

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

МР.АТ - 55.00.00.000 ПЗ

Група АТмз – 24-1

Губа Руслан-Михайло

2025

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Міністерство освіти і науки України
Інститут інженерної механіки та робототехніки
Кафедра автомобільного транспорту

Губа Руслан-Михайло Русланович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 653.13.07

(індекс)

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

Тема: «Удосконалення методики діагностування автоматичних коробок передач на прикладі АКПП SF31J автомобіля Форд Мондео 2.5i 2007 р.в.»

(назва роботи)

Автомобільний транспорт

(назва освітньої програми)

274-Автомобільний транспорт

(шифр і назва спеціальності)

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Войціховська Тетяна Йосипівна

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

Криштопа С.І.

(підпис)

(дата)

(ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада)

(підпис)

(дата)

(ініціали та прізвище)

Робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Інститут інженерної механіки
Кафедра автомобільного транспорту
Освітньо-кваліфікаційний рівень: магістр
Спеціальність: „Автомобільний транспорт”

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завкафедрою АТ

_____ С.І. Криштопа
„_____” _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ

Магістр _____ Губа Руслан-Михайло Русланович

(прізвище, ім'я, по-батькові)

- Тема проекту:** «Удосконалення методики діагностування автоматичних коробок передач на прикладі АКПП SF31J автомобіля Форд Мондео 2.5i 2007 р.в.»
затверджена наказом по університету від _____ № _____
- Термін здачі студентом закінченого проекту (роботи) 21.12.2025 р.
- Вихідні дані до проекту: Удосконалення методики діагностування автоматичних коробок передач на прикладі АКПП SF31J автомобіля Форд Мондео 2.5i 2007 р.в..
- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити)
Вступ. 1. 1 Теоретичні дослідження функціонування систем та засобів діагностування автоматичних коробок перемикавання передач з електронним управлінням. 2. Основне та допоміжне обладнання для комп'ютерної діагностики АКПП. 3. Класифікація та аналіз технічних можливостей сучасних мотор-тестерів. 4. Експериментальні дослідження та удосконалені алгоритми діагностування мотор-тестерами автоматичних коробок перемикавання передач з електронним управлінням. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.
- Перелік аркушів презентаційного графічного матеріалу:
 - Тема МР
 - 2-3 Теоретичні дослідження функціонування систем та засобів діагностування автоматичних коробок перемикавання передач з електронним управлінням
 - 4-5 Основне та допоміжне обладнання для комп'ютерної діагностики АКПП
 - 6 Технологія діагностування автоматичних коробок перемикавання передач з електронним управлінням
 - 7-8 Класифікація та аналіз технічних можливостей сучасних мотор-тестерів
 - 9 Експериментальні дослідження автоматичної коробки перемикавання передач з електронним управлінням SF31J
 - 10-11 Результати експериментальних досліджень автоматичних коробок перемикавання передач з електронним управлінням SF31J
 - 12 Зчитування вихідних параметрів АКПП SF31J
 - 13 Висновки

Керівник _____
Особистий підпис

/Т. Войціховська/
Розшифровка підпису

Завдання прийняв до виконання _____
Особистий підпис Розшифровка підпису

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до магістерської роботи на тему: «Удосконалення методики діагностування автоматичних коробок передач на прикладі АКПП SF31J автомобіля Форд Мондео 2.5і 2007 р.в.» складається із 98 аркушів формату А4, на яких містяться 4 розділи, 8 таблиць, 26 рисунків.

У магістерській роботі виконані теоретичні дослідження методів діагностики функціонування систем та засобів діагностування АКПП з електронним управлінням. Вивчено здійснення обміну даними між діагностичним обладнанням та блоками управління АКПП, контроль вхідних та вихідних сигналів. Проаналізовані алгоритми роботи системи бортової діагностики АКПП та застосування шини CAN для АКПП.

Розглянуто основне та допоміжне обладнання для комп'ютерної діагностики АКПП та устаткування для контролю неелектричних параметрів об'єктів керування. Проаналізовані можливості інтегрованих систем самодіагностики сучасних АКПП та робота з ними за допомогою діагностичних сканерів. Досліджено переваги та обмежені можливості сканерів.

Проаналізовано функціональні можливості сучасних мотор-тестерів та технології оптимального підключення вимірювальних приладів до автомобільних електричних і електронних ланцюгів сучасних АКПП.

Проведені експериментальні дослідження з діагностики датчиків та виконавчих механізмів АКПП з електронним управлінням на прикладі АКПП SF31J автомобіля Форд Мондео 2.5і 2007 р.в.

На основі виконаних досліджень створені удосконалені алгоритми діагностики сучасних АКПП з електронним управлінням.

Ключові слова: автоматична коробка передач, мотор-тестер, діагностика АКПП, методи діагностики, компонувальні схеми, електронне управління.

THE ABSTRACT

Explanatory note to the master's thesis on the topic: "Improvement of the method of diagnosing automatic transmissions using the example of the SF31J automatic transmission of the Ford Mondeo 2.5i 2007 model year" consists of 98 sheets of A4 format, which contain 4 sections, 8 tables, 26 figures.

The master's thesis has carried out theoretical studies of methods for diagnosing the functioning of systems and means of diagnosing automatic transmissions with electronic control. The implementation of data exchange between diagnostic equipment and automatic transmission control units, control of input and output signals have been studied. The algorithms for the operation of the automatic transmission on-board diagnostics system and the use of the CAN bus for automatic transmissions have been analyzed.

The main and auxiliary equipment for computer diagnostics of automatic transmissions and equipment for monitoring non-electrical parameters of control objects have been considered. The capabilities of integrated self-diagnostic systems of modern automatic transmissions and working with them using diagnostic scanners have been analyzed. The advantages and limitations of scanners have been studied.

The functional capabilities of modern motor testers and the technology of optimal connection of measuring instruments to automotive electrical and electronic circuits of modern automatic transmissions were analyzed.

Experimental studies were conducted on the diagnostics of sensors and actuators of automatic transmissions with electronic control using the example of the SF31J automatic transmission of the Ford Mondeo 2.5i 2007 model year.

Based on the research, improved algorithms for diagnosing modern automatic transmissions with electronic control were created.

Keywords: automatic transmission, motor tester, automatic transmission diagnostics, diagnostic methods, circuit diagrams, electronic control.

ЗМІСТ

с.

ВСТУП.....	8
1 Теоретичні дослідження функціонування систем та засобів діагностування автоматичних коробок перемикач з електронним управлінням	10
1.1 Загальна інформація про підсистеми самодіагностики АКПП.....	10
1.2 Здійснення обміну даними між діагностичним обладнанням та блоками управління АКПП.....	11
1.3 Системи бортової діагностики АКПП.....	13
1.4 Застосування шини CAN для АКПП.....	24
2 Основне та допоміжне обладнання для комп'ютерної діагностики АКПП	33
2.1 Загальні відомості про обладнання.....	33
2.2 Пристрої контролю неелектричних параметрів об'єктів керування.....	37
2.3 Характеристика та можливості інтегрованих систем самодіагностики.....	38
2.4 Діагностичні сканери.....	45
3 Класифікація та аналіз технічних можливостей сучасних мотор-тестерів	54
3.1 Структура та функціональні можливості сучасних мотор-тестерів.....	54
3.2 Пересувні консольні мотор-тестери.....	59
3.3 Мотор-тестери модульної конструкції.....	61
3.4 Портативні мотор-тестери.....	65
3.5 Підключення мотор-тестерів до автомобільних електричних і електронних ланцюгів.....	67

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ			
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Удосконалення методики діагностування автоматичних коробок передач на прикладі АКПП SF31J автомобіля Форд Мондео 2.5і 2007 р.в.	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Губа Р.-М.				6	98	
Перевір.		Войціховська Т.						
Реценз.								
Н. контр.		Прунько І.Б.				ІФНТУНГ, АТмз-24-1		
Затверд.		Криштопа С.І.						

4	Експериментальні дослідження та удосконалені алгоритми діагностування мотор-тестерами автоматичних коробок перемикачів передач з електронним управлінням	70
4.1	Будова експериментальної установки з АКПП SF31J.....	70
4.2	Самодіагностика АКПП SF31J.....	72
4.3	Експериментальні дослідження обміну даними між блоком управління АКПП лабораторної установки та діагностичним обладнанням.....	73
4.4	Обробка експериментальних досліджень.....	78
	ВИСНОВКИ.....	82
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	83
	ДОДАТКИ. ПРЕЗЕНТАЦІЯ.....	84

Вступ

Автосервіс у всьому світі виконує роль підтримки продажів нових автомобілів та є основним замовником запасних частин до них. В Україні цей вид діяльності має істотну відмінність: надто великий парк старих автомобілів, які часто потребують ремонту. Особливо ця тенденція стала проявлятися після військового вторгнення в Україну в 2022 році.

Кількість станцій техобслуговування для наявного в Україні парку машин фахівці вважають достатньою, посилаючись на ту ж Німеччину, де 41 мільйон транспортних засобів обслуговує близько 42 тисячі СТО, тобто на 1 станцію припадає 1 тисяча автомобілів. Приблизно на таке ж співвідношення вийшла й Україна. Відмінність лише в тому, що вітчизняні станції – здебільшого невеличкі СТО, тимчасом як у Європі переважають великі фірмові СТО. Один український автомеханік обслуговує близько 70 машин на рік. З цього випливає, що у вітчизняному автосервісі зайнято близько 70 тисяч осіб, хоча більшість фахівців називає цифру 100 тисяч, враховуючи також тіньовий сектор.

Сезонні коливання попиту в автосервісі незначні. Деякі сплески спостерігаються навесні та восени; влітку та взимку активність спадає. Однак з кожним роком сезонні коливання стають дедалі менш помітними – фахівці зазначають лише яскраво виражену сезонність попиту на окремі види робіт (антикорозійна обробка, фарбування тощо). Тому чим більше видів робіт виконує станція, тим ритмічніше вона працює.

Привабливість автобізнесу для підприємців зумовлена все ще порівняно високим попитом, який не знижується навіть в умовах скромної платоспроможності населення, та сталим приростом парку транспортних засобів. Організація невеликого підприємства автосервісу не потребує великих капіталовкладень, нових дорогих технологій, висококваліфікованих кадрів. А щоденне надходження готівки при незначних виробничих витратах дозволяє досить швидко повернути початкові витрати. Ринок автосервісних послуг

					<i>MP.AT- 55.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

привабливий також різноманітністю сегментів. Станції у "сусідніх" сегментах майже не конкурують між собою, тому загальна конкуренція в автосервісі слабша, аніж в інших галузях автобізнесу.

На базі колишніх СТО часто виникають спільні підприємства, які стають фірмовими станціями обслуговування великих автомобільних компаній, таких як "Рено", "Ніссан", "Тойота". Їх обладнання відповідає сучасним нормам західних автовиробників, ремонт і обслуговування провадяться за єдиними для будь-якої точки світу нормами автоконцернів. На фірмових СТО працюють висококваліфіковані механіки, що спеціалізуються на одній марці машин. Якість ремонту, культура та естетика виробництва, спілкування з клієнтом – усе на найвищому рівні. Фірмові СТО надають найякісніші запчастини та гарантію на виконану роботу. В той же час, порівняно з конкурентами, вартість нормо-години найбільша.

Для всіх типів СТО важливим є опановування нових діагностичних та ремонтних технологій, зокрема діагностики АКПП. Тому завданням в даній магістерській роботі було проведення теоретичних досліджень методів діагностики функціонування систем та засобів діагностування АКПП з електронним управлінням та експериментальних досліджень на базі стенду АКПП SF31J з електронним управлінням автомобіля Форд Мондео 2.5і 2007 р.в. На базі цього стенда проведені експерименти з діагностики датчиків та виконавчих механізмів АКПП з електронним управлінням автомобіля Форд.

					<i>MP.AT- 55.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ ТА ЗАСОБІВ ДІАГНОСТУВАННЯ АВТОМАТИЧНИХ КОРОБОК ПЕРЕМИКАННЯ ПЕРЕДАЧ З ЕЛЕКТРОННИМ УПРАВЛІННЯМ

1.1 Загальна інформація про підсистеми самодіагностики АКПП

При створенні перших масових електронних автомобільних систем, для проведення швидкої і зручної діагностики АКПП автомобіля при його технічному обслуговуванні, концепція комп'ютерної діагностики полягала в створення особливій для кожного виготівника автомобілів системи самодіагностики. Поступово законодавчі норми у поєднанні з ростом об'єму функцій електронних систем привели до створення таких електронних автомобільних систем, що обов'язково включають можливості самодіагностики АКПП.

Інтегрована в блоці управління АКПП підсистема самодіагностики являється в даний час стандартним компонентом автомобільних електронних систем керування. Алгоритми контролю АКПП перевіряють вхідні і вихідні сигнали електронного обладнання при експлуатації автомобіля. Крім того, система постійно перевіряється на наявність збоїв в роботі і похибок. При цьому виявлені дефекти зберігаються в пам'яті блоку управління у виді кодів несправностей. При діагностиці автомобіля або під час технічного обслуговування ця інформація, збережена в пам'яті блоків керування, зчитується за допомогою спеціального інтерфейсу і таким чином забезпечує швидкий і надійний пошук та усунення несправностей АКПП з електронним управлінням.

1.2 Здійснення обміну даними між діагностичним обладнанням та блоками управління АКПП

1.2.1 Контроль вхідних сигналів

Стан датчиків і з'єднувальних проводів, які ведуть до блоку управління, контролюється системою шляхом обробки вхідних сигналів. З допомогою такого контролю можуть реєструватись, разом з визначенням збоїв у роботі датчиків, короткі замикання на акумуляторну батарею і на «масу», а також обриви

					MP.AT - 55.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

проводів. Система забезпечує свою функціональність шляхом:

- контролю подачі напруги до датчиків;
- аналізу зареєстрованих даних на відповідність встановленому діапазону значень (наприклад, температура оливи в АКПП від -40 до +150 °С);
- проведення перевірки на достовірність зареєстрованих даних при наявності додаткової інформації (наприклад, порівняння частоти обертання колінчастого вала двигуна і вторинного вала АКПП);
- дублювання особливо важливих датчиків (наприклад, датчик переміщення селектора АКПП) у зв'язку з тим їхні сигнали можуть корелювати один з одним і порівнюватись між собою.

1.2.2 Контроль вихідних сигналів

З допомогою цієї функції здійснюється контроль за роботою виконавчих механізмів, а також їх з'єднань з блоком керування. При проведенні цього контролю, крім помилок в роботі виконавчих механізмів, можуть розпізнаватись також дефекти з'єднань і короткі замикання. Дані функції здійснюються шляхом:

- контролю вихідного сигналу з допомогою задаючого каскаду (електричний ланцюг контролюється на наявність коротких замикань на акумуляторну батарею і на "масу" або на розрив ланцюга);
- кореляції системних даних з командними сигналами виконавчих механізмів з метою визначення достовірності їх дій. Наприклад, інформація від датчика швидкості перевіряється на відповідність активованого електрогідравлічного клапана передачі АКПП.

1.2.3 Контроль за передачею даних між блоками управління

Зв'язок між блоками управління АКПП сучасних автомобілів здійснюється за допомогою шини CAN бортового контролера зв'язку. В протоколи CAN включені контролюючі механізми розпізнавання несправностей, що дозволяє детектувати цю інформацію, перед тим як сигнали будуть зняті з чіпа CAN. Крім того, в блоці управління здійснюються і інші варіанти контролю. Оскільки більшість повідомлень CAN від кожного блоку управління здійснюється через регулярні проміжки часу, то вихід з ладу любого з блоків АКПП може бути виявлений

					MP.AT - 55.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

шляхом перевірки цих часових проміжків.

1.2.4 Контроль внутрішніх робочих функцій блоків управління АКПП

Для забезпечення надійної і адекватної роботи блока управління АКПП в нього закладені функції апаратного і програмного контролю (наприклад, “інтелектуальні” чіпи задаючого каскаду). Функції контролю здійснюються окремими компонентами всередині блоку управління (наприклад, мікроконтролер, пам’ять Flash-EPROM, RAM і т. п.). Ряд перевірок проводиться зразу після включення блоку управління АКПП. Інші перевірки повторюються через регулярні інтервали часу при нормальному режимі роботи автомобіля, для того, щоб виявити вихід з ладу будь-якого його елемента під час експлуатації. Перевірки, які вимагають обробки великого об’єму даних (наприклад, перевірка пам’яті EPROM) проводяться в “постробочій” фазі після виключення двигуна (в даний час – тільки на двигунах з іскровим запаленням). За рахунок цього виключається негативний вплив на інші функції. На дизельних двигунах ця фаза використовується для перевірки ланцюгів відключення.

1.2.5 Розпізнавання несправностей

Ланцюг сигналу АКПП класифікується як дефектний, якщо похибка в показах зберігається протягом визначеного часу. До остаточної класифікації виду дефекту в системі використовуються останні зафіксовані дані. Одночасно з класифікацією дефекту, як правило, запускається функція заміщення (наприклад, величина заміщення температури оливи АКПП для більшості автомобілів – 90 °С). Для більшості помилок проводиться їх повторна перевірка БУ АКПП за допомогою спеціального сигналу, для чого ланцюг цього сигналу повинен протягом визначеного часу рахуватись справним.

1.2.6 Зберігання інформації про несправності

Кожний збій в роботі системи у виді коду несправності реєструється в енергонезалежній пам’яті БУ АКПП. При кожному записі цього збою в роботі в пам’ять вноситься разом з кодом похибки додаткова інформація, наприклад, у виді умов оточуючого середовища та “стоп-кадру” робочого режиму на момент збою в роботі (наприклад, частота обертання колінчастого валу, температура

					MP.AT - 55.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

оливи АКПП та ін.). В якості іншої інформації в пам'ять вносяться вид несправності (наприклад, коротке замикання, розрив проводу) і статус несправності (наприклад, постійний дефект або одиничний збій в роботі).

Для несправностей, які впливають на емісію шкідливих речовин у відпрацьованих газах, передбачені коди несправностей, що регламентуються нормами. Додатково може зберігатись інша, специфічна для даного виробника автомобіля інформація про збої в роботі АКПП, необхідна автомеханікам при обслуговуванні даних моделей автомобілів. Після реєстрації коду несправності процес діагностики фокусується на окремих системах або компонентах. Якщо при подальшій роботі несправність більше не виникає (наприклад, спорадична похибка), то після виконання встановлених умов ця інформація в пам'яті несправностей стирається.

1.2.7 Доступ до кодів несправностей

Зчитування кодів несправностей, які зберігаються в пам'яті, може проводитись за допомогою спеціального сканера (наприклад, KTS 500 фірми Bosch) або приладу для зчитування кодів. Тестер також може стерти коди несправностей після їх зчитування і усунення відповідної несправності.

1.3 Системи бортової діагностики АКПП

1.3.1 Загальні відомості

Всі системи і компоненти в автомобілі, вихід з ладу яких приводить до помітного збільшення токсичності ВГ, повинні контролюватися блоком керування АКПП за допомогою функцій бортової діагностики. Вважається несправністю, якщо перевищуються заздалегідь задані межі діагностичних параметрів АКПП.

Спочатку самодіагностика обмежувалась тільки перевіркою роботоздатності електричних компонентів. Зростаюча складність діагностичних функцій, що реалізуються за допомогою нових методів тестування (наприклад, перевірка на достовірність), в поєднанні з вимогами необхідності діагностики систем і компонентів, що впливають на токсичність ВГ, змусила перейти до використання

					MP.AT - 55.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

однієї стандартизованої діагностичної системи. У результаті цього на базі методів самодіагностики була розроблена система бортової діагностики (OBD).

Нові моделі автомобілів відрізняються забезпеченням триваючої тенденції зниження токсичності ВГ. Для того щоб виготівником автомобіля дотримувалися задані граничні величини емісії токсичних компонентів при звичайній експлуатації необхідний постійний контроль роботи двигуна і його вузлів. Тому законом передбачені обов'язкові для виконання норми, які визначають методи діагностики тих вузлів і систем, що впливають на склад ВГ.

1.3.2 Система OBD I

Зі всіх проблем сучасного автомобілебудування проблема нейтралізації вихлопних відпрацьованих газів і інших автомобільних токсинів - найзлободенніша. До її рішення повернуті не тільки розробники нових моделей автомобілів, але і законодавчі органи ряду високорозвинутих держав. Спільні зусилля приводять з одного боку до постійного поліпшення екологічних показників нових автомобілів, що випускаються, але при цьому з іншого законодавчого боку допустимі норми викидів токсинів в навколишнє середовище безперервно посилюються.

Перший законодавчий акт, направлений на вирішення автомобільних екологічних проблем, був прийнятий в штаті Каліфорнія (США) і отримав найменування «Ухвала CARB» (California Air Resources Board).

На основі цієї ухвали був розроблений перший автомобільний екологічний стандарт «OBD-1» (Onboard diagnostic-i), який став обов'язковим в Каліфорнії. Всі нові автомобілі, зареєстровані в штаті Каліфорнія, повинні були відповідати вимогам цього стандарту.

Система OBD, гармонізована у відповідності з європейськими вимогами, отримала назву EOBD. Вимоги до системи EOBD, однак, пом'якшені в порівнянні з системою EPA-OBD.

Вимоги стандарту OBD-1 зводилися до чотирьох основних пунктів:

- наявність діагностичної системи на борту автомобіля обов'язкова;

					MP.AT - 55.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

- обов'язкова наявність світлового індикатора на щитку приладів автомобіля, що застерігає про появу несправностей в одній з систем управління двигуном;
- бортова діагностична система повинна записувати, зберігати в пам'яті і видавати коди помилок. Для всіх несправностей, що ведуть до збільшення забруднення навколишнього середовища;
- бортова діагностична система повинна в першу чергу (пріоритетно) виявляти несправності клапана рециркуляції вихлопних газів і паливної системи, відмова яких пов'язана з неминучим забрудненням повітря та навколишнього середовища.

Система OBD I здійснює перевірки електричних компонентів, що відносяться до емісії ВГ на відсутність короткого замикання або розривів проводів. Електричні сигнали повинні знаходитися в заданих межах достовірності. При детектуванні системою дефекту або збою в роботі вмикається індикаторна лампа, розміщена на панелі приладів автомобіля. З допомогою бортових засобів (наприклад, мигаючого коду з допомогою підключеної діагностичної лампи) можна визначити який компонент вийшов з ладу.

Застосування стандарту OBD-1 на практиці не було ефективним. Зв'язано це з тим, що електронні системи автоматичного управління двигуном (ЕСАУ-Д) були ще недостатньо досконалими: не здійснювався моніторинг каталітичного нейтралізатора, був відсутній контроль витоків, парів бензину, пропусків займання. Чутливість і швидкодія діагностичних систем OBD-1 були недостатні. Наприклад, на той час, коли включався індикатор Check Engine, автомобіль з несправними засобами очищення токсичних відходів встигав достатньо довго поїздити і безконтрольно забруднювати навколишнє середовище. Крім того, стандарт OBD-1 не пред'являв вимог до уніфікації діагностичних систем і одноманітності їх компонентів, що привело до розробки великого числа варіантів бортових діагностичних систем для різних моделей автомобілів. Як наслідок, для проведення діагностики різних автомобілів потрібно було мати велику кількість різноманітного дорогого спеціалізованого устаткування, сполучних кабелів, адаптерів, сканерів і т.д.

					MP.AT - 55.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

1.3.3 Система OBD II

Система OBD II почала використовуватися з 1994 р. Методи діагностики OBD II виходять далеко за межі об'єму OBD I. У доповнення до перевірки ланцюгів при проходженні електричних сигналів в системі OBD II також здійснюється контроль за функціонуванням всієї системи (здійснюється перевірка на достовірність). Уже недостатньо перевіряти, наприклад, електричний сигнал датчика температури двигуна тільки на перевищення встановлених граничних значень. В системі OBD II також визначиться помилка, яка є наслідком надзвичайно низької температури оливи в АКПП (наприклад, 10 °C) при тривалому русі автомобіля.

Розробка вимог і рекомендацій за стандартом OBD-2 велася під егідою EPA (Environmental Protection Agency - агентство по захисту навколишнього середовища при уряді США) за участю CARB і SAЕ (society of Automotive Engineers - Міжнародне суспільство автомобільних інженерів). Стандарт OBD-2 передбачає точніше управління автоматичною трансмісією, двигуном, каталітичним нейтралізатором і т.д. Доступ до системної інформації бортового ЕБК можна здійснювати не тільки спеціалізованими, але і універсальними сканерами. З 1996 р. всі автомобілі, що продаються в США, почали відповідати вимогам OBD-2. У Європі аналогічні документи традиційно приймаються із запізнюванням по відношенню до США. Проте аналогічні правила EOBD (European On Board Diagnostic) набули чинності і в Європі з 1 січня 2000 р.

Із застосуванням стандартів EOBD і OBD-2 процес діагностики електронних АКПП автомобіля уніфікується, тепер можна один і той же сканер без спеціальних адаптерів використовувати для тестування автомобілів всіх марок.

Система OBD II вимагає, щоб контролювались всі системи і їх елементи, які у випадку їх несправності, можуть призвести до значного підвищення емісії шкідливих речовин у ВГ. Додатково повинні контролюватись також всі елементи, які потенційно впливають на результати діагностики. Інформація про кожен розпізнаний дефект повинна зберігатись в пам'ятовуючому пристрої. Індикаторна лампа, розташована на панелі приладів, повинна інформувати про

					MP.AT - 55.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

будь-яку або всі несправності. Коди несправностей, які зберігаються в запам'ятовуючому пристрої зчитуються діагностичними тестерами.

Нормативні вимоги до системи OBD II задають стандартизацію протоколів несправностей згідно регламентації Співки автомобільних інженерів США (SAE), у відповідності до стандарту ISO 15031. Це забезпечує доступ до кодів несправностей за допомогою використання стандартних широко поширених приладів для сканування («скан-тестерів»).

Діагностичні функції всіх підлягаючих перевірці компонентів і систем, як правило, повинні як мінімум один раз пройти цикл випробувань на токсичність емісії ВГ. Управління системою діагностики може в динамічному режимі змінювати послідовність обробки даних залежно від режиму роботи. При цьому переслідується мета підтримки необхідної частоти включення діагностичних функцій при повсякденній експлуатації.

Вимоги стандарту OBD-2 передбачають:

- стандартний діагностичний роз'єм для діагностики АКПП;
- стандартне розміщення діагностичного роз'єму;
- стандартний протокол обміну даними між сканером і автомобільною бортовою системою діагностики АКПП;
- стандартний список кодів несправностей АКПП;
- збереження в пам'яті ЕБК кадру значень параметрів при появі кода помилки АКПП (“заморожений” кадр);
- моніторинг бортовими діагностичними засобами компонентів АКПП, відмова яких може привести до збільшення токсичних викидів в навколишнє середовище;
- доступ як спеціалізованих, так і універсальних сканерів до кодів помилок АКПП, параметрів, “заморожених” кадрів, тестуючих процедур і т. д.;
- єдиний перелік термінів, скорочень, визначень, використовуваних для елементів електронних систем автомобіля і кодів помилок.

Обмін інформацією між сканером і АКПП проводиться згідно міжнародному стандарту ISO1941 і стандарту SAE J1850. Стандарт J1979 встановлює список

					MP.AT - 55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кодів помилок і практику програмних режимів роботи АКПП, що рекомендується, для сканера. Відповідно до вимог OBD-2 бортова діагностична система АКПП повинна виявляти погіршення роботи автоматичної трансмісії. Наприклад, індикатор несправності АКПП Malfunction Indicator Lamp - Mil (Check Engine) включається при збільшенні змісту CO або CH в токсичних викидах на виході каталітичного нейтралізатора більш ніж в 1,5 рази в порівнянні з допустимими значеннями. Такі ж процедури застосовуються і до іншого устаткування, несправність якого може привести до збільшення токсичних викидів.

1.3.4 Нормативне регулювання системи OBD

Вимоги, що пред'являються до системи OBD розповсюджуються на всі легкові автомобілі (для перевезення до 12 пасажирів), а також вантажні автомобілі малої вантажопідйомності до 6,35 т. Європейська система діагностики (EOBD) розповсюджуються з 1 січня 2000 р. на всі легкові автомобілі і вантажні автомобілі малої вантажопідйомності з бензиновими двигунами до 3,5 т і до 9 місць. З 2003 р. система EOBD розповсюджується також на легкові автомобілі і вантажні автомобілі малої вантажопідйомності з дизельними двигунами.

Концепція OBD II базується на відносних граничних значеннях. Це означає, що граничні значення прийнятних концентрацій токсичних речовин у ВГ змінюються у відповідності з категорією емісії, по якій сертифікується кожен окремий автомобіль, виходять різні допустимі кількості шкідливих речовин у відпрацьованих газах.

Згідно вимог стандарту CARB-OBD II з 2005 року повинні обов'язково діагностуватись наступні системи та елементи (буквою E відмічені вимоги EOBD):

- каталітичний нейтралізатор (E), каталітичний нейтралізатор, що обігрівається;
- порушення процесу згорання (E);
- система зменшення випаровування палива і уловлювання парів палива (діагностика витоків з паливного бака);
- подача додаткових порцій повітря;

					MP.AT - 55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- паливна система;
- датчики концентрації кисню (лямбда-зонди) (E);
- рециркуляція ВГ;
- вентиляція картера;
- охолодження двигуна;
- система зниження токсичності при пуску холодного двигуна;
- система кондиціонування повітря (елементи);
- зміна фаз клапанного газорозподілу;
- система управління АКПП;
- інші компоненти, що мають відношення до емісії ВГ (E).

До інших компонентів відносяться наступні компоненти і підсистеми стандартів EOBD і EPC:

- конструктивні елементи або підсистеми в системі зниження токсичності ВГ АКПП;
- зв'язані з мікропроцесором компоненти, що впливають на токсичність ВГ;
- підсистеми трансмісії, вихід яких з ладу або неправильна робота можуть привести до підвищення токсичності ВГ до рівнів, що перевищують граничні значення для OBD.

1.3.5 Вимоги до функціональності системи діагностики АКПП

Однією з вимог до системи є перевірка всіх електричних проводів, підключених до блоку керування АКПП. Це означає, що «складні елементи» (наприклад, селектор вибору режимів АКПП) перевіряються на достовірність створюваних ними сигналів (OBD II) і наявність дефектів в електросхемі (EOBD) Комплексна функція OBD служить для перевірки системи діагностики АКПП на її функціональні можливості.

Залежно від наслідків несправності АКПП реалізуються різні заходи її усунення. У системах CARB-OBD і EOBD для цього використовуються різні критерії. Концентрація токсичних речовин у ВГ, яка очікується в результаті несправності даного елемента системи (емпіричні дані) визначає вид діагностичних операцій. Простий тест на функціональність (чорно-біла перевірка)

					MP.AT - 55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перевіряє тільки працездатність системи або її елементів (наприклад, відкрите або закриті положення клапана подачі додаткових порцій повітря). Перевірка якісних параметрів функціонування (перевірка потоку) дає точнішу інформацію про функціональні характеристики системи. Так, наприклад, при перевірці каталітичного нейтралізатора на базі заміряних значень розраховується степінь старіння каталітичного елемента нейтралізатора. Відповідні дані доступні для зчитування через інтерфейс системи діагностики.

Зростаючі вимоги до зниження токсичності ВГ поступово привели до використання складніших діагностичних операцій АКПП. В результаті, близько 50% ефективності роботи сучасної електронної системи АКПП базується на реалізації процесу бортової діагностики.

1.3.6 Функціонування індикаторної лампи несправностей АКПП

Індикаторна лампа несправностей (MIL) вказує водієві на дефектний стан будь-якого елемента АКПП. При виявленому дефекті в діапазоні дії стандартів CARB і EPA не пізніше, ніж через два їздові цикли повинна включатися індикаторна лампа. При застосуванні системи EOBD індикаторна лампа повинна включатися не пізніше, ніж за третій їздовий цикл (за бажанням, максимум через 10 їздових циклів руху).

Якщо дефект зникає (наприклад, переривистий контакт), відповідний код дефекту зберігається в пам'яті БУ АКПП протягом подальших 40 їздових циклів. Після усунення цього дефекту АКПП індикаторна лампа знову вимикається через 3 їздових цикли. При дефектах АКПП, які можуть привести до пошкодження каталітичного нейтралізатора, індикаторна лампа включається і працює в проблісковому режимі.

1.3.7 Функції аварійного режиму роботи АКПП

При впізнанні БЕУ дефекту АКПП запускаються заміщаючі параметри (наприклад, заміщаючий параметр температури оливи АКПП) або спосіб аварійного режиму роботи (наприклад, обмеження вихідної потужності двигуна).

Ці заходи служать для:

- підтримка безпечних умов експлуатації АКПП автомобіля;

					MP.AT - 55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- недопущення пошкоджень, які являються наслідком даного дефекту АКПП автомобіля;

- мінімізації токсичності ВГ.

1.3.8 Умови вмикання і блокування діагностичних функцій АКПП

Діагностичні операції АКПП реалізуються тільки тоді, коли виконані умови включення. До них, наприклад, відносяться:

- порогові значення крутного моменту;
- порогові значення температури оливи АКПП;
- граничні значення частоти обертання вторинного валу АКПП.

Система не може одночасно здійснювати діагностичні функції АКПП і функції управління роботою двигуна. Існують умови блокування, які перешкоджають включенню певних функцій АКПП. Наприклад, не може функціонувати система вентиляції паливного бака (система уловлювання і регенерації парів палива), якщо проводяться операції по діагностиці АКПП.

1.3.9 Тимчасове відключення діагностичних функцій АКПП

Щоб уникнути збоїв в реєстрації дефектів АКПП, діагностичні функції можуть відключатися за певних умов, до яких, наприклад, відносяться;

- експлуатація автомобіля на великій висоті над рівнем моря (понад 2400 м для CARB-OBD або понад 2500 м для EOBD);

- рівень палива в паливному баку 15 % для CARB-OBD або < 20 % для EOBD від номінального об'єму (на відміну від CARB-OBD в EOBD не потрібна перевірка на достовірність сигналу про рівень палива);

- низька температура навколишнього середовища при холодному пуску двигуна ($T < 7^{\circ}\text{C}$);

- мала напруга акумуляторної батареї.

Перед доступом до пам'яті пристрою несправностей АКПП важливо упевнитися в тому, що діагностичні функції дійсно реалізуються в режимі руху мінімум один раз. Для підтвердження цьому є коди готовності, що поступають через діагностичний інтерфейс. Ці коди реєструються в системі для підтвердження факту завершення основних операцій діагностики АКПП.

					MP.AT - 55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.10 Діагностичний роз'єм

Стандартним на автомобілях є 16-вхідний діагностичний роз'єм, відповідно вимогам OBD-2. Діагностичний роз'єм розміщується в пасажирському салоні, зазвичай під приладовою панеллю, відкрито і забезпечує доступ до системних даних АКПП. До роз'єму може бути підключений будь-який сканер. Сім з 16 контактів мають встановлене стандартом призначення. Останні знаходяться у розпорядженні виробника. Контакти 7 і 15 використовуються в європейських системах діагностики АКПП для передачі даних за стандартом ISO 9141. Для передачі даних за стандартом SAE J1850 використовуються контакти 2 і 10.

1.3.11 Структура кодів помилок

Відповідно до стандарту OBD-2 коди помилок алфавітно-цифрові, містять п'ять символів, наприклад, P0113. Перший символ - буква, яка вказує на систему, в якій відбулася несправність. Другий символ – цифра вказує як визначений код: за допомогою SAE або виробника автомобіля. Решта трьох цифри вказує характер несправності.

Стандартом OBD-2 використовуються чотири букви для позначення основних електронних систем автомобіля:

- P - для електронних систем управління силовим агрегатом та АКПП;
- B - для корпусної електроніки (body);
- C - для електроніки на шасі (shassis);
- U - тип системи не визначений (undefined).

Не всі можливі комбінації коду використані, багато зарезервовано на майбутнє за SAE. Другий символ (цифра) приймає значення 0, 1, 2, 3. Цифра 0 означає, що код помилки введений за допомогою SAE; цифра 1 вказує на те, що код введений виробником; цифри 2 і 3 зарезервовані для подальшого використання за SAE. Третій символ (цифри від 0 до 9) вказує на підсистему, де відбулася несправність. Наприклад, для систем управління силовим агрегатом (P):

- 1,2 - системи подачі палива і води;
- 3 - система запалення;
- 4 - система контролю за токсичними викидами;

					MP.AT - 55.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

5 - система контролю обертів двигуна;

6 - ЕБК;

7,8 - **трансмiсія**;

9,0-резерв за SAE.

Останні дві цифри в кодi помилки указують на конкретну причину несправності. Коди несправностей різних датчиків, виконавчих механiзмів, електронних i електричних ланцюгів організовані в блоки по значеннях лiвої цифри з двох. Права цифра в блоці відповідає бiльш специфічній інформації. Наприклад, низька або висока напруга, сигнал поза допустимим діапазоном значень i т.д.

1.3.12 «Заморожений» кадр (Freeze frame record)

При включенні індикатора MIL підпрограма DE (Executive) заносить в пам'ять ЕБУ АКПП значення всіх параметрів на момент появи коду несправності. Так, в пам'яті формується заморожений кадр, в якому зазвичай запам'ятовується наступна інформація: коди помилок АКПП; співвідношення повітря/паливо (коефіцієнт стехіометрії); масова витрата повітря; середнє i миттєве значення коефіцієнта корекції подачі палива; оберти двигуна; навантаження; температура оливи АКПП; швидкість автомобіля; абсолютний тиск у впускному колекторі; тривалість імпульсу відкриття форсунок; режим роботи системи управління АКПП - замкнений або розімкнений.

«Заморожений» кадр містить інформацію про параметри на момент запису тільки першого зі всіх можливих кодів помилок АКПП. Проте виробники зазвичай ускладнюють програмне забезпечення з метою запису великого числа кадрів для декількох кодів помилок АКПП. Але ці додаткові кадри даних доступні тільки для спеціалізованих дилерських сканерів i для прочитання в умовах експлуатації не відкриваються. При стиранні коду помилки стирається i відповідний «заморожений» кадр з параметрами.

1.3.13 Перевірка бортової діагностичної системи АКПП

Діагностичні монітори системи АКПП реалізують свої тести один раз за поїздки. Тому до випробувальної поїздки (до або після ремонту АКПП)

					MP.AT - 55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

автомеханік повинен перевірити працездатність діагностичної системи в їздовому циклі. Залежно від температурних і дорожніх умов виробники рекомендують різні випробувальні їздові цикли для своїх АКПП. Під час проведення тесту АКПП підпрограма DE незалежно від результату маркірує прапором в пам'яті ЕБК АКПП кожен відпрацьований монітор. Ці прапори потім прочитуються сканером і з'ясовується, які з моніторів відпрацювали, а які ні. Функціонування невідпрацьованих моніторів повинне бути відновлене.

1.4 Застосування шини CAN для АКПП

1.4.1 Шини зв'язку CAN в автомобілі

В даний час зв'язок між блоками керування АКПП і діагностичним обладнанням здійснюється, переважно, за допомогою шини бортового контролера зв'язку. Висока швидкість обміну інформацією дозволяє за допомогою сканера реєструвати найкоротші випадкові (нерегулярні) відхилення параметрів АКПП від норми і проводити контрольні-діагностичні виміри на ходу автомобіля. До одного діагностичного роз'єму за стандартом CAN може бути підключено декілька блоків керування. Тестер посилає адресний сигнал включення блокам керування, один із яких розпізнає ці координати і передає код розпізнавання в зворотному напрямку.

Зростаюче їх впровадження і пов'язані з цим необхідність їх діагностики та потреба в обміні даними між системами вимагають об'єднання цих окремих блоків управління в єдину мережу. Традиційний метод забезпечення цього обміну даними через окремі канали передачі даних від діагностичного обладнання до електронних систем або від однієї системи до іншої досяг меж своїх можливостей (рис. 1.1), а складність кабельної розводки і розміри електророз'ємів не дозволяють здійснювати ефективний контроль. Крім того, обмеження числа контактів в роз'ємах утрудняє розробку блоків управління.

Для прикладу: джгути проводів загальною протяжністю 1600 м для автомобіля середнього класу мають сьогодні в середньому приблизно 300 роз'ємів із загальним числом контактів 2000. Єдиним вирішенням цієї проблеми є

					MP.AT - 55.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

застосування спеціальних і сумісних з автомобілем послідовних систем шин передачі даних, серед яких як стандарт була вибрана шина CAN.

Шина CAN (бортовий контролер зв'язку) є лінійною системною шиною, розробленою спеціально для використання на автомобілі (рис. 1.2), хоча вона знайшла і інші області застосування (наприклад, в побутовій техніці). Дані послідовно передаються по загальній шині. Всі інтерфейси CAN мають доступ до цієї шини. Через інтерфейси CAN блоки керування можуть обмінюватися даними. За рахунок об'єднання в єдину мережу потрібно менше проводів, оскільки по одному каналу шини можна обмінюватися безліччю даних і багато разів зчитувати ці дані. У автомобілі є чотири області застосування шини CAN, до кожної з яких пред'являються різні вимоги.



Рисунок 1.1 – Схема передачі даних до АКПП

Застосування шини CAN в діагностиці АКПП

Діагностика АКПП з використанням шини CAN націлена на застосування вже наявної мережі для діагностики підключених до неї блоків керування. В

цьому випадку звичайна сьогодні діагностика за допомогою спеціальної лінії К (стандарт ISO 9141) виявляється непотрібною. При застосуванні шини CAN в діагностиці АКПП планується також передача великих масивів даних із швидкістю 250 і 500 Кбіт/с.

Застосування в умовах реального часу

При застосуванні в умовах реального часу забезпечується керування рухом автомобіля, включаючи такі електронні системи як керування двигуном, керування вибором передачі в трансмісії АКПП і електронна програма курсової стійкості (ESP). Загалом, необхідно забезпечувати швидкість передачі даних від 125 Кбіт/с до 1 Мбіт/с, для того щоб гарантувати необхідну швидкість реакції систем (високошвидкісна шина CAN).

Мультиплексна система

Ця система забезпечує контроль за роботою замкнутого і розімкненого контурів керування пристроїв в області електронного оснащення АКПП і забезпечення комфорту, які включають пристрої вибору режимів АКПП, клімат-контролю, центральний замок і регулювання положень сидінь. Швидкість передачі даних для низькошвидкісної шини CAN зазвичай складає від 10 до 125 Кбіт/с.

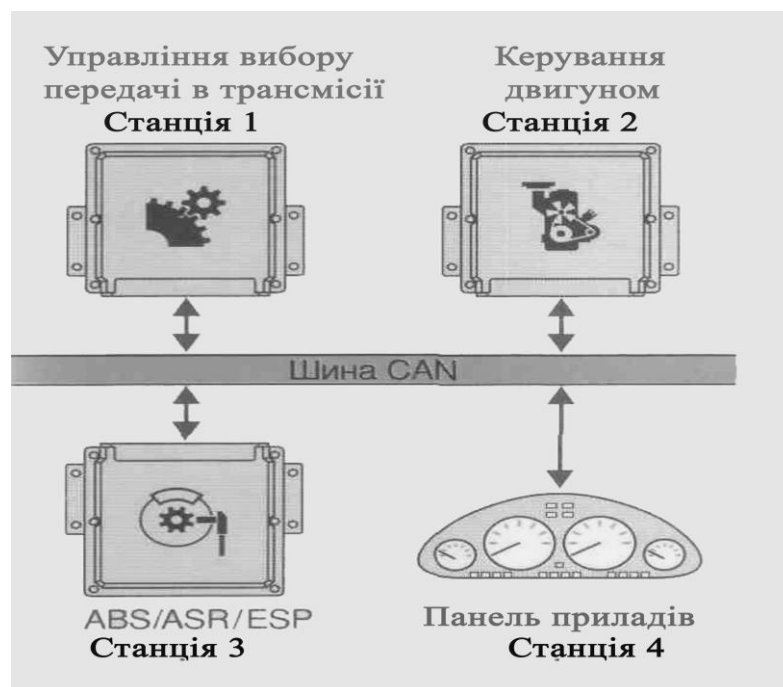


Рисунок 1.2 – Лінійна передача даних до АКПП по шині CAN

						MP.AT - 55.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			26

Застосування мобільного зв'язку

Застосування шини CAN в області мобільного зв'язку включає елементи мультимедіа, як, наприклад, система навігації, активний круїз-контроль і тому подібне з центральним дисплеєм в автомобілі і операційними блоками АКПП. Об'єднання в загальну мережу служить, перш за все, для спрощення процесів керування і концентрації інформації про стан пристроїв, для того, щоб увага водія відволікалася в мінімальному ступені. При цьому можуть передаватися дуже великі масиви даних, коли швидкість їх передачі складає до 125 Кбіт/с. При цьому пряма передача аудіо і відеосигналів неможлива.

1.4.2 Конфігурація CAN шини управління АКПП

Під конфігурацією шини CAN розуміються розташування елементів системи і взаємодія між ними. Шина CAN має лінійну структуру (рис. 1.2). В порівнянні з іншими логічними структурами (кільцева або зіркоподібна шина), така система відрізняється мінімальною можливістю виходу з ладу. Якщо одна із станцій системи відключається, шина як і раніше продовжує повністю обслуговувати інші станції. Станціями, підключеними до шини, можуть бути як блоки керування, так і індикаторні прилади, датчики або виконавчі механізми. Вони працюють за принципом «Multi-Master» (мультимайстер). При цьому всі підключені до шини CAN станції мають рівний пріоритет доступу до неї.

Система CAN була стандартизована як в ISO (Міжнародна організація по стандартизації), так і в SAE (Суспільство автомобільних інженерів) для обміну даними в автомобілі:

- для низькошвидкісного обміну даними < 125 Кбіт/с в ISO 11519-2;
- для високошвидкісного обміну даними, в тому числі для АКПП > 125 Кбіт/с в ISO 11898 і SAE J 22584 (пасажирські автомобілі) або SAE J 939 (вантажні автомобілі і автобуси);
- для діагностики через шину CAN в стандарті ISO 15765-1 (з 2004 р.)

1.4.3 Адресація за змістом шини управління АКПП

Система шини CAN адресує повідомлення не окремо до кожної станції (відповідно до її характеристик), а за змістом цих повідомлень. До кожного

					MP.AT - 55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повідомлення приєднується фіксований «ідентифікатор» (ім'я повідомлення), який ідентифікує зміст цього повідомлення (наприклад, частоту обертання вторинного валу АКПП).

Цей ідентифікатор містить 11 бітів (стандартний формат) або 29 бітів (розширений формат). За рахунок адресації за змістом (рис. 6.3) кожна станція повинна сама вирішувати, чи потрібна їй послана по шині інформація чи ні («фільтрація повідомлення»). Ця функція може виконуватися спеціальним модулем CAN (повна шина CAN).

За цей рахунок розвантажується центральний мікропроцесор блоку керування АКПП. Базові модулі CAN прочитують всі повідомлення. Відмова від адресації станцій і вибрана замість цього адресація за змістом дозволяють отримати високу гнучкість всієї системи, за допомогою чого спрощується установка різних варіантів устаткування і їх робота.

Якщо один з блоків керування АКПП потребує нової інформації, яка вже є в шині CAN, то все, що необхідно зробити, це просто запитати її з шини. Подібно до цього, якщо нові станції грають роль приймачів, то вони можуть бути приєднані до шини CAN без необхідності модифікації вже існуючих станцій.

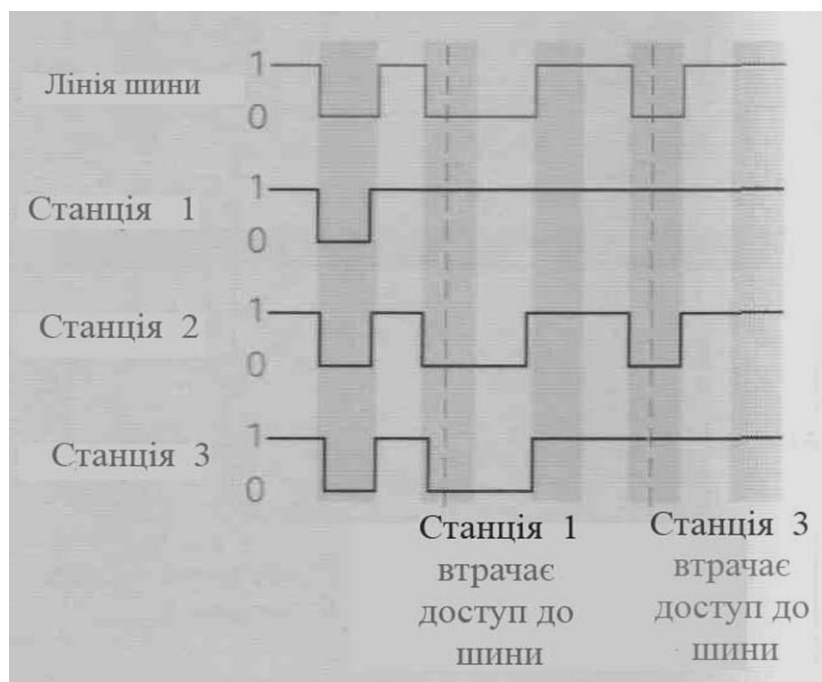
1.4.4 Надання права доступу до загальної шини управління АКПП

Ідентифікатор, разом із змістом даних, також визначає пріоритет повідомлення для АКПП. Ідентифікатор, який відповідає короткому двійковому коду, володіє вищим пріоритетом і навпаки. Пріоритети повідомлень є, наприклад, функцією швидкості зміни їх змісту або їх значення по чиннику безпеки. По шині ніколи не передаються два і більше повідомлення з рівними пріоритетами. Відразу ж після звільнення шини кожна станція може починати передачу повідомлення. Конфлікт, що можливо при цьому виникає, в доступі до шини усувається побітовим «арбітражем» кожного ідентифікатора (рис. 1.3).

При цьому без втрат часу і інформації спочатку передається повідомлення з вищим пріоритетом (неруйнуючий протокол). Протокол CAN базується на двох логічних станах: доміантному (логічний нуль) і рецесивному (логічна одиниця). Принцип керування доступом до загальної шини (арбітраж) дозволяє здійснювати

					MP.AT - 55.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

перезапис рецесивних бітів інших станцій за допомогою переданих даною станцією домінантних бітів. Станція з найкоротшим ідентифікатором (тобто з найвищим пріоритетом) має доступ до шини першою.



0 - домінантний рівень, 1 - рецесивний рівень

Побітовий арбітраж(керування доступом до загальної шини при декількох повідомленнях): станція 2 отримує пріоритет в доступі до шини (сигнал на шині = сигналу від станції 2)

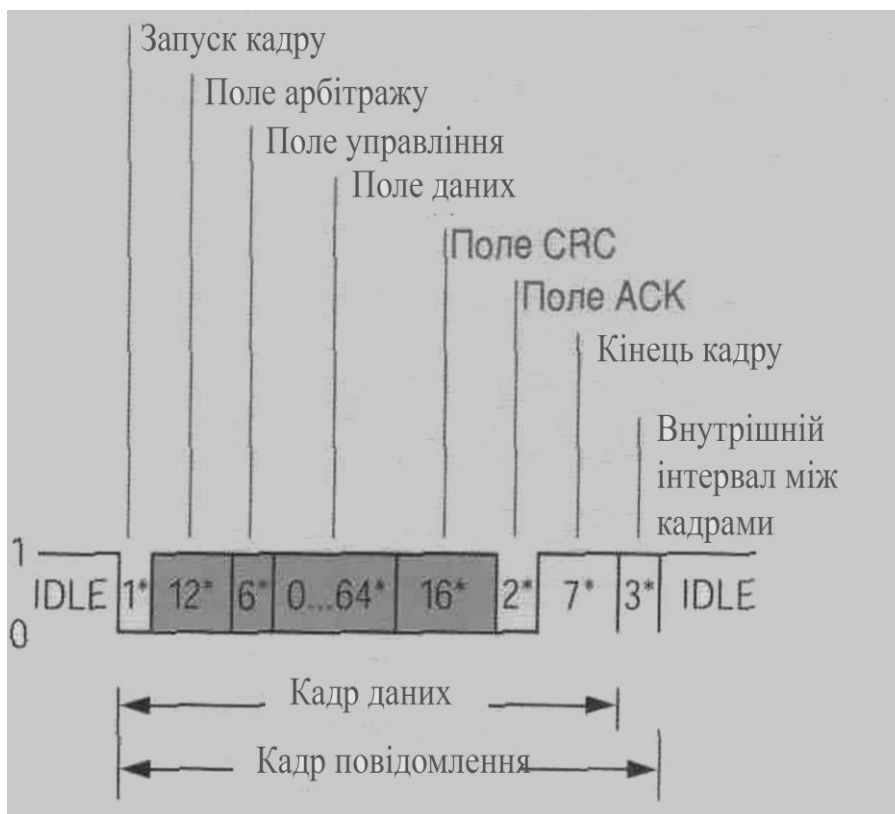
Рисунок 1.3 – Адресація і фільтрація повідомлень по шині CAN

Передавачі з малим пріоритетом передачі повідомлень автоматично стають приймачами і починають спроби повторних передач повідомлень при звільненні доступу до шини. Для того, щоб всі повідомлення могли поступити на шину, швидкість передачі інформації по цій шині повинна відповідати числу станцій, підключених до неї. Для сигналів (наприклад, частоти обертання колінчастого валу двигуна), що постійно змінюються, встановлюється час циклу.

1.4.5 Формат повідомлення

Шина CAN підтримує для АКПП два різних формати, які відрізняються тільки довжиною ідентифікатора. Ідентифікатор в стандартному форматі містить

11 бітів, в розширеному — 29 бітів. Обидва формати сумісні один з одним і разом можуть застосовуватися в загальній мережі. Кадр інформації складається з семи послідовних полів (рис. 1.4) і містить 130 бітів (стандартний формат) або 150 бітів (розширений формат). В стані спокою шина рецесивна (IDLE), тобто не активна. Запуск кадру з домінантним бітом указує на початок передачі повідомлення для АКПП і синхронізує роботу всіх станцій.



0 - домінантний рівень; 1- рецесивний рівень; * - кількість біт

Рисунок 1.4 – Формат повідомлень CAN

Поле арбітражу АКПП (Arbitration Field) складається із вже описаного ідентифікатора повідомлень і додаткового контрольного біта. При передачі цього поля передавач перевіряє кожен біт на наявність у нього права на передачу або на належність до іншої станції з вищим пріоритетом передачі повідомлень. Контрольний біт, наступний за ідентифікатором, позначається як RTR-біт (Remote Transmission Request — дистанційна передача запиту), визначаючи вид повідомлення: кадр даних (повідомлення з даними) для приймальної станції або дистанційний кадр для приймальної станції. Поле керування (Control Field)

включає IDE-бит (Identifier Extension Bit), за допомогою якого робиться відмінність між стандартним форматом (IDE = 0) і розширеним форматом (IDE = 1) і супроводжується зарезервованим бітом для майбутніх розширень. Останні 4 біта цього поля описують кількість байтів даних в подальшому полі даних. За рахунок цього одержувач може визначити, чи отримав він всю інформацію.

Поле даних (Data Field) містить від 0 до 8 байт інформації. Поле даних завдовжки 0 байт використовується для синхронізації розподілених процесів. За одне повідомлення може бути передане декілька сигналів (наприклад, температура двигуна і частота обертання колінчастого валу).

Поле CRC (Cyclic Redundancy Check — контроль за допомогою циклічного надлишкового коду) містить контрольне слово кадру для розпізнавання, наприклад, виникаючих перешкод в передачі.

Поле ACK (Acknowledgement — підтвердження) містить сигнали, підтверджуючі правильність прийнятих повідомлень. Поле включає область пам'яті ACK і рецесивний обмежувач ACK. Запит області пам'яті також посилається рецесивно і при правильному прийомі повідомлення записується приймачем як доміантний. При цьому не грає ролі, чи має значення посилка цього повідомлення для приймача чи ні — підтверджується тільки правильний прийом повідомлення. Кінець кадру (End of Frame) складається з семи рецесивних бітів і означає кінець повідомлення.

Внутрішній інтервал між кадрами (Inter-Frame Space) складається з трьох бітів, які розділяють між собою послідовні повідомлення. Після цього шина залишається вільною в рецесивному стані (IDLE) до тих пір, поки яка-небудь інша станція не запитає до неї доступ. Як правило, станція-передавач ініціює передачу повідомлень шляхом відправки кадру даних. Але можливий також варіант, коли приймач запрошує у передавача дані, посилаючи дистанційний кадр.

1.4.6 Розпізнавання помилок АКПП

У протокол CAN включений ряд механізмів контролю для розпізнавання помилок АКПП. У полі CRC приймальна станція АКПП порівнює отриману послідовність CRC з послідовністю, розрахованою на основі повідомлення.

					MP.AT - 55.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

При контролі кадру розпізнаються помилки кадру АКПП шляхом перевірки його структури. У протоколі CAN міститься декілька полів бітів з жорстким форматом, які перевіряються всіма станціями. Перевірка АСК є підтвердження приймальними станціями факту ухвалення кадру повідомлення АКПП. Відсутність указує, наприклад, на виявлені помилки при передачі даних АКПП.

Моніторинг означає, що відправник контролює рівень шини і порівнює відмінності між відправленим і зчитаним бітами АКПП. Дотримання заповнення бітами контролюється перевіркою кодів. Правило заповнення встановлює, що в кожному кадрі даних або у віддаленому кадрі між запуском кадру і кінцем поля CRC допускається максимально п'ять наступних один за одним бітів з рівними пріоритетами. Після передачі кожних п'яти однакових бітів відправник вводить один біт з протилежним пріоритетом. Приймальна станція видаляє всі ці введені біти після отримання повідомлення. Порушення в лінії зв'язку можуть визначатися за допомогою використання принципу заповнення бітами.

Якщо одна із станцій визначає помилку, то вона перериває поточну передачу шляхом відправлення кадру помилки (Еггог Frame), який складається з шести послідовних домінуючих бітів. Їх дія базується на цілеспрямованому порушенні правила заповнення бітами. За рахунок цього не допускається прийом іншими станціями помилкових повідомлень. Дефектні станції можуть істотно порушити функціонування шини CAN за рахунок відправки кадру помилки і переривання повідомлень, що не містять помилок. Для усунення цього шина CAN має функцію, за допомогою якої можна розрізняти випадково виникаючі збої від постійних помилок і забезпечувати ідентифікацію дефектних станцій. Це здійснюється за допомогою методу статистичної оцінки помилкових ситуацій.

					MP.AT - 55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ОСНОВНЕ ТА ДОПОМІЖНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ДІАГНОСТИКИ АКПП

2.1 Загальні відомості про обладнання

У межах цього розділу більш детально розглянемо засоби контролю діагностичних параметрів АКПП, які можна класифікувати за видом параметра, функціональним наповненням та призначенням.

Імітатори датчиків (рис. 2.1) прилади, що відтворюють електричні сигнали аналогових, імпульсних і цифрових датчиків АКПП та заміщують електричні параметри (електричний опір) пасивних датчиків у межах робочих діапазонів їх функціонування. Застосовуються безпосередньо на борті автомобіля та мають автономне джерело живлення або живлення від АКБ автомобіля.



Рис. 2.1. Зовнішній вигляд імітаторів сигналів датчиків: а - резистивних; б, в - аналогових та імпульсних; г - у складі комбінованого приладу

Імітатор резистивних датчиків (рис. 2.1 а) призначений для імітації вихідного опору напівпровідникових датчиків температури АКПП відповідно до температурної характеристики та потенціометричних датчиків положення (дросельної заслінки, педалі акселератора). Він є набором резисторів змінного опору відповідних номіналів. Імітатори сигналів аналогових та імпульсних датчиків зі знаковою (рис. 2.1 б) та цифровою (рис. 2.1 в) індикацією вихідних

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

параметрів призначені для імітації вихідних сигналів активних (напруги) та пасивних (опору) датчиків АКПП. Є комбінованою схемою лінійного підсилювача напруги мультівібратора та формувачів сигналів з регулюванням відповідних параметрів.

Використовуються під час відтворення режимних станів об'єкта керування з метою підтвердження діагностики про несправність підозрілого датчика АКПП. У цьому разі перевіряється і справність ЕБК по каналу керування й цілісність проводки від датчика до ЕБК і від ЕБК до виконавчих пристроїв.

До універсальних приладів діагностування належать автомобільні мультиметри та осцилографи.

Автомобільні мультиметри (автотестери, мультископи) мають розширені функції та діапазони вимірювань параметрів. Автомобільні мультиметри (рис. 2.2 а) постачаються разом з датчиками зовнішніх вимірювань (вимірювальними зондами). Завдяки цьому на відміну від мультиметра загального використання автомобільні мультиметри дозволяють додатково вимірювати: частоту електричних імпульсів до 10 200 кГц; швидкість обертання вала 0 - 10000 хв⁻¹; електричний опір - 0,01 Ом - 40 МОм; напругу змінного та постійного струму 0,1 мВ - 1000 В; постійний струм - 0,01 мА-2000 А; тиск рідини; температуру газів, рідини та твердої поверхні до 1290 °С. Для живлення автомобільних мультиметрів використовуються, як правило, автономні джерела напруги.

Автомобільні осцилографи (рис. 2.2 б) відрізняються від осцилографів попереднього покоління за такими показниками: малі вага та габарити; живлення від автономного джерела або АКБ автомобіля; перетворення інформаційних сигналів та отримання зображення на цифровому рівні; наявність декількох вимірювальних каналів; здатність працювати у режимі запам'ятовування; можливість автоматизувати процес вимірювання та статистичної обробки вимірювальної інформації. Автомобільні осцилографи комплектуються адаптерами підключення, вимірювальними зондами електричних і неелектричних величин. Синхронізація розгортки автомобільних осцилографів з обертанням двигуна здійснюється із зовні за допомогою датчика струму свічки

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

першого циліндра. Моделі автомобільних осцилографів відрізняються одна від одної за експлуатаційними показниками та технічними характеристиками: кількістю вимірювальних каналів; особливостями каналу синхронізації, запам'ятовування, обробки та зберігання інформації; розміром та роздільною здатністю екрана; додатковими опціями керування та модифікації зображення.



Рис. 2.2. Зовнішній вигляд універсальних вимірювальних приладів: а - автомобільні мультиметри; б - портативні осцилографи

Вимірювальні канали автомобільних осцилографів за призначенням поділяють на універсальні (до 50 В), первинної напруги СЗ (до 1000 В), вторинної напруги СЗ (до 50 кВ). Для перегляду осцилограм всіх циліндрів одночасно на одному каналі використовують спеціальні кабелі-суматори.

Основними параметрами кожного каналу є межа виміру напруги, діапазон часового розгортання, вхідний опір. Діапазон часового розгортання для цифрових осцилографів визначається частотою дискретизації аналого-цифрового перетворення сигналу. Синхронізація сигналу дозволяє спостерігати стійкий періодичний сигнал із прив'язкою до певного моменту запуску часового розгортання. Для виявлення нестабільності сигналу при стаціонарних змінах частоти робочих процесів використовується режим післясвітіння (повторення попереднього циклу розгортання зі зменшеною яскравістю).

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для каналів системи запалювання значення частоти дискретизації АЦП обирається не нижче 200 кГц. Застосовуються спеціальні режими розгортання: парад циліндрів, растрове та накладене зображення. Передбачається падання параметрів сигналів у модифікованому вигляді та вивід цифрових значень характерних параметрів сигналів системи запалювати (напруги пробою, напруги горіння, тривалості горіння, тривалості періоду нагромадження енергії, кута випередження запалювання, кута замкнутого стану контактів).

Розрізняють цифрові осцилографи без запам'ятовування та із запам'ятовуванням зображення (далі по тексту «запам'ятовуючі осцилографи»). Осцилографи без запам'ятовування зображення дозволяють спостерігати сигнал у режимі реального часу або «заморожувати» тільки поточний кадр (режим Hold). Запам'ятовуючі осцилографи дозволяють записувати осцилограми (кадри) на згадку для наступного їхнього перегляду й аналізу. Опція запам'ятовування дозволяє детально аналізувати короткочасні та неперіодичні процеси й порівнювати осцилограми декількох параметрів на обраних режимах їхньої реєстрації.

Деякі моделі запам'ятовувальних осцилографів дозволяють зберігати осцилограми навіть після вимикання їхнього живлення. Характеризуються об'ємом пам'яті (кількістю кадрів) і режимами зберігання інформації. Сучасні автомобільні осцилографи підтримують опцію автоматичного настроювання (установлювання посилення, розгортання, синхронізації) для спостереження сигналів певних типів датчиків і виконавчих механізмів. У цьому разі вибір потрібного режиму може супроводжуватися виводом виду еталонної осцилограми.

Якість аналізу інформації на екрані осцилографа залежить від розміру та розподільної здатності дисплея та відповідно до продуктивності АЦП і швидкодії виводу інформації. Додаткові можливості під час аналізу сигналу забезпечують візири (маркери) вертикальної та горизонтальної позиції спостереження та надання координатних параметрів сигналу в цифровому вигляді.

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Пристрої контролю неелектричних параметрів об'єктів керування

Для контролю неелектричних параметрів мехатронних систем використовують електричні прилади вимірювання неелектричних параметрів та вимірювальні прилади безпосередньої оцінки. В електричних приладах застосовують перетворювачі (датчики) неелектричної величини в електричну (вимірювальні зонди), в приладах безпосередньої оцінки неелектрична величина реєструється безпосередньо механічним способом. Вимірювальні зонди неелектричних величин (рис. 2.3) є датчиками неелектричних величин (температури, тиску), що пристосовані для підключення до електричного вимірювального приладу (мультиметра, осцилографа). Такі адаптери перетворюють значення неелектричного параметра до відповідного значення електричного сигналу; який вимірюється діагностичним приладом.



Рис. 2.3. Зовнішній вигляд вимірювальних зондів неелектричних величин: а, б - тиску рідини та газів; в - температури рідини та газів; г - температури твердої поверхні; д - інфрачервоного випромінювання

2.3 Характеристика та можливості інтегрованих систем самодіагностики

Тенденція розвитку засобів діагностики складних електричних систем полягає у розміщенні їх в автомобілі (інтегрування діагностичних систем). У цьому разі діагностичний прилад зовнішнього підключення забезпечує тільки функції операторської периферії (органи керування та індикатор) та буферного

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пристрою (інтерфейс). Інакше кажучи, діагностичне устаткування постів діагностики перевтілюється в діагностичне обладнання автомобіля. Система боргової самодіагностики (СД) є складовою частиною систем керування двигуном та агрегатами автомобіля. Система СД може бути інтегрована в окремі системи керування або реалізована на базі центрального бортового комп'ютера, який контролює функціонування декількох систем керування одночасно. Необхідність впровадження систем СД пов'язана з підвищенням складності та вартості електронних автомобільних систем та підвищенням витрат на проведення діагностичних операцій традиційними способами.

Система СД контролює стан датчиків системи керування, впливає на функціонування виконавчих пристроїв, повідомляє водія (оператора) про наявність несправності, локалізує та ідентифікує несправність під час її виникнення, здійснює захисні функції (рис. 2.4). Функціонування системи СД полягає у постійному або періодичному порівнянні електричних сигналів (значень параметрів) кіл електронного блоку керування (ЕБК) з переліком контрольованих параметрів, що занесені до постійної пам'яті (базы еталонних даних) ЕБК. У базі даних ЕБК для порівняння зберігаються верхні та нижні значення (рівні) сигналів, кількість помилкових сигналів за певний період часу, недостовірні комбінації сигналів, рівні сигналів за межами адаптивних значень.

Якщо параметр, що порівнюється (перевіряється) має недопустимі чи недостовірні значення або спостерігаються «загальмовані» сигнали, до пам'яті ЕБК заноситься код несправності (код помилки). Для зберігання кодів помилок в ЕБК використовується енергозалежна КАМ (Keep Alive Memory) пам'ять.

Функціонування (живлення) мікросхем КАМ-пам'яті при виключеному замку запалювання забезпечується окремим проводом (що не відключається від АКБ) або мініатюрним акумулятором, розташованим в ЕБК. За необхідністю код несправності може бути вилучений оператором для ідентифікації несправності та подальшої її локалізації та усунення.

Під час роботи системи керування у полагодженому стані параметри сигналів мають допустимі значення, що знаходяться у робочому діапазоні (від

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

верхнього до нижнього рівня). Недопустимі значення мають місце при несправному стані системи та виходять, за межі робочого діапазону. Недостовірні сигнали не виходять за межі значень робочого діапазону, але не можуть існувати у заданому режимі функціонування системи у справному її стані. Так, наприклад, двигун працює у потужнішому режимі, а значення сигналу датчика положення дросельної заслінки дорівнюють її зачиненому стану або значення сигналу датчика масової витрати повітря вказує на малу витрату повітря.



Рис. 2.4. Функції бортової системи діагностування

Сучасні системи СД контролюють так звані «загальмовані» сигнали, що означають відсутність втручання водія протягом певного часу транспортного процесу. Наприклад, механічне розстикування приводу датчика положення дросельної заслінки «загальмовує» відповідний сигнал, але сигнали датчиків масової витрати повітря та частоти обертання ДВЗ свідчать про зміну режимів ДВЗ.

Таким чином, процес самодіагностики має ряд обмежень, що обумовлені неможливістю або недоцільністю локалізації несправності без участі оператора:

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Визначення несправності відбувається тільки при наявності відповідного коду несправності у бібліотеці даних системи СД.

2. Вилучення кодів несправностей можливо тільки за умов, що передбачені програмою діагностування системи СД.

3. Несправності та пошкодження механічного характеру, що не підтверджуються реакцією електричних датчиків, не охоплюються системою СД.

4. Несправності та пошкодження вторинного кола системи запалювання не охоплюються системою СД (за винятком систем останнього покоління),

5. Код несправності, зазвичай, визначає несправність у певному коді системи, але не дозволяє локалізувати місце пошкодження.

6. Несправності електрообладнання (особливо високовольтних кіл) можуть призводити до генерації електромагнітних перешкод та викликати генерацію помилкових кодів несправностей.

7. Не кожна система СД здатна реагувати на «загальмовані» сигнали датчиків.

8. Не кожна система СД здатна визначити недостовірні сигнали, параметри яких знаходяться в межах допустимих значень,

Зазначимо, що в сучасних системах керування застосовуються системи СД з контролем системи запалювання за вихідним параметром. У цьому випадку реєструються пропуски запалювання по циліндрах на підставі визначення нерівномірності обертання колінчастого валу та відсутності імпульсів струму у вторинному контурі системи запалювання.

Трансляція діагностичної інформації (кодів помилок і даних) забезпечує зчитування вхідних і вихідних сигналів у середовищі ЕБК. У режимі виконання тестових завдань ЕБК одержує команди від приладу, що проводить тестування (сканера).

Діагностична інформація, що формується у системі СД, використовується не тільки для пасивного повідомлення водія чи оператора про наявність та вид несправності, але й активно впливає на несправну систему керування,

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нормалізуючи її роботу. Такий автоматичний вплив (аварійний режим) необхідний для працездатності автомобіля на режимах, близьких до оптимальних, доки несправності, буде усунено.

Якщо виникає несправність у колі будь-якого датчика, система СД поряд із записом коду несправності і вмиканням лампи СЕ забезпечує заміщення втраченого сигналу. Сигнал, який втрачено, у цьому випадку, формується на підставі аналізу даних від інших датчиків системи керування, що непрямо (у першому наближенні) відтворюють втрачену інформацію, Заміщення сигналів деяких датчиків відбувається шляхом вилучення їх значень безпосередньо з постійної пам'яті ЕБК. При несправностях кіл основних датчиків (наприклад, датчик положення колінчастого вала) система СД забезпечує фіксований обмежений режим роботи або зупиняє ДВЗ, доки несправність буде усунено.

У процесі експлуатації автомобіля відбувається поступове зношення деталей об'єкта керування (люфти, биття) та погіршення характеристик датчиків (втрата чутливості, збій калібрування) і виконавчих пристроїв системи керування (засмічення форсунок, нагар свічок запалювання. Як наслідок, це викликає відхилення сигналів керування та керуючих впливів від оптимальних значень. Такі відхилення також можуть виникати в результаті заміни окремих елементів системи на неідентичні використання не сортового палива.

Системи СД при таких відхиленнях не переходить до аварійною режиму та не сигналізує про несправність, аж доки значення структурних діагностичних параметрів не вийдуть за межі допустимих. Таким чином, відбувається поступове погіршення вихідних характеристик об'єктів керування (для ДВЗ підвищення токсичності, зниження ефективної потужності та паливної економічності). Ці недоліки усуваються в адаптивних системах керування і зворотнім зв'язком за вихідним параметром (системі керування ДВЗ датчиками кисню, детонації).

Зворотний зв'язок дозволяє реалізувати адаптивний режим системи СД, що полягає в корегуванні базових даних, які містяться в характеристичних картах

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЕБК, відповідно до зміни вихідних параметрів мехатронної системи, відносно їх оптимальних значень.

Варто зазначити, що процес адаптації може виключити функціонування системи в аварійному режимі, якщо з датчиків надходять сигнали, значення параметрів яких не виходять за межі допустимих. Щоб уникнути такої невизначеності, в пам'яті ЕБК зберігаються допустимі рівні відхилень параметрів у межах яких підтримується режим адаптації. Якщо вихідні параметри мехатронної системи виходять за рівні адаптивних значень, система СД ініціалізує аварійний режим.

Швидкість, з якою інтегрована система СД обмінюється даними з діагностичним приладом, залежить від довжини лінії послідовної передачі даних і швидкості передачі даних ЕБК автомобіля. Швидкість передачі даних вимірюється в бодах. Один бод дорівнює передачі одного біта інформації за секунду. Швидкість відображення даних залежить від типу ЕБК і не може бути змінена за допомогою діагностичного приладу.

Вилучення та зміст діагностичної інформації інтегрованих систем

Вилучення діагностичної інформації (кодів несправностей) оператором здійснюється за допомогою індикаторів, у ролі яких у різних системах СД використовуються: контрольна лампа СЕ (Check Engine) або MIL (Malfunction Indicator Lamp), що міститься на панелі приладів у салоні автомобіля; світлодіод (або два різного кольору), який міститься у корпусі ЕБК; пристрої зчитування кодів несправностей (апаратні або програмні сканери), що підключаються до діагностичного рознімання системи керування (рис. 2.5).

Реакція засобів індикації може свідчити про справність системи СД, (при вмиканні запалювання), встановлювати факт наявності у системі керування (під час руху автомобіля) та визначити код, що локалізує несправність (під час діагностування системи керування). Перша процедура здійснюється при вмиканні запалювання. У іншому випадку індикатор засвічується, а після запуску двигуна (або після фіксованого часу) він гасне. Постійне горіння індикатора після пуску двигуна або в процесі експлуатації автомобіля вказує на наявність

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

несправності в системі керування. Третій режим індикації ініціюється оператором для зчитування коду несправності після встановлення факту її наявності.

Фірмами-виробниками діагностичного устаткування розроблено декілька видів сканерів з різним функціональним наповненням. Умовно пристрої такого типу можна поділити на три покоління. Сканери першого покоління здійснюють функції інтерфейсу, який зчитує «повільні» коди та перетворює їх у вигляд десятинного повідомлення. Стирання кодів помилок з пам'яті системи також здійснюється за допомогою сканеру.

Сканери другого покоління, крім перелічених, мають додаткову функцію, що полягає в зчитуванні «швидких» кодів та перетворенні їх у тестові діагностичні повідомлення. Сканери третього покоління, крім забезпечення безпосередніх функцій зчитування кодів, додатково дозволяють спостерігати за поточною інформацією з датчиків та виконавчих пристроїв системи; тестувати (активізувати) виконавчі пристрої; перекодувати ЕБК здійснювати регульовальні операції; забезпечувати запис поточної інформації.

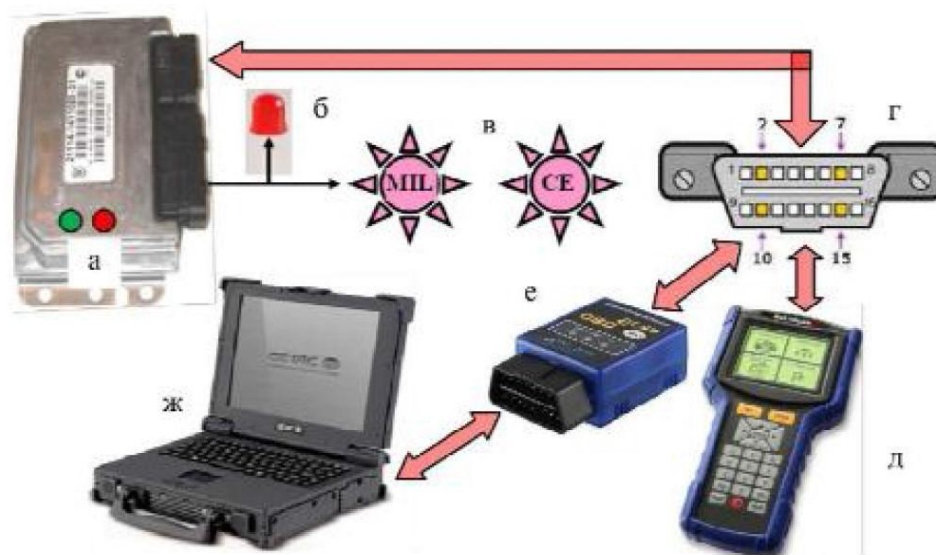


Рис. 2.5. Засоби обміну інформацією системи самодіагностики: а - світлодіоди вмонтовані в корпус ЕБК; б - світлодіод зовнішнього підключення; в - сигнальні лампи діагностики на панелі приладів автомобіля; г - діагностичне рознімання автомобіля; д - діагностичний сканер; е - діагностичний адаптер; ж - персональний комп'ютер

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підключення сканерів до системи СД старих типів автомобілів здійснюється через діагностичні рознімання, що мають оригінальну конфігурацію залежно від виробника автомобіля або системи керування (рис. 2.6). З метою уніфікації засобів комп'ютерної діагностики використовується діагностичний стандарт, який визначає протокол обміну інформацією між ЕБК і діагностичним тестером (сканером) через послідовний інтерфейс. Стандарт установлює єдину методологію доступу до даних, кодів несправностей та регламентує випробувальне (інструктивне) керування системами автомобіля за допомогою сканера. Діагностичні процедури, реалізовані після ініціалізації залежать від програмного забезпечення ЕБК і сканера.

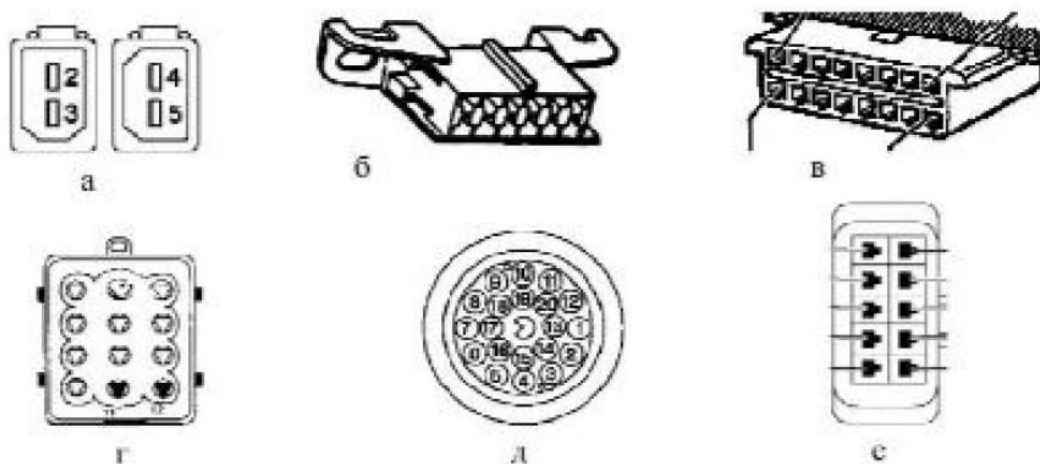


Рис. 2.6. Конфігурації діагностичних рознімань: а - виробництва концерну застарівших Volkswagen (VW, Audi, Seat, Skoda); б - застарівших Деу; в – сучасних за стандартом OBD II; г - застарівших Рено ; д - застарівших BMW; е - застарівших Opel

Звичайно є можливість зчитувати коди несправностей, зображувати їх на дисплеї сканера з текстовими коментарями. Більш складне програмне забезпечення дозволяє проводити діагностику датчиків і виконавчих пристроїв, забезпечити тестування системи шляхом активізації виконавчих пристроїв через ЕБК. Швидкість обміну інформацією між ЕБК і сканером визначається бортовим комп'ютером. Висока швидкість обміну інформацією (до 62500 біт/сек) дозволяє за допомогою сканера реєструвати найкоротші випадкові (нерегулярні)

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відхилення параметрів від норми та проводити контрольно-діагностичні виміри під час руху автомобіля.

Універсальність доступу в системах СД для автомобілів, що сумісні зі стандартами OBD II також використовуються протоколи обміну: SE J1850 (з PWM і WPV модуляцією цифрового сигналу), ISO 9141-2, ISO 14230-4 (KWP2000), ISO 15765-4 (J2284), з використанням CAN-інтерфейсу. Автомобіль, що підтримує OBD II діагностику має 16-контактне діагностичне рознімання (DLC - Diagnostic Link Connection) трапецієвидної форми. Сім з шістнадцяти контактів мають установлене стандартом призначення, інші у розпорядженні виробника. Іноді рознімання OBD II встановлюється на автомобілі, що взагалі не підтримують жоден з OBD II-протоколів.

Для оцінки застосування того або іншого сканера для діагностики конкретного автомобіля необхідно визначити, який конкретно з протоколів використовується на конкретному автомобілі. Для цього потрібно:

- оглянути діагностичне рознімання та виводи на ньому;
- ознайомитися з технічною документацією автомобіля даної марки;
- ознайомитися з дилерською інформаційною базою даних;
- використати сканер, що дозволяє визначити, який з протоколів використовується на автомобілі;

У більшості автомобілів використовуються міжнародні протоколи ISO. Наприклад, у легкових автомобілях і легких вантажівках концерну GM, автомобілі Toyota моделі Toyota Supra і Celica, моделі Chrysler 300, Intrepid and Concord використовують протокол SEA J1850 WPV. Також теж, як правило, підтримують протокол SEA J1850 WPV. Випуск автомобілів марки Ford орієнтуються на використання протоколу SEA J1850 PWM.

2.4 Діагностичні сканери

2.4.1 Загальна характеристика діагностичних сканерів

Діагностичні сканери - портативні прилади, призначені для діагностування автомобільних мікропроцесорних систем керування з інтегрованими системами

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

діагностики. Підключення сканера до автомобіля здійснюється через діагностичне рознімання системи керування. Сканер забезпечує зчитування та стирання кодів несправностей, що формуються під час транспортного процесу. Додаткові функції сканера полягають у реєстрації даних про режимні параметри електричних кіл системи керування та забезпеченні тестових впливів на об'єкт керування шляхом формування сигналів керування виконавчими пристроями. Обмін інформацією між сканером і бортовою системою керування (зчитування даних та команди керування) відбувається на цифровому рівні у вигляді послідовних кодів, що формуються в середовищі електронного блока керування (ЕБК) та діагностичного комп'ютера.

Тому на відміну від мотор-тестера, сканер не дає жодних відомостей про параметри електричних процесів у високовольтній частині системи запалювання, електричних пристроїв, що керуються дистанційно через виконавчі реле та стан механічних вузлів двигуна. Оскільки сканер не вимірювальний, прилад, а всього лише дешифратор, його можливості обмежені програмою, закладеною в ЕБК. Повнота діагностичної інформації, що одержані за допомогою сканера та універсальність його застосування на автомобілях різних марок залежить від розробників системи керування та сканера.

Портативність сканера дозволяє використовувати його при їздових випробуваннях. Одержання інформації в реальному масштабі часу полегшує виявлення нерегулярних (непостійних) несправностей. Поряд з цим треба розуміти, що сканер не замінить манометр або омметр, за допомогою його не можна визначити компресію в циліндрі або порушення електричної ізоляції. Тому недоцільно використовувати сканер до проведення базових перевірок автомобіля: паливної системи, системи запалювання, електричних з'єднань, компресії у циліндрах.

Крім того, наявність помилок (кодів несправностей), які реєструє сканер, не є достатньою інформацією, щоб зробити висновок про технічний стан датчика або виконавчого пристрою, а відсутність помилок не є однозначним критерієм для висновку про справний стан системи керування.

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сучасні сканери дозволяють здійснювати додаткові функції і можуть відрізнитися за кількістю функцій, що виконуються по каналах діагностики, об'ємом вимірювальних параметрів та змістом інформації, що надається оператору. Зчитування кодів залежно від рівня системи та сканера може здійснюватися за трьома варіантами: перетворення «повільних» кодів до цифрового вигляду на дисплеї сканера; виведення «швидких» кодів у цифровому вигляді; текстове тлумачення кодів несправностей, що виводяться. Стирання кодів несправностей полягає в очищенні пам'яті бортового комп'ютера, де зберігаються коди помилок. Якщо в пам'яті системи самодіагностики міститься декілька кодів, їх стирання можна здійснювати послідовно або після усунення несправностей.

При зчитуванні поточних параметрів та даних на дисплей сканера виводяться значення параметрів сигналів датчиків і сигналів керування виконавчими пристроями системи в реальному масштабі часу. Кількість параметрів, що виводяться на дисплей, взагалі визначається можливостями програмного забезпечення ЕБК системи та сканера. Сучасні сканери дозволяють реєструвати більше п'ятдесяти параметрів. Одночасно на дисплеї можна відобразити декілька будь-яких параметрів на замовлення.

У режимі «знімка» сканер зчитує інформацію (параметри сигналів) у необхідному обсязі під час випробувань та запам'ятовує її. Потім записану інформацію можна відобразити на дисплеї повільно та послідовно для більш ретельного аналізу сигналів з метою визначення технічного стану системи. Сучасні сканери дозволяють робити декілька «знімків» на різних режимах функціонування системи. За допомогою клавіатури сканера можна перевіряти (активізувати) виконавчі пристрої системи керування шляхом їх вмикання та вимикання. Іноді процес перевірки здійснюється автоматично за спеціальною програмою.

У сканерах, що застосовуються для діагностування систем керування ДВЗ, передбачено режим «прокручування». За допомогою цього тесту (вимірювання

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обертів, напруги АКБ, температури охолоджуючої рідини, падіння напруги у колі живлення) визначаються причини важкого пуску двигуна.

У деяких сучасних системах керування передбачено операції з регулювання та оновлення калібрувальної інформації в пам'яті ЕБК за допомогою сканера (регулювання початкового кута випередження запалювання, обертів холостого ходу, датчика положення дросельної заслінки тощо). У постійній пам'яті сканера можуть зберігатися типові значення параметрів (бібліотека даних) для визначених режимів функціонування системи. Перелік цих параметрів збігається з переліком «поточних» даних, що дозволяє порівнювати їх під час проведення тестових випробувань.

На автомобілях, в яких застосовуються електронні прилади, за допомогою сканерів проводиться обнуління сервісних індикаторів (пробіг та час зміни мастила, фільтрів тощо). У найбільш потужних дилерських сканерах передбачають функцію репрограмування (чип-тюнінгу). Вона полягає в здатності сканера вносити зміни або доповнення в програму та характеристичні карти, що зберігаються в постійно програмованій пам'яті (чипі) ЕБК системи керування.

Універсальність застосування сканера визначається кількістю систем керування, що діагностуються за його допомогою. Ця кількість, у свою чергу, визначена: переліком моделей автомобілів, модельного ряду, систем керування за призначенням, систем керування за типом і модифікацією.

Сумісність діагностичного приладу та системи керування, що перевіряється, визначається їх програмним забезпеченням (протоколом обміну) та типом (конфігурацією) діагностичного рознімання. Програмна універсальність сканерів забезпечується використанням інформаційних програмних носіїв, а апаратна - комплектом адаптерів підключення до діагностичних рознімань бортової системи. Порядок обміну інформацією між сканером і ЕБК визначається виготовлювачем ЕБК і називається протоколом. Таким чином, застосування сканерів визначається протоколом обміну. З цього приводу з'явилися визначення мультимарочні та системні сканери, що забезпечують діагностику значної

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

кількості марок автомобілів різних виробників (різних протоколів) і переліку систем керування за призначенням.

За конфігурацією структури розрізняють апаратні, програмно-апаратні та програмні сканери. Апаратні сканери є автономними комп'ютерними приладами з дисплеєм, клавіатурою та засобами інформації. Програмні сканери - програмні продукти на зовнішніх носіях (дисках), які встановлюються в персональний комп'ютер (ПК). Підключення ПК до бортового діагностичного роз'єму автомобіля у цьому разі здійснюється через діагностичний адаптер (див. рис. 2.7).



Рис. 2.7. Діагностичні адаптери для програмних сканерів: а, б, в, г – провідного типу; д, е - капсульного типу

Функціональні можливості діагностичного адаптера цілком визначаються обсягом та змістовністю програмного забезпечення щодо їх використання. Наприклад, програма обмеженої залежності для діагностування систем керування ДВЗ і забезпечує основні функції діагностичного сканера, графічну інтерпретацію параметрів, додаткові тести автоматичних випробувань, програмного оброблення та зберігання даних клієнтури, сервісні опції користувача тощо. Діагностичні адаптери відрізняються типом роз'єму з боку підключення до борта автомобіля та способом підключення до ПК. Підключення

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

до ПК здійснюється через вільний порт (USB або RS232). Варто додати, що діагностичний адаптер не перетворює, а тільки нормалізує сигнал двійкового коду і тому один тип адаптера може працювати з кількома програмами.

2.4.2 Переваги сканерів

Сканер необхідний для діагностики непостійних відмов ЕБК, датчиків, виконавчих механізмів, при скаргах погіршення їздових характеристик. Сканер забезпечує: простий, надійний і наочний спосіб індикації кодів несправностей; доступ до поточної інформації в ЕБК (поток цифрових параметрів в реальному масштабі часу); можливість отримання діагностичної інформації час їздових випробувань; ініціацію процедур самотестування, випробувального управління і інших спеціальних функцій, запрограмованих в ЕБК.

На деяких автомобілях можна отримати інформацію про коди несправностей, підраховуючи спалахи лампи CHECK ENGINE на приладовому щитку, коливання стрілки аналогового вольтметра, відхилення променя осцилографа. Ці методи досить незручні і вимагають значних витрат часу. Тільки за допомогою сканера можна дістати швидкий доступ до потоку різних цифрових параметрів в автомобільних електронних системах. Маючи в своєму розпорядженні набір програмних картриджив і сполучних кабелів можна використовувати один і той же універсальний сканер при роботі з автомобілями різних виробників.

Сканер портативний можна використовувати і під час їздових випробувань. Отримання потоку поточної інформації під час їздових випробувань під навантаженням полегшує виявлення непостійних несправностей. Більшість сканерів дозволяє записувати поточні дані під час їзди автомобіля, щоб потім проглянути їх в сповільненому темпі. За допомогою сканера можна перевіряти деякі функції управління, виконувати ЕБК, оскільки є можливість управляти через ЕБУ деякими виконавчими механізмами. У стандартного виконання сканер дозволяє провести перевірку балансу форсунок, регулювання обертів холостого ходу, включення і виключення бензонасоса і т.д. Повний склад операцій

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

залежить від типу сканера і ЕБК автомобіля і визначається розробником діагностичної системи.

2.4.3 Обмежені можливості сканерів

Сканер не замінить манометр або омметр, з його допомогою не можна визначити компресію в циліндрі або порушення електричної ізоляції, тому недоцільно використовувати сканер до проведення базових перевірок автомобіля: паливної системи, система запалення, електричних з'єднань, компресії в циліндрах і так далі. Діагностику автомобіля здійснює не сканер, а людина. Щоб правильно інтерпретувати інформацію, отриману з сканера, потрібно добре розуміти роботу вузлів автомобіля і сенс діагностичних процедур. Слід також мати на увазі, що сканер може видавати аварійні значення параметрів як штатні, оскільки не на всіх моделях автомобілів повний об'єм даних з ЕБК доступний сканеру.

Сканер перевіряє вхідні і вихідні параметри електричних кіл і інформує оператора про їх величину. Таким чином, сканер всього лише фіксує наявність або відсутність несправностей в якому-небудь вузлі, але не дозволяє визначати причини несправності, яких може бути багато для одних і тих же значень контрольованих параметрів. Нерозуміння або неправильна інтерпретація кодів несправностей, отриманих, з сканера, є загальною проблемою діагностування. Іноді електромеханік, отримавши з сканера код несправності датчика, припускає, що датчик несправний і замінює його.

Але далеко не завжди це рішення правильне. Як приклад розглянемо код помилки P0130 в стандарті OBD-2. Цей код вказує на неправильне функціонування датчика кисню, але це не означає його несправність. Код P0130 фіксується в реєстраторові несправностей ЕБК, коли вихідна напруга датчика дуже мало або дуже велике для даних умов або коли датчик кисню неправильно реагує на зміну тривалості імпульсів уприскування форсунок. Проблема могла виникнути не тільки із-за несправності датчика кисню, але із-за неполадок в ЕБК, в електропроводці і т.д. Щоб точно встановити причину і усунути несправність, потрібна подальша діагностика датчика і інших компонентів за допомогою

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

традиційного устаткування: мультиметра, осцилографа, газоаналізатора. На жаль, потоки параметрів, отримані сканером не завжди однозначні.

Слід мати на увазі, що інформація, передана сканеру, відповідає віддзеркаленню реальної поточної ситуації в комп'ютері ЕБК. Необхідні (штатні) значення можуть бути іншими із-за переходу за допомогою ЕБК на аварійні значення параметрів при несправностях в електричних колах в самому ЕБК, із-за поганого з'єднання з масою. Саме ці значення і будуть зчитані сканером як нормальні. Потрібне хороше розуміння роботи вузлів автомобіля, щоб зуміти відрізнити фактичне (штатне) значення параметра від синтезованого комп'ютером ЕБК.

Якщо зміни їздових характеристик не відповідають даним від сканера, слід використовувати інше діагностичне устаткування. Сканери мало корисні при пошуку несправностей у вузлах автомобіля, не контрольованих ЕБК. Це довгий перелік механічних і електричних несправностей, таких як: зменшення компресії в циліндрах, несправності в системі електропостачання, утворення нагару на свічках, несправності в системі запалення, в паливній системі, в засобах очищення токсичних вихлопних газів і т.д.

Хоча бортова діагностична система, відповідна стандарту OBD-2, реєструє інформацію про пропуск займання або неефективності каталітичного нейтралізатора, вона не може визначити причину виникнення цих несправностей. Перед застосуванням сканера завжди треба провести базову перевірку систем автомобіля на наявність несправностей. У автомобілі може бути не передбачена видача діагностичної інформації або до неї немає доступу через діагностичний роз'єм. Тоді слід користуватися універсальним сканером який має режими роботи мультиметра і осцилографа. Склад діагностичної інформації і способи доступу до неї варіюються залежно від моделі і виробника автомобіля.

З кінця 80-х років більшість автомобілів, що випускаються в США, мають діагностичний роз'єм і допускають проведення діагностики за допомогою сканера. Але для діагностики різних моделей автомобілів потрібні своє

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

програмне забезпечення і сполучні кабелі. На більшості європейських і азіатських автомобілів до недавнього часу доступ до діагностичної інформації був можливий тільки за допомогою спеціалізованих сканерів від виробника. Починаючи з 1996 р., автомобілі, що продаються в США, відповідають стандарту OBD-2 і в них представлений доступ сканера до діагностичної інформації через однаковий для всіх автомобілів стандартний роз'єм. З 2000 р., така ж стандартизація діє і в Європі.

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 КЛАСИФІКАЦІЯ ТА АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ СУЧАСНИХ МОТОР-ТЕСТЕРІВ

3.1 Структура та функціональні можливості сучасних мотор-тестерів

Мотор-тестери характеризуються високим функціональним наповненням і за своїми можливостями замінюють цілий ряд спеціалізованих і спеціальних приладів. Постачаються адаптерами підключення та вимірювальними зондами. Реалізують (функції авто тестерів та аналізаторів ДВЗ (автомобільних осцилографів, стробоскопів, тахометрів) дозволяють, діагностувати (тестувати) різні системи ДВЗ (електричні та неелектричні) без демонтажу електричних кіл, у робочому стані, на різних режимах. Отже до переліку параметрів, що контролюються за допомогою мотор-тестера, треба віднести всі параметри, які перевіряються переліченими діагностичними приладами. До переліку параметрів електричних систем, що контролюються мотор-тестером, належать:

- значення напруги акумулятора;
- значення та рівень пульсацій напруги генератора; сила та рівень, пульсацій струму стартера;
- час-амплітудні значення імпульсних напруг за первинним і вторинним колам системи запалювання;
- час-амплітудні значення напруг імпульсних сигналів датчиків;
- час накопичення енергії в котушці запалювання;
- кут замкнутого стану переривника;
- кут випередження запалювання в швидкісному діапазоні ДВЗ;
- струму розриву в первинній обмотці котушки запалювання;
- асинхронізм іскроутворення за циліндрами ДВЗ.

До переліку неелектричних параметрів ДВЗ, що контролюються мотор-тестером, належать:

- частота обертання колінчатого вала;
- ефективна потужність ДВЗ;
- продуктивність циліндрів;

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- циклова витрата палива;
- тиск у наливній магістралі;
- розрідження у впускному трубопроводі;
- температура оливи;
- рівень розрядження у впускному колекторі;
- відносна ефективна потужність;
- втрати потужності при несталих режимах;
- баланс циліндрів за відносною компресією;
- нерівномірність частоти обертання двигуна;
- кут випередження початку подачі палива;
- тривалість подачі (вприскування) палива;
- максимальний тиск вприскування палива;
- залишковий тиск у трубопроводі високого тиску;
- вміст токсичних речовин у відпрацьованих газах ДВЗ.

Програмне забезпечення мотор-тестерів характеризується: повнотою бази даних для різних моделей двигунів автомобілів, переліком тестів автоматичного виконання, досконалістю експертної системи (глибиною локалізації несправності) та інтерфейсу користувача (автоматичне настроювання режимів вимірювань, інтерактивний пошук несправностей, форма надання діагностичної інформації).

Основна відмінність мотор-тестерів від комбінованих комп'ютерних сканерів - це наявність блока (функції) аналізатора, який дозволяє проводити так звані дельта-тести. Таке спрощене тестування можна проводити і під керуванням системи самодіагностики (через діагностичне рознімання) за допомогою сканера. До цієї групи можна віднести такі тести: «Прокручування», «Запуск», «Розгін», «Розгін холостого ходу», «Механічні втрати», «Прогрів».

Група дельта-тестів мотор-тестера може реалізуватися з різним ступенем автоматизації, залежно від досконалості мотор-тестера. До цієї групи належать нижченаведені тести.

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тест «Аналіз обертів» проводиться на сталих обертах ДВЗ або обертах холостого ходу шляхом контролю нерівномірності обертання колінчатого вала, спричиненої циклічністю спалахів суміші у циліндрах. У такому випадку контролюється період між синхроімпульсами запалювання (моментами іскрових розрядів), тривалість якого залежить від енергетичного внеску кожного циліндра в момент обертання колінчастого вала. Різnobій тривалості робочого циклу свідчить про розбаланс потужності за циліндрами ДВЗ.

Тест «Баланс потужності» проводиться на сталих обертах ДВЗ шляхом почергового відключення запалювання у циліндрах. У цьому разі контролюється спад обертів двигуна. Розбаланс потужності (різниця обертів спадання) комплексно характеризує не ідентичність робочих процесів у циліндрах спричинену несправностями ЦПГ, ГРМ, системи запалювання та вприскування палива. З метою ідентифікації причини розбалансу проводять додаткові дельта-тести, що полягають у визначенні відносної ефективності роботи окремих циліндрів.

Тест «Система запалювання» проводиться на сталих обертах ДВЗ шляхом аналізу осцилограм напруги по первинному і вторинному колах системи. Інформація часових або кутових розгортки сигналів за циліндрами модифікується у вигляді гістограми (бар-графа) та цифрових значень для оцінки ідентичності параметрів: кута замкнутого стану контактів переривника або часу накопичення енергії, тривалості горіння іскри, спадання напруги на комутуючому пристрої, напруги пробою га горіння іскри.

Неідентичні значення енергетичних показників іскрового розряду уточнюють причину розбалансу потужності за циліндрами. За результатами аналізу форми осцилограм локалізуються несправності системи запалювання (витоки, пробої, порушення у високовольтних елементах, дефекти елементів формування та перетворення сигналів запалювання). Деформація осцилограм вторинної напруги також може бути спричинена несправностями системи вприскування палива, ГРМ або ЦПГ.

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тест «Живлення циліндрів» проводиться на ДВЗ, що працює. За допомогою витратоміра палива протягом декількох хвилин реєструється кількість палива, що подається в циліндри. В інжекторних двигунах витрата палива за циліндрами підраховується на підставі значень тиску у паливній магістралі (рампі форсунок) та часу відчиненого стану форсунок. Тест дозволяє відокремити причину (паливна апаратура чи електроустаткування) незадовільної роботи ДВЗ.

Тест «Баланс індикаторної потужності» (або «Розгін-вибіг») проводиться під час випробувань автомобіля на стенді з біговими барабанами або в процесі їздових випробувань чи в стаціонарних умовах. У цьому випадку реєструється час розгону і вибігу двигуна (хронометричні вимірювання) до визначених обертів (тахометричні вимірювання). Індикаторна потужність (від згоряння палива) складається з ефективної потужності (на валу) і механічних втрат. За результатами проведення тесту розраховуються складова механічних втрат (відношення потужності механічних втрат до індикаторної потужності) та ефективна складова (відношення ефективної потужності до індикаторної потужності). У стаціонарних умовах ці параметри визначаються мотор-тестером умовно та приблизно через вирахування часу мікроциклів розгін-вибіг колінчатого вала в діапазоні заданих обертів. Тест дозволяє оцінити стан системи змащування та ступінь зношення сполучених елементів механічних вузлів.

Тест «Тиск у циліндрі» проводиться на обертах холостого ходу або під час прокручування ДВЗ стартером. У першому випадку використовується п'єзоелектричний датчик прямої дії (встановлюється як прокладка під свічу запалювання), у другому - датчик тиску мембранного типу (встановлюється в отвір, замість свічі). Осцилограма пульсацій тиску в циліндрі порівнюється з сіткою його нормативних значень у характерних точках положення колінчастого вала. Тест дозволяє оцінити ступінь стиснення та герметичність у циліндрі, правильність встановлення розподільчого вала, ступінь пошкодження деталей ГРМ і ЦПГ окремих циліндрів у випадку розбалансу компресії. На практиці тест «Тиск у циліндрі» поділяють на декілька тестів локального аналізу.

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тест «Розрідження у впускному колекторі» проводиться під час роботи двигуні або при прокручуванні його стартером за допомогою спеціального датчика тиску-розрідження. За коливаннями тиску оцінюється робота клапанів ГРМ у прив'язці до окремих циліндрів. Тест дозволяє не тільки оцінити загальний стан ГРМ, а і відокремити характеристики клапанів кожного циліндра.

Тест «Випередження запалювання» проводиться в робочих діапазонах ДВЗ. Він шляхом стробоскопічних вимірювань дозволяє зняти робочі характеристики та оцінити стан (порівнянням з нормативними характеристиками) відцентрового й вакуумного регуляторів кута випередження запалювання. У ДВЗ, що оснащені мікропроцесорними системами керування (запалювання), вимірювання кута випередження проводиться автоматично на підставі аналізу фазового зсуву між сигналами датчика положення колінчастого вала та керування котушкою (модулем) запалювання в середовищі ЕБК. Результати вимірювань порівнюються зі змістовністю характеристичних карт, що зберігаються і постійній пам'яті ЕБК.

Тест «Газоаналіз» проводиться на трьох сталих режимах ДВЗ (холостого ходу, середніх і підвищених обертів). За допомогою газоаналізатора визначаються концентрації вмісту шкідливим речовин у відпрацьованих газах та вимірюється напруга датчика кисню. За результатами тесту локалізується несправність до рівня системи (запалювання, вприскування, ЦПГ, ГРМ, впуску повітря, впуску газів) та оцінюється склад робочої суміші (реакція зворотного зв'язку за концентрацією кисню у відпрацьованих газах).

Необхідність та порядок проведення перелічених тестів визнається фактичним станом систем на час діагностування (наявність симптомів несправностей, кодів помилок або погіршення тягово-економічних та екологічних характеристик). У загальному випадку (при відсутності попередньої діагностичної інформації) дотримуються наведеної послідовності тестів з врахуванням ступеня локалізації несправності за результатами проведення кожного тесту.

Комплектація мотор-тестера газоаналізатором дає можливість працівнику, що займається діагностикою, переглядати дані з газоаналізатора безпосередньо в

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

програмі мотор-тестера, а також використовувати дані про склад відпрацьованих газів під час тестування ДВЗ для локалізації несправної системи. Програмне забезпечення мотор-тестера дозволяє використовувати дані газоаналізатора для визначення фактичної величини співвідношення повітря/паливо та оцінювати функціонування зворотного зв'язку (через датчик концентрації кисню). Сполучення мотор-тестера у режимі перегляду осцилограм сигналів датчиків і виконавчих пристроїв та сканера в режимі перегляду поточних параметрів дозволяє визначити причини несправності (локалізувати місце електричного кола).

Конструктивне виконання та апаратна реалізація мотор-тестерів різняться за мобільністю (пересувні, портативні) та структурою (автономні, модульні).

3.2 Пересувні консольні мотор-тестери

Пересувні консольні мотор-тестери мають усі програмно-апаратні атрибути ПК та характеризуються високим ступенем апаратного оснащення та програмної універсальності. До структури основного блока мотор-тестерів цього класу належать пристрої попередньої обробки вимірювальних сигналів (аналізатор), підсилювачі, цифрові лічильники, аналого-цифрові перетворювачі. Як правило, до складу пересувних мотор-тестерів належать стробоскоп, газоаналізатор і принтер. Основним недоліком пересувних мотор-тестерів є неможливість тестування двигуна під час руху автомобіля.

Першими з виробництва консольних мотор-тестерів комп'ютерного базування стали відомі концерни Sun Electric (рис. 3.1 а) та Robert Bosch (рис. 3.1 б). Американська корпорація SPX створила мотор-тестер, де використовується стандартний ПК у складі пересувної стійки (рис. 3.1 в).

Розглянемо детальніше деякі моделі більш дешевих та сучасних таких мотор-тестерів.

Мотор-тестер «Автомастер» (рис. 3.1 г) призначений для діагностики інжекторних ДВЗ, оснащених каталізатором і системами запалювання з високовольтним і низьковольтним розподілом іскри. Він передбачає

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підключення газоаналізаторів певних типів. Складається з аналізатора ДВЗ, універсального осцилографа, імітатора сигналів датчиків, комплекту для вимірювання тиску палива, температури рідини, адаптерів підключення до систем DIS, чотирьох-компонентного газоаналізатора. Додатково забезпечує поглиблену діагностику систем керування ДВЗ та паливної магістралі систем вприскування (аналіз балансу та продуктивності форсунок).



Рис. 3.1. Зовнішній вигляд пересувних мотор-тестерів

Професійний мотор-тестер DD-400 (рис. 3.1 д) містить блок з інтегрованим модулем узгодження сигналів, стандартну комплектацію ПК, газоаналізатор, комплект адаптерів підключення та вимірювальних зондів. Програма головного меню приладу скомпонована з урахуванням стандартної практики діагностики: мотор (ідентифікація типу ДВЗ і системи керування); первинна, вторинна напруга; генератор, акумулятор; відносна компресія, стартер; аналіз газів; баланс потужності; аналіз обертів; кут випередження запалювання; продуктивність циліндрів; дизель (тиск вприскування); електричні форсунки; осцилограф. Забезпечує вимірювання необхідних параметрів проведення відповідних тестів (передбачено запис даних «стоп-кадрів») та здійснення додаткових опцій.

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Більш дорожчий мотор-тестер середнього класу Bosch MOT-251 (рис. 3.1 е) призначений для діагностики та регулювання електричних систем автомобіля, паливної апаратури, ЦПГ і ГРМ, бензинових та дизельних двигунів. На замовлення комплектується сканером електронних систем автомобіля, димоміром. Дозволяє оцінювати стан форсунок і роботу паливних насосів дизельних двигунів, отримувати інформацію з баз даних параметрів та електричних схем автомобілів різних марок і моделей. Прилад здійснює функції цифрового осцилографа та мультиметра і забезпечує режими налаштування, ідентифікації автомобіля, тестування (токсичність-тест, тест вприскування, мотор-тест). Програми «мотор-тест» містять три дельта-тести: «Відносна компресія», «Живлення циліндрів», «Ефективність циліндрів».

3.3 Мотор-тестери модульної конструкції

Мотор-тестери модульної конструкції є комплектом конструктивно-відокремлених пристроїв (модулів), основу яких складають пристрій інтерфейсу (модуль мотор-тестера) та персональний комп'ютер типу ноутбук з відповідним програмним забезпеченням (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Схема та принцип роботи модульних мотор-тестерів

Взаємодія модульних мотор-тестерів зі стаціонарним ПК або ноутбуком відбувається під керуванням ОС Windows. Додатково передбачається

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підключення газоаналізатора та принтера. Режим відображення (осцилограф) графічної інформації (одночасно кількома каналами) характеризується: частотою дискретизації до 10 МГц, розрядністю АЦП 12 біт, діапазоном виміру низької 0,01-500 В та високої 25-50 кВ напруги (із застосуванням зондів), вхідним опором 500-1000 кОм, швидкістю реєстрації інформації 10-20 кадрів на секунду.

Живлення приладів передбачає коливання рівня постійної напруги в межах 8-30 В. У випадку необхідності окремі модулі приладу, залежно від поставленої задачі, можуть використовуватися безпосередньо на борту в стаціонарних умовах або під час руху автомобіля. Зовнішній вигляд деяких розповсюджених модульних мотор-тестерів показано на рис. 3.3.



Рис. 3.3. Зовнішній вигляд модульних мотор-тестерів

Розглянемо детальніше деякі моделі таких сучасних модульних мотор-тестерів.

Модуль Автоас-Профі-3 (рис. 3.3 а) є універсальним приладом для діагностики двигунів з іскровим запалюванням автомобілів. У приладі реалізовані функції вимірювальних трактів 6-канального осцилографа, 6-канального самописця та мультиметра. Прилад дозволяє проводити тести елементів систем керування ДВЗ, а також тести механічної частини двигуна: «Баланс потужності за циліндрами», «Розрідження у впускному колекторі»; «Тиск у випускній системі»; «Тиск картерних газів»: «Абсолютна компресія»,

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

«Тиск у циліндрі», «Розгін». Передбачено спільну роботу модуля мотор-тестера із програмним сканером «Автоас-Скан».

Модуль TEXA UNIProbe (рис. 3.3 б) є приладом опрацювання даних спеціалізованим програмним забезпеченням за допомогою якого реалізуються функції: 4-канального аналогового осцилографа, мультиметра, імітатора сигналів датчиків, драйверів виконавчих пристроїв, акумуляторного зонда, вимірювача тиску повітря і палива, тестера автомобільних мереж зв'язку CAN, VAN, LIN. Додатково модуль містить програму (Signal Information View - SIV) технічної підтримки (допомоги автомеханіку) під час проведення тестів (показує сигнал, збирає значення і дані, аналізує результати, надає експертний висновок). За необхідністю програма виводить на монітор ПК зображення електросхеми з переліком компонентів системи керування, що діагностується. У цьому разі автоматично активується режим осцилографа, налаштований на проведення тесту за обраним компонентом.

MotoDoc III Quantex (рис. 3.3 в) призначений для пошуку несправностей у різних системах автомобілів (електромеханічних, електронних, мікро-процесорних) з бензиновими та дизельними ДВЗ. Блок мотор-тестера підключається до мережної карти комп'ютера. Прилад дозволяє ефективно виявляти несправності в системах запалювання, подачі палива, газорозподілу, електропостачання. Для ефективної діагностики ДВЗ у приладі передбачено спільну роботу з газоаналізатором. Опції приладу забезпечують: тривалий період часу запису інформації у режимах осцилографа (визначається об'ємом ОЗП комп'ютера) та самописця (визначається ресурсом жорсткого диска); збереження інформації в базі даних для обраного клієнта; роздруківку звітів за результатами діагностування.

Мотор-тестер Bosch FSA 500 (рис. 3.3 г) є програмно-апаратним модулем узгодження аналогових сигналів з портом ПК, що забезпечує функції: 4-канального цифрового осцилографа, імітатора сигналів датчиків; тестера боргової перевірки кіл і компонентів систем керування; тестера добового відстеження струму розряду АКБ; тестера сигнальних шин CAN-BUS. Завдяки

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

комплекту вимірювальних зондів і адаптерів підключення прилад дозволяє вимірювати й імпортувати в ПК параметри сигналів і осцилограми: струму стартерної мережі (до 1000 А), напруги вторинного кола (до 30 кВ) системи запалювання (включаючи системи з індивідуальними котушками), температури, розрідження й надлишкового тиску. Рознімання зовнішніх підключень приладу забезпечують можливість спільної роботи з програмно-апаратним сканером Bosch KTS і модулем газоаналізатора Bosch FSA. Для зручності користування модуль має вбудований акумулятор і Bluetooth-Інтерфейс та комплектується програмним забезпеченням CD CompasSoft [plus] та електронною базою даних DVD ESI [tronic].

Сучасні модульні мотор-тестери в поєднанні з ПК теж можуть комплектуватись додатковими модулями (сканер, газоаналізатор, принтер, стробоскоп) та базуватись на пересувному візку з консоллю адаптерів підключення та вимірювальних зондів. Така компоновка діагностичного комплексу забезпечує зручність, проведення операцій діагностування автомобілів (рис. 3.4).



Рис. 3.4. Зовнішній вигляд діагностичного комплексу на базі модульних мотор-тестерів

Розглянемо детальніше деякі моделі таких сучасних діагностичних комплексів на базі модульних мотор-тестерів.

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Діагностичний комплекс Bosch FSA 740 (рис. 3.4 а) призначений для моторної і системної діагностики автомобілів. Він побудований на базі вимірювального модуля Bosch FSA і ПК під керуванням ОС Windows. Комплекс забезпечує функції мотор-тестера Bosch FSA. Для реалізації вимірювальних функцій приладу використовують пакети програмного забезпечення System Soft [plus] та Compact Soft [plus]. Передбачено дистанційне керування процесом діагностування. У комплект поставки додатково можуть входити модулі газоаналізатора Bosch BEA 050 і димоміра Bosch RMT 430, зонд для аналізу відпрацьованих газів, датчик-індикатор для індивідуальних котушок запалювати.

Діагностичний комплекс (рис. 3.4 б) додатково може комплектуватися програмно-апаратним сканером KTS 530 або 540, який дозволяє проводити тестування електронних систем керування ДВЗ через діагностичне розімкнення автомобіля.

Мотор-тестер Bosch FSA -750 (рис. 3.4 в) відрізняється від Bosch FSA -740 комплектацією (монітор з сенсорним екраном TFT VGA та системний сканер Bosch KTS 670).

3.4 Портативні мотор-тестери

Портативні мотор-тестери на відміну від попередніх конструкцій поєднують в одному корпусі вимірювальний блок та засоби відображення інформації (дисплей), керування (клавіатуру) та комунікацій (рознімання), живляться від бортової мережі автомобіля або від автономного акумулятора (рис. 3.5).



Рис. 3.5. Зовнішній вигляд портативних мотор-тестерів

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Портативна конструкція дозволяє більш зручно використовувати прилади під час руху автомобіля, спостерігати за зміною параметрів та визначати приховані та непостійні несправності. Портативний прилад доречно використовувати як накопичувач оперативної діагностичної інформації з подальшим її детальним аналізом за допомогою персонального комп'ютера в стаціонарних умовах (перегляд зображення осцилограм і даних на зручному моніторі, ведення бази клієнтів, поновлення програмного забезпечення, роздруківку отриманих даних). Комплектація портативних версій мотор-тестерів також деколи забезпечує функції сканера і мультиметра.

Розглянемо детальніше деякі моделі таких сучасних портативних мотор-тестерів.

Мотор-тестер Bosch FSA 450 (рис. 3.5 а) реалізує функції мультиметра із цифровим і графічним зображенням, 4-канального осцилографа, аналізатора запалювання, аналізатора ДВЗ. Прилад має вбудований акумулятор і кольоровий сенсорний 8-дюймовий дисплей TFT VGA (640*480 точок). Прилад має такі можливості: автоматичне масштабування сигналу на екрані, запис динамічного сигналу протягом п'яти хвилин, активізація алгоритмів перевірок кіл систем запалювання, вимір температури, розрідження і надлишковий тиск, збереження запасних сигналів та їх імпортування на ПК.

Мотор-тестер МТ 3500 (рис. 3.5 б) реалізує функції аналізатора (тестера) системи запалювання, мультиметра, та драйверів виконавчих пристроїв. У режимі 2-канального осцилографа прилад забезпечує: запис даних (кадрів), надання довідкової інформації, автоматичне настроювання, відображення пікових значень, спеціальні розгортки для тестування кіл та елементів систем запалювання, спостереження тривимірних осцилограм (кута випередження) в реальному часі на дисплеї, їх запис і відтворення. У режимі мультиметра поряд з виміром значень напруги та сили струму прилад дозволяє цифрувати параметри періодичних сигналів датчиків (пікові значення напруги, частоту та період надходження, тривалість імпульсу, негативні значення імпульсу). За допомогою

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

драйверів приладу тестуються електромагнітні паливні форсунки, приводи регуляторів холостого ходу, електроклапани різного призначення.

Мотор-тестер PDA Plus ULTRASCAN (рис. 3.5 в) складається з основного функціональних модулів. Апаратна універсальність застосування приладу забезпечується комплектами кабелів і адаптерів підключення та вимірювальних, зондів та програмним використанням РСМСІА-карток з програмним забезпеченням. Функціональна структура основного модуля мотор-тестера складається з 4-канального запам'ятовуючого осцилографа, 4-канального цифрового мультиметра, пристрою зберігання та оброблення інформації сканера та пристрою узгодження з зовнішніми модулями, адаптерами та персональним комп'ютером. Інформація, що вимірюється мотор-тестером виводиться на дисплей приладу (екран на базі рідинно-кришталевих індикаторів) з високою роздільною здатністю (формат 256*320 точок). Активізація режимів та керування мотор-тестером здійснюється за допомогою тринадцяти функціональних клавіш.

3.5 Підключення мотор-тестерів до автомобільних електричних і електронних ланцюгів

При діагностиці несправностей автомобіля іноді буває необхідно провести електричні вимірювання яким-небудь приладом. Автомобільні електричні і електронні кола рідко мають відкриті контакти. Навпаки, дроти і з'єднання прагнуть закрити від попадання вологи і випаровувань технічних рідин в підкапотному просторі. Проколювати щупом ізоляцію проводів або з'єднувачів не слід, оскільки це приводить до попадання вологи і виникнення корозії. У автосервісі при проведенні електричних вимірювань на автомобілі іноді використовуються контактні шпильки, які просовуються між ущільнювачем з'єднувача і ізоляцією дроту, поки вістря шпильки не упреться в контакт всередині з'єднувача. До зовнішньої головки шпильки можна підключати щуп вимірювального приладу.

У стаціонарних умовах вимірювальні прилади підключають до пристрою (наприклад, до ЕБК), що діагностується, за допомогою розмножуючої коробки

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(breakout box). Така коробка - це панель з контактними гніздами, до яких припаяні дроти двох джгутів, один з яких (1) включається до роз'єму пристрою, що діагностується, а інший (2) - в роз'єм бортового джгута, що розтискує. Таким чином, гнізда розмножуючої коробки дозволяють підключитися до будь-якого контрольованого кола.

Конектори - пристрої бортової діагностики, які комутаційним полем, призначеним для підключення затискачів універсальних вимірювальних приладів (мультиметра, осцилографа) до виводів рознімання ЕБК в робочому стані системи керування. Конектор підключається до електричних кіл рознімання ЕБК, не порушуючи його зв'язків з елементами периферії. Щоб забезпечити універсальність конектора його використання (підключення до ЕБК з різними типами рознімань), застосовуються перехідні кабелі адаптера підключення (рис. 3.6)

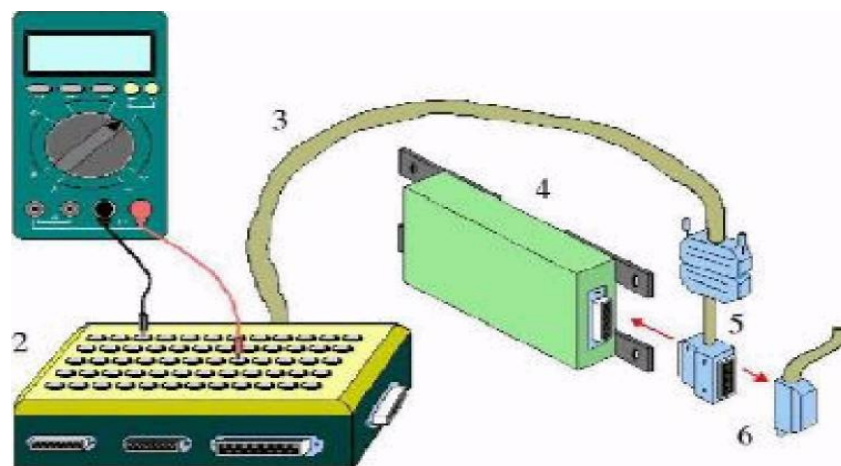


Рис. 3.6. Конектор рознімання ЕБК: 1 - вимірювальний прилад; 2 - конектор; 3 - джгут підключення конектора; 4 - ЕБК; 5 - адаптер підключення; 6 - джгут бортової мережі

Використання конектора дозволяє здійснювати вимірювання вхідних (датчиків) та вихідних (виконавчих пристроїв) сигналів, а також напруг живлення ЕБК на робочих режимах функціонування системи керування. Адаптери підключення (рис. 3.7) забезпечують гальванічний зв'язок

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

діагностичних приладів з джерелами живлення та електричними колами об'єкта діагностики. Вимірювальні зонди електричних величин (рис. 5.4) є подільниками напруги або безконтактними датчиками (напруги, струму), що пристосовані для підключення до елементів монтажу системи керування та вимірювального приладу. Такі адаптери узгоджують вхідні характеристики діагностичного приладу з параметрами сигналу, що підлягає вимірюванню.



Рис. 3.7. Адаптери підключення вимірювальних приладів: а - до вимірювального кола; б - до входу багатоканального осцилографа; в - до маси автомобіля; г - до АКБ; е - до гнізда

					MP.AT-55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА УДОСКОНАЛЕНІ АЛГОРИТМИ ДІАГНОСТУВАННЯ МОТОР-ТЕСТЕРАМИ АВТОМАТИЧНИХ КОРОБОК ПЕРЕМИКАННЯ ПЕРЕДАЧ З ЕЛЕКТРОННИМ УПРАВЛІННЯМ

4.1 Будова експериментальної установки з АКПП SF31J

Стенд з автоматичною коробкою перемикання передач SF31J, яка встановлювалась на автомобілі моделей Форд Мондео, Мазда 6, Форд Фокус та ін., змонтований у лабораторії 4012 кафедри автомобільного транспорту ІФНТУНГ. На базі даної установки проводились експериментальні дослідження обміну даними між діагностичним обладнанням та електронними системами автомобіля (рис. 4.1).



**Рисунок 4.1 – Експериментальна установка для діагностики
автоматичної коробки передач SF31J з електронним управлінням**

Експериментальна установка складається власне з автоматичної коробки передач SF31J, яка закріплена знизу двома кутниками до рами стенда та

					MP.AT - 55.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

електронних компонентів АКПП, розташованих зверху. До електронних компонентів АКПП відносяться (рис. 4.2): блок управління АКПП, блок електрогідроклапанів вмикання передач та блокування гідротрансформатора, датчик температури оливи в АКПП, селектор вибору режимів АКПП, датчики обертання первинного та вторинного валів АКПП, діагностична колодка.

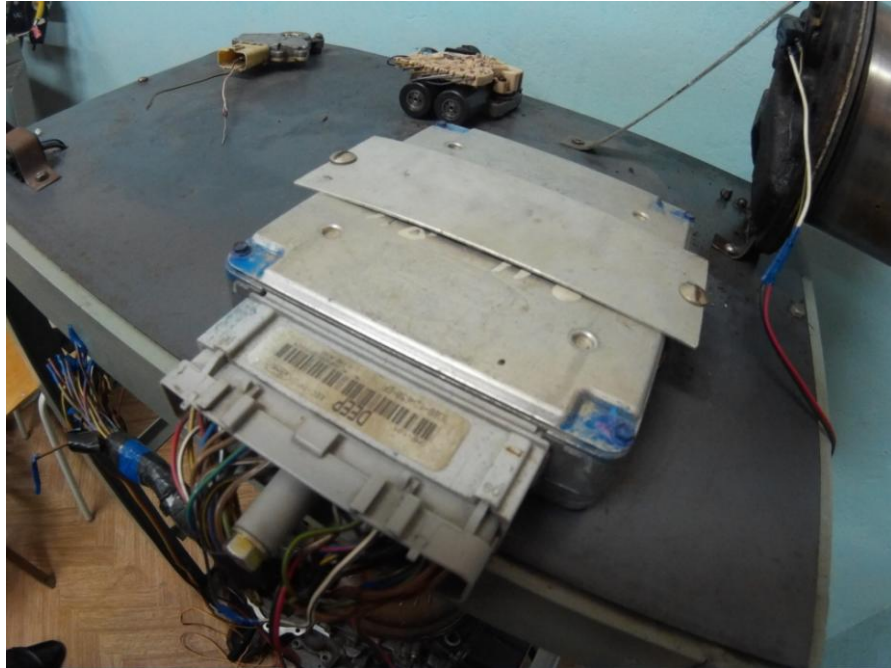


Рисунок 4.2 – Електронні компоненти АКПП SF31J

Блок управління АКПП SF31J керує режимами роботи АКПП, системою впорскування палива, запалення і системою емісії відпрацьованих газів. Основним елементом блоку керування є мікропроцесор, що робить обчислення і вироблення всіх необхідних даних, які забезпечують роботу АКПП. Блок керування, крім електронних компонентів АКПП, працює також в комплексі з наступними датчиками і виконавчими пристроями системи управління двигуна:

- датчиком положення колінчатого вала;
- датчиком абсолютного тиску;
- датчиком положення дросельної заслінки;
- датчиком температури охолодної рідини;
- датчиком температури повітря у впускному колекторі;

					MP.AT - 55.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

- датчиком швидкості автомобіля;
- електромагнітними форсунками;
- модулем запалення;
- лямбда-зондом;
- регулятором холостого ходу;
- електробензонасосом.

Для визначення оптимальної кількості палива і кута випередження запалювання блок керування використовує дані датчиків температури АКПП і двигуна (оливи АКПП, охолоджуваної рідини двигуна і повітря), тиску повітря у впускному колекторі, положення дросельної заслінки, числа оборотів, швидкості автомобіля і дані закладені в його пам'ять. Для кожного конкретного режиму роботи АКПП і двигуна блок керування видає свої дані по оптимальній кількості палива і куту випередження запалювання в залежності від даних отриманих від усіх датчиків і пам'яті. Блок керування безупинно корегує вихідні дані по сигналах датчиків, що змінюються. Блок керування забезпечує оптимальну передачу АКПП, подачу палива і кута випередження запалювання для кожного режиму й умов роботи АКПП і двигуна.

4.2 Самодіагностика АКПП SF31J

У даній магістерській роботі для дослідження систем діагностики АКПП використовується АКПП SF31J. Ця АКПП, як і більшість АКПП автомобілів Ford, виготовлених на початку 2000-х тисячних років, обладнаний системою управління АКПП Ford EEC VI. З 2008 р. на моделях Ford замість EEC VI встановлюється система EEC VII.

Системи управління АКПП європейських моделей Ford, крім того, представлені системами Weber IAW (Ford Cosworth), Mazda EGi (Ford Probe) і Nissan ECCS (Ford Maverick). Всі ці системи управляють АКПП, обмоткою котушки запалення і подачею палива форсунками за допомогою електронного блока управління.

					MP.AT - 55.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

Електронний модуль описуваних систем управління АКПП має функцію самоконтролю, що безперервно відстежує сигнали встановлених на АКПП датчиків і виконавчих механізмів і порівнює кожний сигнал з таблицею контрольних величин, що бережеться в пам'яті модуля. Якщо діагностична програма робить висновок про наявність несправності АКПП, електронний модуль записує один або більшу кількість відповідних кодів. Слід враховувати, що такий спосіб не дозволяє зафіксувати неполадки компонентів або збої, для яких не розроблені коди, проте коди розвитку системи постійно ускладнювались. Зокрема, система Ford EEC VI була значно модифікована. Якщо відразу після свого створення (в 1995 р.) вона була здатна генерувати менше 5 сотень кодів несправностей, то в 2001 р. система Ford EEC VI вже могла зареєструвати більше тисячі кодів.

4.3 Експериментальні дослідження обміну даними між блоком управління АКПП лабораторної установки та діагностичним обладнанням

Експериментальна частина роботи полягала у дослідженні та інтерпретації протоколу обміну даними між блоком управління АКПП лабораторної установки та діагностичним обладнанням. Далі, дані одержані по діагностичних протоколах, порівнювались з фактичними параметрами відповідних виконавчих механізмів, датчиків та інших електронних компонентів АКПП.

Протокол обміну інформацією через послідовний інтерфейс між ЕБК і діагностичним тестером (сканером) для АКПП лабораторної установки встановлений стандартом ISO 9141. Цей стандарт встановлює єдину, методологію доступу до системних даних АКПП SF31J, до кодів несправностей АКПП SF31J, регламентує випробувальне (інструктивне) управління АКПП автомобіля за допомогою сканера. Але при цьому не передбачається сумісність програмного забезпечення, діагностичних процедур, кодів несправностей і діагностичних роз'ємів для більшості інших АКПП автомобілів концерну Форд та всіх автомобілів інших виробників, оскільки досягати такої сумісності для сучасних автомобілів поки що є неможливим з економічної точки зору.

					MP.AT - 55.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

При проведенні діагностики коди несправностей АКПП SF31J системи ЕЕС VI доступні тільки, поки дана несправність присутня в системі і поки включено запалення. Якщо несправність стійка (присутня в системі постійно), то відповідний код АКПП SF31J буде збережений в її пам'яті після кожного включення запалення. Проте, якщо несправність нестійка, після виключення запалення код несправності буде втрачений до тих пір, поки дана неполадка не з'явиться знов.

Діагностичні процедури, що реалізуються після ініціалізації залежать від програмного забезпечення ЕБК і сканера (мотор-тестера). Зазвичай є можливість прочитувати коди несправностей АКПП SF31J, за необхідності показувати їх на дисплеї сканера з текстовими коментарями. Складніше програмне забезпечення дозволяє проводити діагностику датчиків і виконавчих механізмів АКПП SF31J, управляти через ЕБК виконавчими механізмами. В якості прикладу на рисунку 4.3 наведена осцилограма передачі інформації двохзначними кодами з ЕБК АКПП SF31J на діагностичне обладнання про проблеми із живлення ЕБК АКПП SF31J та несправність датчики температури оливи АКПП SF31J.

Сканер обмінюється інформацією з ЕБК АКПП SF31J автомобіля по двох проводах (К- і L-лінії) діагностичного роз'єму або безпосередньо через штекер ЕБК. Цей послідовний інтерфейс АКПП виконаний у вигляді двопровідного інтерфейсу із розділеними каналами передачі даних (К-лінія) і включення (L-лінія). При встановленні логічного контакту з ЕБК АКПП SF31J сканер посилає одночасно по лініях К і L спеціальний 8-бітовий код із швидкістю 5 біт в секунду. В якості прикладу на рисунку 4.4 наведена осцилограма запуску сеансу обміну даними між блоком управління АКПП SF31J лабораторної установки та діагностичним обладнанням по L-лінії.

Якщо код правильний (співпадає з потрібним), ЕБК АКПП SF31J посилає сканеру 8-бітовий код з інформацією про швидкість подальшого обміну даними. Цю швидкість встановлює ЕБК АКПП, а не сканер. Потім ЕБК АКПП SF31J посилає ще два кодові слова з інформацією про подальший обмін даними

					MP.AT - 55.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

конфігурації ліній K і L. Сканер повертає інверсії цих кодів в ЕБК АКПП SF31J. На цьому процес ініціації (підготовки до діагностування) закінчується і починається передача кодів несправностей в статичному режимі по K-лінії. В якості прикладу на рисунку 7.3 наведена осцилограма передача інформації про проблему з електроклапаном блокування гідротрансформатора, селектором вибору режимів АКПП та датчиком температури оливи в АКПП по K-лінії. Також для підтвердження зчитаних даних параметри роботи цих же систем були перевірені з допомогою мотор-тестера (табл. 4.1).

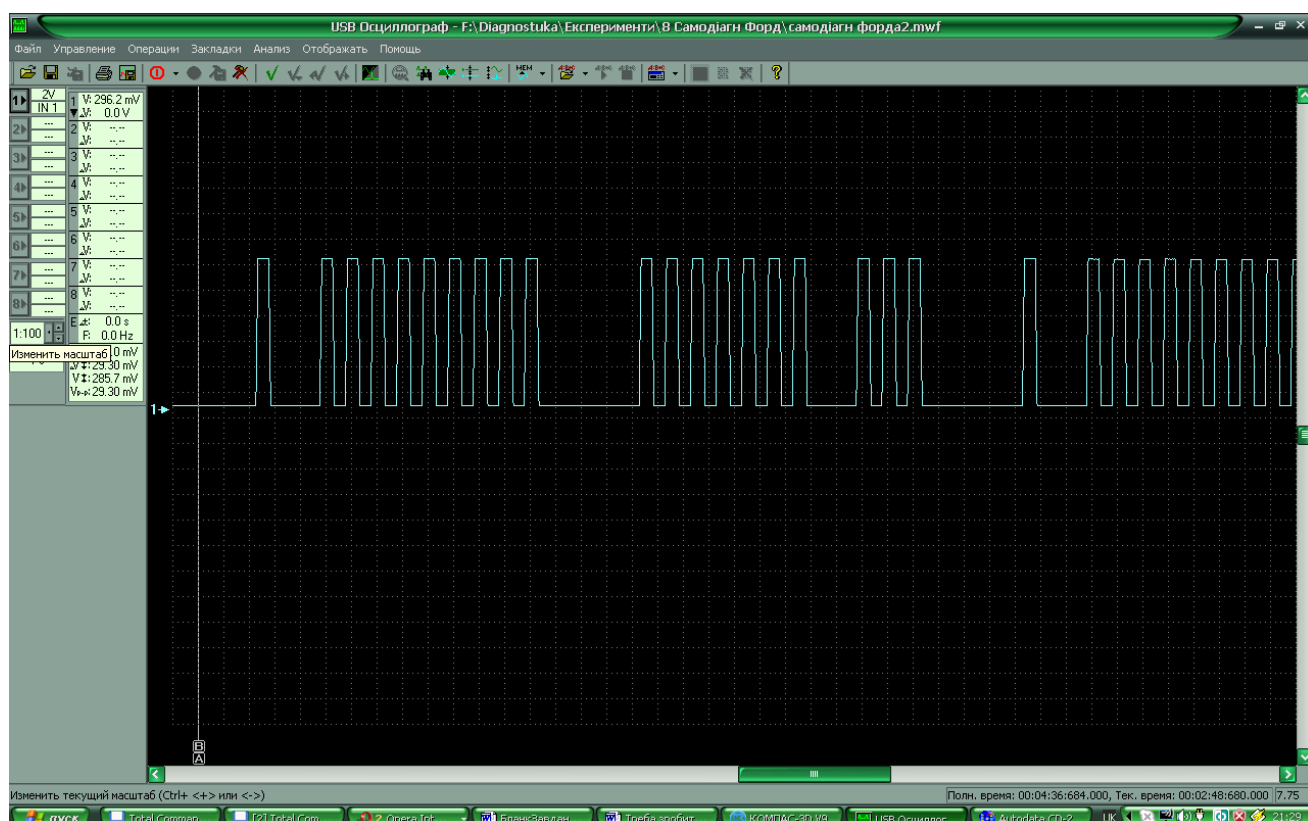


Рисунок 4.3 - Осцилограма передачі інформації двошазними кодами з ЕБК АКПП SF31J на діагностичне обладнання про проблеми із живлення ЕБК та несправність датчики температури оливи АКПП SF31J

Обмін інформацією між сканером і комп'ютером ЕБК АКПП SF31J відбувається через послідовний інтерфейс, при цьому важливим параметром є швидкість обміну, яка визначає, як швидко сканер отримує дані від ЕБК і оновлює дисплей. Швидкість обміну визначається бортовим комп'ютером, а не

					MP.AT - 55.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

сканером, який зазвичай дозволяє працювати з такою швидкістю обміну, яку підтримує ЕБК автомобіля. Наприклад, ЕБК двигунів фірми General - Motors кінця 90-х підтримували відносно низьку швидкість обміну даними в 960 біт. Це означало, що ЕБК передає сканеру дані із швидкістю 960 біт в секунду, весь кадр оновлювався за 1,2 сек. Моделі електронних блоків управління АКПП для автомобілів з 2001 р. стандарту ISO 9141 мають швидкості передачі даних сканеру - 62500 біт, що дозволяє передавати весь діагностичний кадр всього за 11 мс.

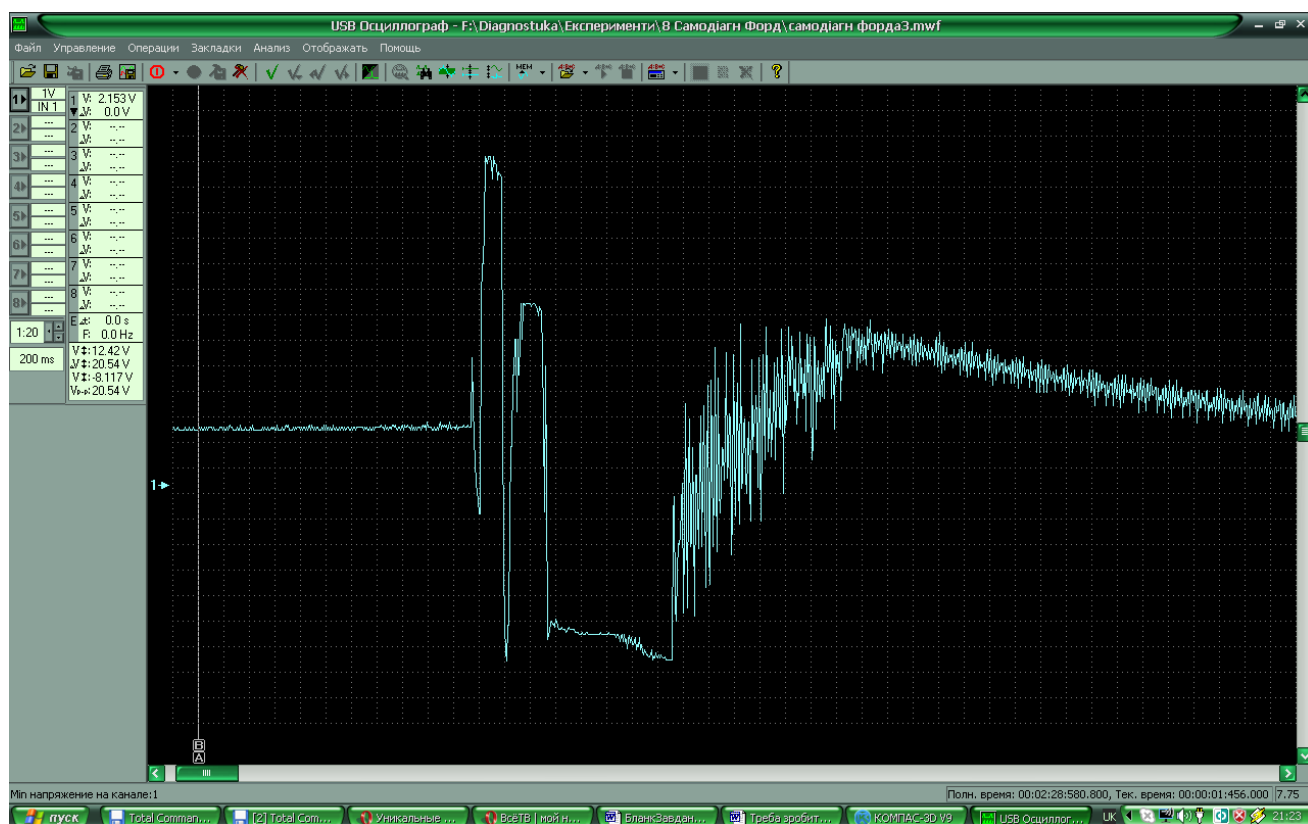


Рисунок 4.4 - Осцилограма запуску сеансу обміну даними з блоку управління АКПП SF31J

Що стосується ЕБК АКПП SF31J, то він передає дані сканеру із швидкістю 8192 біт, оновлюючи кадр більшого розміру за 200-300мс. Швидкість передачі даних АКПП є визначальним параметром при читанні потоків даних в режимі реального часу та при передачі даних в динамічному режимі. В якості прикладу на рисунку 4.5 наведена осцилограма передача інформації АКПП SF31J по К-

					MP.AT - 55.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

лінії про перехід в динамічний режим та зчитаний потоку даних. Також для підтвердження зчитаних даних параметри роботи деяких виконавчих механізмів та датчиків АКПП SF31J були перевірені з допомогою мотор-тестера (табл. 4.1), які наведені в графічній частині проекту.

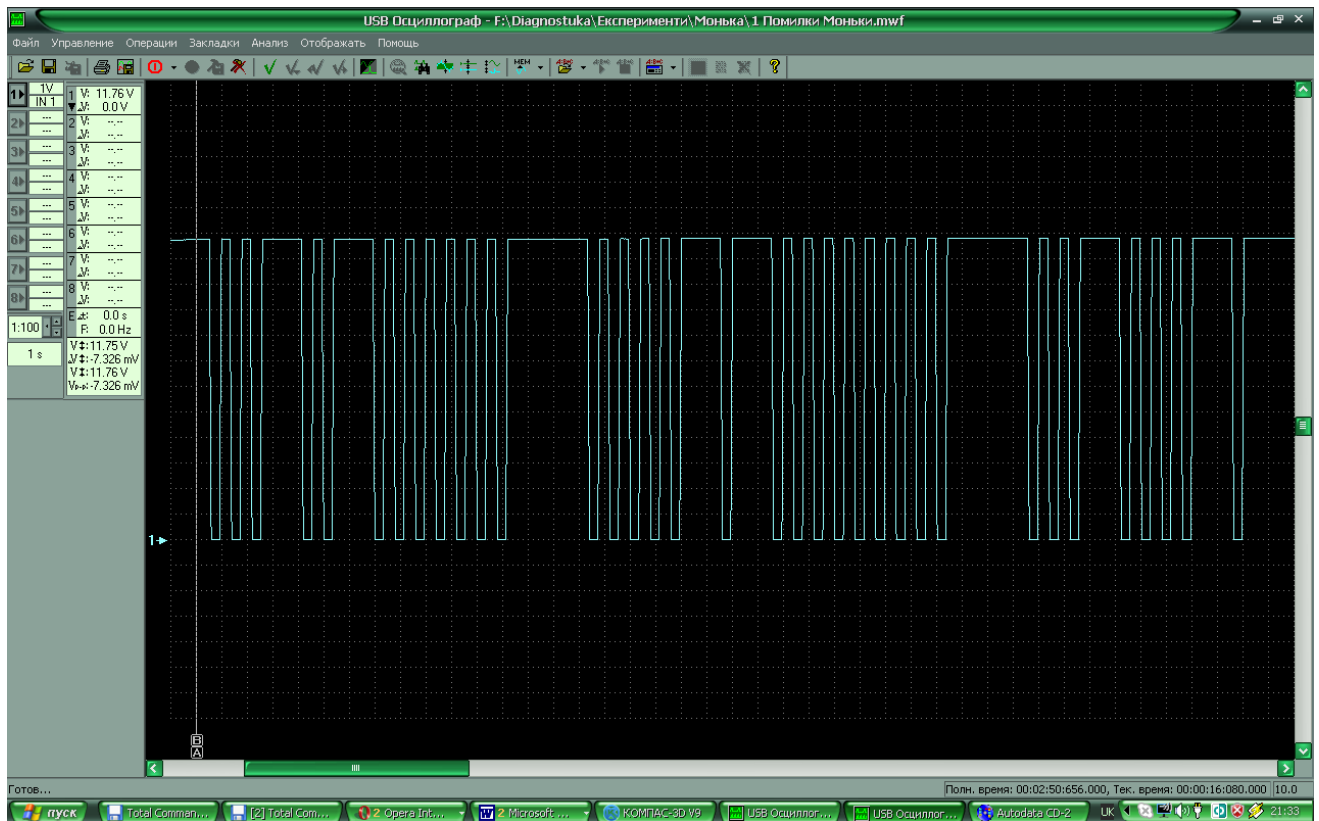


Рисунок 4.5 - Осцилограма передача інформації про проблему з електроклапаном блокування гідротрансформатора, селектора вибору режимів АКПП та датчика температури оливи в АКПП по К-лінії

При проведенні експериментальних досліджень обміну даними між блоком управління АКПП SF31J лабораторної установки та діагностичним обладнанням необхідно враховувати, що для Фордівського протоколу для ЕБК ЕЕС-V лінія К - двонаправлена і передає дані в обидві сторони, а лінія L – однонаправлена і використовується тільки при встановленні зв'язку між ЕБК АКПП SF31J автомобіля і сканером, потім лінія L переходить в стан логічної одиниці. Для коректного обміну даними між блоком управління АКПП SF31J лабораторної установки та діагностичним обладнанням до діагностичного

					MP.AT - 55.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

роз'єму автомобіля повинні також підключатися «маса» і напруга живлення від акумуляторної батареї.

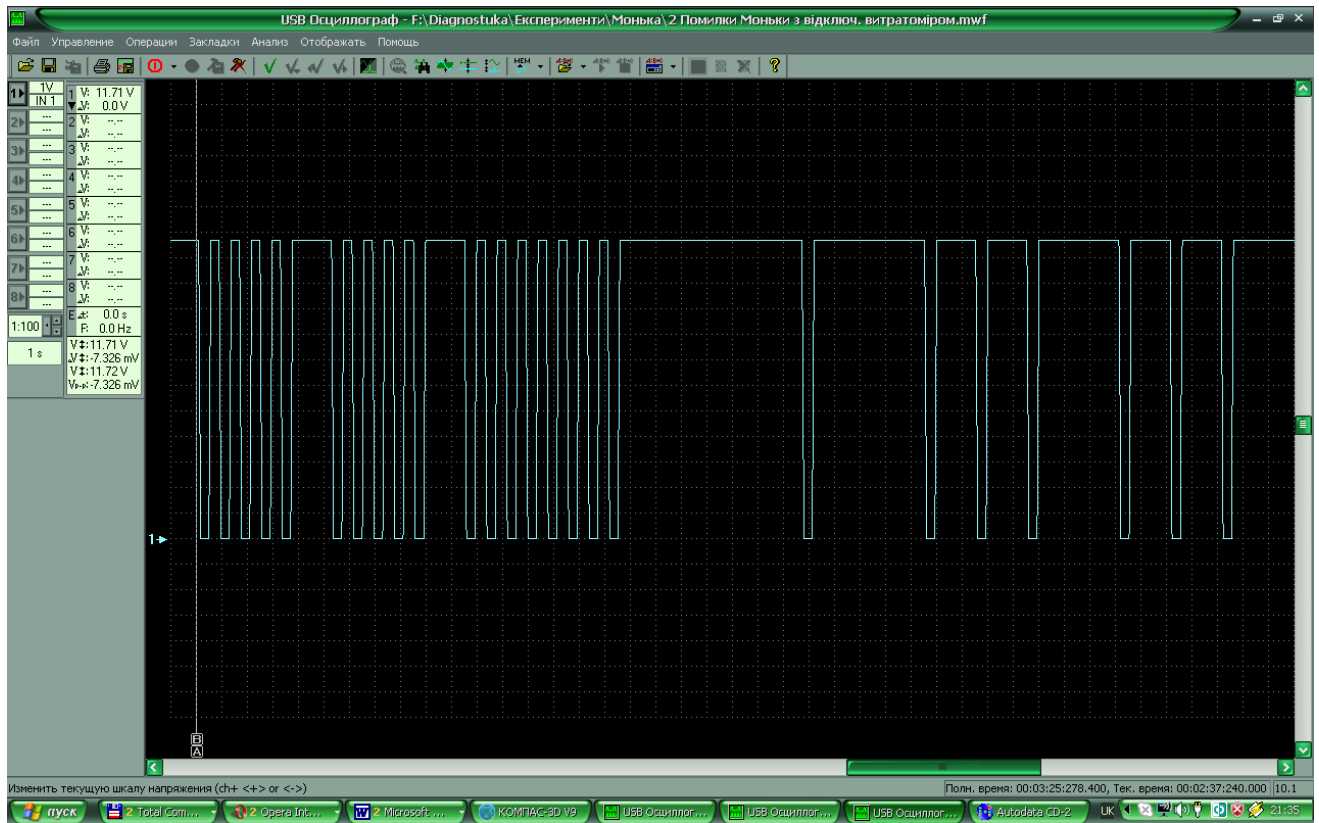


Рисунок 4.6 - Осцилограма передача інформації АКПП SF31J по K-лінії про перехід в динамічний режим

4.4 Обробка експериментальних досліджень

При проведенні експериментальних досліджень вихідних параметрів АКПП SF31J розробленої експериментальної установки вимірювання при проведенні кожного експерименту проводились три рази, оскільки необхідно визначити значення абсолютної випадкової середньоквадратичної похибки, яка зробить результат виміру найбільш достовірним.

Абсолютна випадкова середньоквадратична похибка розраховується за формулою:

$$\Delta S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (W_i - W_{\text{сеп}})^2}{n \cdot (n - 1)}}, \quad (4.1)$$

					MP.AT - 55.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

де W_i - значення величини отримане при i -му вимірі;

n - число вимірів;

$W_{сер}$ - середньоарифметична величина з усіх вимірів.

Середньоарифметична величина з усіх вимірів, $W_{сер}$:

$$W_{сер} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i}{n} \quad (4.2)$$

При проведенні експериментальних досліджень зчитування вихідних параметрів елементів АКПП SF31J були проведені наступні вимірювання:

- частоти вмикання клапану блокування гідротрансформатора автоматичної коробки передач SF31J;

- параметрів датчика температури оливи в автоматичної коробки передач SF31J при температурі 20°C;

- параметрів датчика положення дросельної заслінки при повністю закритій дросельній заслінці і повністю відкритій дросельній заслінці;

- параметрів датчика частоти обертання вторинного валу АКПП на різних обертах колінчастого валу двигуна;

- параметрів датчика абсолютного тиску при роботі двигуна на оборотах холостого ходу (850 об/хв.), при 2500 об/хв., при 5000 об/хв. колінчастого валу двигуна;

- параметрів електроклапанів вмикання передач автоматичної коробки передач SF31J;

- параметрів селектора режимів автоматичної коробки передач SF31J;

- параметрів датчика положення колінчастого валу під час запуску двигуна і на високих обертах колінчастого валу двигуна;

- параметрів датчика швидкості на оборотах холостого ходу, при 2500 об/хв., при 5000 об/хв.

Результати розрахунку абсолютної випадкової середньоквадратичної похибки занесені в таблицю 4.1.

					MP.AT - 55.00.00.000 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отримані значення вимірювань зведені до таблиці 4.1 разом з значеннями, які повинні бути отримані згідно технічних вимог. Порівнявши отримані значення з нормативними можна оцінювати достовірність зчитування та інтерпретації обміну даних між блоком управління автоматичної коробки передач SF31J лабораторної установки та діагностичним обладнанням.

Таблиця 4.1 – Результати експериментальних досліджень зчитування вихідних параметрів АКПП SF31J

№ п/п	Назва величини, яка вимірюється	Виміри			Середньо-арифметична величина замірів, $W_{сер}$	Середньоквадратичне значення похибки, ΔS	Нормативне значення
		1	2	3			
1	Частота вмикання клапану блокування гідротрансформатора, Гц	14,3	14,5	14,7	14,5	0,11547	14-15
2	Опір датчика температури оливи в АКПП SF31J за температури 20°C, кОм	36,5	37	37,5	3,7	0,151073	3-4
3	Напруга на виході селектора режимів АКПП в положенні „драйв”, В	0,63	0,64	0,65	0,64	0,205922	0,6-0,7
4	Напруга на виході селектора режимів в АКПП SF31J в положенні „паркінг”, В	4,54	4,55	4,56	4,55	0,26077	4,5-4,8
5	Опорна напруга датчика частоти обертання вторинного вала АКПП SF31J, мВ	463	465	467	465	0,315618	440-460

Закінчення таблиці 4.1

6	Напруга на виході з датчика частоти обертання вторинного вала АКПП SF31J при 850, 2500, 5000 об/хв. колінчастого вала двигуна, В	2,5; 3,0; 3,45	2,55; 3,05; 3,50	2,6; 3,10; 3,55	2,55 3,05 3,5	0,370466; 0,425315; 0,480163	0,2-5
7	Опір електроклапану передач АКПП SF31J, Ом	2,95	3	3,05	3	0,535011	2,5-3,5
8	Опір датчика частоти обертання первинного вала АКПП SF31J, Ом	8,6	8,8	9	8,8	0,58986	8-10
9	Опір датчика частоти обертання вторинного вала АКПП SF31J, Ом	415	420	425	420	0,644708	200-500
10	Напруга на виході з датчика частоти обертання первинного вала АКПП SF31J при роботі двигуна за 850, 5000 об/хв. колінчастого вала двигуна, В	1,5; 15	1,6; 17,5	1,7; 20	1,6 17,5	0,699556; 0,754404	3-20
11	Напруга на виході з датчика швидкості за 850, 2500, 5000 об/хв. колінчастого вала двигуна, В	0,6 1,1 1,6	0,65 1,2 1,7	0,7 1,3 1,8	0,65 1,2 1,7	0,809253; 0,864101; 0,918949	0,5-3,0

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі виконані теоретичні дослідження методів діагностики функціонування систем та засобів діагностування автоматичної коробки перемикачів передач з електронним управлінням SF31J автомобіля Форд Мондео 2.5і 2007 р.в. Вивчено здійснення обміну даними між діагностичним обладнанням та блоками управління автоматичної коробки перемикачів передач SF31J, контроль вхідних та вихідних сигналів. Проаналізовані алгоритми роботи системи бортової діагностики АКПП SF31J та застосування шини CAN для автоматичної коробки перемикачів передач.

Розглянуто основне та допоміжне обладнання для комп'ютерної діагностики автоматичної коробки перемикачів передач SF31J та устаткування для контролю неелектричних параметрів об'єктів керування. Проаналізовані можливості інтегрованих систем самодіагностики сучасних АКПП та робота з ними за допомогою діагностичних сканерів. Досліджено переваги та обмежені можливості сканерів.

Проаналізовано функціональні можливості сучасних мотор-тестерів та технології оптимального підключення вимірювальних приладів до автомобільних електричних і електронних ланцюгів сучасних АКПП.

Проведені експериментальні дослідження з діагностики датчиків та виконавчих механізмів автоматичної коробки перемикачів передач з електронним управлінням на прикладі АКПП SF31J автомобіля Форд Мондео 2.5і 2007 р.в.

На основі виконаних досліджень створена удосконалена методика діагностики сучасних АКПП з електронним управлінням.

					MP.AT- 55.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. Мазепа С.С., Куцик А.С. Електрообладнання автомобіля. / Львів: Видавництво НУЛП, 2004. 168 с.
2. Кисликов В., Лищук В. Будова і експлуатація автомобілів/ Вид. Либідь.К.: 2018. 400 с.
3. Кукурудзяк, Ю. Ю. Технічна експлуатація автомобілів. Організація технологічних процесів ТО і ПР. Навчальний посібник / Ю. Ю. Кукурудзяк, В. В. Біліченко. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 198 с.
4. Клименко Л. П., Прищепов О.Ф., Андрєєв В. І., Голдун В. Ю. Елементи електронних систем керування автомобільними двигунами : [навч. посібник для студентів вищих навчальних закладів]. Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2013. – 132 с.
5. Halderman J.D. Automotive technology./ Boston: Prentice Hall, 2011. Electronic Book.
6. Ткачук В.І. Електромеханотроніка. / Львів: Видавництво НУЛП, 2006. 440 с.
7. Шевчук Р.С. Трактори і автомобілі: основи теорії (питання, завдання та відповіді): навчальний посібник). Львів:Львівський національний аграрний університет, 2016. – 236 с.
8. Коробочка О.М. Основи розрахунків, проектування і експлуатації технологічного обладнання для автомобільного транспорту: Навч. посібник / Коробочка О.М., Скорняков Е.С., Сасов О.О. – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2007 – 252 с.
9. Лудченко О.А. Технічне обслуговування і ремонт автомобілів. / Київ: Знання-Прес, 2003. 511 с.
10. О.П. Строков, М.Г. Макаренко, В.Ф.Фролов. Технічне обслуговування та ремонт вантажних і легкових автомобілів, автобусів. Підручник: У 2 кн. К.: Грамота, 2005.
11. Автомобілі. Теорія : навч. посіб. / В.П. Сахно, В.І. Сирота, В.М. Поляков, В. Г. Головань, О.В. Лисий; Військ. акад. - Одеса: Військ. акад., 2017. - 412 с.
12. Шапко В.Ф. Автомобільні двигуни. Основи теорії та характеристики поршневих двигунів внутрішнього згоряння: Навчальний посібник. - Кременчук: КНУ, 2011. - 194 с.

					MP.AT- 55.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

Тема магістерської роботи:

Удосконалення методики діагностування
автоматичних коробок передач на прикладі АКПП
SF31J автомобіля Форд Мондео 2.5і 2007 р.в.

Губа Руслан-Михайло Русланович

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ ТА ЗАСОБІВ ДІАГНОСТУВАННЯ АВТОМАТИЧНИХ КОРОБОК ПЕРЕМИКАННЯ ПЕРЕДАЧ З ЕЛЕКТРОННИМ УПРАВЛІННЯМ

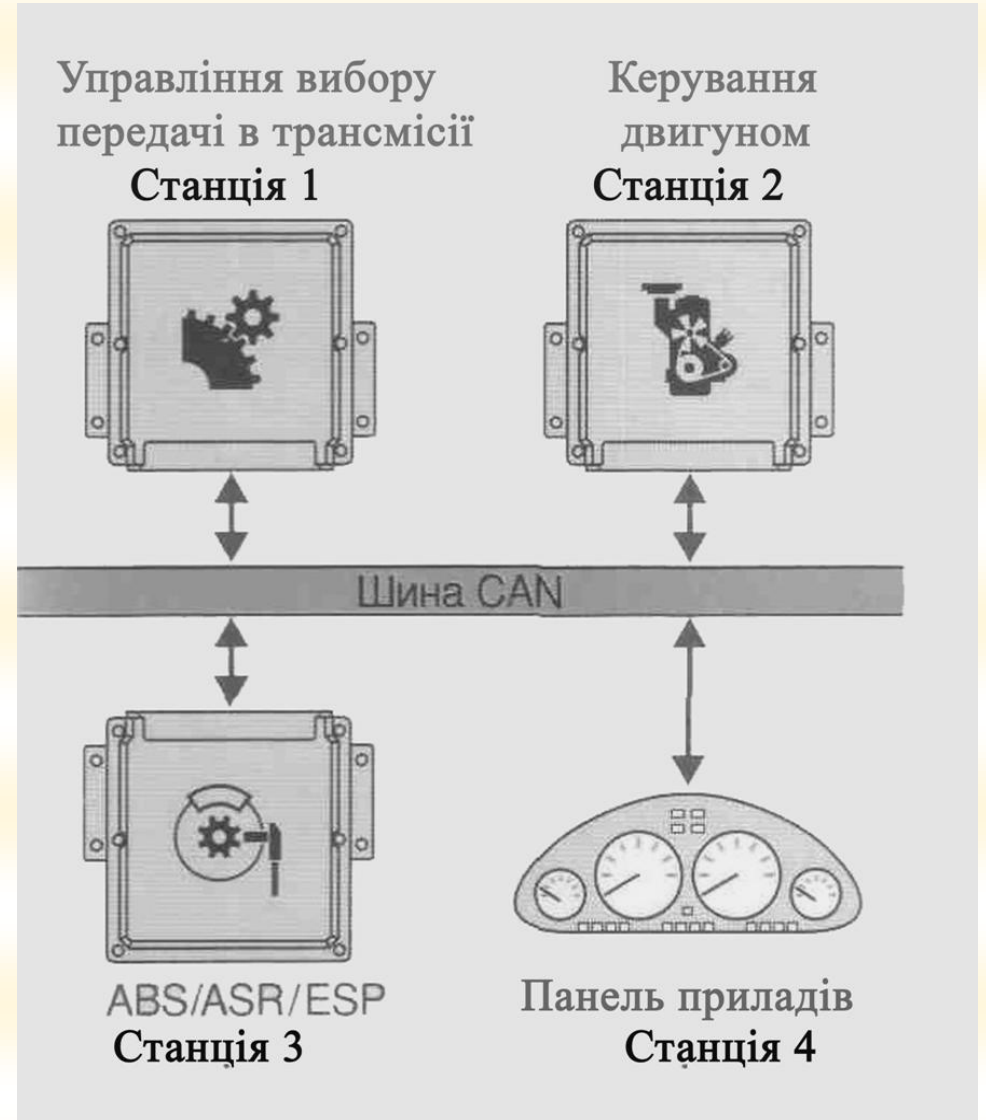
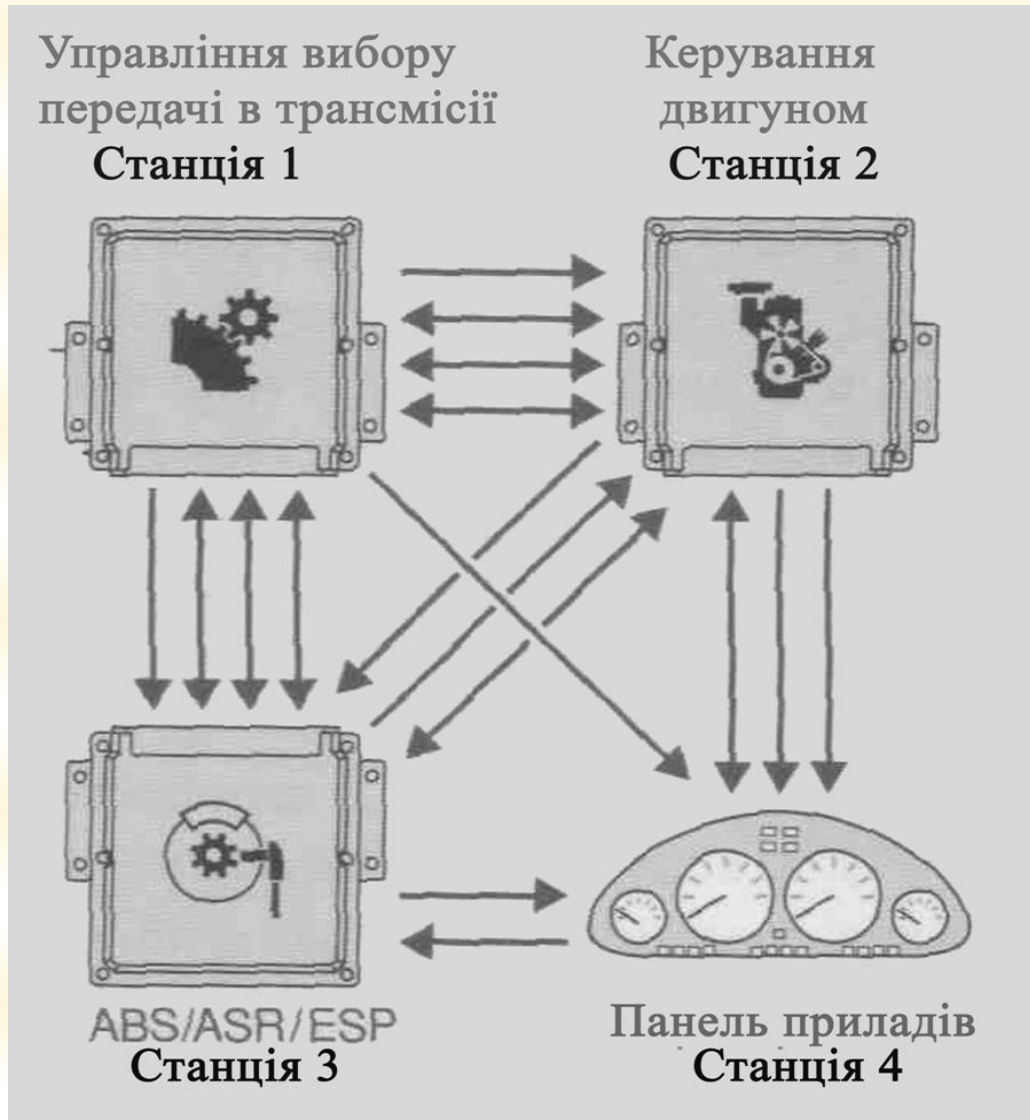
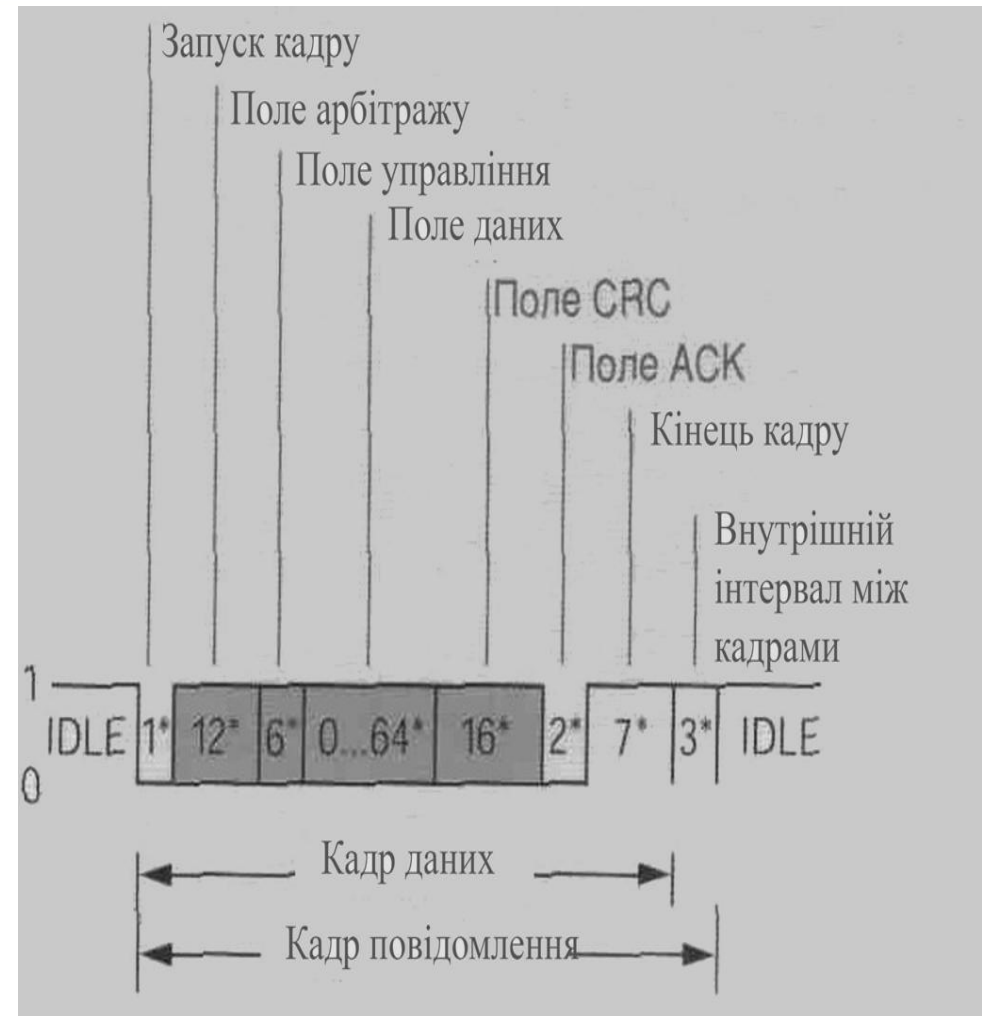
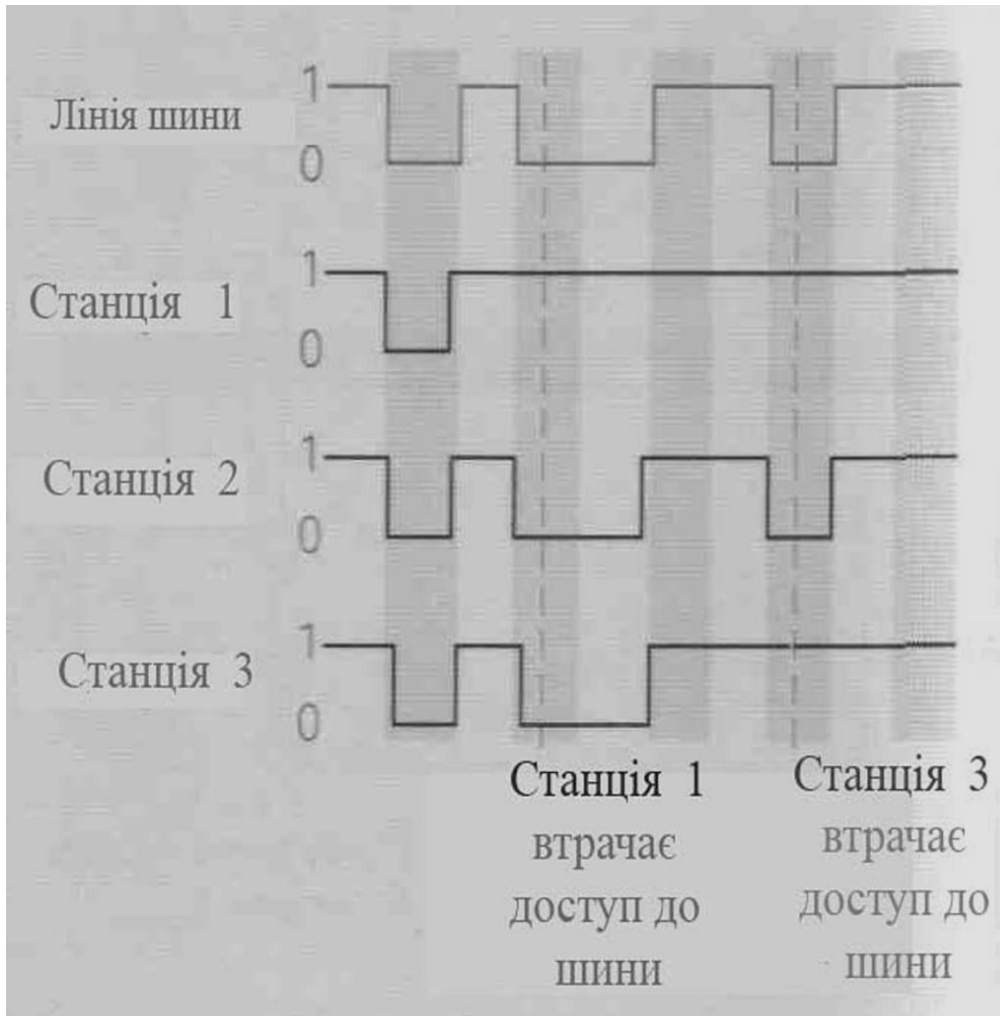


Рисунок 2.1 – Схема традиційної передачі даних до АКПП

Рисунок 2.2 – Лінійна передача даних до АКПП SF31J автомобіля Форд Мондео 2.5i 2007 р.в. по шині CAN

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМ ТА ЗАСОБІВ ДІАГНОСТУВАННЯ АВТОМАТИЧНИХ КОРОБОК ПЕРЕМИКАННЯ ПЕРЕДАЧ З ЕЛЕКТРОННИМ УПРАВЛІННЯМ



0 - домінуючий рівень, 1 - рецесивний рівень
Побітовий арбітраж(керування доступом до загальної шини при декількох повідомленнях): станція 2 отримує пріоритет в доступі до шини (сигнал на шині = сигналу від станції 2)

Рисунок 3.3 – Адресація і фільтрація повідомлень по шині CAN АКПП SF31J

0 - домінуючий рівень;
1- рецесивний рівень;
* - кількість біт

Рисунок 3.2 – Формат повідомлень CAN АКПП SF31J автомобіля Форд Мондео 2.5i 2007 р.в.



Рис. 4.1. Діагностичні сканери: а, б, в, г – провідного типу; д, е – дистанційної передачі даних



Рис. 4.2. Універсальні вимірювальні прилади: автомобільні мультиметри; б – діагностичні мотор-тестери



Рис. 5.1. Імітатори сигналів давачів АКПП: а - резистивних; б, в - аналогових та імпульсних; г - у складі комбінованого приладу



Рис. 5.2. Огляд вимірювальних зондів неелектричних величин АКПП: а, б - тиску рідини та газів; в - температури рідини та газів; г - температури твердої поверхні; д - інфрачервоного випромінювання

ТЕХНОЛОГІЯ ДІАГНОСТУВАННЯ АВТОМАТИЧНИХ КОРОБОК ПЕРЕМИКАННЯ ПЕРЕДАЧ З ЕЛЕКТРОННИМ УПРАВЛІННЯМ

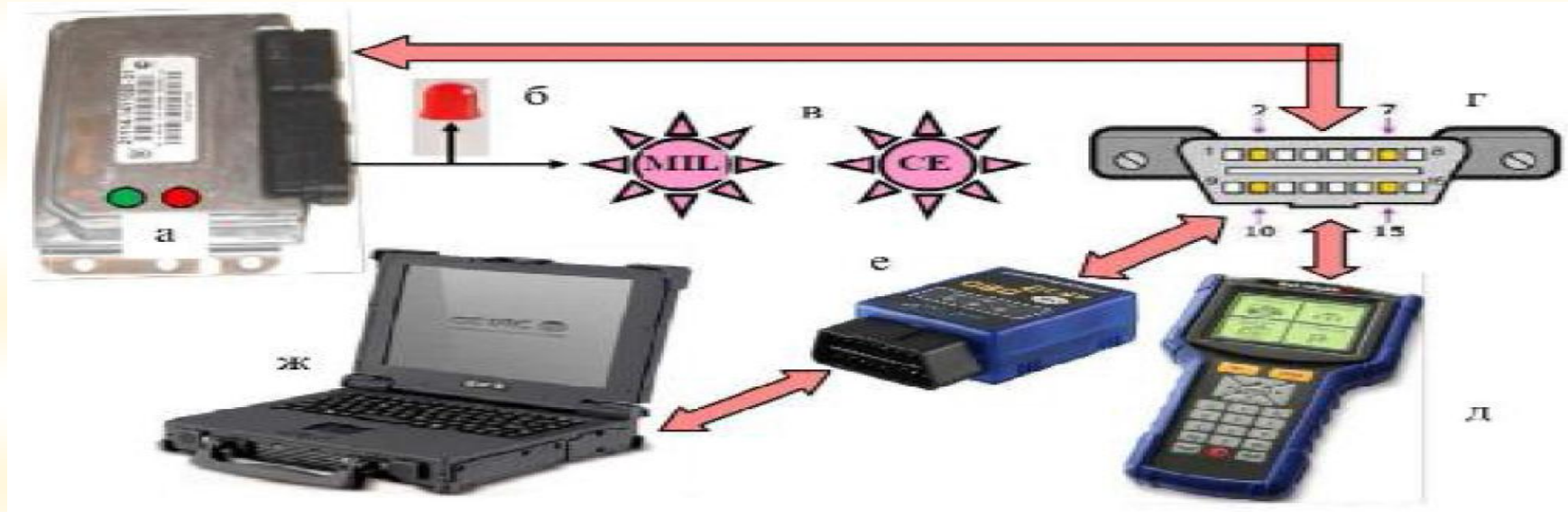


Рис. 6.1. Технологія обміну інформацією між діагностичним обладнанням та БУ АКПП: а - світлодіоди вмонтовані в корпус ЕБК; б - світлодіод зовнішнього підключення; в - сигнальні лампи діагностики на панелі приладів автомобіля; г - діагностичне рознімання автомобіля; д - апаратний сканер; е – програмний сканер; ж - персональний комп'ютер

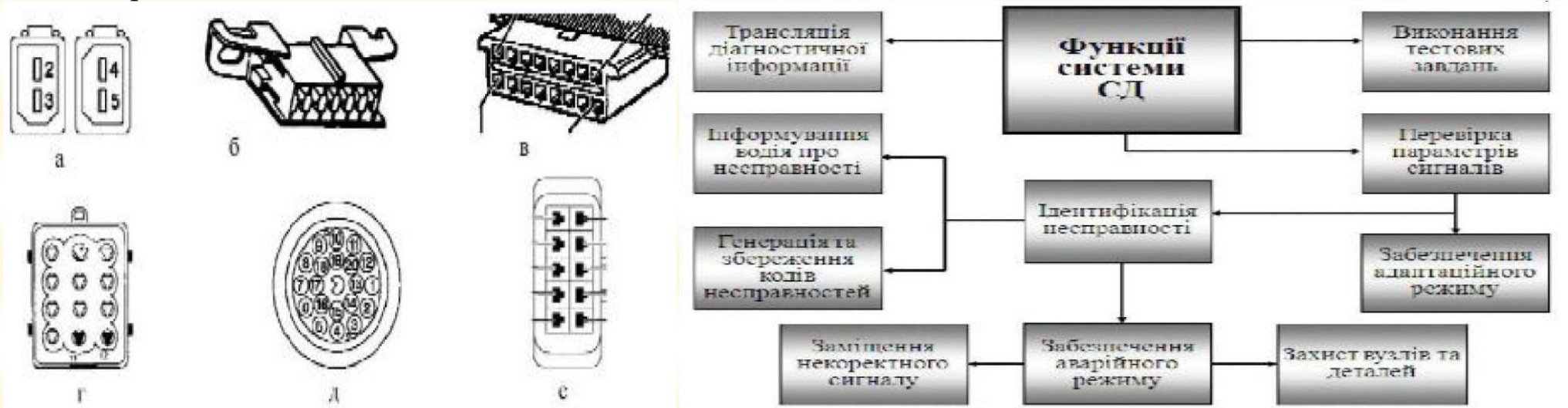


Рис. 6.2. Діагностичні штекери

Рис. 6.2. Обмін даними між діагностичним обладнанням та БУ АКПП



Рис. 7.1 Огляд пересувних мотор-тестерів



Рис. 7.2. Огляд модульних мотор-тестерів

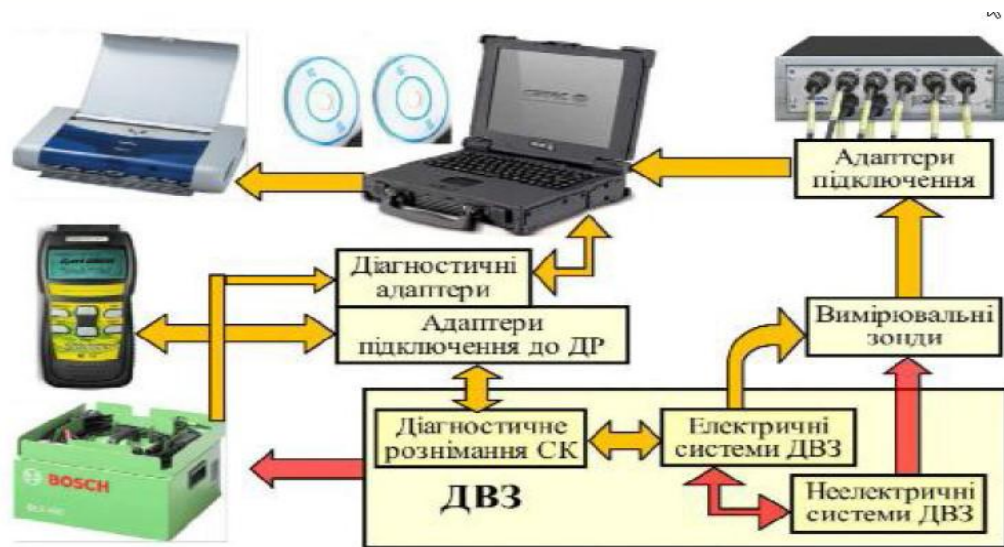


Рис. 3.2. Схема та принцип роботи модульних мотор-тестерів



Рис. 3.5. Огляд портативних мотор-тестерів

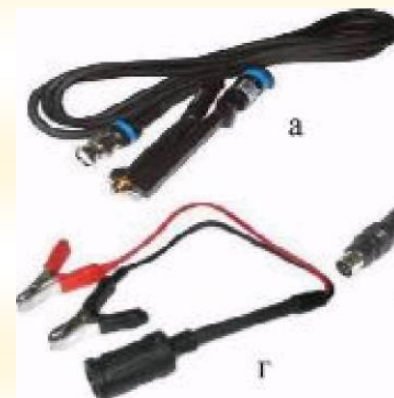


Рис. 3.7. Адаптери підключення мотор-тестерів: а - до вимірювального кола; б - до входу мотор-тестерів; в - до маси автомобіля; г - до АКБ; е - до штекера



Рисунок 9.1 – Експериментальна установка для діагностики АКПП SF31J з електронним управлінням



Рисунок 9.2 – Блок управління АКПП SF31J

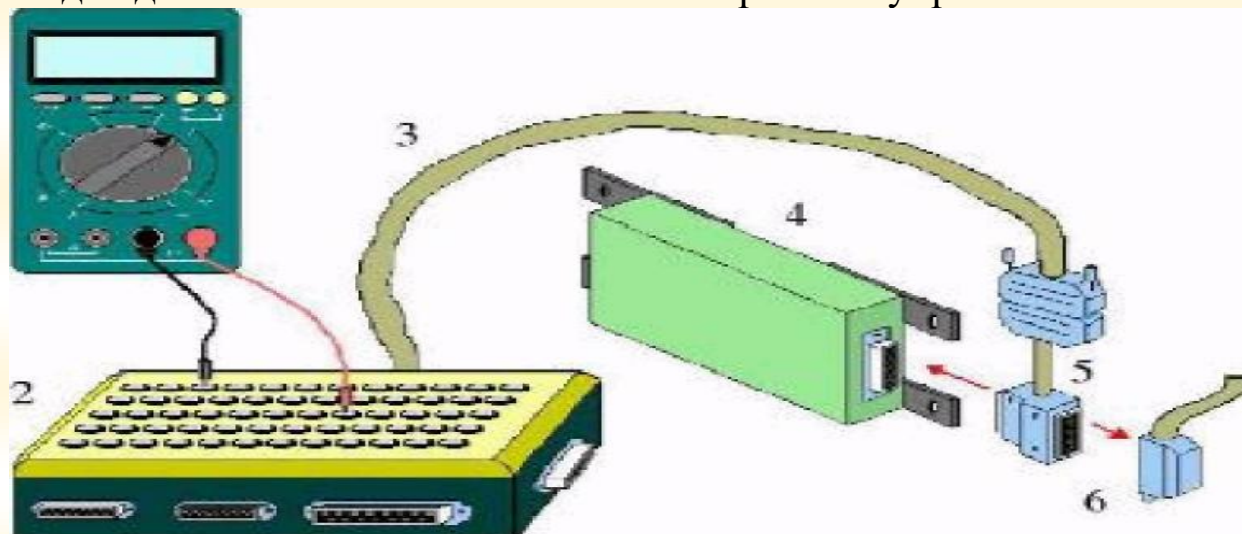


Рис. 9.3. Приєднання до БУ АКПП: 1 - вимірювальний прилад; 2 - конектор; 3 - джгут підключення конектора; 4 - БУ; 5 - адаптер підключення; 6 - мережа



Рисунок 10.1 - Осцилограма запуску сеансу обміну даними з блоком управління АКПП SF31J

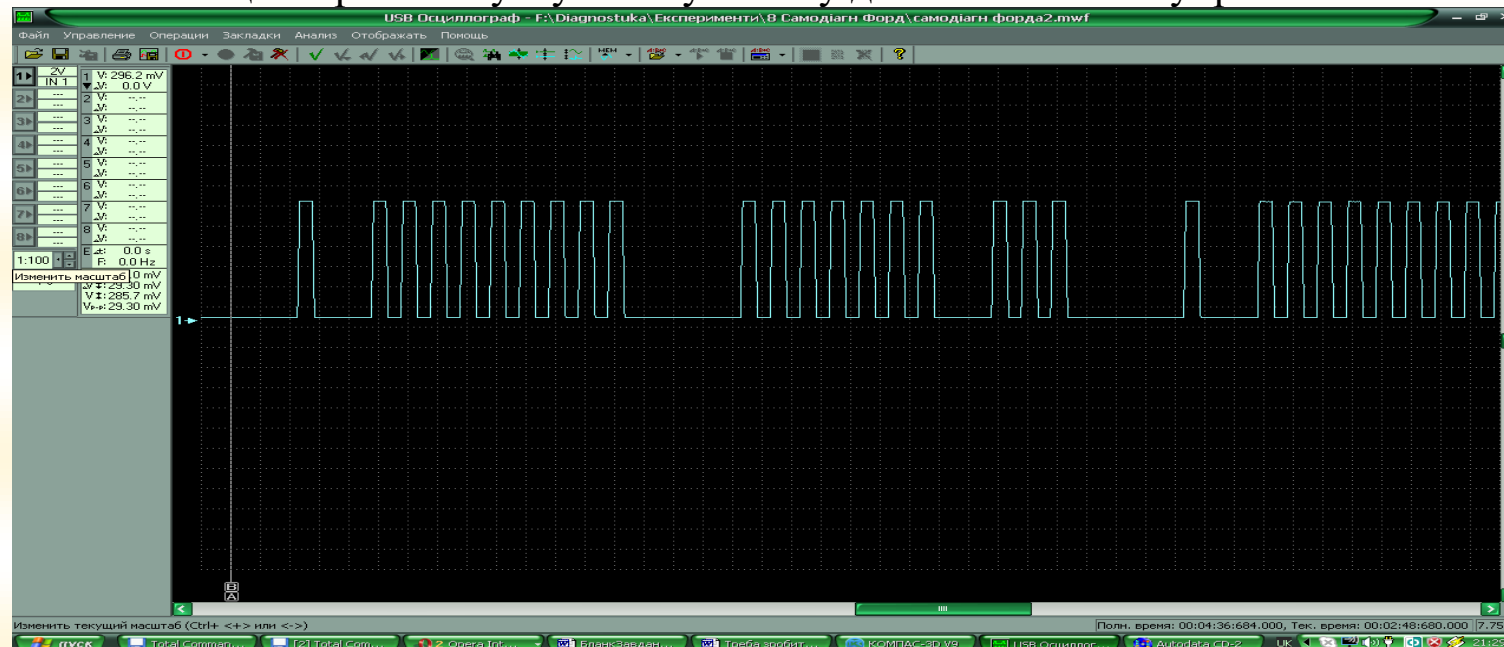


Рисунок 10.2 - Осцилограма передачі інформації кодами з ЕБК АКПП SF31J на діагностичне обладнання про проблеми із живленням ЕБК та несправність датчика температури оливи АКПП

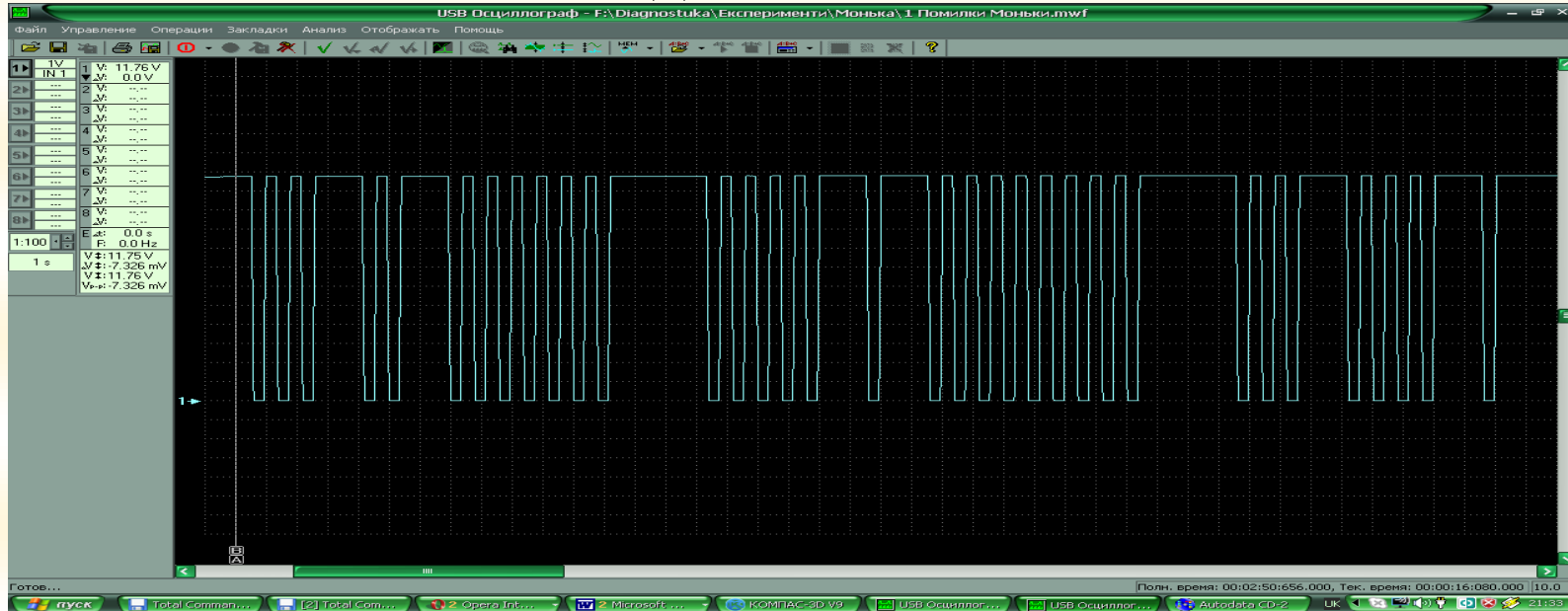


Рисунок 11.1 - Осцилограма передача інформації про проблему з електроклапаном блокування гідротрансформатора, селектора вибору режимів АКПП та датчика температури оливи в АКПП

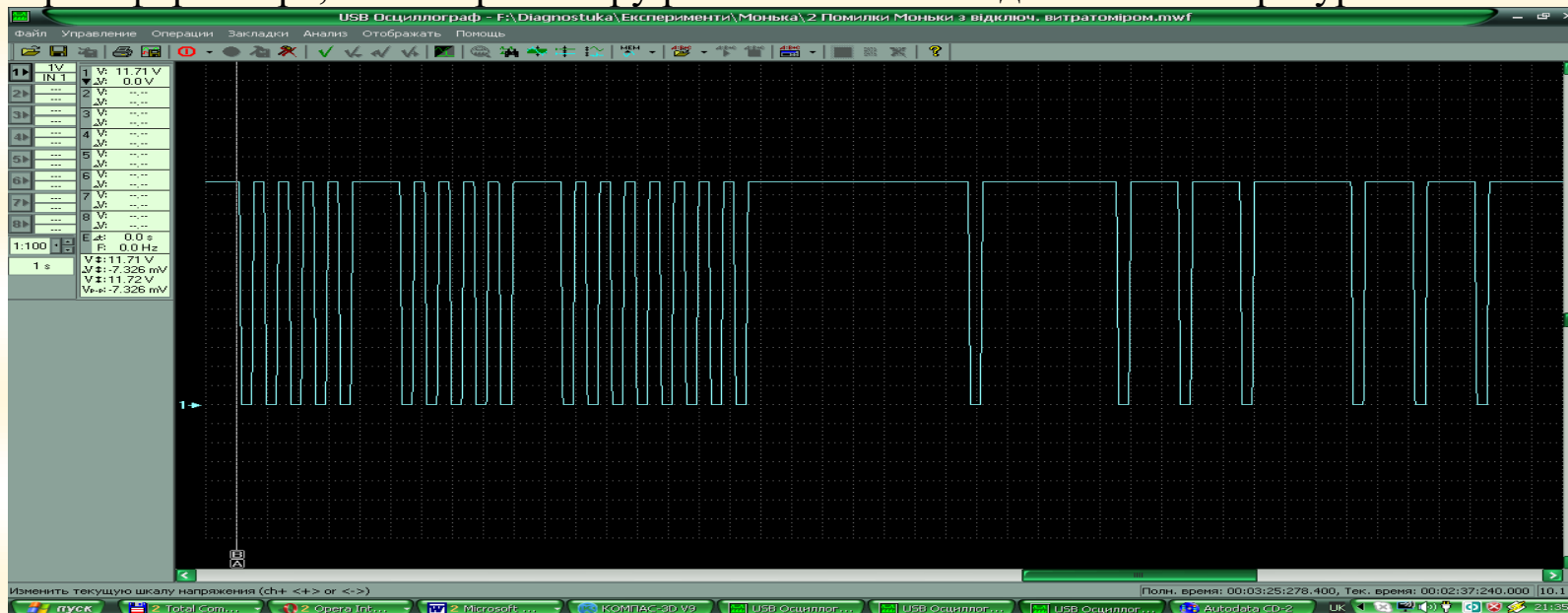


Рисунок 11.2 - Осцилограма передача інформації АКПП SF31J про перехід в динамічний режим

ЗЧИТУВАННЯ ВИХІДНИХ ПАРАМЕТРІВ АКПП SF31J

12

№ п/п	Назва величини, яка вимірюється	Виміри			Середньо-арифметична величина замірів, $W_{сep}$	Середньо-квадратичне значення похибки, ΔS	Нормативне значення
		1	2	3			
1	Частота вмикання клапану блокування гідро-трансформатора, Гц	14,3	14,5	14,7	14,5	0,11547	14-15
2	Опір датчика температури оливи в АКПП SF31J за температури 20°C, кОм	36,5	37	37,5	3,7	0,151073	3-4
3	Напруга на виході селектора режимів АКПП SF31J в положенні „драйв”, В	0,63	0,64	0,65	0,64	0,205922	0,6-0,7
4	Напруга на виході селектора режимів в АКПП SF31J в положенні „паркінг”, В	4,54	4,55	4,56	4,55	0,26077	4,5-4,8
5	Опорна напруга датчика частоти обертання вторинного вала АКПП SF31J, мВ	463	465	467	465	0,315618	440-460
6	Напруга на виході з датчика частоти обертання вторинного вала АКПП SF31J при 850, 2500, 5000 об/хв. колінчастого вала двигуна, В	2,5; 3,0; 3,45	2,55; 3,05; 3,50	2,6; 3,10; 3,55	2,55 3,05 3,5	0,370466; 0,425315; 0,480163	0,2-5
7	Опір електроклапану передач АКПП SF31J, Ом	2,95	3	3,05	3	0,535011	2,5-3,5
8	Опір датчика частоти обертання первинного вала АКПП SF31J, Ом	8,6	8,8	9	8,8	0,58986	8-10
9	Опір датчика частоти обертання вторинного вала АКПП SF31J, Ом	415	420	425	420	0,644708	200-500
10	Напруга на виході з датчика частоти обертання первинного вала АКПП SF31J при роботі двигуна за 850, 5000 об/хв. колінчастого вала двигуна, В	1,5; 15	1,6; 17,5	1,7; 20	1,6 17,5	0,699556; 0,754404	3-20
11	Напруга на виході з датчика швидкості за 850, 2500, 5000 об/хв. колінчастого вала двигуна, В	0,6 1,1 1,6	0,65 1,2 1,7	0,7 1,3 1,8	0,65 1,2 1,7	0,809253; 0,864101; 0,918949	0,5-3,0

У магістерській роботі виконані теоретичні дослідження методів діагностики функціонування систем та засобів діагностування автоматичної коробки перемикачів передач з електронним управлінням SF31J автомобіля Форд Мондео 2.5і 2007 р.в. Вивчено здійснення обміну даними між діагностичним обладнанням та блоками управління автоматичної коробки перемикачів передач SF31J, контроль вхідних та вихідних сигналів. Проаналізовані алгоритми роботи системи бортової діагностики АКПП SF31J та застосування шини CAN для автоматичної коробки перемикачів передач.

Розглянуто основне та допоміжне обладнання для комп'ютерної діагностики автоматичної коробки перемикачів передач SF31J та устаткування для контролю неелектричних параметрів об'єктів керування. Проаналізовані можливості інтегрованих систем самодіагностики сучасних АКПП та робота з ними за допомогою діагностичних сканерів. Досліджено переваги та обмежені можливості сканерів.

Проаналізовано функціональні можливості сучасних мотор-тестерів та технології оптимального підключення вимірювальних приладів до автомобільних електричних і електронних ланцюгів сучасних АКПП.

Проведені експериментальні дослідження з діагностики датчиків та виконавчих механізмів автоматичної коробки перемикачів передач з електронним управлінням на прикладі АКПП SF31J автомобіля Форд Мондео 2.5і 2007 р.в.

На основі виконаних досліджень створена удосконалена методика діагностики сучасних АКПП з електронним управлінням.