидів азоту при цьому зменшуються майже 60%.

Встановлення моменту запалювання. Установка запалювання має найважливіше значення для правильного перебігу робочого процесу. Момент запалювання повинен бути обраний так, щоб тиск в циліндрі досяг максимуму через 12° повороту колінчастого валу після ВМТ. Якщо суміш підпалити раніше (раннє запалювання), то швидкість її згоряння стане занадто високою – суміш практично вибухне (це явище має назву детонації). Такий режим шкідливий для АД, його допускати не можна.

Навпаки, якщо суміш підпалити надто пізно (пізнє запалення), швидкість горіння буде низькою і тиск у циліндрі досягне максимуму надто пізно. У результаті отримаємо низьку потужність по великому оахсоле палива (див. рис. 4.2.).

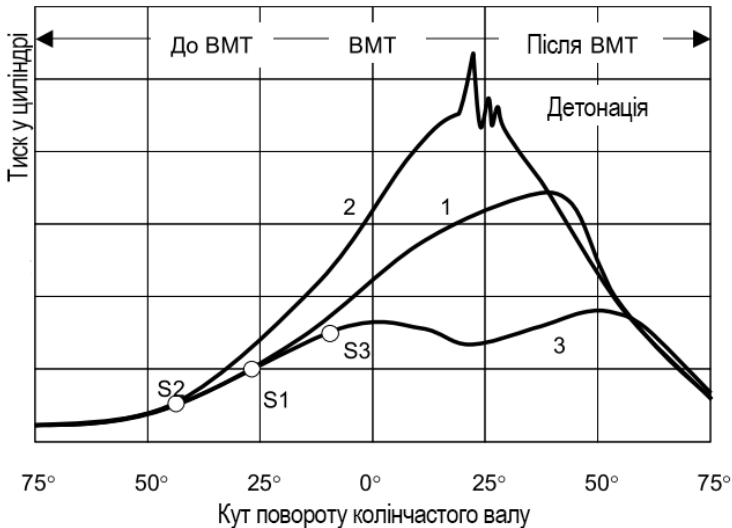


Рис. 4.2. Вплив моменту запалювання:

1. Правильна установка (запалювання у точці S1):
2. Раннє запалювання у точці S2:
3. Пізнє запалення у точці S3.

Поряд із співвідношенням повітря та палива найбільший вплив на емісію шкідливих речовин надає момент запалювання. При ранньому запалюванні збільшується як емісія HC, так і емісія NO₂. Емісія CO майже не залежить від моменту запалювання.

Витрата палива та емісія шкідливих речовин йдуть назустріч один одному. З підвищенням коефіцієнта надлишку повітря для компенсації невеликої швидкості згоряння має раніше відбуватися запалювання, щоб процес згоряння залишався оптимальним. Ранній момент запалювання означає меншу витрату палива та більший момент обертання.

Щоб знайти найбільш вигідний компроміс в залежності від кількості обертів і навантаження, потрібне складне регулювання моменту запалювання, яке задається виробником і реалізується в сучасних системах керування двигунами.

Якість приготування робочої суміші

Зрозуміло, що співвідношення повітря і палива дуже впливає на емісію шкідливих речовин і ККД двигуна.

У багатій області (брак повітря) емісія CO зменшується майже в лінійній залежності від збільшення λ (рис. 5.1). У бідній області (при надлишку повітря) вона дуже низька і майже залежить від λ . Поблизу $\lambda=1$ емісія CO залежить від рівномірного розподілу палива окремих циліндрах.

Точне узгодження підготовки суміші та її моменту її займання призвело до того, що викид окису вуглецю у сучасних двигунах різко скоротився. Сьогодні нормою є значення менше ніж 1,5% об'єму. Занадто велика частка CO завжди є ознакою надто багатой суміші, наприклад, через неправильну роботу паливно-емісійної системи.

Емісія HC поблизу $\lambda=1$ має мінімальне значення. У багатій області емісія HC зростає, тому що не всі вуглеводні можуть згоряти. Відсутній потрібний кисень. У бідній області згоряння відбувається оптимально. Температура камери згоряння знижується. Однак бідна суміш має більш тривале згоряння, внаслідок чого підвищується температура двигуна. При дуже бідних сумішах відбуваються пропуски при згорянні, через що підвищується емісія HC.

На абсолютну висоту емісії HC впливають регулювання або функція системи запалювання та стан механіки двигуна. Неправильна робота системи запалювання, несправні свічки запалювання, дефектні кабелі запалювання, тотальні пропуски запалювання, негерметична система всмоктування, негерметичність циліндрів або забруднені

клапани упорскування є причиною занадто великої кількості вуглеводнів, що не згоріли у вихлопному газі. Ще одна причина може полягати в занадто великій витраті масла. Вміст HC, разом зі змістом CO є важливою вимірною величиною для розширеної діагностики двигуна.

Емісія NO_x при $\lambda=1,05..1,1$ має своє максимальне значення і знижується як у багатій, і у бідній областях. Це пов'язано з температурою камери згорання, яка має максимальне значення навколо $\lambda = 1$ і знижується в обидві сторони.

Двоокис вуглецю (CO_2) з'являється при кожному згорянні вуглецю. При цьому йдеться про нешкідливий для здоров'я газ. Емісія CO_2 у автомобілів визначається безпосередньо витратою палива.

Кисень (O_2) з'являється у вихлопному газі при надлишку повітря, тобто при бідній суміші. При перевищенні значення $\lambda=1$ відбувається явне зростання змісту O_2 . Разом з максимальним значенням двоокису вуглецю вміст кисню є однозначним свідченням переходу з багатой області суміші в бідну.

Порядок виконання роботи:

1. Використовуючи теоретичні відомості, провести аналіз діагностичних та структурних параметрів системи запалювання.
2. Розглянути процес виникнення та властивості шкідливих речовин у відпрацьованих газах.
3. Провести аналіз факторів процесу згорання робочої суміші

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5

Тема: Функціональна схема комплексної СУД. Принципи функціонування СУД. (4 год)

Теоретичні відомості.

В даний час найбільшого поширення набули комплексні системи управління двигунами, тому надалі ми будемо приділяти їм основну увагу, а існуючі раніше системи управління розглядати як окремі випадки.

Системи керування двигунами автомобілів з іскровим займанням палива мають у своєму складі як мінімум дві підсистеми:

- систему керування складом паливної суміші, тобто. регулювання співвідношення повітря/паливо (паливно-емісійне);
- систему керування моментом запалювання.

Протягом усього попереднього періоду розвитку автомобілебудування ці дві системи розвивалися окремо одна від одної. Дослідження характеристик роботи двигуна разом із вимогами до складу вихлопних газів показують, що ці системи є залежними одна від одної. Наприклад, зміна складу паливної суміші повинна викликати зміну моменту запалювання для забезпечення максимальної ефективності двигуна (за вибраним критерієм).

Для поліпшення якості управління двигуном логічно використовувати один процесор (обчислювач або контролер), який може обробляти вхідні сигнали та виробляти сигнали, що управляють, для обох систем одночасно.

Сучасна концепція електронної СУД заснована на застосуванні єдиного блоку управління системою запалювання та паливно-емісійною, а також інших систем автомобіля: рульового управління, підресорювання, автоматичної коробки передач, включення та вимикання зчеплення, бортової діагностики та ін.

Кожна із систем, керованих контролером, також забезпечується системою захисту від непередбачуваних наслідків у разі відмови контролера.

Як зазначалося, для керування АД застосовуються так звані характеристичні карти. Їх отримують у процесі стендових випробувань ад при реалізації всього діапазону зовнішніх навантажень та вимірювання відгуку на них АД (у вигляді різних параметрів). Багатовимірні, отримані під час таких факторних експериментів, таблиці-карти заносять у пам'ять блоку управління відповідного АД.

Двовимірна таблиця-карта може бути представлена у вигляді тривимірного графіка (діаграми).

Карти надають основну інформацію щодо взаємозалежності характеристик АТ. Для отримання всебічних даних щодо якості СУД необхідно мати безліч карток. Приклад характеристичної карти подано на рис. 5.1.

Зазвичай у системах управління запалюванням та паливно-емісійній використовуються датчики одного й того самого типу.

Логічним наслідком цього факту є використання одного комп'ютера та одного набору датчиків для керування обома системами.

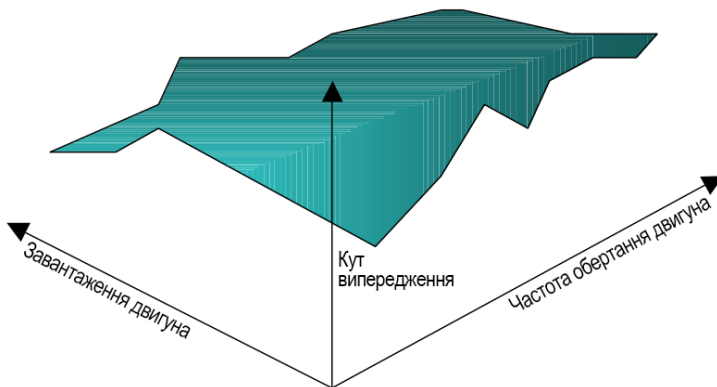


Рис. 5.1. Приклад характеристичної карти

Перш ніж перейти до вивчення системи управління двигуном, розглянемо роботу системи управління зі зворотним зв'язком.

Після того, як визначені характерні карти двигуна, вони зберігаються в постійній пам'яті (ROM) бортового комп'ютера СУД. Відповідно до цих даних здійснюється управління роботою двигуна на різних швидкостях обертання та коефіцієнтах завантаження двигуна. Однак подібне керування двигуном передбачає, що характеристики самого двигуна з часом не змінюються.

Насправді це не так, оскільки в процесі експлуатації зношуються поршні, направляючі втулки клапанів та інші деталі двигуна. Зрештою, ці процеси призводять до того, що, наприклад, потрібний вміст повітря в робочій суміші відрізнятиметься від того, що визначає мікропроцесор на основі даних, вимірних датчиками.

Ця ситуація є однією із наслідків використання системи управління без зворотного зв'язку, тобто системи, у якій не здійснюється контроль фактичних параметрів двигуна (його приємності чи складу вихлопних газів).

Аналогічно, початкове налаштування кута запалювання, в процесі експлуатації може призвести до виникнення детонації та поломки двигуна.

Усунення цих проблем досягається вимірюванням параметрів двигуна за допомогою датчиків, сигнали яких допомагають коригувати склад робочої суміші та момент запалювання.

Датчик детонації є елементом зворотного зв'язку та широко використовується у сучасних двигунах. За його допомогою відбувається зменшення кута випередження у разі детонації.

Аналогічно за допомогою лямбда-зонда оцінюється вміст кисню у вихлопних газах і сигнал передається мікропроцесору. У свою чергу, мікропроцесор проводить коригування співвідношення повітря/паливо таким чином, щоб параметр лямбда дорівнював 1,0.

Таким чином, датчик детонації і лямбда-зонд є складовими частинами системи керування двигуном із зворотним зв'язком і підтримують необхідні параметри двигуна з урахуванням його зносу протягом усього терміну експлуатації.

Розглянемо загальну схему, абстрактної СУД, що ілюструє принципи керування двигуном із системою упорскування палива, представлену на рисунку 6.1.

Підсистеми СУД.

Паливно-емісійна система (управління упорскуванням палива).

Основною змінною, на основі якої визначається маса палива, що подається на форсунки (форсунку), є маса повітря, що засмоктується у відповідний циліндр за робочий цикл (циклове наповнення).

Повітря надходить у впускний колектор двигуна через дросельну заслінку. Для визначення величини циклового наповнення G_n [кг] вимірюють витрату повітря в повітрязабірнику Q_n [кг/с] та частоту обертання колінчастого валу двигуна n [1/с]. Витрата повітря визначається за допомогою датчика-вимірника, встановленого перед дросельною заслінкою. Частота обертання колінчастого валу може бути визначена як за допомогою спеціальних датчиків обертів, так і за допомогою сигналів, які отримують від системи запалювання.

Розмір циклового заповнення $G_n = Q_n/n$ обчислюється у блоці управління. Останній виробляє сигнал напруги, тривалість якого Δt пропорційна цій величині, і подає його на керуючі обмотки паливних форсунок (інжекторів).

Паливна мережа, до якої підключені форсунки, знаходиться під тиском $P_{пр}$. Нехай його величина (а строго кажучи, перепад тисків між тиском в мережі та у впускному колекторі) підтримується постійною

за допомогою регулятора тиску. Ця обставина забезпечує точне визначення величини циклової подачі, пропорційної тривалості керуючого імпульсу Δt .

Робоча суміш повітря з паливом формується у впускних каналах та циліндрах.

Точно виміряна кількість палива розпилюється над впускним клапаном незалежно від того, відкритий він чи ні. Коли впускний клапан відкривається, паливо у вигляді хмари втягується в циліндр разом із повітрям.

У СУД при обчисленнях враховуються різні обставини, які можуть мати місце під час роботи двигуна під час пуску, на холостому ходу, на робочих і максимальних навантаженнях. При цьому відбувається облік температури двигуна, напруги акумулятора, температури повітря, яке надходить, кута повороту дросельної заслінки, які надходять в СУД з відповідних датчиків, встановлених в двигуні і спряжених з ним пристроях. Корекція керуючого параметра – величини часу відкриття паливної форсунки (а кінцевому підсумку – пропорції повітря/паливо) за введеними в такий спосіб даними здійснюється за допомогою характеристичних карт, занесених у пам'ять контролера.

Зворотний зв'язок за сигналами лямбда-зонда

З метою корекції складу суміші на сучасних автомобілях застосовують зворотний зв'язок за сигналами так званого лямбда-зонда, датчика залишкового кисню у відпрацьованих газах. Якщо склад суміші відхиляється від заданого значення, то у відпрацьованих газах склад кисню відрізняється від необхідного. Це розпізнає лямбда-зонд, встановлений у випускному колекторі. Відповідне значення напруги подається на систему управління підготовкою суміші (упорскування або електронно регульований карбюратор).

Система управління практично безінерційно коригує належним чином дозування палива. За відсутності кисню у відпрацьованому газі подана суміш вважається багатою, внаслідок цього система управління скорочує кількість впорскненого палива. Якщо зонд через деякий час визначає кисень у вихлопному газі, підвищується кількість впорскненого палива. Так суміш коливається між трохи багатою і бідною.

Таким чином, має місце управління в замкнутому контурі на противагу раніше розглянутому розімкнутому управлінню для підготовки суміші.

Спільно з управлінням по сигналах лямбда-зонда використовують нейтралізатори відпрацьованих газів, які дозволяють знизити емісію шкідливих речовин до значень, вказаних у відповідних законодавчих актах щодо вихлопних газів. У сфері регулювання лямбда всі три компоненти вихлопних газів - CO, HC і NO_x – оптимально низькі.

Система запалювання

Управління запалюванням базується на визначенні кута випередження запалювання у відповідність до інформації, що надходить від датчиків:

- швидкості та положення маховика двигуна;
- тиску та температури повітря у впускному колекторі;
- температури охолоджувальної рідини;
- положення дросельної заслінки;
- напруги в бортовій мережі.

У підсистемі запалювання використовуються карти, записані в постійну пам'ять мікропроцесора. У контролері на основі сигналів від датчиків та оптимізованих характеристичних карт подаються відповідні сигнали випередження запалення на певну обмотку котушки запалення.

Розглянемо докладніше сигнали, необхідні управління запалюванням.

Швидкість та положення маховика. Частота обертання колінчастого валу разом із навантаженням двигуна – основні параметри, що визначають кут випередження запалювання. Частоту обертання можна визначити, підрахувавши число зубів спеціального зубчастого колеса, спеціально закріпленого на валу, що проходить в одиницю часу повз спеціальний датчик. Положення колінчастого валу задає точку відліку кута випередження запалювання. За таку точку зазвичай приймають кут 90° до ВМТ циліндра №1. Це положення вводиться в комп'ютер за допомогою датчика, що реагує на спеціальну мітку (виступ або відсутність зуба) на зубчастому вінці маховика.

Тиск та температура повітря у впускному колекторі пов'язані з навантаженням двигуна. Для оцінки навантаження, як варіант, використовуються дані і про витрату повітря через впускний колектор, які можуть бути отримані безпосередньо з вимірювача

витрати повітря і побічно, за допомогою вимірювання кута повороту дросельної заслінки та температури повітря.

Температура охолоджуючої рідини вводиться як допоміжний параметр для корекції випередження запалення за частотою та навантаженням двигуна.

Сигнали **положень дросельної заслінки** (особливо крайніх) потрібні обчислювачу для переходу на спеціальні програми управління двигуном в режимах холостого ходу та повного навантаження. У деяких системах управління сигнал крайнього положення дросельної заслінки використовується для відсічення подачі палива зі збільшенням обертів двигуна понад допустимі.

Напруга в мережі є додатковим параметром. Якщо напруга відрізняється від еталонного, момент включення котушки запалювання зсувається вперед або назад для досягнення постійної потужності розряду.

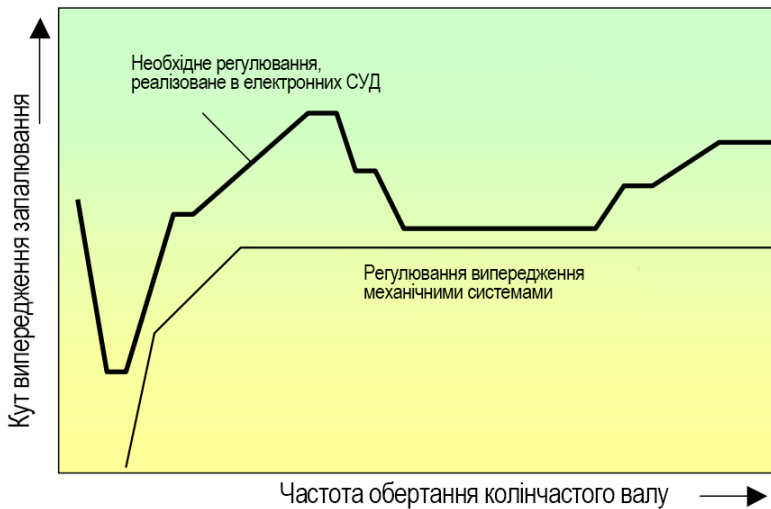


Рис. 5.2. Характеристика механічних регуляторів випередження запалювання

При виборі оптимального випередження для кожного режиму роботи двигуна береться до уваги безліч факторів таких як паливна економічність, запас по детонації, склад відпрацьованих газів, крутний момент, температура двигуна, тому не дивно, що графіки характеристичних карток мають не зовсім гладку форму. На рис. 5.2. представлена якісна ілюстрація, що дає уявлення про те, як

регулюється кут випередження механічними відцентровим регулятором і як його слід регулювати за допомогою електронних СУД.

Графік рисунку відображає залежність випередження лише від обертів двигуна. Щоб врахувати ще один параметр, потрібно побудувати тривимірний графік, всі точки якого утворюють поверхню. Якщо вибрати будь-яке поєднання параметрів, що управляють, на горизонтальній площині отримаємо точку. Перпендикуляр вгору з цієї точки до перетину з поверхнею графіка дає необхідне значення випередження запалення (див. рис. 5.1).

Якщо основу карти розбити на інтервали за керуючими параметрами та побудувати на цих інтервалах сітку, то для вузлів цієї сітки можна знайти відповідні значення випередження та записати їх у пам'ять бортового комп'ютера. Для задовільного керування необхідно зберігати в пам'яті від 1000 до 4000 таких значень.

Крім цього, потрібно доповнити карту інформацією про режими роботи двигуна на холостих обертах для їх підтримки та на максимальних обертах для їх обмеження.

Крім того, програмується режим повних навантажень таким чином, щоб двигун працював близько до межі початку детонації, але не переходив її.

Отримана від датчиків зазначених вище сигналів інформація служить мікропроцесору як вихідні дані для отримання необхідних сигналів управління випередженням за характеристичними картами.

Зворотний зв'язок з детонації

Як зазначалося наявність одних лише характеристичних карт недостатньо для оптимального управління роботою АД. Один із зворотних зв'язків, що охоплюють двигун як об'єкт управління – зв'язок по детонації.

Детонація виявляється за допомогою акселерометрів – спеціальних датчиків прискорення, встановлених на блоці циліндрів. У пам'яті контролера системи управління зберігаються значення середніх рівнів вібрації кожного циліндра, що характеризують його переддетонаційний стан. Ці рівні адаптуються до змінних умов роботи двигуна.

Якщо сигнал детонації від будь-якого циліндра перевершить встановлений йому пороговий рівень, контролер формує сигнал зменшення випередження запалювання саме у цьому конкретному

циліндрі деякий невеликий кут, наприклад, на 1,5-2 градуси. Потім, якщо детонації немає, з кожним циклом відбувається випередження запалення на малу величину значення, записаного в карті запалювання. Така процедура безперервно повторюється кожного циліндра у кожному циклі (див. рис. 5.3).

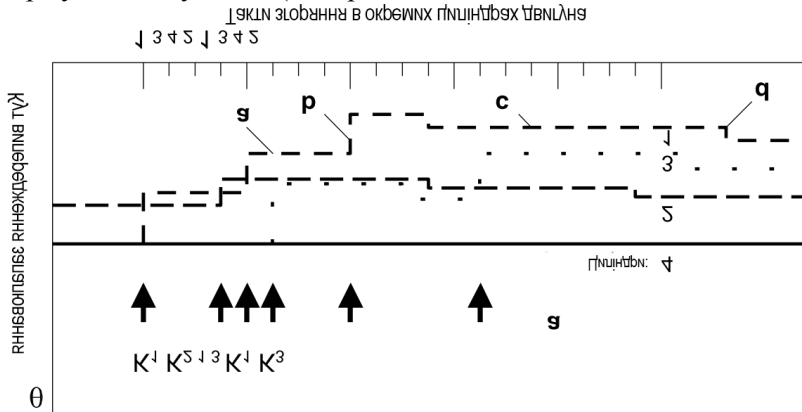


Рис. 5.3. Захист двигуна від детонації:

$K_{1...3}$ – детонація в циліндрах 1...3 (у циліндрі 4 детонація відсутня);

а – затримка перед усуненням кута випередження запалювання у бік запізнення;

б – запізнення запалювання;

с – затримка перед відновленням початкового моменту запалювання;

д – випередження запалювання.

В результаті кожен циліндр налаштовується індивідуально на роботу у режимі найбільшої ефективності, що досягається саме на межі детонації (див. рис. 5.4). Оскільки кожен циліндр має свою шумову характеристику, для 4-циліндрових двигунів буває достатньо одного датчика. На 6-циліндрових двигунах встановлюють два датчики.



Рис. 5.4. Підвищення потужності двигуна з управлінням по сигналу детонації

При виникненні несправності, наприклад, при відмові датчика або обриві дроту, система керування зменшує випередження до безпечного рівня та посилає сигнал про несправність на панель приладів водія.

Порядок виконання роботи:

1. Використовуючи теоретичні відомості, провести аналіз комплексних систем управління двигунами та їх підсистем.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6

Тема: Діагностування СУД із використанням сканерів. (4 год)

Теоретичні відомості.

Сканери є потужним засобом діагностики, що дозволяє отримувати велику кількість інформації про роботу СУД.

Загалом, роботу зі сканерами можна розбити на такі етапи:

1. Підключення приладу до діагностичного роз'єму автомобіля.
2. Вибір відповідної марки та моделі автомобіля у меню приладу.

3. Встановлення зв'язку приладу та ЄСІ автомобіля.

4. Визначення комплектації системи керування автомобіля.

5. Отримання інформації про стан систем автомобіля у всіх режимах, передбачених виробником автомобіля та можливостями сканера.

Оскільки в даний час існує велика кількість як програмних, так і апаратних сканерів, розглянемо один з них (апаратний) для того, щоб зрозуміти основні принципи діагностування СУД за їх допомогою.

Діагностування СУД з використанням апаратного сканера розглянемо з прикладу комплексного приладу **DNC PRO**.

Сканування/діагностування автомобілів, оснащених електронними блоками керування – основна функція DNC PRO. У цьому режимі, безпосередньо зв'язуючись з електронним блоком керування автомобіля, DNC PRO виконує:

- Читання кодів помилок;
- Відображення сигналів датчиків (Data Stream) як цифровому, так і у графічному вигляді;
- Відображення сигналів датчиків та рекомендації щодо усунення несправностей;
- Коректура сигналів, що управляють;
- Стирання кодів помилок;
- Запис інформації про роботу системи керування в режимі «Чорна скринька»

Підключення кабелів.

Для роботи приладу необхідно підключити живлення (через прикурювач або від акумулятора автомобіля).

Підключити до основного кабелю пристрою відповідний адаптер, а адаптер підключити до діагностичного роз'єму автомобіля (Рис. 6.1).

Під час роботи через роз'єм стандарту OBD-2 підключення живлення не потрібне, оскільки прилад отримуватиме живлення через цей роз'єм.

Місце знаходження діагностичного роз'єму може бути різним.



Рис. 6.1. Підключення сканера

Зазвичай він знаходиться під щитком приладу, іноді у інших місцях.

Після того, як його переведено в режим сканера на дисплеї з'явиться меню:

Select Scan Function

- 1.Generic OBD
- 2.Hyundai Motors
- 3.Daewoo Motors
- 4.KIA Motors

(картридж для корейських автомобілів) або меню:

Select Scan Function

- 1.Generic OBD
- 2.Toyota
- 3.Honda
- 4.Nissan
- 5.Mitsubishi
- 6.Mazda

(картридж для японських автомобілів)

Як ми бачимо в обох випадках є стандарт OBD, тому для роботи в цьому стандарті немає необхідності змінювати картридж.

Наприклад розглянемо роботу приладу з автомобілями корейського виробництва.

Вибір моделі автомобіля.

DNC PRO виводить на екран меню вибору виробника. Вибір здійснюється натисканням відповідного номера або 'ENTER'. після розміщення висвіченого рядка в потрібному місці за допомогою клавіш '↑' і '↓' (ця процедура вибору меню діє для всіх інших меню).

Select Vehicle Model
1.Hyundai Motors
2.Daewoo Motors
3.KIA Motors
4.Ssangyong Motors
5.Samsung Motors
6.Black Record
Load/Erase
7.PC Interface

Для кожної операції дисплей розділений на 3 нерівномірні вікна:

- Вікно заголовка: Вгорі – Відображає поточну функцію або операцію.
- Головне вікно: У середині – Відображає меню, результати сканування, дані та графіки.
- Вікно клавіш: Внизу – Відображає клавіші, що використовуються у поточній операції.

Залежно від вибору DCN складає список всіх моделей автомобілів даного виробника. .

Моделі автомобілів, які не показані на дисплеї, можна переглянути, натиснувши клавішу ↓

Select Vehicle Model
1.Excel 2.Scoupe 3.Elantra 4.Sonata 5.Grandeur 6.Galloper



Залежно від вибраного вибору буде наведено детальний список марок автомобілів.

У наведеному вище прикладі користувач вибирає Hyundai Excel DCN PRO показує список типів Hyundai Excel.

Select Vehicle Model
1.Excel 1.5 Sohc 2.Excel 1.5 Siemens

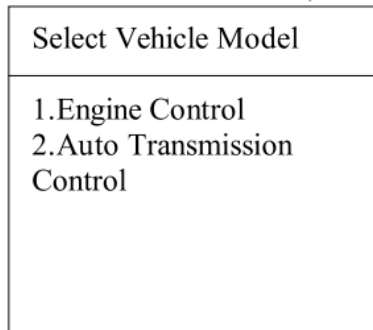


Потрібний розширений перелік, оскільки кожна модель автомобіля вимагає різні протоколи зв'язку з DCN PRO. Протоколи навіть для однієї моделі можуть бути різними в залежності від року випуску моделі.

Вибір підсистеми, що перевіряється.

Коли завершено процедуру вибору машини, з'являється меню вибору підсистеми, що контролюється ('Control System Selection').

DCN PRO чекає на команди користувача, яка система тестуватиметься.

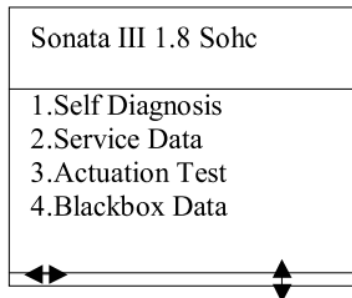


Коли вибрано систему, DCN PRO автоматично перевіряє, чи може він зв'язатися з ECU.

Вибір функції.

На екрані з'являться функції, які DCN може виконати для обраної системи автомобіля.

Цей приклад показує, що обрано «Розділ контролю двигуна» ('Engine Control Unit') SONATA III 1.8 (1996).



DCN PRO виконує такі функції з діагностики.

Опис цих функцій:

1. **Самодіагностика.** Виявлення та зчитування кодів помилок.

- зчитує коди помилок із ECU);
- відображає коди помилок;
- відображає на дисплеї контури відповідного датчика;
- пропонує посібник з усунення помилок;
- стирає код(и) помилок

2. Відображення сигналів датчиків та керуючих сигналів у реальному масштабі часу (**Data Stream**)

- одночасно відображає сигнали датчиків;
- показує стандартне значення кожного датчика

- малює графіки даних (лінії/точки)

3. Коригування керуючих сигналів

Тимчасово деактивує або активує виконавчі механізми такі, як форсунки, механізм холостого ходу та паливний насос під час тестування для того, щоб користувач міг оцінити стан кожного пристрою.

Деякі автомобілі не підтримують цю функцію. Виконавчі механізми бувають різними залежно від моделей автомобілів.

4. Чорний ящик.

Записує дані (current data, data stream, etc)' до 700 фрагментів до і після виявлення кодів помилок. Пізніше користувач може відновити записані дані для подальшого аналізу.

Розглянемо реалізацію цих функцій докладніше.

Зчитування кодів помилок.

Коли функція [1. Self Diagnosis] вибрана, DCN зчитує і показує на екрані всі коди помилок з ECU. Коли ви натиснете клавішу [1] функціонального меню, в залежності від умов тестування один з трьох наступних результатів з'явиться на екрані.

Self Diagnosis
No Trouble Code

Коди помилок не виявлено.

Self Diagnosis
13.A.T.S. 14.T.P.S. 21.W.T.S. (Circuit) 12.M.A.P.
Trouble Code: 4

Виявлені коди помилок

Self Diagnosis
Communication Error! Check Cable or Connector
Trouble Code: 0

Виявлено помилку зв'язку.

У разі помилки зв'язку перевірте таке:

1) Перевірте підключення кабелю між DCN PRO та автомобілем. Неправильне підключення з будь-якої сторони може викликати помилку зв'язку.

2) Перевірте, чи правильно ви вибрали модель автомобіля в меню.

3) Перевірте наявність вибраного пристрою.

4) Перевірте, чи увімкнено запалювання [ON].

5) Повторіть свої дії після натискання [RESET].

Натисніть [Esc], щоб повернутися до функціонального меню.

Електросхема пристрою

Для кодів помилок корейських автомобілів DCN PRO є електросхема датчиків і виконавчих пристроїв. Діаграма показує електричну схему приладу та його підключення до ECU (рис. 6.2).

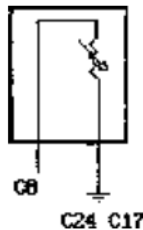


Рис. 6.2.

Ви можете перевірити схему, використовуючи функцію мультиметра DCN PRO. Алфавітно-цифрові символи на діаграмі показують кількість точок ECU.

13. Air Temperature Sensor

C8 [Signal]: 0-5 (Varies with Temperature When Key On) C17.C24 [Ground]: 0V (When Key On)

Якщо код помилки знайдено, на екрані з'явиться стандартне значення, коли ви натиснете [HELP]. Натисніть знову [HELP], щоб переглянути електричну схему [Circuit Diagram]. Якщо ви ще раз натиснете [HELP], на екрані з'явиться посібник з усунення помилок [Repair Guide].

При великій кількості кодів помилок можна вибирати між кодами помилок, використовуючи клавіші [↓] та [↑].

Діаграма деяких частин може бути занадто складною для розміщення на обмеженому просторі екрана. У цьому випадку буде показано тільки посібник з усунення [Repair Guide] без відображення електричної схеми [Circuit Diagram].

Відображення сигналів датчиків і керуючих сигналів в реальному масштабі часу (Data Stream)

Якщо вибрано [2. Service Data] у функціональному меню [Function Selection Menu], то DCN PRO відображає дані всіх датчиків сигналів передані ECU як показано на ілюстрації.

Service Data	
Oxygen Sensor	
58 mV	
Mass Air Press Sensor	946
mmHg	
Air Temperature Sensor	-
38 °C	
Throttle Position Sensor	
19 mV	
Step Motor	39.5%
Battery Voltage	
11.3 V	
Ignition Signal	
off	
Coolant Temp. Sensor	-
29 °C	
Engine RPM	0 rpm
Idle Switch	off
Power Steering Switch	
off	
1: Graph 2: Full Enter: Fix	

На екрані може відображатися до 11 датчиків сигналів. Щоб переглянути найбільшу кількість датчиків сигналів, просто прокрутіть вікно вгору або вниз, натиснувши клавіші [↑] та [↓].

Зупинка/заморозка даних по датчику

Функція [Sensor Freeze] поміщає дані вибраного датчика вгорі [головного] вікна таким чином, що користувач може перевіряти і порівнювати бажані результати безперервно без прокручування вгору-вниз. Ця функція була створена на численні прохання користувачів DCN.

Ця функція відрізняється від функції 'Freeze Frame Data' для OBD2 автомобілів.

1) КРОК ПЕРШИЙ

Виберіть потрібний датчик за допомогою клавіш [← →] та [↑↓].

2) КРОК ДРУГИЙ

Натисніть [ENTER], щоб заморозити вибраний датчик.

Тобто коли вибрано та заморожено датчик 02 та датчик MAP, показання датчика буде знаходитися вгорі екрана, як показано нижче (Рис 6.3).

SERVICE DATA	
OXYGEN SENSOR.....	58 mV
MASS AIR PRESS SENSOR...	946 mmHg
OXYGEN SENSOR.....	58 mV
[REDACTED]	
AIR TEMPERATURE SENSOR..	-38 °C
THROTTLE POSIT'N SENSOR..	19 mV
STEP MOTOR.....	39.5 Ω
BATTERY VOLTAGE.....	11.3 V
IGNITION SIGNAL.....	OFF
COOLANT TEMP. SENSOR....	-29 °C
ENGINE RPM.....	0 rpm
1: GRAPE 2: FULL ENTER : Fix	

Рис. 6.3. Показання датчика

3) КРОК ТРЕТІЙ

Одночасно може бути заморожено до 5 датчиків. Наприклад, якщо датчик часу упорскування, який висвічується внизу екрана, вибраний і заморожений, показання датчика часу впорскування будуть нижче показань датчиків 02 і MAP (Рис 6.4).

SERVICE DATA	
OXYGEN SENSOR.....	58 mV
MASS AIR PRESS SENSOR...	946 mmHg
INJECTION TIME.....	0.0 rS
ENGINE RPM.....	0 rpm
IDLE SWITCH.....	OFF
POWER STEERING SWITCH...	OFF
AIR CONDITIONER SWITCH...	OFF
GEAR SHIFTER.....	R/D2L
[REDACTED]	
ADVANCED SPARK ANGLE....	5 °
AIR CONDITIONER RELAY...	OFF
1: GRAPE 2: FULL ENTER : Fix	

Рис. 6.4. Показання датчика

Діаграма даних

DCN PRO виконує функцію [Data Graph] для ефективнішого аналізу результатів.

1) При натисканні [1] після висвічування потрібного датчика на екрані з'явиться діаграма даних (ілюстр. 2-18).

2) На екран можна вивести до 3 діаграм, вибираючи датчики так само, як і при процедурі [Sensor Freeze] - Натисніть [ENTER] після висвічування потрібного датчика, потім натисніть [1]. При виборі

більше 4 датчиків на екрані відобразатимуться діаграми трьох верхніх датчиків.

3) Для кожної діаграми даних на екран виводитимуться одночасно назва датчика та його поточні показання (Рис 6.5).

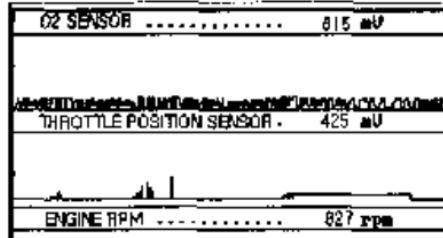


Рис. 6.5. Показання датчика

4) Щоб змінити датчик, поверніться в Service Data, натиснувши клавішу [Esc], і виберіть потрібний датчик.

5) Щоб зупинити вихід діаграми на екран, натисніть клавішу [ENTER]. Щоб поновити роботу, знову натисніть [ENTER].

Вимірювання параметрів керуючих сигналів

Функція зміни сигналів керування тимчасово активує або деактивує певний виконавчий механізм такий, як форсунка або механізм холостого ходу таким чином, що користувач може оцінити стан системи, спостерігаючи за реакцією на вмикання/вимикання пристрою. Деякі автомобілі старого випуску не підтримують цю функцію, яка може бути різною залежно від моделі автомобіля.

А. Вибір меню

1) Виберіть [3. ACTUATION TEST] у функціональному меню [Function Selection Menu].

2) Назва тестованого виконавчого механізму, метод та умови тестування показані на екрані. Але вони можуть відрізнятися залежно від автомобіля.

В. Початок тестування

1) Виберіть виконавчий механізм у меню за допомогою [↑] та [↓] (Рис 6.6).

2) Після виконання всіх умов натисніть [ENTER].

ACTUATION TEST	
ACTUATOR : #1 INJECTOR	
METHOD	STOP FOR 6 SECONDS
CONDITION	KEY ON, ENGINE RUN
ENTER: START TEST ↓ ; SELECT ITEM	

Рис. 6.6. Меню вибору виконавчого механізму

3) На екрані з'явиться повідомлення [TESTING...] під час вимірювання параметрів сигналів керування (Рис 6.7).

ACTUATION TEST	
ACTUATOR : #1 INJECTOR	
METHOD	STOP FOR 6 SECONDS
CONDITION	KEY ON, ENGINE RUN

Рис. 6.7. Меню вимірювання параметрів

Після завершення тестування на екрані з'явиться повідомлення [TEST COMPLETE] (Мал. 6.8). Ви можете вибрати інший виконавчий механізм, використовуючи клавіші [↑] та [↓]. Щоб завершити тестування, натисніть [Esc].

ACTUATION TEST	
ACTUATOR : #1 INJECTOR	
METHOD	STOP FOR 6 SECONDS
CONDITION	KEY ON, ENGINE RUN
TEST COMPLETE	
ENTER: START TEST ↓ ; SELECT ITEM	

Рис. 6.8. Меню повідомлення [TEST COMPLETE]

Чорний ящик.

Як і чорний ящик у літаку, він 'записує' дані автомобіля під час дорожніх випробувань таким чином, що записані дані можуть бути відновлені пізніше для глибокого аналізу умов роботи автомобіля.

Місткість.

Під час тестування фрагменти [Service Data] проходять на екрані дуже швидко, і їх не можна переглянути, поки дані не збережені. Завдяки розширеній пам'яті DCN PRO може записувати до 700 фрагментів Service Data для багатьох автомобілів.

Завантаживши записані дані, ви можете провести діагностику фрагментів даних датчику один за одним, не пропускаючи жодного критичного моменту.

Виберіть [#. Black Box Data] у функціональному меню [Function Selection Menu] (Рис 6.9).

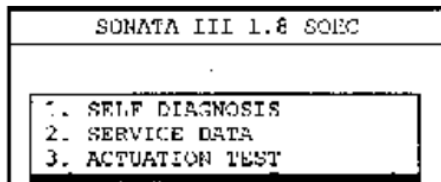


Рис 6.9. Меню [Function Selection Menu]

Запис даних

1) Натисніть [ENTER], щоб розпочати запис даних.

2) DCN PRO перевіряє наявність кодів помилок. Якщо коди помилок не виявлено, то він починає записувати 256 фрагментів безперервно. Це називається режим "до кодів помилок". Якщо з самого початку виявляються коди помилок, то DCN включає режим «після кодів помилок», і записує до 700 фрагментів даних.

3) Якщо код помилок виявляється в режимі "до кодів помилок", або при натисканні клавіші [ESC], то DCN PRO переходить до режиму "після кодів помилок", записуючи 444 фрагментів до раніше записаних 256 фрагментів режиму "до кодів помилок".

4) DCN записує до 700 фрагментів до та після кодів помилок. Коли кількість фрагментів досягає 700, він автоматично припиняє запис (Рис. 6.10).

BLACK BOX DATA	
MASS AIR PRESS. SENSOR..	546 mmHg
AIR TEMPERATURE SENSOR..	28 °C
THROTTLE POSIT'N SENSOR..	19 mV
STEP MOTOR.....	39.5 %
BATTERY VOLTAGE.....	12.3 V
IGNITION SIGNAL.....	OFF
COOLANT TEMP. SENSOR....	-29 °C
ENGINE RPM.....	0 rpm
IDLE SWITCH.....	OFF
BEFORE: 256 AFTER: 12 DTC NUM: 4	
ESC : STOP ENTER : SELECT	

Рис 6.10. Меню зупинки запису

Таким чином, в результаті проведених дій за допомогою сканера отримано велику кількість інформації про роботу систем керування автомобілем, яка використовується в подальшому для аналізу технічного стану та ухвалення рішення про подальші дії.

Однак, як зазначалося вище, ця інформація не є вичерпною і вимагає доповнення іншими засобами.

Порядок виконання роботи:

1. Використовуючи теоретичні відомості, провести аналіз роботи автомобільних сканерів.
2. Вивчити процес діагностування СУД за допомогою сканерів.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №7

Тема: Діагностування СУД із використанням мотор-тестерів. Аналіз осцилограм (2 год)

Теоретичні відомості.

Можливості застосування мотортестерів для діагностування СУД розглянемо на прикладі абстрактного приладу в якому реалізовані основні режими:

1. Аналізатор систем запалювання.
2. Осцилоскоп.
3. Мультиметр.

Розглянемо ці режими докладніше.

В результаті роботи аналізатора системи запалювання можуть бути отримані (залежно від можливостей приладу та конструктивних особливостей системи запалювання):

- осцилограма напруги первинного та вторинного ланцюга системи запалювання;
- гістограми пробивних напруг та часу горіння іскри;
- цифрові значення пробивної напруги та часу горіння іскри;
- інформація про вугілля замкнутого стану контактів та вугілля випередження запалювання.

Особливого значення має правильний аналіз результатів перевірки системи запалювання.

Розглянемо основні форми отриманих сигналів та його аналіз.

На малюнку 8.1 наведено осцилограми первинного та вторинного кола системи запалювання.

Аналіз осцилограм.

Аналіз осцилограм первинної та вторинної ланцюга системи запалювання включає оцінку взаємного впливу ланцюгів.

Осцилограми мають окремі ділянки, що відображають певні взаємодії, що мають місце у системі запалювання.

Осцилограми мають три основні ділянки.

Ділянки позначені на осцилограмах:

- ділянка горіння (Firing Section);
- ділянка згасання, перехідна ділянка (Intermediate Section)
- ділянка підготовки, накопичення енергії (Dwell Section)

Ділянки також пронумеровані (від 1 до 9), щоб ідентифікувати їх місце розташування на осцилограмі для подальшого опису дії системи запалювання.

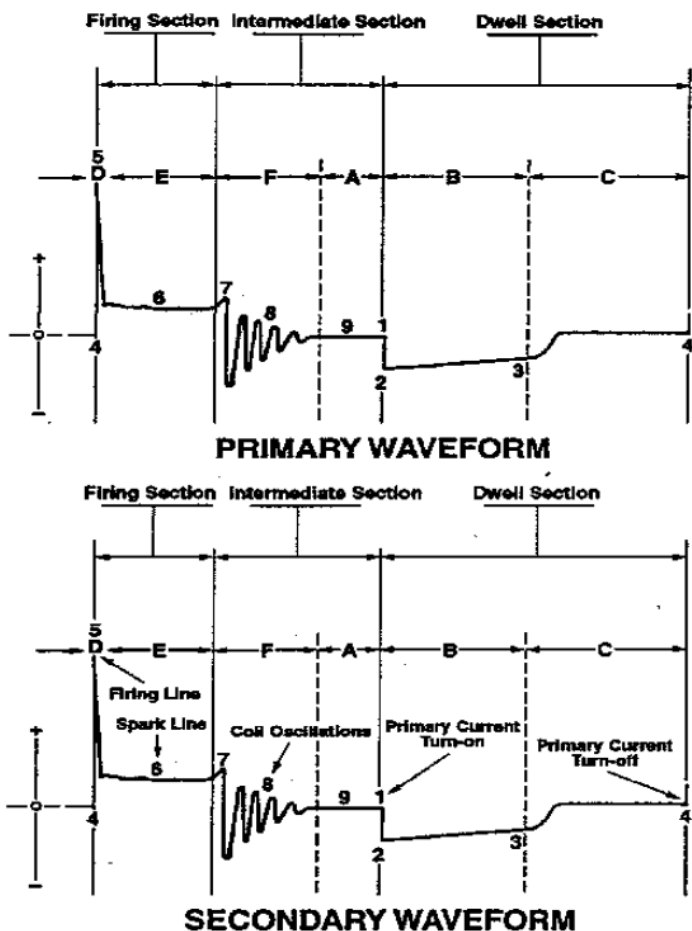


Рис. 7.1. Осцилограми первинного та вторинного ланцюга системи запалювання.

Опис осцилограм системи запалювання.

На рис. 7.1 графічно показані всі ділянки роботи системи запалювання як первинного, так і вторинного кола.

Осцилограми починаються ділянкою займання (4), проходять усі стадії роботи системи запалювання, і закінчуються з початком наступної ділянки займання (4).

Однак фактичний цикл займання для циліндра повинен розглядатися від моменту подачі живлення на котушку запалювання

Проміжна ділянка – А.

У точці 9 на осцилограмі струму первинного ланцюга немає. Струм не буде текти, поки модуль запалювання не отримає сигнал від повороту колінчастого валу.

Ділянки В та С.

Від точки 1 до точки 4 модуль запалювання подає напругу на первинну обмотку котушки запалювання, через яку починає протікати струм. Цей струм створює магнітне поле, що перетинає первинну та вторинну обмотки котушки. У точці 4. модуль вимикає струм у відповідь сигнал від генератора.

Фізичні властивості котушки визначають її опір раптовою зміною струму, так що потрібно деякий час для того, щоб струм досяг свого максимального рівня. Це позначено коливаннями після 2 точки на осцилограмі. У початковій стадії магнітне поле в котушці запалювання починає рости. Внаслідок цього зростання, напруга з протилежною полярністю та невеликою енергією виробляється у вторинній обмотці. Оскільки струм у первинній обмотці підходить до свого максимального значення, зростання магнітного поля уповільнюється. Це можна побачити поступовим ослабленням коливань (В). Первинний струм котушки досягає свого максимального рівня, званого "насиченість котушки" (С).

Деякі системи запалювання можуть включати обмеження максимального струму.

Електронне обмеження струму використовується, щоб запобігти надмірній поточній напрузі в транзисторі перемикачів в модулі запалювання.

Ділянки займання - D і E.

У точці 4 відбувається відключення струму від первинної обмотки котушки та магнітне поле, яке утворилося навколо первинних та вторинних обмоток котушки протягом підготовчого періоду швидко згортається. Відносний рух магнітних ліній уперек обмоток котушки генерує напругу, і в первинних, і у вторинних обмотках. В результаті виникає низька напруга в первинній обмотці та висока вторинна напруга для створення іскри. Висока, вироблена напруга називається вторинною напругою.

На момент іонізації (точка 5). напруга знижується негайно. Це зниження – емнісна частина дуги іскри, яка запалює повітряну/паливну суміш, щоб почати процес горіння.

Після іонізації, більшість енергії котушки, що залишається, витрачається на струм, що протікає між електродами свічки запалювання. Це – індуктивна частина дуги іскри. Візуально це виглядає як спалах, і ідентифіковано на осцилограмі як лінія горіння іскри (6). Лінія з'єднує проміжок досить низького рівня постійної напруги від 1кV до 4кV. Для залишкової енергії стає все більш важким підтримувати іскру. Коли напруга котушки зменшується до рівня напруги лінії горіння іскри, іскра гасне. Збільшений опір проявляється на осцилограмі як підвищення на лінії горіння іскри до точки 7. Лінія горіння іскри охоплює період між точками 5 та 7. Цей період згаданий як тривалість горіння іскри.

Напруга підтримки іскри змінюється. Це позначено "биттям" на лінії горіння іскри. Зміна – результат зміни опору повітряного проміжку між електродами свічки (тиск, температура, турбулентність і т.д.).

У багатій повітряно-паливній суміші є більша кількість газових молекул в камері згоряння, які дуже щільно упаковані. Так, коли іскра запалює деякі молекули, вони у свою чергу запалюють інші, і це продовжується, поки згоряння не закінчено.

Двигуни з упорскуванням палива розроблені, щоб працювати на біднішій повітряно-паливній суміші. Щільність газових молекул є більш розріджена, і це більш затруднено для молекул, щоб запалити одна одну. Іскра між електродами має бути підтримана для повного згоряння.

Проміжна ділянка – F

На проміжній ділянці (F) залишок енергії котушки займання розсіяно. Після того, як іскра згасла, від точки 3 до точки 5 йдуть коливання, що поступово зменшуються у формі хвилі (8). Це результат невикористаного струму, протікаючого спочатку в одному напрямку, а потім в іншому, через індуктивно-ємнісний ефект котушки і вторинних компонентів.

Опис осцилограми системи запалювання з механічним переривником.

Осцилограми первинної та вторинної напруги для систем запалювання з механічним переривником подібні до осцилограм електронних систем запалювання. Головна відмінність – те, що коливання з'являються лінії іскри (6) первинного кола. Це відбувається, тому що системи з механічним переривником мають

первинні обмотки котушки запалювання, безпосередньо пов'язані з вторинними обмотками, і конденсатор використовується в ланцюгу первинної обмотки системи, щоб знизити викликану напругу, яка коливається. На електронних системах, первинні обмотки безпосередньо не пов'язані з вторинними, і якщо конденсатор використовується, то для того, щоб зменшити радіоперешкоди.

Наступні моменти визначають важливі характеристики осцилограми системи запалювання з механічним переривником.

1. Точка 1 близько розташована на момент закінчення іскри і починається період накопичення енергії.

2. У точці 2, струм тече через первинну обмотку, створює магнітне поле котушці. Це проявляється на осцилограмі вторинної напруги як ряд коливань, що зменшуються (2).

Лінія 3 характеризує час або кут повороту колінчастого валу протягом якого контакти залишаються замкнутими. Це називається періодом накопичення енергії чи кутом замкнутого стану контактів (КЗСК).

У точці 4. преривник розмикає контакти і магнітне поле, створене струмом, що тече в первинній обмотці котушки, згортається, створюючи високу напругу у вторинній обмотці.

У точці 5, вторинна напруга долає опір у вторинному колі, включаючи повітряний зазор між електродами свічки, щоб зробити іскру, яка починає горіння.

Лінія 6 показує розряд між електродами свічки набагато нижчою, ніж початкової напруги, тому що зазор свічки більше не несприятливий опір. Дуга іскри підтримується постійному рівні напруги для тривалості світіння іскри.

У точці 7 енергія котушки більше не здатна підтримувати іскру між електродами свічки.

У точці 8 зменшення енергії, що залишається в котушці і конденсаторі позначено, зменшенням розмаху коливань.

У точці 9, енергія котушки та конденсатора розсіяні; струму в первинних чи вторинних ланцюгах немає.

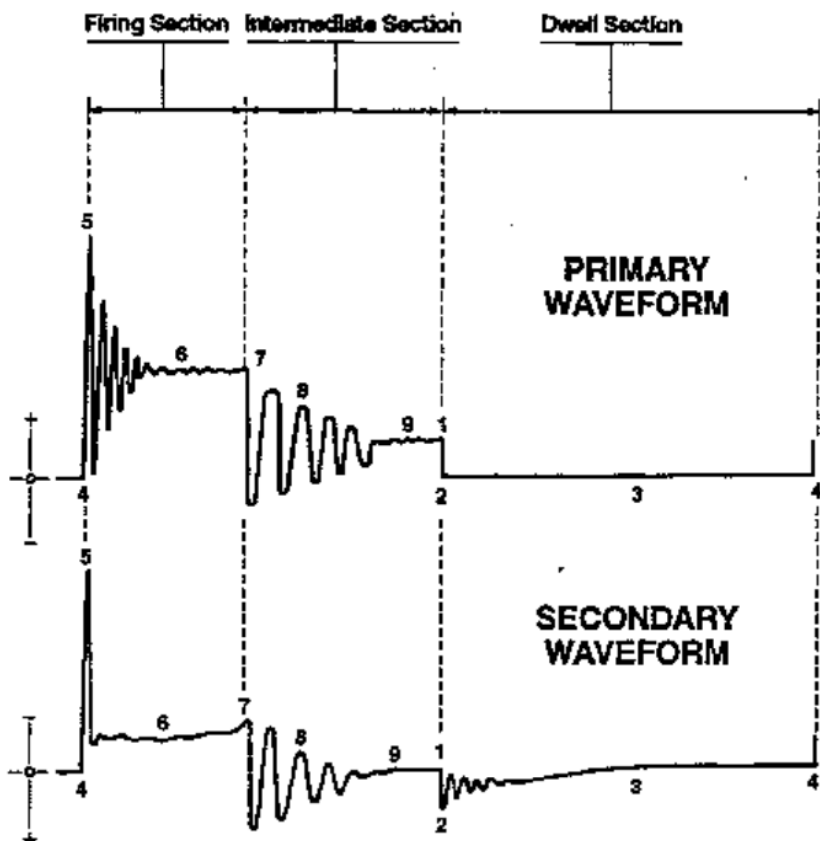


Рис. 7.2. Форми осцилограм системи запалювання з механічним переривником.

Цикл займання для одного циліндра закінчено, починається цикл для наступного циліндра у порядку запалювання.

Типові осцилограми дванадцяти електронних систем запалювання (Рис 7.3).

Ці зразки повинні використовуватись як загальна форма і не повинні розглядатися як точні уявлення.

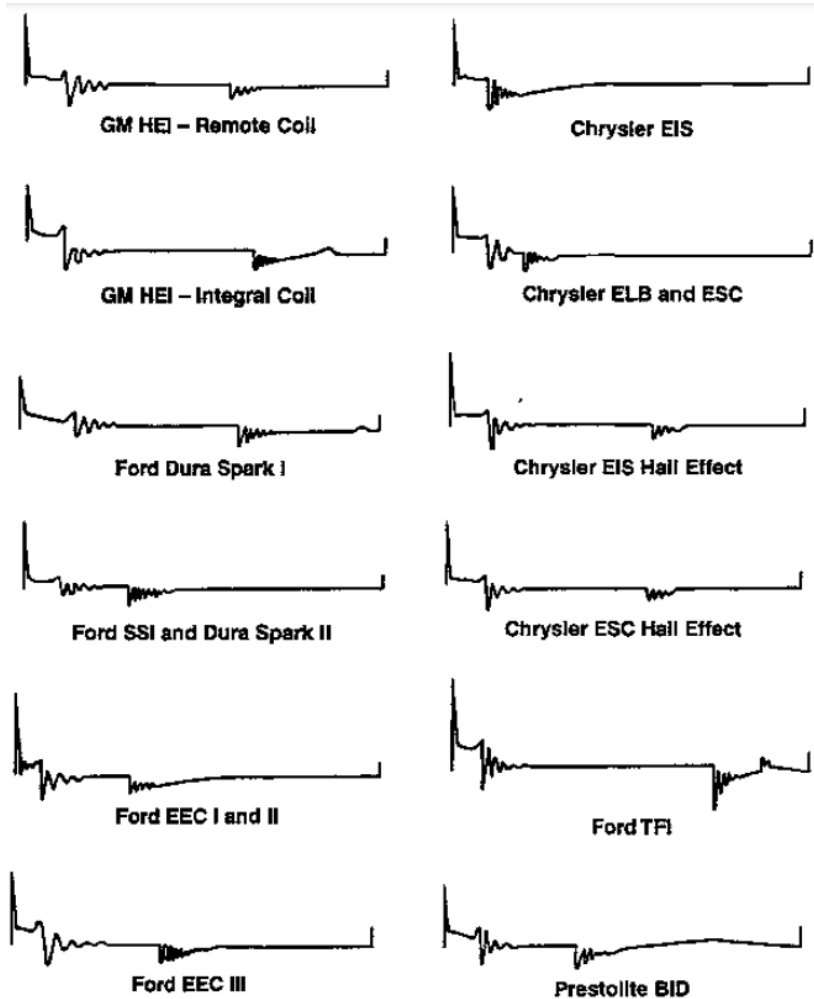


Рис 7.3. Типові осцилограми дванадцяти електронних систем запалювання

Порядок виконання роботи:

1. Використовуючи теоретичні відомості, провести аналіз роботи автомобільних мотор-тестерів.
2. Вивчити процес діагностування СУД за допомогою мотор-тестерів.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №8

Тема: Діагностування СУД із використанням мотор-тестерів.
Пошук несправностей (4 год)

Теоретичні відомості.

Для пошуку несправностей системи запалювання скористаємось осцилограмою, наведеною на рис. 8.1

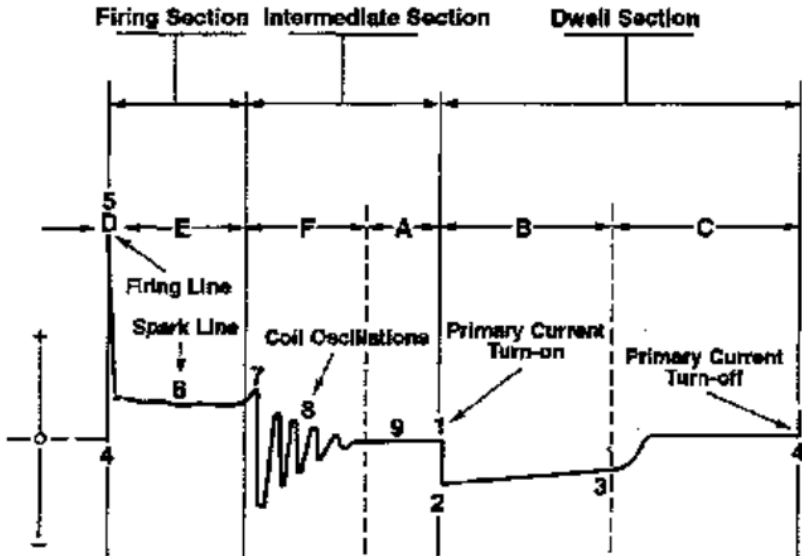


Рис 8.1 Приклад осцилограми вторинної напруги системи запалювання QM HEI.

Період накопичення енергії.

Первинний сигнал (Точка 1), повинен бути в тому самому місці для всіх циліндрів. Якщо це не так, то потрібно перевірити колесо сигнального механізму, вал розподільника та модуль керування системи запалювання.

Довжина періоду накопичення енергії (КЗСК) має бути постійною, відмінності не повинні перевищити 3° . Однак, на системах, які використовують електронне управління, період накопичення енергії (КЗСК) може змінюватися більше або менше ніж 3° .

Завжди потрібно звертатися до специфікацій виробника транспортного засобу. Надмірно великий період накопичення енергії (УЗСК) може бути викликаний зносом валу розподільника, кулачка переривника, контактів переривника.

При збільшенні частоти обертання колінчастого валу період накопичення енергії (КЗСК) може збільшуватися, залишатися постійним, або зменшуватися, залежно від проекту системи запалювання. Якщо період накопичення енергії (КЗСК) відповідає належним чином збільшенню частоти обертання колінчастого валу, це вказує на несправність управляючого модуля системи запалювання.



Рис 8.2 Первинний сигнал – надто рано.

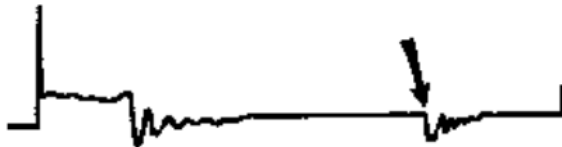


Рис 8.3 Первинний сигнал – надто пізно.

Коливання праворуч від точки 2 повинні зменшитися до повного згасання.

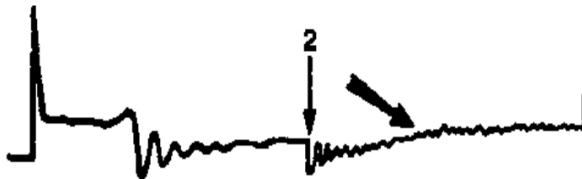


Рис 8.4 Порушено контакт заземлення котушки.

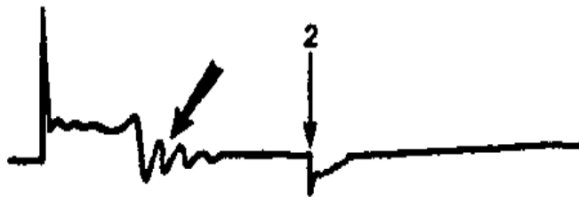


Рис 8.5 Дефектна котушка або зруйновані контакти переривника.



Рис 8.5 Хибний сигнал сигнального механізму первинного ланцюга системи запалювання.

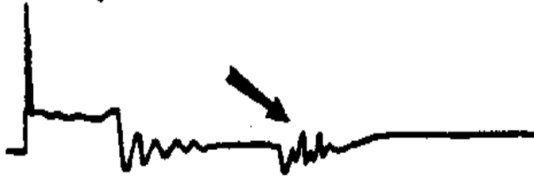


Рис 9.5 Сильне биття осцилограми – брудні або підгорілі контакти переривника, зношування кулачка переривника, або неправильне регулювання зазору контактів переривника. Занадто малий проміжок є причиною вібрації контактів при високих швидкостях обертання колінчастого валу, надмірно великий зазор викликає сильний удар контактів при замиканні.

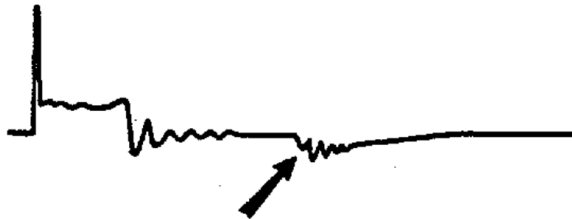


Рис 9.8 Підвищений опір у контактах переривника. Контакти мають надмірний опір, спричинений підгоранням. При хорошому контакті – перше відхилення на осцилограмі найбільше та супроводжується загасаючими. Якщо є високий опір контактів, перше відхилення може бути меншим за друге, після якого коливання зменшуються поступово.

Розрив ланцюга первинної обмотки (Точка 4), зазвичай призводить до різкого вертикального підвищення напруги у вторинній обмотці. Зверніть увагу на наступні три ілюстрації.



Рис. 9.9. Підгорілі або брудні контакти запобіжника, дефектний конденсатор на переривнику.



Рис. 9.10. Чи не вказує на збій. На електронних системах запалювання, в яких застосовується обмеження струму котушки запалювання, поява горба, або брижі напруги, у формі хвилі, можна зустріти на високих швидкостях обертання колінчастого валу.



Рис. 9.11. Несправний конденсатор або поганий контакт між конденсатором та переривником.

Ділянка горіння.

Рівень пікової напруги (Точка 5) повинен бути від 4 до 18 кV при постійній швидкості обертання колінчастого валу. На електронних системах різниця між найвищою і найнижчою піковою напругою повинна бути меншою ніж 50 % від найвищої напруги. На системах з механічним переривником, пікова напруга не повинна змінюватися більш ніж 3-4 кV.

Напруга горіння не повинна перевищувати 40% доступної напруги котушки.

На електронних системах запалювання, котушка запалювання вважається справною, якщо при швидкості обертання колінчастого валу 1500 об/хв вона може генерувати напругу мінімум 5 кV та підтримувати горіння іскри мінімум 0,85 мілісекунди.

На системах запалювання з механічним преривником випробування котушки поводять від'єднуючи від будь-якої свічки (крім одного циліндра) високовольтний провід.

Потрібно тримати провід далеко від корпусу двигуна і перевірити пікову напругу. Мінімум 20 кV розглядається адекватним більшості систем.

Лінія іскри, або тривалість горіння іскри (від точки 5 до 7), повинні бути рівними по довжині для всіх циліндрів.

Загальні керівні принципи оцінки ліній іскри:

- 0,8 мілісекунд або менше - занадто коротка;

- від 1,0 до 2,0 мілісекунди типова;
- більше ніж 2,4 мілісекунди надто довга.

Контрольні виміри повинні проводитися приблизно при 2000 об/хв.

На тривалість іскри впливають ті самі чинники, які дотичні до напруги гоніння. Якщо фактор має тенденцію збільшувати напругу горіння, це зменшить тривалість іскри; навпаки, якщо фактор має тенденцію зменшувати напругу горіння, це збільшуватиме тривалість іскри.

Напруга горіння має дорівнювати всім циліндрів (від 1 до 4 кV).

Таблиця напруги, що генерується при різних факторах.

ФАКТОР	Необхідна напруга	
Високий струм первинної обмотки	X	
Високий опір первинного ланцюга		X
Високий опір вторинного кола	X	
Розрив вторинного кола	X	
Низький опір у вторинному ланцюзі		X
Замикання на корпус вторинного ланцюга		X
Зазор свічки.		
А) Великий проміжок	X	
В) Малий проміжок, або відсутній.		X
С) Підгоряння електродів	X	
В) Гострий центральний електрод		X
Е) Занадто гаряча свічка		X
Р) Занадто холодна свічка	X	
Полярність центрального електрода свічки.		
А) Негативний		X
В) Позитивний	X	
Випередження запалювання.		
А) Пізніє	X	
В) Ранніє		X
Паливна суміш:		
А) Бідна	X	
В) Багата		X
Висока турбулентність у циліндрі	X	
Ступінь стиснення:		
А) Висока	X	
В) Низька		X

Спадаюча лінія гоніння іскри – напруга. Яка підтримує іскру зменшується протягом часу горіння іскри. Енергія іскри може "обтікати" на корпус через дефектні вузли вторинного ланцюга системи запалювання.

Зростаюча лінія горіння іскри – механічні проблеми поршневої групи двигуна. Дефектні кільця, поршні або клапани не забезпечують герметичність зі збільшенням тиску в камері згорання.

Надмірні коливання (мішанина) лінії іскри можуть бути викликані:

- 1) Спалений клапан (и);
- 2) Дефектна прокладка (ки) головки блоку циліндрів;
- 3) Зламана (порушена) пружина (ни) клапана;
- 4) Дефектний свічковий провід (и). кришка розподільника або бігунок;
- 5) Зношений або дефектний ковпачок свічки,
- 6) Зміна режимів роботи двигуна.
- 7) Високе розташування свічки у камері.
- 8) Робота двигуна під навантаженням

Деякі типові несправності, які можуть бути виявлені на ділянці горіння вторинної напруги осцилограми наведені нижче.

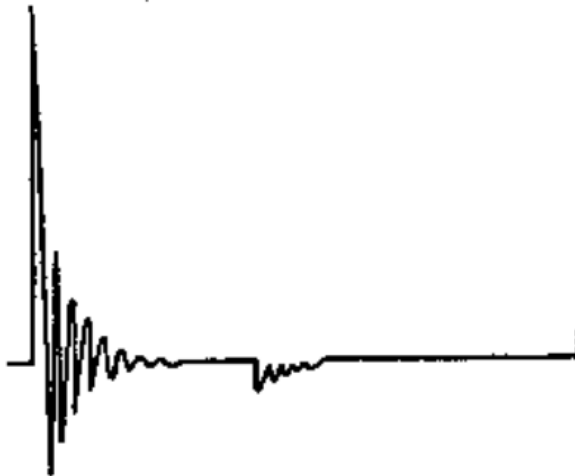


Рис 9.12 Вказує на розрив у вторинному ланцюзі.

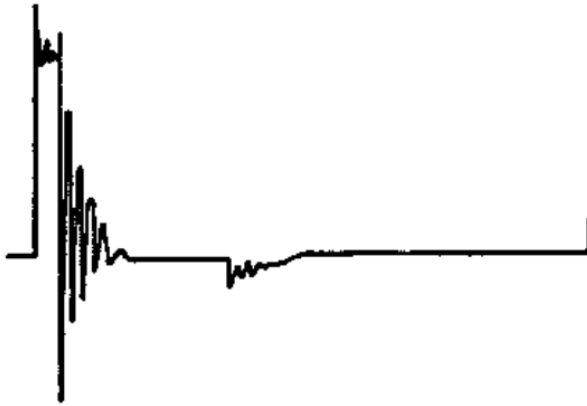


Рис 9.13 Вказує на дуже високий опір у вторинному ланцюзі.

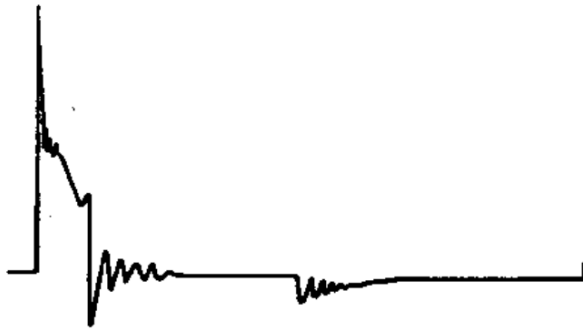


Рис 9.14 Вказує на високий опір у вторинному ланцюзі.



Рис 8.15 Вказує на високий опір свічкового ковпачка (нахил вниз лінія горіння позови і високо запобігання лінії запалювання позови).

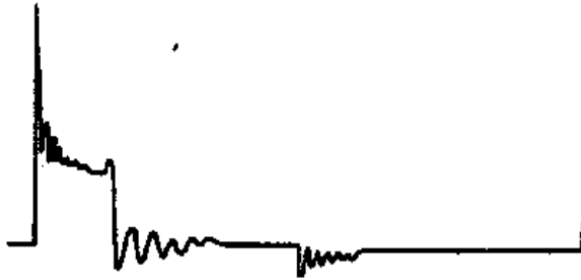


Рис 8.26 Вказує на високий опір вторинного ланцюга (лінія горіння іскри надто високо)



Рис 8.17 Вказує на надмірний опір вторинного ланцюга (високо лінія горіння іскри). Це може бути занадто великий зазор у контактах свічки, бідна паливна суміш, або підсмоктування повітря в циліндр. Якщо явище є на всіх циліндрах, то це може бути високий опір свічкових ковпачків або проводів.



Рис 8.18 Вказує, що іскра включає внутрішній опір (нагору спрямована лінія горіння іскри)

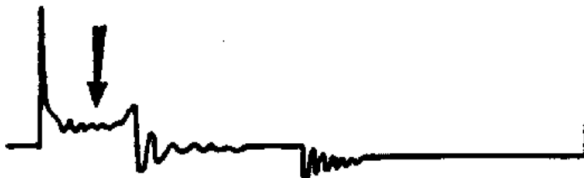


Рис 8.19 Вказує, що паливна суміш багата (лінія горіння іскри нижча і довша ніж нормальна)



Рис 8.20 Вказує на внутрішній опір (вгору нахилена лінія горіння позови) Це може бути викликано надто великим зазором між електродами свічок. Якщо це є на всіх циліндрах, причина може бути в надмірно бідній суміші.

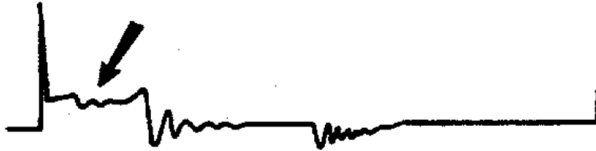


Рис 8.21 Вказує на гасну, а потім перестартову іскру. Це може траплятися, якщо забруднені контакти свічки, дуже низька компресія, повітряно/паливна суміш дуже бідна і т.д.



Рис 8.22 Вказує на несправність кришки розподільника запалювання.

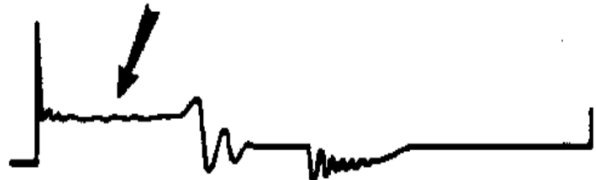


Рис 8.23 Вказує на забруднені контакти свічки запалювання, або надто малий зазор між ними.



Рис 8.24 Вказує на змінену полярність котушки. Це могло бути викликано неправильним підключенням або неправильним виготовленням котушки.

Проміжна ділянка.

Коли іскра гасне (Точка 7), це проявляється як пік у формі хвилі, що супроводжується гострим зниженням та рядом коливань, які зменшуються в горизонтальну лінію. Має бути мінімум три - п'ять коливань. Занадто мала кількість коливань вказують на внутрішню проблему котушки (котушка чи конденсатор переривника).

ЗВЕРНУТИ УВАГУ: Крайслер EIS (електронна система займання) ненормальність котушки не може бути визначена, досліджуючи форму хвилі, тому що включення живлення котушки починається негайно в кінці лінії горіння іскри.

Деякі типові несправності, які можуть бути виявлені на проміжній ділянці вторинної напруги осцилограми:

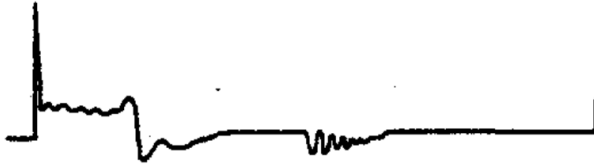


Рис 8.25 Частково замкнуті витки котушки чи несправний конденсатор.

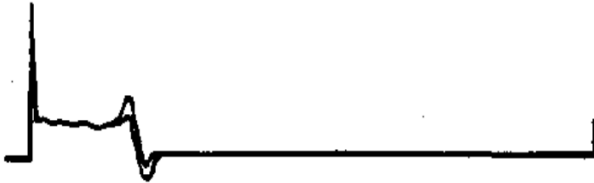


Рис 8.26 Розімкнутий ланцюг живлення первинної обмотки котушки (зверніть увагу, що немає ніяких коливань при включенні)

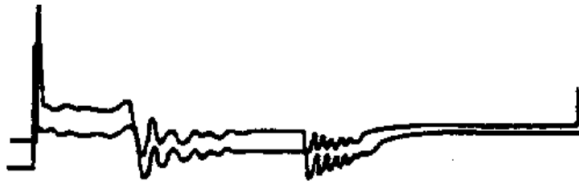


Рис 8.27 Нестійка напруга у вторинній обмотці котушки, знижений опір ізоляції у вторинній обмотці.

Методи систематичного аналізу.

Якщо проблема загальна для одного або більше, але не для всіх циліндрів, потрібно перевірити свічкові ковпачки, високовольні дроти і кришку розподільника запалювання.

Якщо проблема загальна для всіх циліндрів, потрібно перевірити катушку, первинного кола запалювання, бігунок і центральний контакт кришки розподільника.

ПОПЕРЕДЖЕННЯ

Якщо транспортний засіб обладнано електронною системою запалювання, не рекомендується роз'єднувати проводи свічок на працюючому двигуні.

На транспортних засобах, обладнаних каталітичним каталізатором, не допускати роботу двигуна більше 10 секунд з відключеним циліндром, щоб уникнути пошкодження каталізатора.

Порядок виконання роботи:

1. Використовуючи теоретичні відомості, вивчити процес пошуку несправностей СУД за допомогою мотор-тестерів.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 9

Тема: Діагностування СУД із використанням газоаналізаторів. (2 год)

Теоретичні відомості

Газоаналізатор є необхідним компонентом діагностичного комплексу, оскільки тільки з його допомогою можна робити висновки про відповідність вихідних параметрів роботи двигуна встановленим нормам.

Перед початком роботи необхідно переконатися, що система відведення відпрацьованих газів автомобіля на всьому протязі герметична, інакше до показань приладу буде внесено спотворення за рахунок підсмоктування повітря з атмосфери.

На деяких автомобілях встановлені спеціальні забірники на вихлопному колекторі для відбору проб відпрацьованих газів. У такому разі доцільно підключати газоаналізатор до них, тому що в цьому випадку на показання приладу не впливатиме робота каталітичного нейтралізатора. Якщо таких парканів немає, тоді відбір проводиться з вихлопної труби.

Виділення незгорілих вуглеводнів (НС).

Кількість вуглеводнів НС у вихлопних газах характеризує повноту згорання паливо-повітряної суміші.

При усуненні основних проблем, пов'язаних із підвищеним вмістом НС, досягається максимальна економія та кращі експлуатаційні якості.

Зменшення складу вуглеводнів (НС) є можливим за допомогою:

- правильного згорання палива в камері згорання, що залежить також від форми самої камери;
- правильного регулювання запалення;
- догорання під час вихлопу (за допомогою каталітичного нейтралізатора).

Велика кількість вуглеводнів (НС) викидається автомобілем через:

- вентиляційне відведення паливного бака;
- витікання з камери поплавця карбюратора;
- системи фільтрації повітря;
- картер двигуна.

Очевидно, що за підтримки постійного контролю над цими механізмами гарантується правильний випуск відпрацьованих газів. Крім того, за допомогою екологічних пристроїв пари вуглеводнів (НС) вихідні з паливного бака і камери поплавця карбюратора збираються в допоміжному бачку з активованим вугіллям (адсорбері) і, разом з парами з картера двигуна, знову направляються в систему живлення.

Аналіз НС під час діагностики.

Що стосується вимірювання кількості вуглеводнів, що не згоріли (НС), застосовується одиниця в "частинах на мільйон" (р.р.т.). яка дозволяє більш ясно уявити відсоток концентрації речовини. Приблизним співвідношенням між р.р.т. НС та процентним змістом НС Р є наступне:

- якщо не згоряє 0,1% суміші, утворюється близько 20 р.р.т. НС
- якщо не згоряє 1% суміші, утворюється близько 200 р.р.т. НС

Розумна концентрація вуглеводнів (НС) у реальних умовах дорівнює від, мінімум, **5 р.р.т.** до **500 р.р.т.**

Типові значення НС:

Карбюраторний двигун старої конструкції – 300 р.р.т.;

Карбюраторний двигун нової конструкції – 200 р.р.т.;

Двигун із системою упорскування старої конструкції – 200 р.р.т.;

Двигун із системою упорскування нової конструкції – 100 р.р.т.;

Двигун із системою упорскування нової конструкції з нейтралізатором – 60-100 р.р.т.;

Потрібно звернутися до характеристик, наведених виробником конкретного автомобіля. Високий вміст НС часто викликано проблемами в системі запалювання: через якийсь дефект запалювання виробляється слабка іскра, не збігається з тактом у часі і є занадто короткою за тривалістю. В результаті з'являється велика кількість речовин, що не згоріли (НС), що потрапляють у вихлопну трубу. А також неправильно відрегульована суміш, занадто "багата" або "бідна" може викликати підвищення кількості вуглеводнів, що виділяються (НС). Для простоти викладу наводиться короткий перелік типових проблем, через які утворюється надмірна кількість вуглеводнів (НС):

Проблеми в запалюванні:

- неправильна напруга на виході вторинної обмотки котушки запалювання, висока напруга на розподільнику або дефект кабелів запалювання;

- не відрегульовано зазор між електродами свічок, свічки забруднені, зношені;

- занадто великий кут випередження запалювання.

Проблеми у складі робочої суміші:

- нестехіометричне співвідношення паливної суміші (якщо суміш занадто "багата", то для повного окислення буде недостатньо вільного кисню O_2 і вуглеводні, що не беруть участь у реакції, потраплять у вихлопні гази, якщо ж суміш занадто "бідна" будуть виникати пропуски займання суміші і незгоріле паливо буде причиною підвищеного вмісту НС);

- попадання додаткового повітря у впускний колектор;

- несправність системи уловлювання парів палива;

- несправність у форсунках, що викликає "капання" (а не розпилення суміші), низька якість розпилу палива форсунками і, внаслідок цього неоднорідність паливо - повітряної суміші в циліндрах;

- суттєві відмінності поточної пропускної здатності форсунок окремих циліндрів (понад 20% від середньої між ними) через що система управління не може підібрати час упорскування, що забезпечує прийнятну точність дозування для всіх циліндрів;

- занадто великий час упорскування;

- негерметичність пускової або робочих форсунок;

- несправності в роботі термочасового реле, датчиків температури охолоджувальної рідини або температури повітря, що всмоктується;
- неправильний тиск палива.

Проблеми в двигуні:

- неправильно відрегульовані клапани або фази газорозподілу;
- двигун споживає занадто багато оливи через спрацювання маслосніжних кілець або ущільнень клапанів;
- низька компресія двигуна, проблеми в поршневій або негерметичності клапанів;

Фактично переважаючою причиною є проблеми в системі запалювання.

Виділення окису вуглецю (СО).

Ця ситуація створюється тоді, коли горюча суміш є "багатою", викликаючи тим самим надмірну витрату палива. Концентрація СО досягає свого апогею в циліндрі під час горіння; під час наступного такту розширення частина цього газу окислюється і перетворюється на CO_2 (вуглекислий газ). За наявності "бідної" суміші концентрація СО у вихлопних газах обумовлена насамперед неоднорідним розподілом суміші та зміною її складу залежно від циклу згоряння. На відміну від СН, СО утворюється тільки в результаті згоряння. Наприклад, відсутність запалювання викличе підвищення вмісту СН, але оскільки не було згоряння, СО у вихлопних газах не буде. Навпаки, багата суміш є причиною підвищеного вмісту СО та СН одночасно: високий вміст СО – через нестачу кисню під час згоряння, високий вміст СН через неповне згоряння палива та його викид у вихлопну систему.

Аналіз СО під час діагностики.

Концентрація СО вимірюється у відсотках виділених газів. У автомобілях сучасного виробництва даний відсотковий склад, як правило, знаходиться в межах від 0,5% до 2,5%. Двигуни, оснащені каталітичним конвертером (каталізатором) мають досить низькі величини виділень, близько 0,1%.

Високий рівень СО обумовлений, головним чином, занадто "багатим" співвідношенням повітря до бензину в горючій суміші. Даний недолік, пов'язаний зі складом горючої суміші, породжує часткове окислення, утворюючи при цьому СО замість CO_2 (горіння є

бурхливим окисненням, отже, визначальним для даного процесу є кількість кисню).

Ще одним наслідком надлишку палива в робочій суміші є надлишкове утворення вуглецевих залишків (відкладення), що облягають на клапанах, робочій камері, на поршнях і на свічках. Дані відкладення викликають явища samozапалювання (детонацію) та руйнування двигуна.

Для простоти викладу наводиться короткий перелік типових проблем, через які утворюється надмірна кількість СО:

Проблеми в робочій суміші:

- відрегульовано низький режим холостих обертів;
- несправний насос-прискорювач карбюратора;
- несправна пускова система або система збагачення під час прогріву;
- ослабли паливні жиклери карбюратора;
- занадто високий тиск палива – несправність регулятора системного тиску чи непрохідність магістралі повернення палива до баку;
- занадто великий час упорскування або низький керуючий тиск внаслідок несправних датчиків витрати повітря, температури, абсолютного тиску, а також регулятора керуючого тиску та електрогідравлічного регулятора; зниження тиску початку відкриття механічних форсунок;

- несправність петлі зворотного зв'язку сигналом лямбда - зонда;
- погано відрегульований рівень палива в камері поплавця.

Проблеми, пов'язані з постачанням повітря:

- забитий повітряний фільтр;
- забиті повітряні жиклери карбюратора.

Проблеми, пов'язані з двигуном:

- неправильне регулювання клапанів.

Фактично, переважаючою причиною є надто багата робоча суміш, проблеми якої наведені вище.

Слід пам'ятати, що, як і для СН, вміст у вихлопних газах знижується каталітичним нейтралізатором.

Вуглекислий газ СО₂.

Це чудовий індикатор ефективності згорання. Якщо вміст вуглекислого газу у вихлопі досягає максимальної величини, це означає, що двигун працює з найбільшою ефективністю, незалежно

від того, чи обладнаний двигун каталізатором чи ні. Зазвичай вміст CO_2 у вихлопних газах має бути 12-15%.

Причини низького вмісту CO_2 :

- неправильне регулювання суміші;
- неправильне регулювання кута випередження запалювання;
- забруднення повітряного фільтра;
- негерметичність вихлопної системи;
- порушення фаз газорозподілу;
- зниження компресії.

Виділення кисню (O_2).

Кисень є головним елементом для будь-якої суміші і є в атмосфері в концентрації близько 20,78%.

Вимірювання відсоткового вмісту кисню, присутнього у суміші вихлопних газів, здійснюється за допомогою використання електрохімічного датчика. Вимірювання виконується також у об'ємному відсотку (% vol.). Датчик подає напругу, пропорційну вмісту кисню, що є присутнім у горючій суміші. За оптимальних умов роботи двигуна відсоток кисню, що є присутнім у вихлопних газах, повинен бути нижчим за 2%.

Аналіз O_2 під час діагностики.

Кількість кисню, виміряного у вихлопних газах, може вказувати на кількість робочої суміші в камері згоряння у разі, якщо відбулося повне згоряння кисню.

Причинами високого вмісту O_2 у вихлопних газах є:

- занадто висока концентрація незгорілих вуглеводнів (НС) (за наявності незгорілого палива у вихлопній трубі) означає наявність великої кількості окислювача O_2);
- витікання у системі подачі повітря;
- витікання у системі випуску газів;
- витоку в зонді для контролю вихлопних газів;
- витоку в корпусі повітряного фільтра;
- надто "бідна" робоча суміш в одному або декількох циліндрах.

Високий вміст O_2 обумовлено в основному дефектами герметичності, що негативно впливають на параметри робочої суміші. Відсоток кисню, наявного у суміші, збільшується у разі наявності дефектів у системі запалення, якогось із циліндрів (пропуски запалення).

Довідкова таблиця тлумачення показів газоаналізатора

Гази	Холості оберти	1000 об/хв	2500 об/хв	Зауваження	Типові дефекти	Інші признаки
СО	підвищ.	підвищ.	підвищ.	підвищений на всіх обертах	- багата суміш - ослабло кріпл. кришки карбюратора	- чорний дим із вихлопної труби - підвищена витрата
СН	норма	норма	норма	біля норми	- забитий повітряний фільтр	
СО ₂	низький	низький	низький	постійно низький	- несправний стартер	
О ₂	норма	норма	норма	постійно норми	- несправний карбюратор - високий рівень палива в карбюраторі	
СО	підвищ.	підвищ.	норма	підвищений на низьких обертах	- багата суміш	- чорний дим із вихлопної труби - підвищена витрата - нестійкі холості оберти
СН	підвищ.	норма	норма	підвищений на низьких	- погано відрегульований карбюратор	
СО ₂	низький	норма	норма	низький на холостих	- проблеми жиклера холостих обертів	
О ₂	норма	норма	норма	постійно на холостих		
СО	підвищ.	норма	норма	підвищений на холостих	- багата суміш	- підвищена витрата - нестійкі холості оберти
СН	норма	норма	норма	біля норми	- погано відрегульовані холости оберти,	
СО ₂	низький	норма	норма	низький на холостих	- ослаблений жиклер холостого ходу	
О ₂	норма	норма	норма	постійно на холостих		
СО	низький	норма	норма	низький на холостих	- бідна суміш	- нестійкі холості оберти - недостатня ємність повернення полум'я
СН	підвищ.	норма	норма	підвищений на холостих	- погано відрегульований карбюратор.	
СО ₂	низький	норма	норма	низький на холостих	- попадання додаткового повітря	
О ₂	високий	норма	норма	високий на холостих		
СО	норма	норма	норма	біля норми	- дефект запалення	- підвищена витрата - нестійкі холості оберти - втрати потужності
СН	підвищ.	підвищ.	підвищ.	постійно підвищ.	- дефект контактів / не відрегульовані	
СО ₂	низький	низький	низький	низький на холостих	- порвані кабелі високої напр.	
О ₂	високий	високий	високий	постійно високий	- несправні / не відрегульовані свічки - несправний конденсатор	

					- перепутані проводи свічок - тріщина в кришці трамблера - з анадто великий кут випередження	
СО	норма	норма	норма	біля норми	- втрати компресії, витрата олії.	низька компресія
СН	підвищ.	підвищ.	підвищ.	підвищ. на холостих	- Несправні клапани	
СО₂	низький	низький	норма	низький на холостих	- Знос поршневий - Знос циліндрів	
О₂	високий	високий	норма	високий на холостих	- Підсмоктування повітря у впускному колекторі	
СО	норма	норма	норма	біля норми	- дефект запалення	- підвищена витрата - втрати потужності
СН	норма	норма	підвищ.	підвищ. на холостих	- підвищено кут відцентрового регулятора	
СО₂	норма	норма	низький		випередження запалення	
О₂	норма	норма	норма		- підвищено кут вакуумного коректора випередження запалювання - неспр. у запалюв. на високих обертах - малий зазор між електр. свічок - несправна котушка запалювання	

Перевірка каталітичного каталізатора за допомогою газоаналізатора, якщо немає можливості порівняти склад вихлопних газів до і після нейтралізатора.

У правильно відрегульованого двигуна з каталітичним нейтралізатором вихлопних газів вміст О₂ приблизно дорівнює вмісту СО. Якщо вміст О₂ перевищує вміст СО і вміст СО вище 0,5%, то каталітичний нейтралізатор несправний.

Порядок виконання роботи:

1. Використовуючи теоретичні відомості, провести аналіз роботи автомобільних газоаналізаторів.
2. Вивчити процес діагностування СУД за допомогою газоаналізаторів.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 10

Тема: Метрологічна оцінка результатів повірки вимірювальних систем діагностичного обладнання. (2 год)

Теоретичні відомості

Загальні положення. Вимірювальні системи діагностичного обладнання.

Періодична атестація діагностичного устаткування, зокрема тягово-гальмівних стендів, одна із основних способів підтримки на заданому рівні точнісних характеристик цього устаткування умовах експлуатації.

Тягово-гальмівний стенд із біговими барабанами має нестандартизовану вимірювальну систему, за допомогою якої реєструються значення діагностичних параметрів. Перевірка нестандартизованих вимірювальних систем повинна проводитись один раз на три роки за розробленою методикою метрологічної атестації. За позитивних результатів метрологічної повірки органи Держстандарту видають акт акредитації.

Вимірювальна система (ВС) стенду варту вимірювання наступних діагностичних параметрів (табл.9.1).

Таблиця 10.1. Діагностичні параметри

Найменування параметру	Межа основної* похибки, що допускається, не більше
1. Лінійна швидкість на колі барабанів, км/год	$\pm 1,5$ км/год
2. Тягове зусилля на провідних колесах, Н	$\pm 2,0$ %
3. Потужність на провідних колесах, кВт	$\pm 3,0$ %
4. Витрати палива, л/ 100 км, л/год або г/кВт-год	$\pm 2,0$ %
5. Опір обертанню коліс та трансмісії, Н	$\pm 2,0$ %
6. Час та шлях розгону, с	$\pm 1,0$ %
7. Зусилля натискання на гальмівну педаль, Н	$\pm 4,0$ %
8. Усталене сповільнення, м/с ²	$\pm 4,0$ %
9. Час спрацьовування гальм, с	$\pm 0,01$ с
10. Гальмівний шлях, м	$\pm 5,0$ %

* Основна похибка - це похибка засобів вимірювань, які

використовуються в нормальних умовах (температура навколишнього середовища - 20 ± 5 °С; атмосферний тиск - 100 ± 4 кПа; відносна вологість повітря - $65 \pm 15\%$; відсутність зовнішніх електромагнітних полів)

ВС працює у двох режимах: режим «РОЗГІН» та режим "ГАЛЬМУВАННЯ". У режимі "РОЗГІН" реєструються параметри 1; 2; 3; 4; 5; 6, у режимі " ГАЛЬМУВАННЯ " - параметри 7; 8; 9; 10 (див. табл.10.1). Структурна схема представлена на рис.10.1.

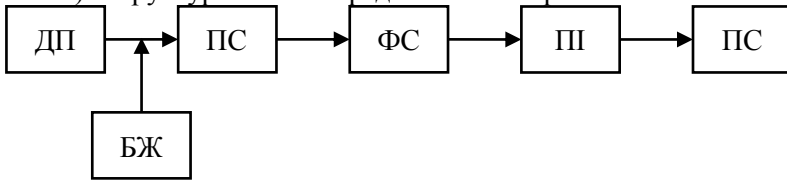


Рис. 10.1. Структурна схема ВС ПДС-Л:

ДП – датчики первинні, БЖ – блок живлення, ПС – перетворювач сигналу, ФС – формувач сигналу, ПС – підсилювач сигналу, ПІ -прилад індикації,розташований на пульті керування чи ПК.

Як первинний датчик використовується датчик дискретного вимірювання швидкості - фото датчик і обтюратор (диск з прорізами). Фотодіод перетворює світлові сигнали відповідно до частоти обертання обтюратора в електричні сигнали, які підсумовуються протягом 0,5 с електронною системою і протягом наступних 0,5 с індикуються на індикаторі. Зв'язок між частотою імпульсів та частотою обертання наступний (протягом 1 с):

$$f_{об} = z \cdot n,$$

де $f_{об}$ – частота імпульсів обтюратора,
 z – кількість прорізів обтюратора.
 n – частота обертання барабана, c^{-1}

Похибка (помилки) вимірювань

У техніці розрізняють кілька видів похибок. Абсолютна похибка (в одиницях вимірюваної величини):

$$\Delta x = \pm(x_n - x_d), \tag{1}$$

де x_n – показники приладу;

x_d – дійсне значення, визначене точнішим засобом вимірювання.

Відносна похибка, %:

$$\delta = \frac{\Delta x}{x_d} \cdot 100\%. \quad (2)$$

Приведена похибка, %:

$$\delta_{\text{пр}} = \frac{\Delta x}{x_n} \cdot 100\%. \quad (3)$$

де x_n – верхня межа шкали вимірювального приладу.

При випробуваннях виникають різні похибки вимірів (при виконанні i -го кількості вимірів):

— похибка середнього арифметичного:

$$\Delta i = x_i - \bar{x}, \quad (4)$$

де x_i – вимірювана величина;

\bar{x} – середнє арифметичне (сума значень окремих вимірів, поділена на кількість вимірів);

— середня арифметична похибка окремого виміру:
при малому

$$n - \Delta_{\text{ов}} = \frac{\sum_1^n \Delta i}{\sqrt{n(n-1)}}; \quad (5)$$

при великому

$$n - \Delta_{\text{ов}} = \frac{\sum_1^n \Delta i}{n}; \quad (6)$$

Для виміру відхилень окремих величин використовується середнє квадратичне відхилення:

- при

$$n > 20 - \sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_1^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}; \quad (7)$$

-при

$$n < 20 - \sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_1^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}; \quad (8)$$

Середня квадратична похибка середнього арифметичного:

$$\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_1^n (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}}. \quad (9)$$

Середня квадратична похибка одного виміру:

$$\sigma_{\text{ов}} = \pm \sqrt{\frac{\sum_1^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}. \quad (10)$$

Вираз (10) може бути мірою точності проведених вимірів.

Приклад аналізу результатів експерименту щодо визначення температури відпрацьованих газів у двигуні (табл. 1.2).

Таблиця 10.2. Аналіз вимірів температури

№ вимірювання	$t, ^\circ\text{C}$	Δi	Δi^2
1	787	-3	9
2	785	-5	25
3	788	-2	4
4	775	-15	225
5	810	+20	400
6	795	+5	25
<i>Сума</i>	4740	-	688

Середнє арифметичне значення температури:

$$\bar{t} = \frac{4740}{6} = 790 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Середня квадратична похибка середнього арифметичного:

$$\sigma_{\bar{x}} = \pm \sqrt{\frac{688}{6(6-1)}} = \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (t = 790 \pm 5) \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Середня квадратична похибка одного виміру:

$$\sigma_{\text{ов}} = \pm \sqrt{\frac{688}{6-1}} = \pm 12 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Таким чином, можна записати, що можлива температура відпрацьованих газів становлять

$$t = 790 \pm 12 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (778 \dots 802 \text{ }^{\circ}\text{C})$$

В нашому прикладі - 775...810 °C
(похибка ~ 1%).

Порядок виконання роботи:

1. Ознайомитись із теоретичними відомостями
2. Згідно вихідних даних (табл. 9.3), використовуючи приклад, провести розрахунки похибки вимірювань лінійної швидкості автомобіля на біговому стенді.

Таблиця 10.3. Вихідні дані

Номер вимір.	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	$V,$ км/год	$V,$ км/год	$V,$ км/год	$V,$ км/год	$V,$ км/год	$V,$ км/год	$V,$ км/год	$V,$ км/год	$V,$ км/год	$V,$ км/год
1	56,5	61,8	58,7	55,2	62,3	65	56	56,6	63,3	55,2
2	62,4	61,1	55,1	62,3	56,3	60,2	63,3	57,7	64,6	57,9
3	63,9	62,3	56,7	58,1	62,4	56,2	60,8	61,2	57,1	56,7
4	65	56,4	61,2	64,9	57,3	60,9	63,2	61,2	57,5	57,3
5	63	55,2	63	58,3	58	60,9	59,5	63	59,2	62,5
6	61,1	60,8	63,6	64,3	64,1	55,5	63,3	60	63,8	63,9
7	60,8	61,1	62,1	57,6	57,1	59	60,8	58,4	59,5	61
8	59,2	57,6	59,5	58,8	59	61,3	63	55	61	56,1

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 11

Тема: Діагностичні нормативи технічної діагностики. (2 год)

Теоретичні відомості

Кількісна оцінка технічного стану системи, що діагностується, здійснюється за діагностичними нормативами. На рисунку 10.1 зображено схему формування діагностичних нормативів для випадку лінійної реалізації діагностичного параметра S .

До діагностичних нормативів належать початковий діагностичний параметр S_n , його граничне значення S_T , при якому виникає можливість появи відмови, випереджальна або допустима величина S_y , при заданій періодичності діагностування l_D . Визначення технічного стану в даний момент відбувається шляхом порівняння вимірювального діагностичного параметра S_i з граничною величиною S_T й прогнозування його робоздатності в період майбутнього виробітку l_D порівнянням S_i з S_y .

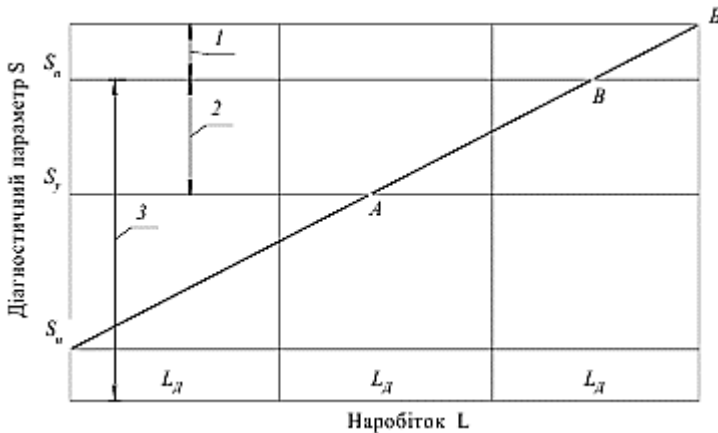


Рис. 11.1 Схема формування діагностичних нормативів

1 – зона передвідказного стану, що забезпечує оптимальний ризик відмови; 2 – запас безвідмовної роботи, який відповідає міжконтрольному пробігу; 3 – запас робоздатності, справного стану; А – профілактика; В – несправність; В – відмова; l – періодичність діагностування

Діагностичні нормативи поділяють на дві групи: встановлені стандартами та обумовлені нормативно-технічною документацією заводіввиробників.

Перша група – діагностичні нормативи, які характеризують технічний стан механізмів та вузлів, що забезпечують безпеку руху та негативно впливають на навколишнє середовище: шлях гальмування, час спрацьовування приводу гальмування, гальмувальні сили на колесах, наявність шкідливих компонентів відпрацьованих газів, рівень шуму тощо.

Друга група – діагностичні нормативи, пов'язані з технічними допусками структурних параметрів або з оптимальними показниками надійності та економічної роботи автомобіля. Нормативи структурних параметрів встановлюються на стадії проектування та конструювання автомобіля. Наприклад, зазори в клапанному механізмі, контактах переривника, кривошипно-шатунному механізмі, шкворневому з'єднанні, кути встановлення коліс тощо.

Серед нормативних параметрів першої та другої груп виділяється проміжна група, яка характеризується неможливістю використання єдиного нормативу для різних умов експлуатації. Ці параметри пов'язані з підвищеною витратою палива, зниженням потужності двигуна, зносом шин, зниженням надійності деталей та вузлів і т. д. Особливістю нормативів даної групи є їх значна залежність від умов експлуатації, «старості» автомобіля. В силу цього слід коригувати нормативи відповідно до конкретних умов експлуатації.

Визначення або коригування нормативних показників проміжної групи проводиться на основі статистичного методу, запропонованого Л. В. Мірошниковим. Суть методу полягає в тому, що разова вибірка значень діагностичного параметра, який вимірюється на достатній сукупності об'єктів, буде відповідати як справному, так і несправному стану. При цьому припускається, що параметри несправного стану будуть підкорятися іншій закономірності розподілення, ніж відповідні справному стану. Закономірність розсіювання параметрів справних об'єктів може бути апроксимована ймовірним теоретичним законом $f(s)$. На основі теоретичного розподілу значень параметра для справного об'єкта область допустимого в експлуатації розсіювання діагностичного параметра можна обмежити границями з потрібним рівнем ймовірності справної роботи. Одержані таким чином границі і будуть нормативними значеннями діагностичних параметрів.

Головна трудність при теоретичному розподілі полягає у виділенні із сукупності параметрів тієї частини даних, що відповідає справному стану.

Для цього проводять кілька послідовних розрахунків, при яких змінюються границі вибірки $S_{min} - S_{max}$. Границі $S_{min} - S_{max}$ повинні мати номінальне значення S_n . Параметри теоретичного закону розраховуються ймовірнісними методами за гістограмою розподілу. Закон вважається підібраним, якщо ймовірність погодження його з гістограмою, яка визначається за критерієм «хі-квадрат» Пірсона в межах $S_{min} - S_{max}$, буде більшою, але не нижчою 0,3.

Значення інтервалу ΔS для побудови гістограми визначають за формулою Стеджерса:

$$\Delta S = (S_{max} - S_{min}) / (1 + 3,3 \lg N_S) \quad (1)$$

де N_S – кількість дослідних даних, які знаходяться всередині інтервалу $S_{min} \dots S_{max}$.

Порядок визначення нормативів для цієї групи такий:

1) провести разове вимірювання діагностичного параметра у 40-60 автомобілів, що знаходяться в експлуатації;

2) одержані значення параметрів розставити в порядку їх збільшення. Вибрати спочатку групи вибірки $S_{min} \dots S_{max}$, що мають номінальне S_n ;

3) визначити для вибірки $S_{min} \dots S_{max}$ інтервал ΔS за формулою Стеджерса, побудувати гістограму, визначити середнє значення S_{cp} та дисперсію D_S ;

4) за значеннями S_{cp} та D_S визначити теоретичний закон розподілу $f(s)$ і знайти за критерієм Пірсона ймовірність його узгодження з гістограмою в діапазоні $S_{min} \dots S_{max}$;

5) послідовно змінити границі вибірки так, щоб ймовірність узгодження заново розрахованих теоретичних законів збільшилась;

6) використовуючи підібраний теоретичний закон $f(s)$ та прийнятий рівень ймовірності ($P \leq 0,85$ або $P \geq 0,95$), визначити діапазон розсіювання діагностичного параметра, границі якого і будуть нормативами для даних умов. Для нормального закону розподілу вони складають:

$$A_{0,85} = S_{cp} \pm 0,5 \sqrt{D_S}; \quad (2)$$

$$A_{0,95} = S_{cp} \pm 2,0 \sqrt{D_S}; \quad (3)$$

Порядок виконання виконання роботи:

Визначити нормативи діагностичного параметра – кінематичної в'язкості картерного масла η при 100 °С двигуна ЗІЛ-130.

Цей параметр використовується при діагностуванні повітряних та масляних фільтрів двигуна, а також стану мастильної системи в цілому. При відмові фільтрів в маслі накопичуються продукти зносу, бруду та пилу, в результаті чого його в'язкість збільшується. Зниження в'язкості залежить від втрати герметичності діафрагми паливного насосу або неповного згорання палива, в результаті чого воно попадає в картер і розбавляє масло.

Результати вимірів:

4,2; 10,1; 4,6; 6,0; 7,4; 6,9; 10,6; 7,3; 11,3; 7,7; 7,3; 11,0; 7,4; 7,6; 10,6; 7,7; 7,8; 7,7; 10,6; 7,8; 12,68,0; 10,1; 8,0; 8,2; 8,3; 10,6; 8,2; 7,4; 12,3; 8,3; 8,5; 10,3; 7,7; 8,3; 8,5; 10,1; 7,8; 9,0; 10,3; 8,5; 9,0; 10,3; 11,0; 9,6; 8,0; 9,7; 9,8; 11,0; 9,8; 10,1; 8,5; 11,0; 10,3; 10,6;

Список рекомендованої літератури

1. Лудченко О. А. Технічна експлуатація і обслуговування автомобілів: Технологія : підручник. К. : Вища шк., 2007. 527 с.
2. Основи технічної діагностики колісних транспортних засобів : навчальний посібник / Біліченко В. В., Крещенецький В. Л., Кукурудзяк Ю. Ю., Цимбал С. В. Вінниця : ВНТУ, 2012. 118 с.
3. Кукурудзяк Ю. Ю., Ребедайло В. В. Метод автоматизованого діагностування системи запалювання та системи керування автомобільним двигуном : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2010. 144 с.