

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ І БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМ. С.З. ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: “**Підвищення ефективності діагностування елементів
електронної системи автомобіля**”

Виконав: студент ІV курсу групи Ат-41
Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”
(шифр і назва)

Святослав ФЕДОТОВ

(ім'я та прізвище)

Керівник: Степан ХІМКА

(ім'я та прізвище)

Дубляни 2025

УДК 629.113.066.

РЕФЕРАТ

Федотов Святослав Олександрович. Підвищення ефективності діагностування елементів електронної системи автомобіля: кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет ветеринарної медицини і біотехнологій ім. С.З Гжицького, 2025. 65 с.

Табл. 7; рис. 32; бібліогр. джерел 17.

У першому розділі подано загальний опис електронної системи автомобіля, висвітлено її значення для сучасного транспорту та обґрунтовано актуальність теми. Наголошено на важливості застосування сучасних діагностичних підходів для виявлення та усунення несправностей.

Другий розділ присвячено аналізу контролюючих і виконавчих пристроїв електронної системи. Наведено класифікацію сенсорів, їх опис, принцип дії, а також розглянуто роботу CAN-шини як важливого елементу комунікації між модулями.

У третьому розділі зосереджено увагу на методах підвищення ефективності діагностування. Описано способи виявлення несправностей, наведено характеристику діагностичних пристроїв, а також розроблено методику діагностики CAN-шини. Запропоновано власну методику діагностики із відповідними розрахунками для окремої ділянки.

Четвертий розділ присвячено питанням охорони праці, зокрема безпеці при роботі з електрообладнанням та системами заземлення. Проведено відповідні розрахунки для забезпечення безпечної експлуатації обладнання.

У п'ятому розділі подано економічну оцінку впровадження діагностичних заходів, обґрунтовано доцільність та ефективність запропонованих рішень.

Ключові слова: Електронна система, сенсор, виконавчий механізм

ЗМІСТ

	ВСТУП.....	6
1	АНАЛІЗ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛЯ.....	8
	1.1 Опис електронної системи автомобіля.....	8
	1.2 Важливість сучасної діагностики електронних систем автомобіля...18	
	1.3 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи.....	21
2	АНАЛІЗ КОНТРОЛЮЮЧИХ І ВИКОНАВЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ.....	23
	2.1 Види контролюючих пристроїв (сенсорів).....	23
	2.2 Опис контролюючих пристроїв (сенсорів).....	26
	2.3 Опис виконавчих пристроїв.....	32
	2.4 CAN-шина.....	35
3	ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІАГНОСТУВАННЯ.....	40
	3.1 Способи виявлення несправностей в електроніці.....	40
	3.2 Діагностичні пристрої.....	42
	3.3 Діагностика, виявлення та усунення поломок в CAN-шині.....	44
	3.4 Запропонована методика проведення діагностики.....	48
	3.5 Розрахунок дільниці	51
4	ОХОРОНА ПРАЦІ	55
	4.1 Вихідні дані для заземлення.....	55
	4.2 Розрахунок заземлення.....	55
5	ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА	61
	ВИСНОВКИ.....	63
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	64

ВСТУП

У сучасному автомобілебудуванні електронні системи відіграють ключову роль у забезпеченні безпеки, надійності, комфорту та екологічності транспортного засобу. Вони контролюють роботу двигуна, трансмісії, гальмівної системи, кліматичного обладнання та численних допоміжних функцій. Зі зростанням складності та кількості електронних компонентів зростає і потреба у точній, швидкій та професійній діагностиці.

Більшість несправностей у сучасних авто пов'язані саме з електронікою, і виявити їх без спеціального обладнання стає практично неможливо. Саме тому підвищення ефективності діагностичних процесів є одним із пріоритетних напрямів розвитку сервісного обслуговування. Це включає використання високотехнологічних сканерів, інтелектуальних систем самодіагностики, а також удосконалення методів аналізу даних з електронних блоків керування.

У сучасних транспортних засобах застосовується велика кількість електронних блоків керування, зокрема: системи управління бензиновими, дизельними та газовими двигунами; автоматичними трансмісіями; антиблокувальними гальмівними системами (ABS); системами контролю тяги (ASR); протибуксвальними (TSC) та стабілізації стійкості (ESP); керування подушками безпеки (Airbag); кліматичними установками (Climatronic) та інші.

При виникненні збоїв або дефектів, вбудовані діагностичні підсистеми зберігають відповідну інформацію у пам'яті електронних блоків керування. У процесі діагностики дані, що зберігаються в пам'яті блоків, зчитуються за допомогою спеціалізованого інтерфейсу. Це дозволяє швидко виявити несправності та визначити оптимальні шляхи їх усунення.

Вбудовані діагностичні функції є невід'ємною складовою сучасних електронних систем автомобіля. Алгоритми контролю постійно перевіряють коректність вхідних і вихідних сигналів, а також здійснюють моніторинг системи на предмет помилок і збоїв під час експлуатації. Зчитування цієї

інформації здійснюється через стандартні діагностичні інтерфейси (наприклад, OBD-II), за допомогою спеціальних сканерів, які забезпечують обмін даними з блоками керування. Це дає змогу не лише виявити коди помилок, а й відстежувати параметри систем у реальному часі, а також керувати окремими виконавчими елементами, що є особливо цінним у процесі технічного обслуговування або після ремонту.

Покращення діагностики дає змогу не лише оперативно виявляти та локалізувати несправності, але й оптимізувати процеси технічного обслуговування, зменшити витрати часу та коштів, підвищити загальну ефективність експлуатації автомобіля.

Метою даної роботи є підвищення ефективності та точності діагностики електронних систем автомобіля шляхом аналізу існуючих методів, засобів та програмного забезпечення, а також розробка практичних рекомендацій щодо їх оптимізації для використання в умовах станцій технічного обслуговування (СТО). Ознайомлення з електронною системою автомобіля, принципом роботи та діагностуванням електронних блоків керування.

1. АНАЛІЗ ЕЛЕКТРОННОЇ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛЯ

1.1 Опис електронної системи автомобіля

Сучасні електронні блоки управління автомобіля можна умовно поділити на шість основних груп:

1. Система керування двигуном (ECM – Engine Control Module)
2. Система керування трансмісією (TCU – Transmission Control Unit)
3. Система курсової стійкості ESP (ESP – Electronic Stability Control)
4. Системи допомоги водієві ADAS (ADAS – Advanced driver-assistance systems)
5. Системи активної безпеки (ACC – Adaptive Cruise Control, AFS – Advanced Frontlighting System, LCA – Lane Change Assistant, AEB – Autonomous Emergency Braking, TPMS – Tire Pressure Monitoring System, TSR – Traffic-Sign Recognition, DMS – Driver Monitoring System)
6. Системи комфорту

Блок керування двигуном (англ. Engine Control Module, ECM) — це різновид електронного блоку керування (Electronic Control Unit, ECU), який відповідає за оптимальне функціонування двигуна внутрішнього згорання. Його основне завдання — керувати виконавчими пристроями двигуна з метою досягнення максимально ефективної, економної та екологічної роботи.[1]

Робота ECM базується на таких основних етапах:

- зчитування даних із численних сенсорів у моторному відсіку;
- аналіз отриманої інформації за допомогою багатовимірних карт (довідкових таблиць);
- формування сигналів керування для виконавчих елементів двигуна відповідно до цих таблиць.

Завдяки використанню електронного керування, система забезпечує оптимізацію ключових характеристик двигуна: потужності, крутного

моменту, витрати пального, рівня шкідливих викидів — залежно від режиму експлуатації. Як все працює разом:

ЕСМ збирає дані з усіх цих компонентів (рис. 1.1) сотні разів на секунду і миттєво приймає рішення, щоб ваш двигун працював максимально ефективно. Чи ви стоїте на світлофорі, розганяєтесь чи рухаєтесь трасою — ЕСМ завжди піклується про ідеальну роботу авто [1].



Рисунок 1.1 – Виконавчі і контролюючі механізми ЕСМ.

Конструктивна побудова ЕСМ складається з апаратного забезпечення, основними компонентами якого є мікропроцесор, аналого-цифрові та цифро-аналогові перетворювачі та програмного забезпечення, яке включає два основні модулі:

- Функціональний — аналізує сигнали від сенсорів і формує керуючі дії;

- **Контрольний** — перевіряє точність вихідних сигналів і коригує їх при необхідності (аж до зупинки двигуна).

Сучасні ЕСМ є програмованими, що дозволяє їх адаптувати (перепрограмувати) для потреб тюнінгу, встановлення нових компонентів (турбонаддув, альтернативне паливо, змінена випускна система тощо).

Блок керування двигуном ЕСМ може реалізовувати такі функції:

- регулювання складу паливо-повітряної суміші;
- керування системою впорскування пального;
- керування дросельною заслінкою (включаючи холостий хід);
- оптимізація роботи системи запалювання;
- контроль за системою уловлювання парів пального;
- регулювання системи рециркуляції відпрацьованих газів;
- керування фазами газорозподілу;
- підтримка оптимальної температури охолоджувальної рідини.

ЕСМ взаємодіє з іншими електронними системами автомобіля, такими як:

- ABS (антиблокувальна система гальм);
- автоматична коробка передач;
- системи пасивної безпеки;
- клімат-контроль тощо.

Цей обмін даними здійснюється через CAN-шину (Controller Area Network) — стандарт комунікації, розроблений компанією Robert Bosch у 1980-х роках, що забезпечує ефективну інтеграцію усіх керуючих систем авто в єдину мережу.

Блок керування трансмісією (англ. Transmission Control Unit, TCU), також відомий як модуль керування трансмісією (Transmission Control Module, TCM) або блок керування коробкою передач (Gearbox Control Unit, GCU), є спеціалізованим електронним блоком управління (ЕБУ), призначеним для контролю роботи автоматичних та напівавтоматичних коробок передач (рис. 1.2).[1]

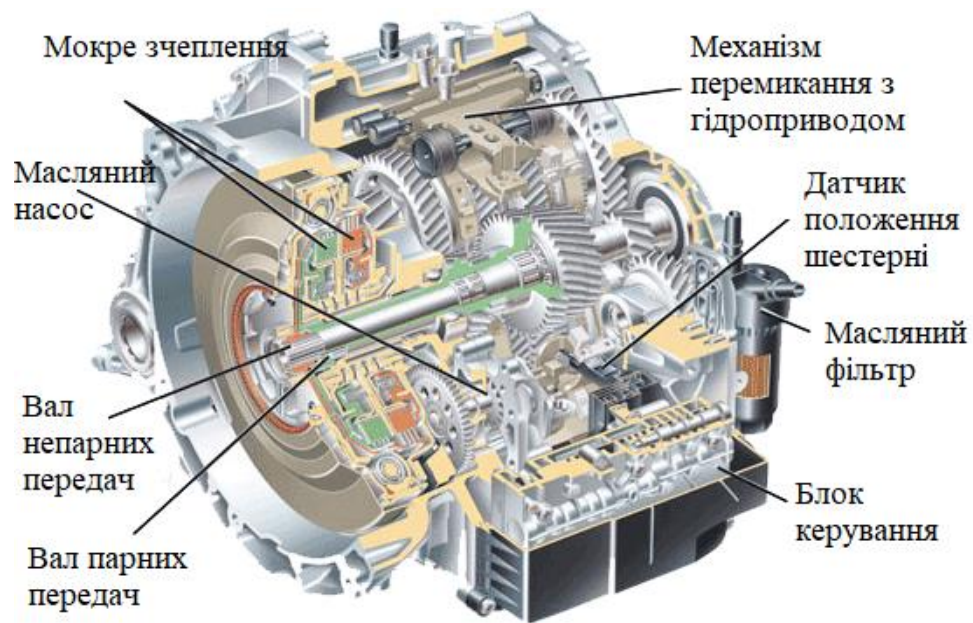


Рисунок 1.2 – Схема роботизованої коробки передач з блоком управління.

Основною функцією блоку керування трансмісією є автоматизація процесів перемикання передач і зчеплення, що забезпечує комфортну, ефективну та економічну роботу трансмісії. Це особливо важливо для сучасних автомобілів з автоматичними коробками передач, де точність і швидкість перемикання мають ключове значення для продуктивності та витрати палива.

Блок TCM працює у тісній взаємодії з іншими системами автомобіля, зокрема з сенсорами швидкості, температури, навантаження, блоком керування двигуном (ECU) тощо.

На основі отриманих даних TCM розраховує оптимальний момент перемикання передач і керує роботою зчеплення. Це дозволяє забезпечити:

- плавність ходу;
- зменшення витрати пального;
- підвищення ресурсу трансмісії;
- адаптацію до стилю водіння та умов руху.

Система курсової стійкості ESP (англ. Electronic Stability Programme, ESP) або динамічна активна система безпеки автомобіля, дозволяє запобігти заносу за допомогою керування комп'ютером моменту сили колеса

(одночасно одного або декількох), система стабілізації являє собою поєднання різних систем: [2]

- Антиблокувальна система (ABS). Під час гальмування ABS запобігає блокуванню колеса або обмежує його наскільки це можливо, зменшуючи і збільшуючи тиск в гальмівній системі;
- Протибуксувальна система (ASR). Ця система зменшує потужність двигуна під час просковзування ведених коліс;
- Система допомоги під час гальмування (BAS). Під час аварійного гальмування, система BAS збільшує гальмівне зусилля до оптимального значення. Головним призначенням системи активної безпеки автомобіля є запобігання аварійної ситуації;
- Система керування під час гальмування двигуна (MSR). Під час гальмування автомобіля, частота обертання двигуна зменшується і впорскування палива припиняється, через це можуть просковзувати ведучі колеса. Система MSR запобігає блокуванню ведучих коліс при гальмуванні двигуном;
- Електронна система керування тяговим зусиллям (ETS або TCS). Коли транспортний засіб втрачає зчеплення, в результаті того, що він однією стороною знаходиться на слизькій поверхні, система керування тяговим зусиллям пригальмовує колесо, що буксує, це призводить до перерозподілу тягового зусилля на протилежне колесо цієї осі.

Сенсори цієї системи відправляють інформацію на блок керування ABS/ESP.

В системі ESP знаходяться наступні сенсори (рис. 1.3):

- сенсор кута повороту керованого колеса;
- сенсор кута рискання;
- сенсор тиску в гальмівній системі;
- сенсори частоти обертання колеса;
- сенсор поперечного прискорення;
- сенсор положення педалі гальм.

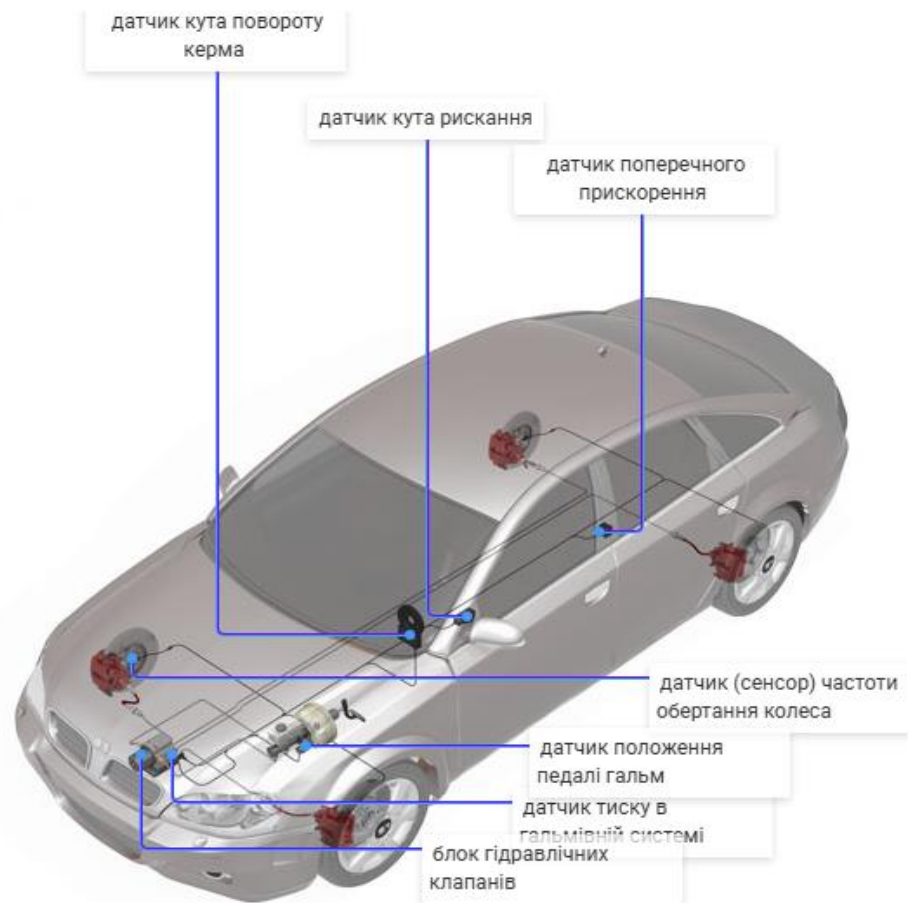


Рисунок 1.3 – Контур гальмівної системи з ESP.

Блок керування ABS/ESP обробляє сигнали, що надходять від сенсорів, і видає команду шляхом вмикання та вимикання таких виконавчих механізмів як:

- Блок гідравлічних клапанів;
- Насос високого тиску.

Якщо на дорозі щось пішло не так, повернути автомобіль на необхідний курс система може сама, даючи команду на вибіркове пригальмовування одного або декількох коліс. Даний принцип схожий на спосіб керування гусеничним автомобілем. Якщо гальмування задається правій частині автомобіля, автомобіль повертає вправо.

Перед тим як забезпечити колесам гальмування, ESP знижує потужність двигуна. Як правило, цього достатньо, щоб автомобіль повернувся на траєкторію руху. [2]

Система допомоги водієві ADAS — єдина інтегрована система допомоги водієві включає електронні пристрої, що сприяють збереженню керованості та стійкості авто. Більшість систем ADAS не є постійно активними. Зазвичай дані системи стають активними лише за певних умов. Які це умови, залежить від функції системи ADAS.

Одна з умов, наприклад, на яку можливо звернути увагу, це швидкість автомобіля. Система, яка допомагає при паркуванні, може бути активна на низькій швидкості, а не під час руху по автомагістралі.

Обставини, необхідні для безпечного увімкнення системи ADAS, називаються "Умовами увімкнення" (анг. Switch-on conditions). Кожна система ADAS має умови увімкнення, які повинні бути виконані. Дані умови увімкнення вибрано так, щоб систему ADAS можливо було безпечно вмикати та вона була цілеспрямованою. [3]

- Нічне бачення вмикається лише тоді, коли недостатнє освітлення - видимість погана;
- Система попередження про виїзд зі смуги руху вмикається лише тоді, коли на поверхні дороги видно дорожню розмітку;
- Система допомоги при паркуванні вмикається лише тоді, коли видно місце для паркування.

Залежно від функції ADAS, система використовує один або декілька сенсорів. Сенсори є "очима" системи (рис. 1.4). Без сенсорів система не може визначити необхідну інформацію, таку як положення, відстань або швидкість. Деякі сенсори починають зчитувати дані, лише якщо користувач

увімкнув систему, інші активуються самою системою за потреби.



Рисунок 1.4 – Сенсори системи допомоги водієві ADAS.

Система безпеки пішоходів використовує радар, щоб побачити, на якій відстані знаходиться об'єкт – потенційний пішохід. За допомогою камери система перевіряє, чи є об'єкт, який виявив радар, пішоходом чи чимось іншим. Радар та камера є «очима» системи. Кожна система ADAS використовує сенсори, необхідні для збору відповідної інформації.

Система може попередити водія через:

- Візуальну сигналізацію наприклад, індикація на дисплеї автомобіля;
- Акустичну сигналізацію наприклад звук, що відтворюється через динаміки;
- Вібраційну сигналізацію наприклад, вібрацією керма.

Якщо, незважаючи на попередження від системи виявлення пішоходів, водій все одно не бачить пішохода(-ів), система самостійно гальмує автомобіль. Для цього вона активує гальмівну систему. Система сама визначає, коли потрібно втрутитися.

Комплекс систем активної безпеки включає в себе такі системи[3]:

АСС (адаптивний круїз-контроль) – автоматично регулює швидкість, підтримуючи безпечну дистанцію до автомобіля попереду;

AFS (адаптивне освітлення) – система коригує напрям світла фар залежно від напрямку руху та умов освітлення, запобігаючи засліпленню інших водіїв;

LCA (асистент зміни смуги) – використовуючи камери та радары (рис. 1.5), система контролює безпечність маневру перестроювання та попереджає про потенційні загрози;

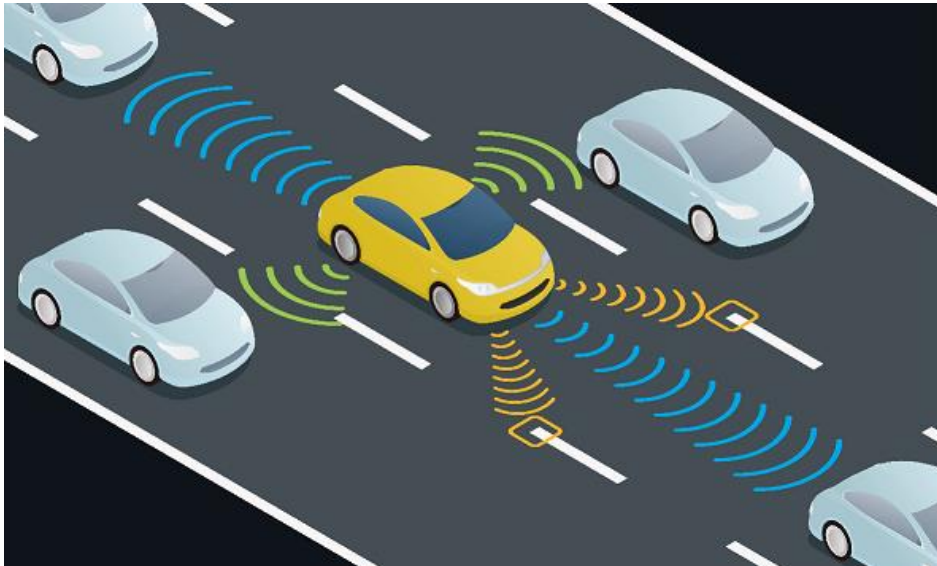


Рисунок 1.5 – Робота сенсорів системи LCA.

AEB (автоматичне екстрене гальмування) – реагує на перешкоди, готує водія до гальмування або самостійно зменшує швидкість у разі пасивної поведінки водія;

TPMS (контроль тиску в шинах) – відстежує не лише тиск, а й температуру повітря в шинах, що впливає на ефективність гальмування та зчеплення з дорогою;

TSR (розпізнавання дорожніх знаків(рис. 1.6)) – камери ідентифікують дорожні знаки та виводять їх на дисплей приладової панелі або навігаційної системи;



Рисунок 1.6 – Система розпізнавання дорожніх знаків TSR.

DMS (моніторинг стану водія) – камери відстежують положення голови, напрям погляду і навіть вираз обличчя, виявляючи втому чи неуважність.

Системи комфорту — це сукупність електронних, механічних та програмних рішень, спрямованих на забезпечення максимального зручності та ергономіки під час керування автомобілем і перебування в ньому. Хоча ці системи не впливають безпосередньо на основні технічні характеристики авто, вони відіграють важливу роль у формуванні загального враження від автомобіля.

Автоматичні системи клімат-контролю дозволяють підтримувати оптимальну температуру в салоні. Сучасні моделі можуть мати кілька зон кліматичного регулювання, що дозволяє окремо налаштувати температуру для водія та пасажирів. Додаткові сенсори вимірюють вологість, сонячне світло та якість повітря.

Системи підігріву сидінь, керма, дзеркал та скла забезпечують комфорт у холодну пору року. У теплу пору важливою є функція вентиляції сидінь, яка сприяє охолодженню та зменшенню потовиділення.

Автомобілі оснащуються електроприводами для зручного регулювання сидінь, вікон, дзеркал, а також автоматичного відкривання багажника чи дверей. Часто додатково передбачено пам'ять положень сидіння для кількох користувачів.

До ультимедіа та інформаційних систем них належать великі сенсорні дисплеї, системи навігації, голосове керування, підтримка Apple CarPlay і Android Auto. У багатьох авто також встановлено аудіосистеми високого класу та бездротові зарядки для смартфонів.

До систем паркування входять парктроніки, камери заднього виду або кругового огляду, а в деяких моделях — навіть автоматичне паркування, коли авто самостійно виконує маневри.

Система безключового доступу дозволяє відкривати двері та запускати двигун без фізичного використання ключа. При наближенні до авто система автоматично розпізнає власника та відкриває замки.

У більш дорогих моделях зустрічаються й інші елементи комфорту:

- ароматизатори повітря;
- фонове LED-освітлення з можливістю зміни кольору;
- масажні сидіння;
- проекційні дисплеї на лобове скло;
- електричне регулювання шторок та панорамних дахів.

1.2 Важливість сучасної діагностики електронних систем автомобіля

Комп'ютерна діагностика — це не лише сучасний інструмент обслуговування автомобіля, але й необхідна процедура для підтримання його безпеки, надійності та економічності. Система контролю, побудована на базі численних сенсорів, у реальному часі передає дані до електронного блоку управління (ECU). Ця інформація дозволяє виявляти відхилення у роботі основних вузлів авто — двигуна, трансмісії, гальмівної системи, підвіски тощо.[4]

Однією з головних переваг комп'ютерної діагностики є можливість виявлення проблем на ранніх стадіях, ще до того, як вони проявляться у вигляді поломки. При фіксації несправності система формує діагностичний код помилки (DTC), який дає змогу точно визначити джерело збою.

Діагностика дозволяє коригувати параметри роботи двигуна — зокрема, склад паливоповітряної суміші, кут випередження запалювання, тиск наддуву. Це сприяє зменшенню споживання палива, зниженню шкідливих викидів та підвищенню ефективності.

Своєчасне виявлення і усунення неполадок зменшує ризик серйозних поломок, збільшує тривалість експлуатації вузлів і знижує загальні витрати на ремонт.

Через стандартний роз'єм OBD-II (рис. 1.7) фахівець під'єднує сканер або комп'ютер.

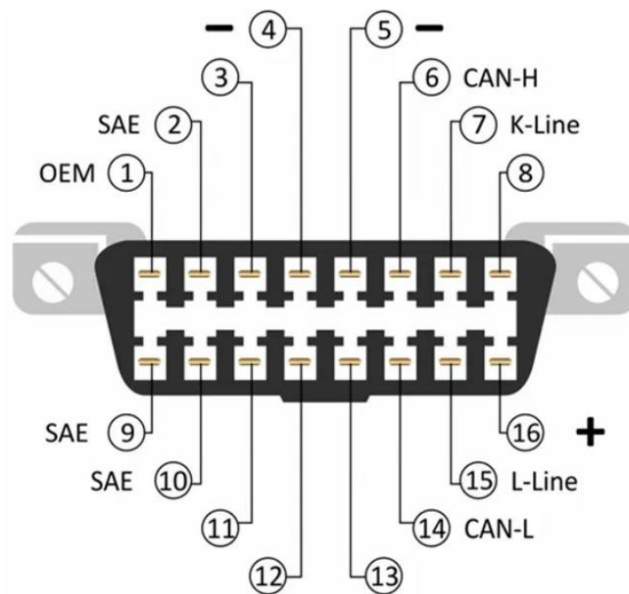


Рисунок 1.7 – Діагностичний роз'єм OBD-II

Програмне забезпечення отримує дані з електронних блоків управління і зчитує активні або збережені помилки. Визначаються конкретні несправності за кодами DTC, після чого складається план усунення дефектів. На основі діагностики проводяться ремонтні роботи або налаштування систем.

Комп'ютерна діагностика — це необхідний інструмент у сучасному технічному обслуговуванні автомобіля. Вона забезпечує точність виявлення несправностей, покращує роботу систем та зменшує витрати власника. Регулярне проведення діагностики — це інвестиція у довговічність, безпеку та економічність транспортного засобу. У сучасному автомобілі функціонують десятки електронних блоків керування, об'єднаних у єдину мережу. Вони відповідають за роботу критично важливих систем: двигуна, трансмісії, гальм,

безпеки, клімат-контролю, підвіски та ін. Для ефективного технічного обслуговування такого складного комплексу необхідна точна, швидка та інформативна діагностика, яка стала можливою завдяки комп'ютерним технологіям.

Однією з ключових переваг комп'ютерної діагностики є можливість виявлення проблем ще до їхнього прояву у вигляді серйозної поломки. Завдяки численним сенсорам, що передають інформацію в електронний блок керування (ECU), система виявляє найменші відхилення від норми й фіксує їх у вигляді кодів несправностей (DTC).

Це дає змогу:

- уникнути несподіваних поломок;
- зменшити витрати на ремонт;
- забезпечити безпечну експлуатацію автомобіля.

Точне визначення джерела несправності

Комп'ютерна діагностика дозволяє швидко локалізувати проблемну зону без необхідності розбирання великих вузлів авто. Це мінімізує витрати часу й ресурсів, зменшує потребу в "методі проб і помилок", а також підвищує якість обслуговування.

Системи керування двигуном постійно аналізують і регулюють такі параметри, як:

- склад паливоповітряної суміші;
- кут випередження запалювання;
- тиск наддуву;
- температура рідин.

Діагностика дозволяє відстежити ці показники в режимі реального часу, виявити відхилення та скоригувати роботу двигуна для досягнення:

- зниження витрат пального;
- зменшення викидів шкідливих речовин (CO, NOx);
- стабільної та потужної роботи силового агрегату.

Регулярне діагностування дозволяє підтримувати технічні системи у справному стані, не допускаючи розвитку вторинних пошкоджень, що виникають через ігнорування первинних несправностей. Таким чином, подовжується термін служби як окремих елементів, так і автомобіля в цілому.

Завдяки точності діагностики власник не витрачає кошти на зайві або неправильні ремонти. Деякі несправності можна усунути без заміни деталей — лише завдяки коригуванню параметрів чи оновленню прошивки.

Комп'ютерна діагностика — це не просто корисна послуга, а необхідний елемент технічного обслуговування сучасного автомобіля. Вона забезпечує контроль за всіма системами транспортного засобу, попереджає про потенційні ризики, допомагає знизити експлуатаційні витрати та гарантує надійну й безпечну роботу автомобіля.

1.3 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи

Сучасні автомобілі — це складні технічні комплекси, в яких електронні системи відіграють вирішальну роль у забезпеченні керованості, безпеки, комфорту та екологічності. Зі зростанням кількості вбудованих електронних блоків, сенсорів, виконавчих механізмів та мережевих протоколів суттєво зросли вимоги до діагностики таких систем.

На сьогодні більшість несправностей автомобілів пов'язані саме з електронними компонентами, а не з механічними вузлами. Наявність помилок у функціонуванні сенсорів, порушення контактів, збої у програмному забезпеченні — все це може призвести до погіршення роботи двигуна, порушення динаміки або навіть до повної зупинки транспортного засобу. При цьому далеко не всі збої супроводжуються очевидними симптомами або попередженням на панелі приладів.

Протягом останніх п'яти років ринок легкових автомобілів в Україні демонстрував нестабільну динаміку (табл. 1.1), що зумовлювалось як внутрішніми економічними змінами, так і зовнішніми факторами (зокрема, пандемією COVID-19, повномасштабною війною та митною політикою).[5]



Графік 1.1 – Рівень автомобілізації в деяких країнах світу та Україні.

Автомобільний парк України здебільшого оновлюється за рахунок уживаних транспортних засобів, імпортованих з-за кордону. У 2021 році українці придбали лише 107,8 тис. нових легкових авто, тоді як імпорт уживаних авто становив 533,2 тис. У внутрішньому обігу було реалізовано ще 945,2 тис. автомобілів. Частка нових авто в загальній структурі ринку склала лише 6,7%.

Для досягнення середньоєвропейського рівня забезпеченості транспортом — 610 авто на 1000 осіб — Україні потрібно імпортувати щонайменше 15 млн автомобілів. За умов довоєнних темпів імпорту цей процес міг би зайняти 30–40 років, не враховуючи зняття з експлуатації старих авто. Проте в реаліях війни такі темпи наразі недосяжні.

З початком повномасштабного вторгнення активний автопарк скоротився приблизно на 1 млн одиниць, з яких щонайменше 200 тис. — повністю знищені. Продажі нових авто зменшилися вдесятеро, а кількість пропозицій уживаних авто на AUTO.RIA скоротилася на 30 у порівнянні з лютим 2022 року. [13]

2. АНАЛІЗ КОНТРОЛЮЮЧИХ І ВИКОНАВЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ

2.1 Види контролюючих пристроїв (сенсорів)

Контролюючі пристрої, або сенсори, є ключовим елементом електронної системи автомобіля. Вони забезпечують зворотний зв'язок, передаючи інформацію до електронних блоків керування (ECU). На основі даних із сенсорів електроніка приймає рішення щодо керування двигуном, трансмісією, гальмівною системою, підвіскою, кліматом тощо.[6]

Залежно від характеру функціонування та взаємодії з електронними блоками керування, всі контролюючі пристрої (сенсори) в автомобілі поділяють на три основні типи:

Пасивний сенсор — це сенсор якому для подачі сигналу не потрібно джерело живлення і заземлення (рис. 2.1). Пасивний сенсор вимірює параметри інших компонентів, а потім ЕБК перетворює отримані значення в електронний сигнал і оцифровує їх.

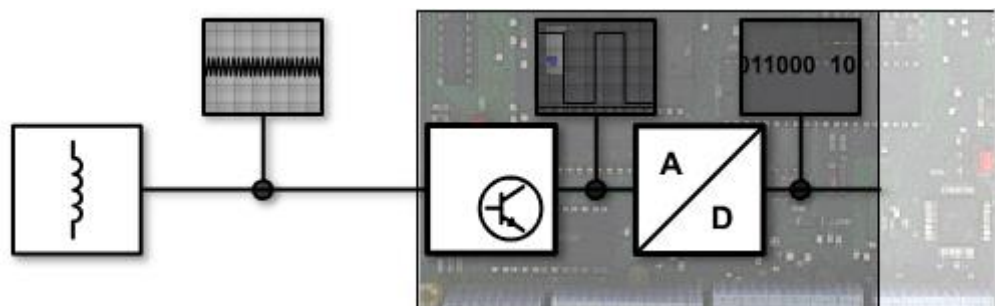


Рисунок 2.1 – Принцип роботи пасивного сенсора.

Приклади пасивних сенсорів:

- Сенсор температури охолоджуючої рідини (ECT). Використовує терморезистор (NTC), опір якого змінюється залежно від температури. Не потребує живлення, лише подає змінний сигнал на ECU;
- Сенсор температури повітря на впуску (IAT). Працює за тим же принципом, що й ECT. Визначає температуру повітря, що потрапляє до двигуна;

- Сенсор положення дросельної заслінки (старого типу).

Потенціометричний, формує сигнал залежно від положення заслінки без активного підсилення;

- Резистивний сенсор рівня пального у баку. Опір змінюється залежно від положення поплавця — сигнал надходить без підсилювача;

- Сенсор тиску масла (з контактною групою). У багатьох авто він замкнутий/розімкнутий при досягненні критичного рівня — подає сигнал на лампу без живлення.

Активний сенсор — це сенсор якому, щоб відправити сигнал, необхідно живлення і заземлення (рис. 2.2). Перетворення в електронний сигнал відбувається в сенсорі. Оцифровування відбувається в блоці керування. Завдяки тому, що сигнал перетвориться в електричний, він збільшує свій діапазон від 0 до 5 Вольт. Це робочий діапазон блоку керування. У сенсорі також можуть розташовуватися електронні пристосування для фільтрації або посилення сигналу перед тим, як передати його в блок керування.

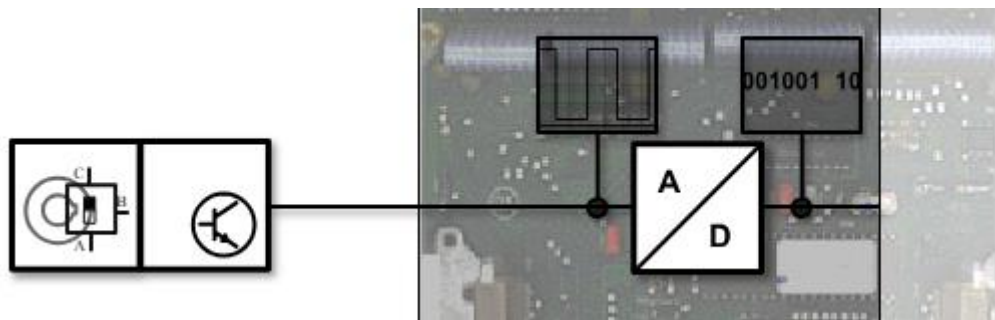


Рисунок 2.2 – Принцип роботи активного сенсора.

Приклади пасивних сенсорів:

- Сенсор обертів колінчастого або розподільчого вала (типу Hall). Потребує живлення. Формує цифровий сигнал, який надходить до ECU для визначення положення та частоти обертання;
- Сенсор масової витрати повітря (MAF). Має нагрівальний елемент і схему компенсації. Потребує живлення для роботи та подає аналоговий або цифровий сигнал;

- Сенсор тиску в колекторі (MAP). Перетворює тиск у напругу за допомогою електронного перетворювача, потребує стабільного живлення;
- Лямбда-зонд (широкосмуговий, UEGO). Має нагрівальний елемент і електронний блок керування. Дає точну інформацію про склад паливоповітряної суміші;
- Сенсор тиску в шинах (TPMS – активного типу). Має живлення (батарею) і передає дані радіосигналом до приймача в автомобілі;
- Сенсор детонації (п'єзоелектричний). Потребує підсилення сигналу, який формується при коливаннях у блоці двигуна. Подає сигнал на ECU.

Інтелектуальний сенсор називається так, тому що він може зв'язуватися з блоком керування (рис. 2.3). Блок керування (ведучий елемент) здійснює цифровий зв'язок з сенсором (веденим елементом). Якщо в системі є декілька інтелектуальних сенсорів разом з блоком керування вони утворюють локальну мережу.

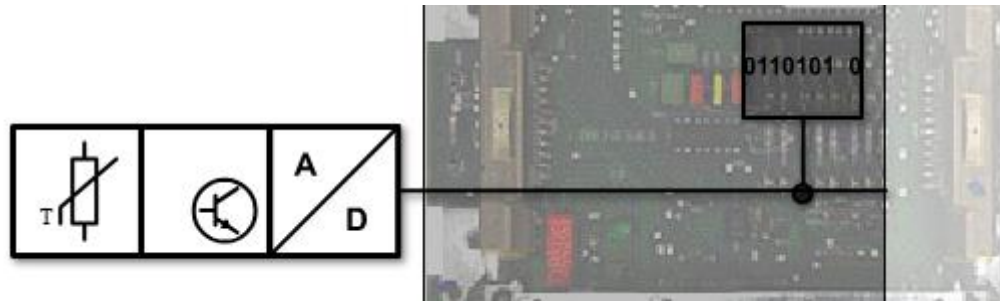


Рисунок 2.3 – Принцип роботи інтелектуального сенсора.

Приклади інтелектуальних сенсорів:

- Сенсор положення педалі акселератора (ETC). Має кілька каналів зчитування та вбудовану електроніку для самоконтролю. Передає оброблену інформацію до ECU у цифровому вигляді;
- Сучасні TPMS (системи контролю тиску в шинах). Оснащені радіопередавачами, мікропроцесорами та батареєю. Передають не тільки тиск, а й температуру та ID колеса;

- Сенсор дощу та світла (у дзеркалі або лобовому склі). Самостійно аналізує світловий потік або краплі на склі та приймає рішення про активацію склоочисників чи фар;
- Камера розпізнавання дорожніх знаків (TSR). Має вбудовану систему обробки зображень, виділяє об'єкти, порівнює з базою та передає вже "готову" інформацію на щиток приладів;
- Сенсори моніторингу водія (Driver Monitoring). Зчитують положення голови, повіки, напрямок погляду. У них вбудована логіка для аналізу втоми, відволікання, навіть мікросну;
- Радари та лідари у системах ADAS. Включають цифрову обробку сигналів, відстежують рух об'єктів, розраховують траєкторію та швидкість зближення — все до передачі в ECU.

2.2 Опис контролюючих пристроїв (сенсорів)

У структурі електронної системи сучасного автомобіля особливе місце займають контролюючі пристрої, відомі також як сенсори. Вони виконують роль "органів чуття" транспортного засобу, забезпечуючи зчитування фізичних, хімічних або механічних параметрів у режимі реального часу.

Сенсори є невід'ємною складовою частиною систем керування двигуном, трансмісією, гальмівною системою, безпекою, кліматичним обладнанням та іншими функціональними вузлами. Вони передають отримані дані до електронних блоків керування (ECU), де інформація аналізується, і на її основі формуються сигнали до виконавчих механізмів. Опишемо роботу трьох основних типів сенсорів:[6]

Сенсор температури охолоджуючої рідини, (англ. назви: Coolant temperature sensor, Engine temperature sensor) **пасивний сенсор** визначає температуру охолоджуючої рідини, і система керування двигуном може створити відповідне підлаштування складу суміші.

Сенсор температури охолоджуючої рідини знаходиться в блоці двигуна або в корпусі термостата. Через монтажний отвір вимірювальна частина сенсора температури контактує з охолоджуючою рідиною.

Сенсор температури охолоджуючої рідини зазвичай виготовляється з металу і пластика. Штекер виконаний із пластику, а вимірювальна частина — з латуні (рис. 2.4). Резистор з Негативним Температурним Коефіцієнтом розміщений в вимірювальній частині датчика. Це так званий NTC-термістор (від англ. Negative Temperature Coefficient) або терморезистор з негативним температурним коефіцієнтом.

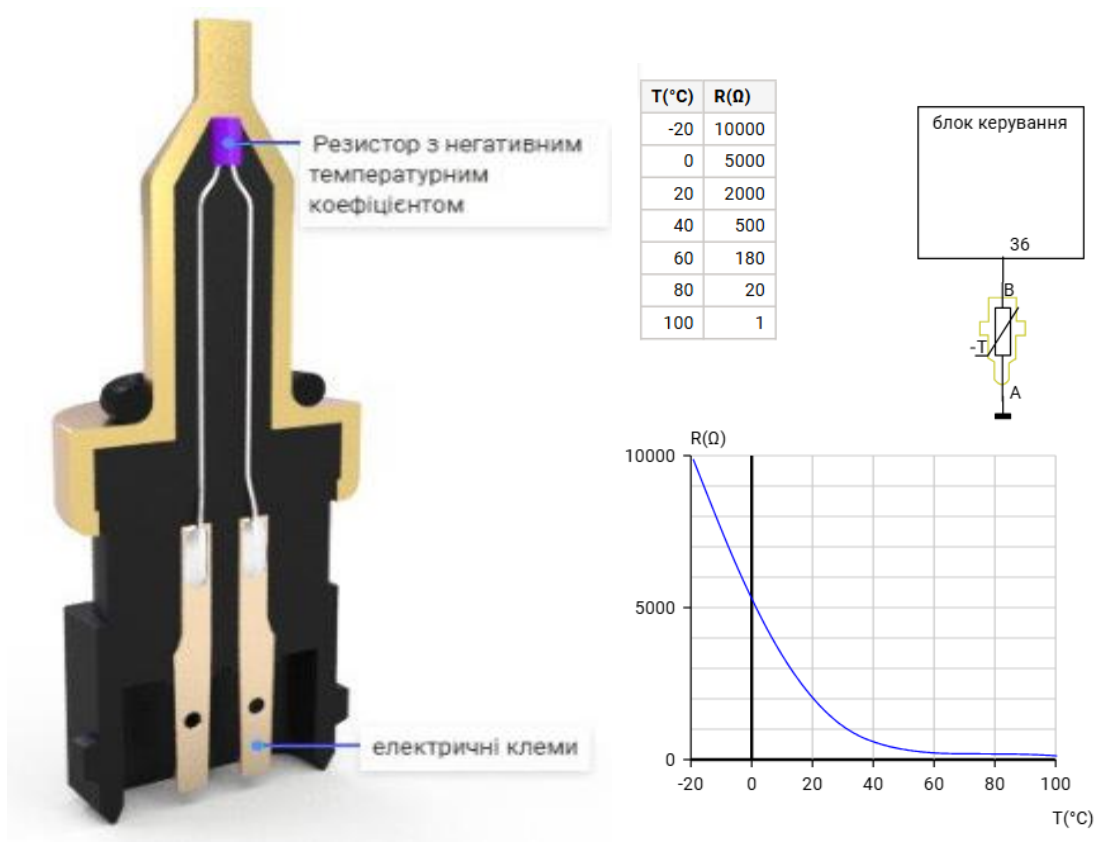


Рисунок 2.4 – Будова сенсора охолоджуючої рідини.

Система керування двигуном не може напряму зчитувати показники з сенсора температури охолоджуючої рідини. Щоб зробити інформацію про опір сенсора придатною до обробки, в ланцюг послідовно підключається резистор з еталонним значенням опору. Якщо на обидва резистори подається напруга, відбувається поділ напруги. Даний поділ напруги має вирішальне значення для визначення температури двигуна.

Вихідний сигнал сенсора визначається такою формулою:

$$U_{\text{вих}} = U_{\text{вх}} \frac{R_x}{R_l} = U_{\text{вх}} \frac{x}{l} = kx \quad (2.1)$$

Де $U_{\text{вх}}$ - вхідна напруга (напруга живлення) датчика, R_x - вихідний опір датчика при положенні движка x , R_l - вхідний опір датчика, k – постійний коефіцієнт. [11]

Індуктивний сенсор колінчастого вала — це **активний сенсор**, який задає тобто активує систему керування. Англійські назви, що застосовуються до індуктивного датчика: Crankshaft position sensor, Crankshaft sensor, Crank sensor, українське скорочення - ДПКВ. За допомогою ДПКВ блок керування визначає положення колінчастого вала і частоту обертання колінчастого вала.

Індуктивний сенсор колінчастого вала (рис. 2.5), як правило, розміщується в отворі на корпусі маховика. Безпосередньо під даним отвором знаходиться маховик, по периметру якого розташовується зубчастий вінець. Відстань між вимірювальною частиною сенсора і зубами вінця маховика становить не більше декількох міліметрів.

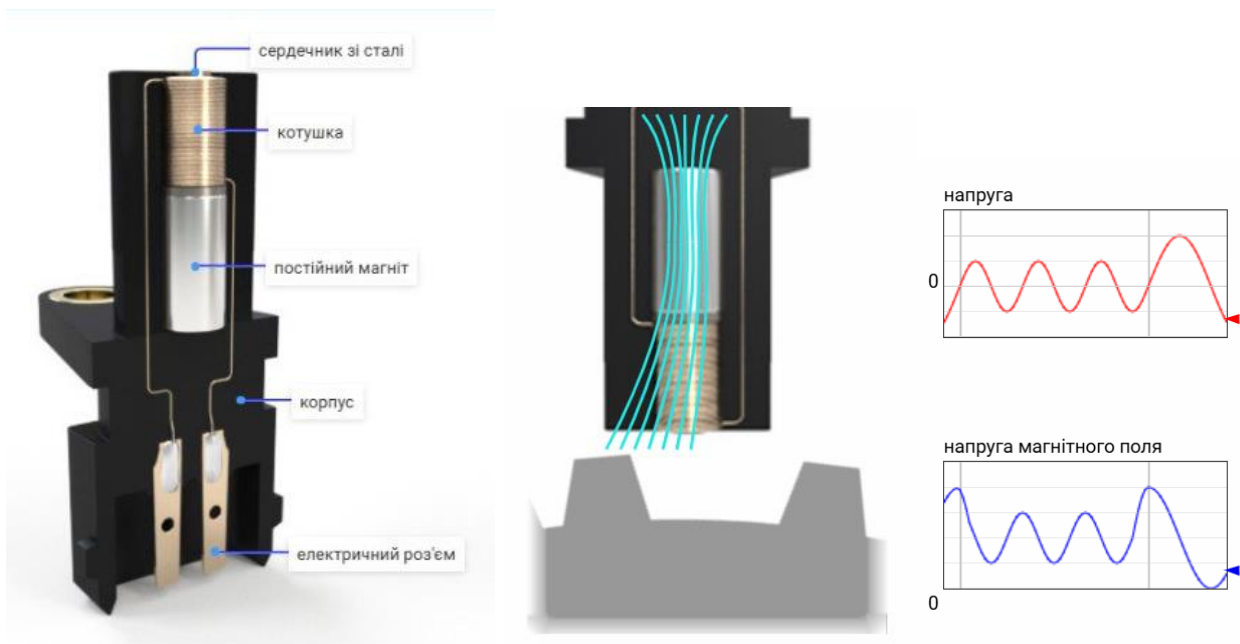


Рисунок 2.5 – Будова і принцип роботи ДПКВ.

Індуктивний сенсор колінчастого вала складається з наступних компонентів: пластиковий корпус, котушка, магніт, сердечник.

Вихідний сигнал з сенсора вираховується за такою формулою:

$$U_{\text{вих}} \approx K_{\delta} U_{\text{вх}} \quad (2.2)$$

де $U_{вх}$ - вхідна напруга; $K\delta$ - постійний коефіцієнт; $U_{вих}$ - вихідна напруга.

Розглянемо, як працює індуктивний сенсор колінчастого вала (див. рис. 2.5):

Зміна магнітного поля генерує напругу в котушці сенсора. Якщо зуб наближається до сенсора, напруженість магнітного поля збільшується. Якщо зуб знаходиться прямо навпроти сенсора, магнітне поле досягає максимального значення. Напруженість поля знову зменшується, якщо зуб віддаляється від сенсора.

Блок керування вимірює напругу від індуктивного сенсора. У міру збільшення частоти обертання зуби переміщуються швидше повз індуктивний сенсор. Це призводить до збільшення частоти змінного струму. Вимірюючи частоту змінного струму, блок керування може визначити частоту обертання двигуна.

Одним з вхідних пристроїв системи керування двигуном є **інтелектуальний сенсор** положення педалі акселератора (повсякденна назва – сенсор положення педалі газу). Сенсор оцінює положення педалі акселератора, на підставі якого блок керування двигуном встановлює певне положення дросельної заслінки. Коли педаль акселератора натиснута, вона повертається на валу, приводячи в дію сенсор положення педалі акселератора. Сенсор акселератора генерує напругу. Сила напруги залежить від положення педалі акселератора. Найбільш поширені англійські назви сенсора положення педалі акселератора (ДППА): *accelerator pedal position sensor*, *APP sensor*, *APPS*.

Сенсор положення педалі акселератора складається з корпусу з валом і пружиною. Пружина забезпечує повернення педалі в початкове положення при її відпусканні. У сенсора є потенціометр з ковзними контактами, розташованими на валу педалі акселератора. Також на потенціометрі розташовуються резистивні доріжки (рис. 2.6).

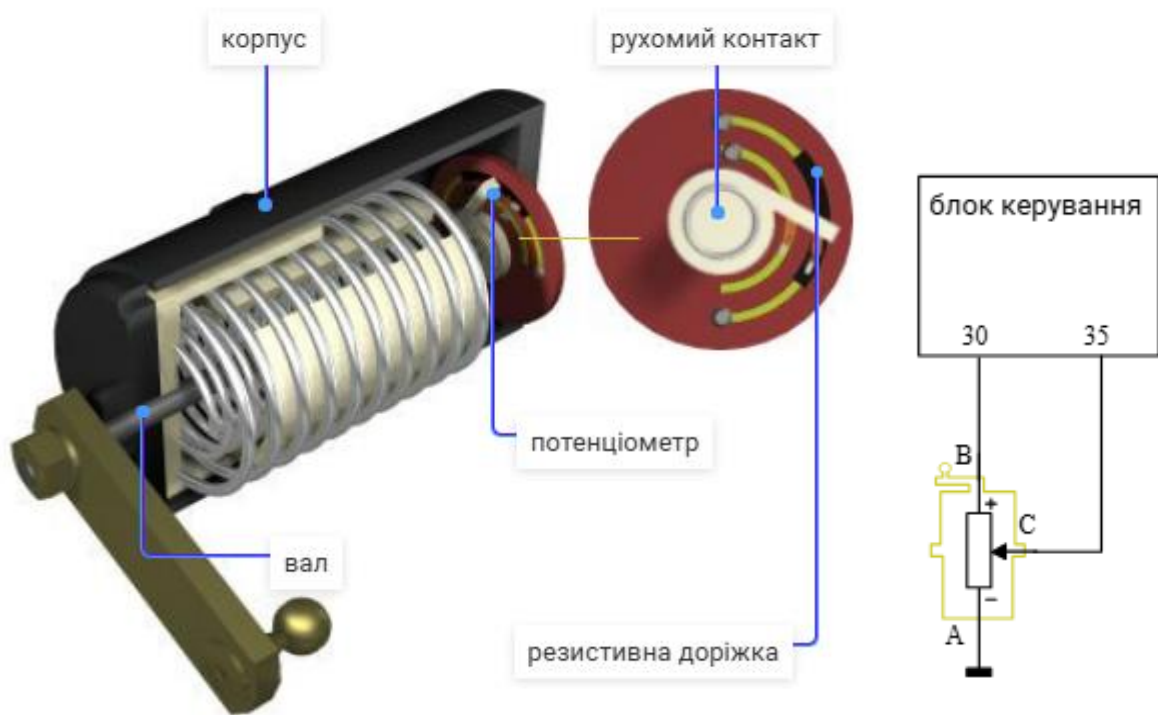


Рисунок 2.6 – Будова сенсора положення педалі акселератора.

На зображенні (див. рис. 2.6) представлено умовне позначення сенсора положення педалі акселератора на схемах. Блок керування передає напругу постійного струму на резистивну доріжку через клеми А і В. Контакт повзунка підключений до клеми С. Ця клема використовується блоком керування для вимірювання вихідної напруги з метою визначення положення акселератора.

Напруга на контакті повзунка залежить від положення, в якому він стикається з резистивною доріжкою. При відпусканні педалі контакт залишається поруч з негативною клемою напруга практично дорівнює 0 V. При повністю вижатій педалі акселератора напруга становить приблизно 3 V.

Сенсор положення розподільчого валу або сенсор фаз (англ. назва: Camshaft position sensor, Camshaft sensor, Cam sensor, українське скорочення: ДПРВ) використовується блоком керування для визначення положення розподільчого валу. У більшості випадків ДПРВ- це **активний датчик**.

В двигунах з верхнім розміщенням розподільчого валу сенсор положення знаходиться в отворі головки блоку циліндрів. Через даний отвір вимірювальна частина сенсора напрямлена безпосередньо на розподільчий вал. Відстань між вимірювальною частиною та імпульсним колесом розподільчого валу становить не більше ніж декілька міліметрів.

ДПРВ складається з таких елементів (рис. 2.7):

- пластиковий корпус;
- постійний магніт;
- друкована плата з елементом Холла;
- роз'єм.

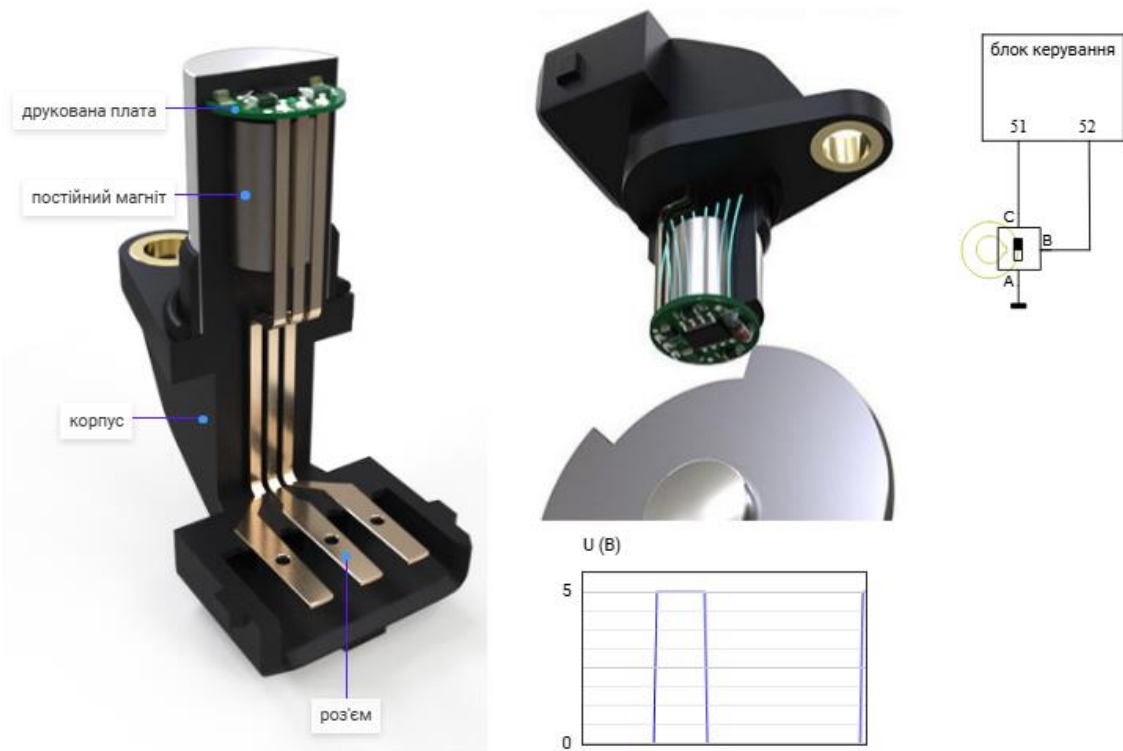


Рисунок 2.7 – Будова і принцип роботи ДПРВ з ефектом Холла.

Імпульсне колесо виконане з магнітопровідного матеріалу, що впливає на магнітне поле, в якому знаходиться елемент Холла. Якщо колесо знаходиться під сенсором то напруга складе 0 В якщо ні то 5В. З цього можна зробити висновок, що датчик визначає положення, навіть коли розподільчий вал не обертається. Якщо відстань між датчиком та імпульсним колесом стане занадто великою, то сенсор перестане виявляти його.

У міру обертання розподільчого валу контрольна виймка проходить повз датчик один раз за одне обертання розподільчого валу. Магнітне поле, яке створюється в датчику за допомогою постійного магніту, змінюється, як тільки виймка імпульсного колеса з'являється перед датчиком Холла. Електронна схема реагує на це і вихідна напруга знижується при наявності магнітного поля та підвищується при його відсутності.

Вихідний сигнал датчика визначається за такою формулою:

$$U_{\text{вих}} = K_n I N \quad (2.3)$$

де K_n – постійна величина, яка залежить від матеріалу пластини; I – сила струму, який протікає по пластині; N – напруженість магнітного поля.[11]

2.3 Опис виконавчих пристроїв

Виконавчі механізми — це пристрої, які безпосередньо впливають на роботу автомобільних агрегатів у відповідь на сигнали, сформовані електронними блоками. Вони перетворюють електричні імпульси на механічні або гідравлічні дії, забезпечуючи тим самим функціонування ключових систем автомобіля: двигуна, трансмісії, гальм, рульового управління, систем комфорту тощо.[7]

Класифікація виконавчих механізмів:

- Електромеханічні (рис. 2.8)

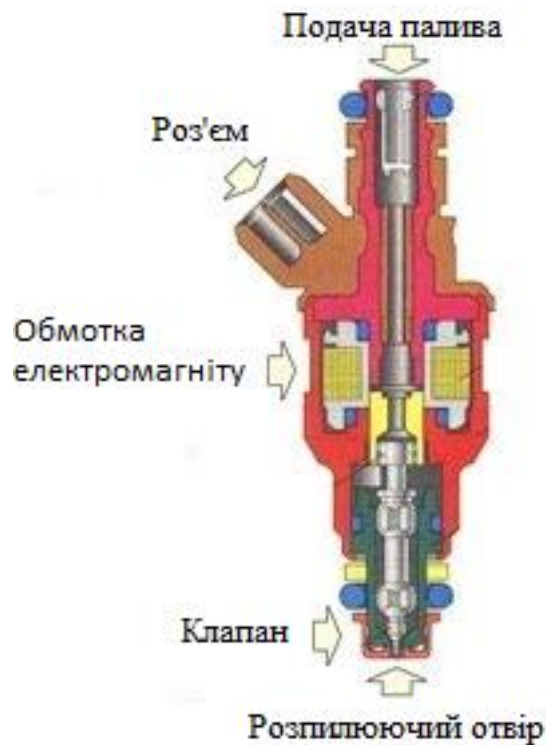


Рисунок 2.8 – Електромагнітна паливна форсунка

Соленоїди — наприклад, у форсунках системи впорскування або в коробках передач.

Електродвигуни — використовуються в склопідіймачах, сидіннях з електричним регулюванням, дзеркалах.

Актуатори дросельної заслінки — забезпечують електронне керування подачею повітря в двигун.

- Електрогідравлічні

Гідравлічні приводи хоч і складніші та дорожчі за пневматичні та електричні, проте при потужності понад 500–1000 Вт мають кращі показники масогабаритної ефективності. Саме тому їх активно використовують у важких і надважких мехатронних системах.

Актуатори в роботизованих коробках передач (АМТ), що керують зчепленням і перемиканням.

Елементи у системах активного підвішування або адаптивних амортизаторів.

- Електропневматичні (рис. 2.9)

Пневмоприводи часто застосовуються в мехатронних системах завдяки їхній доступності, простоті конструкції та надійності. Водночас вони обмежені у вантажопідйомності — зазвичай до 10 кг, рідше до 20 кг.

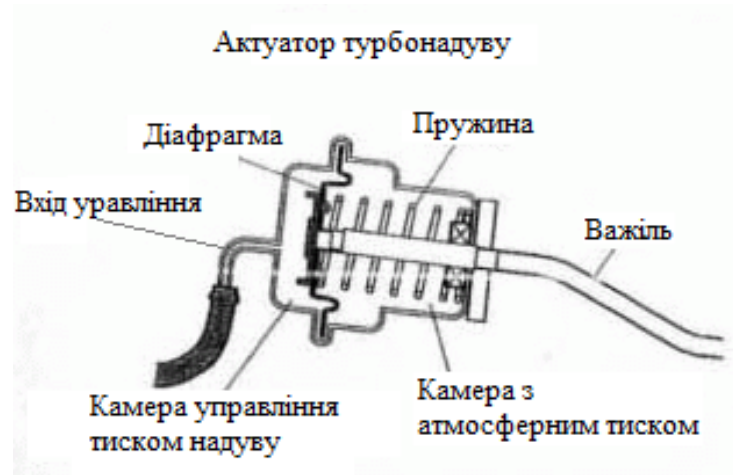


Рисунок 2.9 – Будова керуючого клапана турбонадуву

Приклади використання виконавчих механізмів:

- Форсунки — відкриваються і закриваються електронно, дозуючи пальне.

- Дросельний вузол — актуатор регулює відкриття заслінки без участі водія.
- Система зміни фаз газорозподілу — коригується електронно-гідравлічними пристроями.
- Соленоїди перемикання передач — керують гідравлічними потоками в АКПП.
- Привід зчеплення в роботизованих КПП — забезпечує автоматичне вмикання/вимикання.
- Електромеханічний стоянковий гальмо (EPB).
- Модулі ABS та ESP — містять електромагнітні клапани і насоси.
- Приводи для регулювання положення сидінь;
- Механізми відкривання багажника, люка, дверей;
- Актуатори керування кліматом (заслонки, вентилятори).

Основним елементом виконавчих механізмів, що працюють за рахунок рідини під тиском або стисненого повітря, є силовий гідравлічний або пневматичний циліндр. У цьому пристрої, під дією тиску робочого середовища (рідини чи повітря), що подається з відповідного джерела, відбувається переміщення поршня (рис. 2.10)

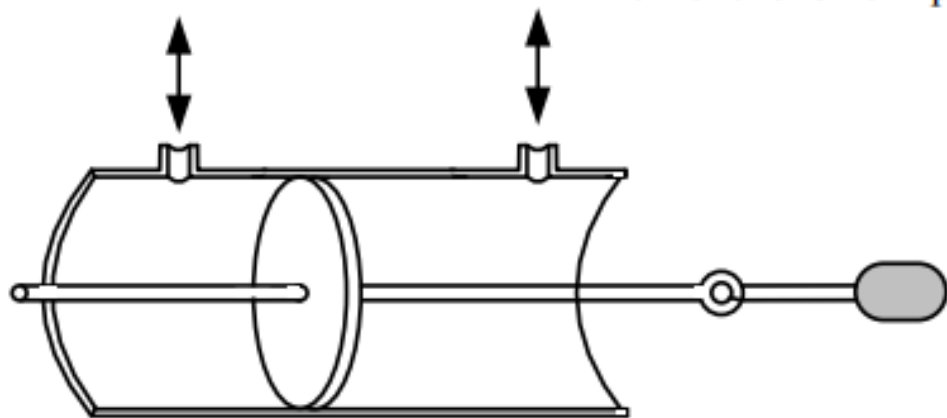


Рисунок 2.10 – Силовий гідравлічний (пневматичний) циліндр

Незважаючи на відносно невеликі габарити, гідравлічні та пневматичні приводи здатні створювати значні зусилля. Однак їх використання потребує

спеціального обладнання для подачі рідини під високим тиском або стисненого повітря. У випадку гідроприводів можуть виникнути труднощі, пов'язані з витоками робочої рідини та потенційним забрудненням навколишнього середовища. Пневматичні системи цих недоліків не мають, проте в них складніше забезпечити точне керування через особливості стиснутого повітря.

2.4 CAN-шина

Зростаюча складність автомобілів диктує необхідність у швидкому та ефективному обміні інформацією. Замість унікального провідника, використовуваного для передачі кожного повідомлення, було знайдено рішення у вигляді створення мережових з'єднань (мереж).[8]

Мережові технології дозволяють передавати безліч різних повідомлень через один єдиний провідник. Як наслідок, провідник більше не використовується для передачі одного унікального повідомлення. У транспортних засобах широке застосування знайшла CAN-шина.

Окрім шини CAN можливе використання інших варіантів мереж. Серед прикладів можна привести наступні варіанти:

- Локальна комутована мережа (LIN)
- Мережа передачі даних мультимедійних систем (MOST)
- Мережа ФлексРей
- Мережа Байтфлайт (BMW).

Зіркоподібна мережа (рис. 2.11) побудована за принципом "ведучий-ведений". Ведучий елемент відповідає за передачу даних від одного блока керування до іншого. До недоліків зіркоподібної мережі відноситься складність її розширення. Це пов'язано з необхідністю зміни апаратного забезпечення ведучого елемента (наприклад, кількість з'єднань). Однак, зіркоподібна мережа використовується як підмережа або у випадках, коли експлуатаційна надійність грає особливо важливу роль.

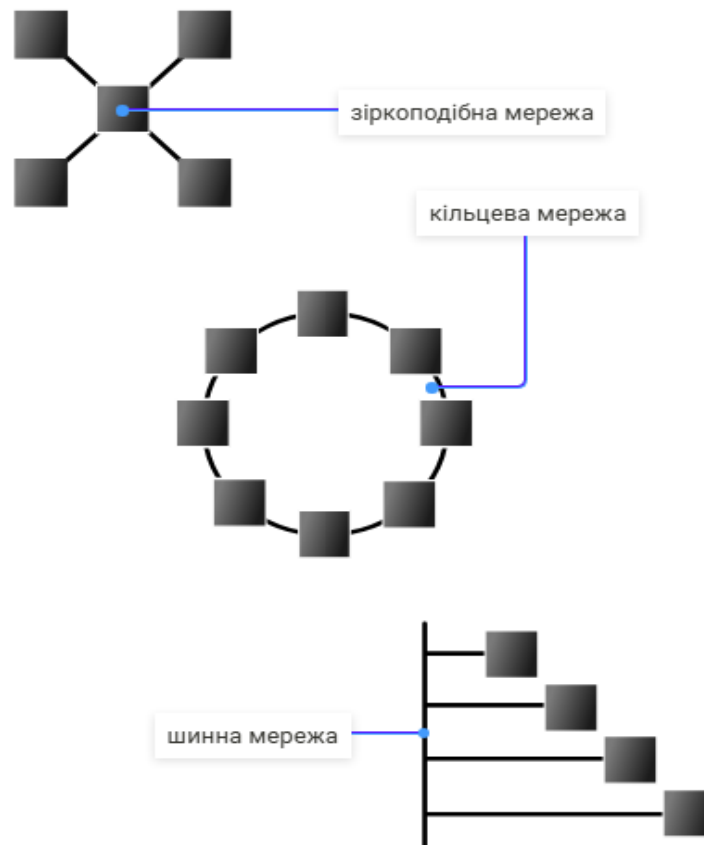


Рисунок 2.11 – Схема передачі даних у зіркоподібній, кільцевій, шинній мережах.

В **кільцевій мережі** (див. рис. 2.11) канал зв'язку об'єднує блоки керування один з одним. Інформація передається від одного блока керування до іншого до тих пір, поки ця інформація не повернеться до передавального пристрою. Інформація завжди рухається в одному і тому ж напрямку. Основний блок керування визначає, який компонент може почати передачу повідомлення, і в який момент часу.

На відміну від кільцевої мережі всі блоки керування в **шинній мережі** (див. рис. 2.11) підключені паралельно один відносно одного. Отже, повідомлення не передаються від одного блоку керування до іншого, а розміщуються в шині, і ці повідомлення всі блоки керування можуть бачити одночасно. Перевага шинної мережі полягає в простоті розширення і відсутності недоліків кільцевої мережі.

До мережі CAN можна підключити до десяти блоків керування. При передачі даних треба зазначити певні повідомлення. Узагальнено, протокол CAN виглядає наступним чином :

- початок: стартовий біт
- ідентифікація: ідентифікатор
- повідомлення: поле даних
- стоп: стоповий біт

Кожне повідомлення (наприклад, швидкість автомобіля, частота обертання двигуна, сигнал поворота та температура двигуна) має власний код. Передавач разом з повідомленням доставляє і його ідентифікатор. Всі пристрої в мережі бачать це повідомлення і по ідентифікатору визначають, чи містить воно важливу для них інформацію.

Якщо не відправляються інші повідомлення, кожен блок керування, підключений до мережі CAN, може передати повідомлення в будь-який час. Такий принцип називається принципом декількох абонентів (рис. 2.12). Коли шина зайнята, блокам керування, які можуть передати повідомлення, доводиться чекати до тих пір, поки передавальний блок керування не виконає своє завдання і шина не звільниться. В результаті відбувається так, що відразу після передачі повідомлення одному блоку керування по шині, кілька блоків одночасно хочуть почати передачу своїх повідомлень. У зв'язку з цим шині потрібен механізм для запобігання одночасної передачі всіх повідомлень. Цей механізм називається арбітражем.

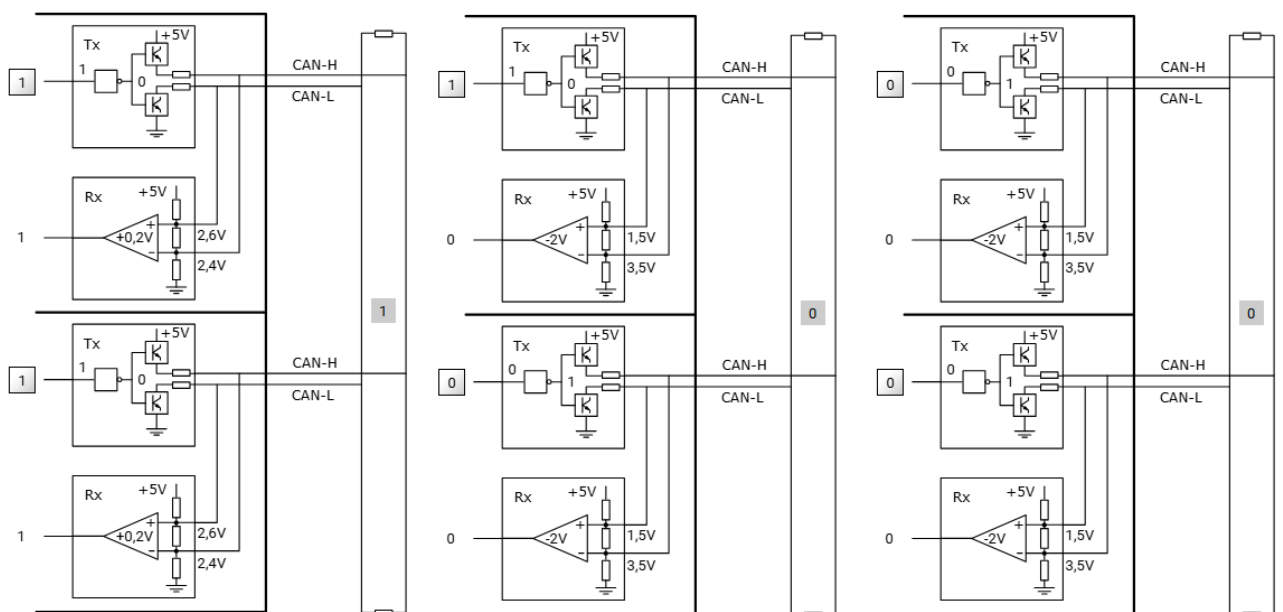


Рисунок 2.12 – Принцип декількох абонентів в CAN-шині.

Як тільки шина звільняється, кожен блок керування на шині може зробити спробу передачі повідомлення не менше ніж через 3-кратний інтервал передачі біта (поле паузи). Під час передачі блоки керування також прослуховують шину. Кожному повідомленню надається ідентифікатор, який виконує дві функції: фільтрація повідомлень при отриманні і призначення пріоритетів повідомленнями. Важливіші повідомлення мають пріоритет перед менш важливим повідомленням. Пріоритет повідомлень визначається наступним чином: чим більше число домінуючих бітів на початку ідентифікатора, тим вище його пріоритет (рис. 2.13).

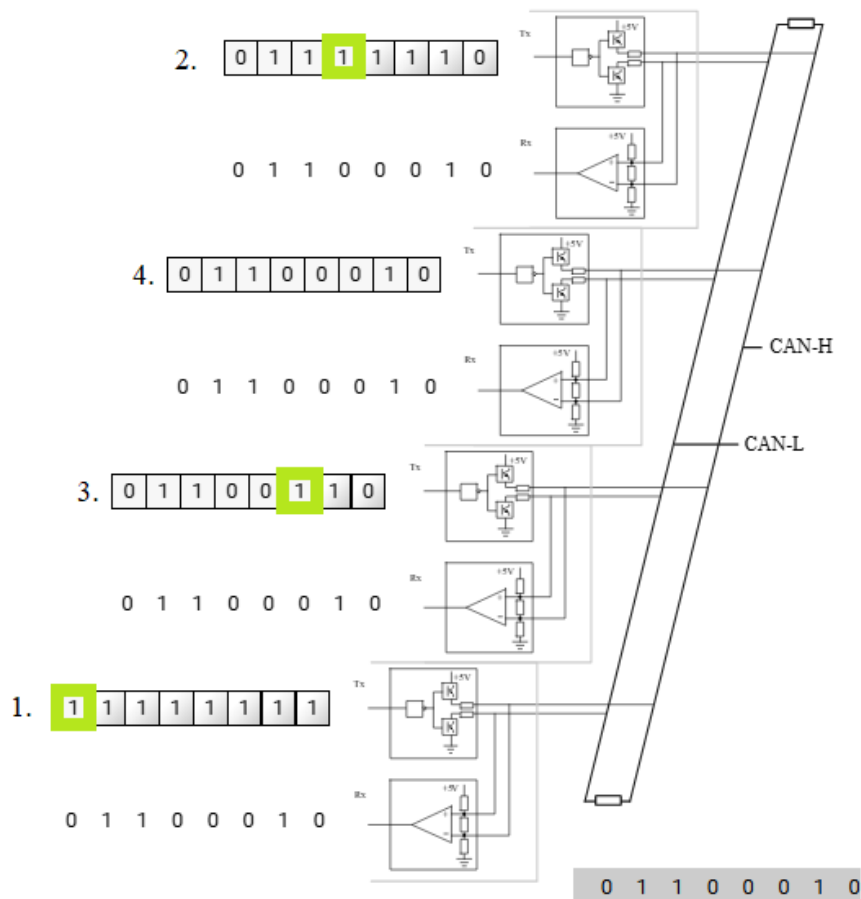


Рисунок 2.13 – Визначення пріоритету повідомлення в CAN-шині.

Ступінь використання CAN шини варіюється від виробника до виробника. Є автомобілі, в яких менше десяти блоків керування, а в інших, навпаки, близько 100 блоків керування. Зі збільшенням кількості блоків керування розробнику слід брати до уваги кількість повідомлень, які повинні

проходити по шині, тобто, враховувати трафік шини. Цей трафік називається навантаженням шини. Для обмеження навантаження на шину в одному автомобілі часто встановлюють кілька мереж CAN (рис. 2. 14). Блоки керування, яким доводиться обмінюватися великою кількістю інформації один з одним, зв'язуються проектувальником в єдину мережу.

Щоб забезпечити обмеження об'єму інформації між мережами вони з'єднані одна з одною за допомогою шлюзу. Шлюз діє, як прохід з фільтром. Через нього можуть передаватися тільки певні повідомлення (ідентифікатори). Шлюз також регулює швидкість обміну інформацією. Функціями шлюзу часто наділяють існуючий блок керування, і ця функція виконується як окрема частина програмного забезпечення в блоці керування. Одна з можливих додаткових функцій шлюзу полягає в забезпеченні зв'язку між діагностичним тестером і блоками керування. Цей зв'язок здійснюється через шину CAN.

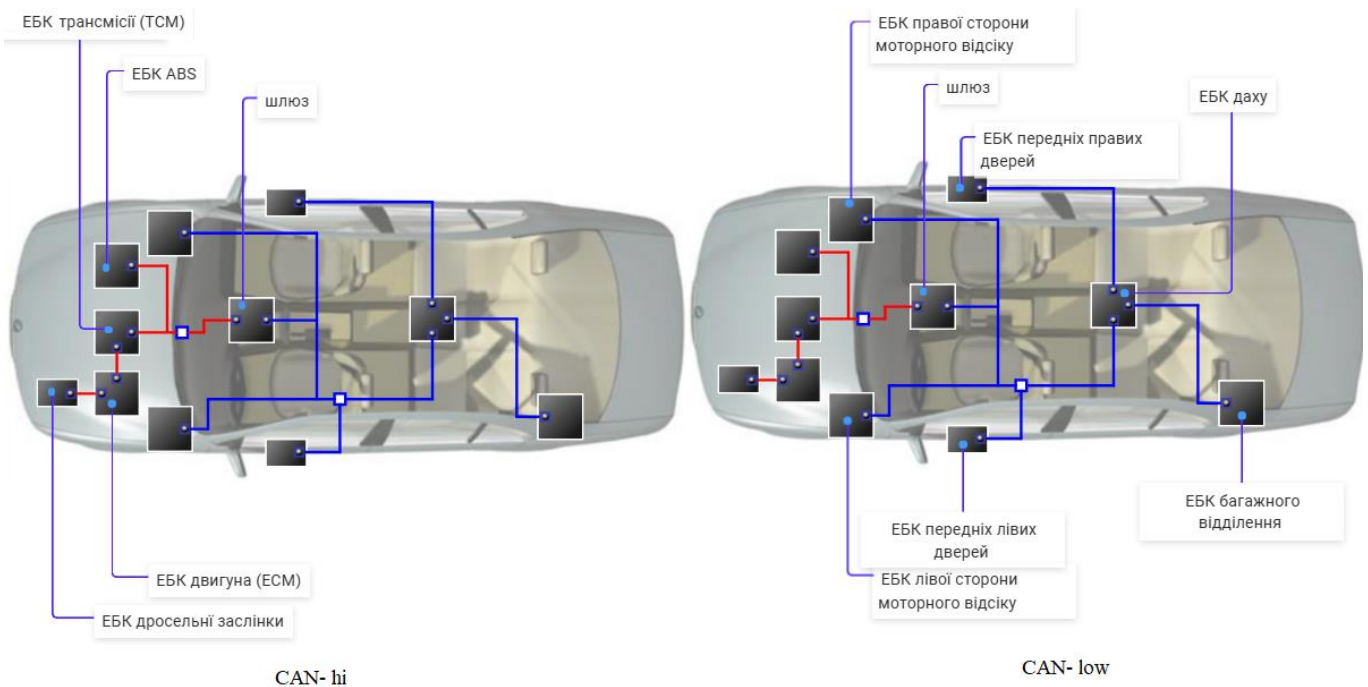


Рисунок 2.14 – Зображення декількох CAN-шин.

Відключаючи блоки керування, важливо враховувати топологію мережі. Залежно від топології відключення деяких блоків керування може привести до розриву з'єднання з мережею, оскільки шина підключена до блоку керування через друковану плату.

3. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДІАГНОСТУВАННЯ

3.1 Способи виявлення несправностей в електроніці

Реле іноді має резистор або діод. Резистор або діод підключається паралельно котушці та використовується для зменшення індукованої напруги в котушці під час її вимкнення.

Спосіб U4 — це швидкий спосіб виявлення несправностей. Перед використанням способу U4 варто підключити навантаження (рис. 3.1). [12]

U1: Виміряти напругу на клемі. Виміряйте напругу акумулятора.

U2: Виміряти напругу, яка подається. Це напруга навантаження.

U3: Виміряти втрату напруги в ланцюзі заземлення. Це напруга дроту від негативного виводу споживача до негативної клеми акумулятора. Вона не може перевищувати 0,5 В.

U4: Виміряти втрату напруги в позитивному виводі ланцюга. Це напруга дроту від позитивної клеми акумулятора до позитивного виводу споживача. Вона не може перевищувати 0,5 В.

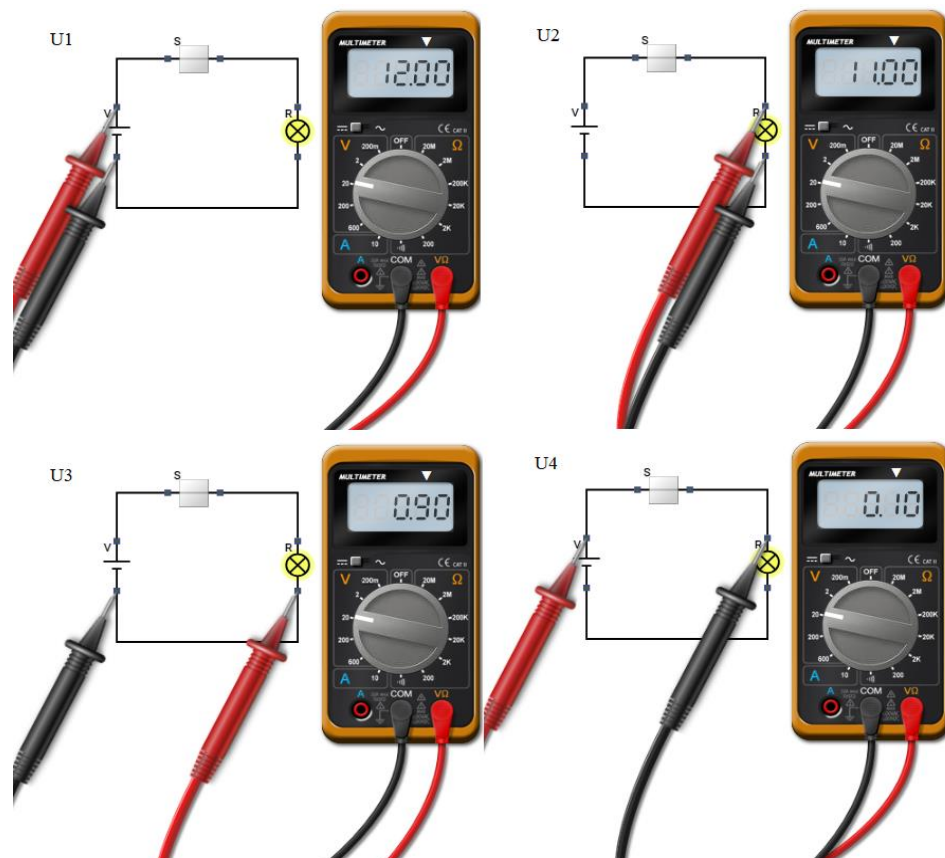


Рисунок 3.1 – Метод чотирьох напруг.

Для перевірки способу U_4 , використовується формула:

$$U_1 = U_2 + U_3 + U_4 \quad (3.1)$$

Напряга на клеммах повинна дорівнювати сумі часток напруги.

Реле складається з (рис. 3.2) котушки (керуючої обмотки) і сердечника з м'якої сталі. При проходженні струму через обмотку реле створюється електромагнітне поле. Струм, який проходить через обмотку реле, називається струмом керування (первинний ланцюг). Виникаюче електромагнітне поле діє на рухомий важіль. На важелі встановлений рухомий контакт перемикача. Під впливом електромагнітного поля важіль переміщується і замикає контакти перемикача ланцюга головного струму (вторинний ланцюг).[9]

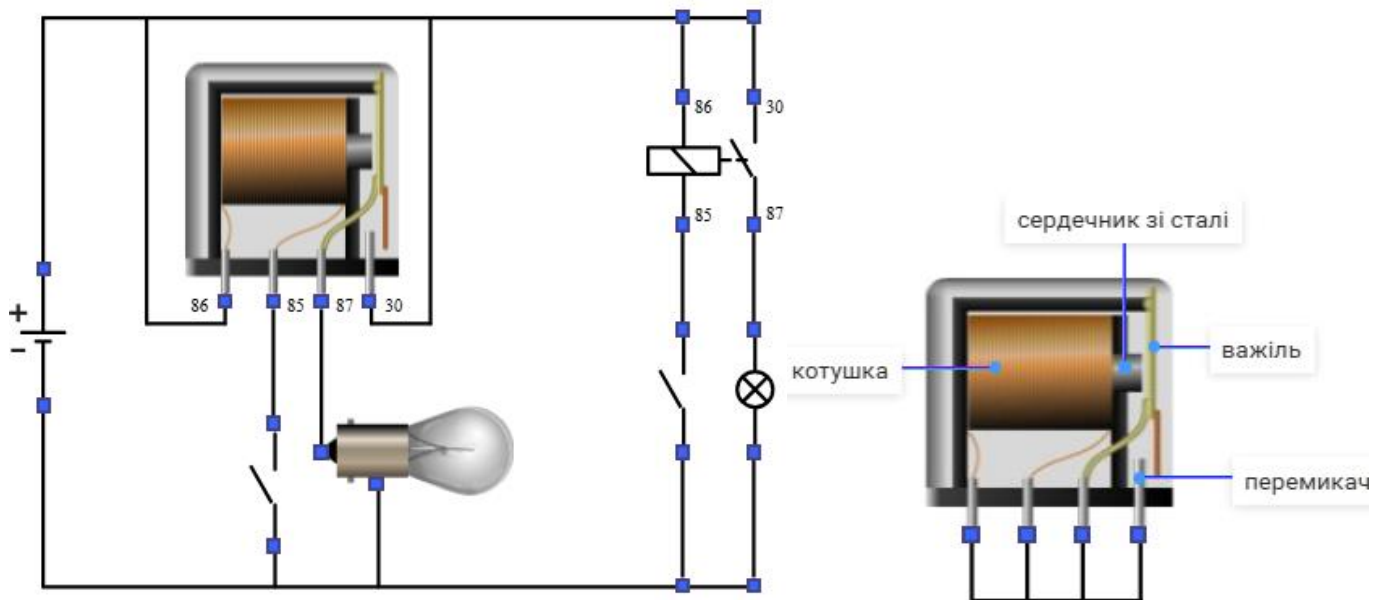


Рисунок 3.2 – Принцип роботи і будова реле.

Реле може комутувати великий струм (головний струм) за допомогою малого струму (керуючий струм). Невеликий перемикач може перемикати керуючий струм без ризику оплавлення або підгорання контактів. Силкові контакти перемикача реле комутують великий за силою струм до споживача (див. рис. 3.2). Стандартне реле має чотири точки підключення: вхід головного струму, вихід головного струму, вхід струму керування і вихід струму керування. Реле використовуються, наприклад, для перемикання струму стартера, звукового сигналу, дальнього світла, тощо.

Реле можна розділити на 3 види. Реле з замикаючим, розмикаючим і перемикаючим контактом:

- Нормально розімкнуте (НР) контактне реле - цей тип реле замикає ланцюг при подачі напруги в його обмотку;
- Нормально замкнуте (НЗ) контактне реле - цей тип реле розриває ланцюг при подачі напруги на його керуючу обмотку;
- Перемикаюче реле (ПР) - цей тип реле замикає один ланцюг при подачі напруги та інший – при знеструмленні.

3.2 Діагностичні пристрої

Діагностичні пристрої класифікуються за функціональністю, типом підключення, рівнем доступу до систем автомобіля (дилерські або універсальні), а також за підтримуваними протоколами зв'язку (OBD-II, CAN, UDS тощо). Їх правильне використання дозволяє точно локалізувати несправність, зменшити час ремонту та уникнути помилок під час технічного втручання. [10]

Існує три види спеціалізованого обладнання. Дилерське - являє собою сканер, який призначений виключно для однієї марки автомобіля, їм оснащують СТО всіх офіційних дилерів (рис. 3.3). Таке обладнання дозволяє не тільки провести правильну діагностику, а й побачити можливі втручання в блоки управління, точний пробіг, історію помилок. Устаткування високоточне, а значить діагностика проводиться швидко і якісно визначити несправність, відкоригувати роботу електронних систем.



Рисунок 3.3 – Дилерське обладнання для діагностики автомобілів
AUDI, Volkswagen.

Універсальний сканер - портативний пристрій, який відрізняється компактністю і простотою використання (рис. 3.4). Пристрій показує помилки, є можливість їх видалення, однак функціонал не такий широкий, зате прийнятна вартість дозволяє мати такий сканер кожному автовласнику.

Мультимарочний сканер - може бути двох видів: у вигляді портативного комп'ютера, або блок з планшетом (рис. 3.4). Зазвичай застосовується на різних СТО, завдяки широкому функціоналу виконує 90% необхідних операцій. Залежно від марки і вартості є можливість коригування роботи блоків управління.



Рисунок 3.4 – Мультимарочне обладнання для діагностики автомобілів.

Комп'ютерна діагностика є високоточним методом виявлення несправностей у роботі електронних та інших систем автомобіля. Вона дозволяє:

- отримати повну картину технічного стану окремих агрегатів і систем транспортного засобу;
- сформувавши орієнтовний алгоритм усунення несправностей, починаючи зі скидання помилок;
- здійснювати контроль роботи двигуна в режимі реального часу;
- у деяких випадках — вносити зміни до параметрів систем безпосередньо під час роботи.

Діагностика зазвичай розпочинається з візуального огляду на предмет зовнішніх пошкоджень або з аналізу характерних звуків обертальних елементів. Після цього використовується діагностичний сканер, який під'єднується до спеціального роз'єму (зазвичай розташованого під приладовою панеллю або в моторному відсіку). Процедура комп'ютерної діагностики включає кілька основних етапів:

- зчитування кодів помилок (DTC) з електронного блоку керування;
- проведення аналогових вимірювань і перевірок;
- аналіз отриманих даних, скидання виявлених помилок та повторне зчитування, у разі повторної появи тих самих кодів.

3.3 Діагностика, виявлення та усунення поломок в CAN-шині

Впровадження CAN-шини змінило погляд на системи транспортного засобу. Якщо раніше в автомобілі встановлювався один блок керування, до якого було відносно легко отримати доступ, то тепер кількість блоків збільшилася і без огляду всієї системи (наприклад, без блок-схеми) неможливо знайти несправності. Блоки керування, які, здавалося б, не пов'язані з певною системою, цілком можуть бути причиною несправності. Додатково для перевірки системи необхідно отримати її функціональний опис. Щоб швидко перевірити комунікацію по CAN-шині, використовується діагностичний тестер (рис. 3.5). Зчитування кодів несправностей дозволить визначити, які компоненти взаємодіють через шину, а які — перестали з нею зв'язуватися.

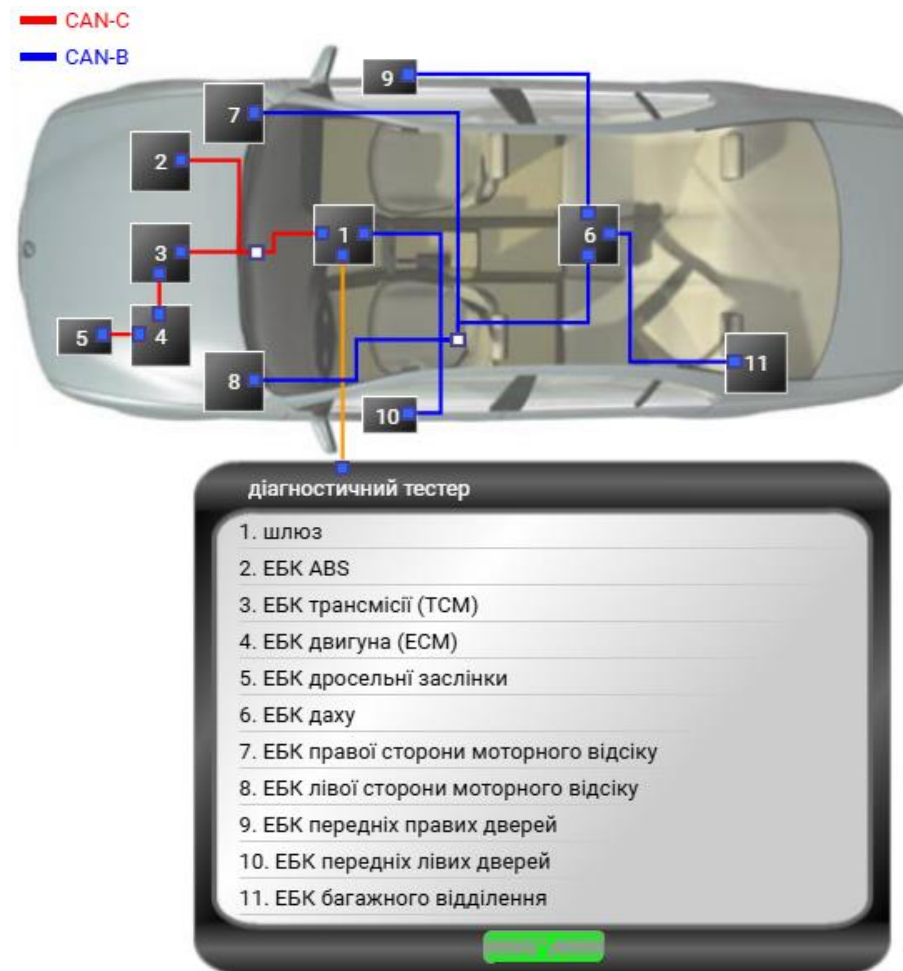


Рисунок 3.5 – Діагностичний тестер CAN-шини.

Крім зчитування кодів несправностей, Ви зможете самостійно виконувати вимірювання на CAN-шині за допомогою осцилографа. Для аналізу відображених даних використовуються три параметра: форма сигналу, рівні напруги сигналу, завантаження шини.

Рівень напруги можна виміряти тільки за допомогою осцилографа. Осцилограф також є єдиним приладом, який дозволяє визначити рівень завантаження CAN-шини. Завантаження шини, виражене у відсотковому відношенні — це показник об'єму, який займає повідомлення. Іншими словами, завантаження шини показує, скільки місця залишається між повідомленнями. Чим вище зайнятість шини, тим складніше повідомленням потрапити на саму шину. При високому завантаженні повідомлення з низьким пріоритетом практично завжди з'являються на шині з затримкою, так як їм доводиться чекати своєї черги.[8]

CAN має широку можливість виявлення та усунення помилок. Кожен блок керування на шині CAN може виявляти помилки як в повідомленнях, надісланих самостійно, так і в отриманих повідомленнях. Завдання системи - безпосередньо виявити помилки в повідомленнях та здійснити їх повторну передачу. Для цього кожен контролер шини CAN перевіряє повідомлення на наявність помилок. Коли блок керування виявляє помилку, він перериває передачу, відправляючи кадр помилки. Цей кадр складається з шести доміантних бітів (початковий сегмент кадру помилки), за яким ідуть вісім рецесивних бітів (роздільник помилки). Коли з'являються шість доміантних бітів початкового сегмента кадру помилки, вони зупиняють передачу некоректного повідомлення.

При відправленні кадру помилки зв'язок CAN тимчасово відключається. Кожен блок керування на шині отримує повідомлення, що поточне повідомлення містить помилку і що треба ігнорувати отриману інформацію. Протокол CAN встановлює п'ять різних перевірок:

Бітовий моніторинг в електричній частині CAN кожен передавальний вузол безпосередньо відстежує те, що він передає. Якщо під час передачі виявляється різниця між інформацією, яка передається та інформацією, що отримується, то це означає, що відбулася бітова помилка (виключенням є поле арбітражу). В такому випадку передавальний вузол припиняє передачу і відправляє кадр помилки на шину, щоб вказати іншим блокам керування, що вони повинні ігнорувати отриману ними інформацію. Після цього передавальний вузол передає повідомлення заново. (рис. 3.6)

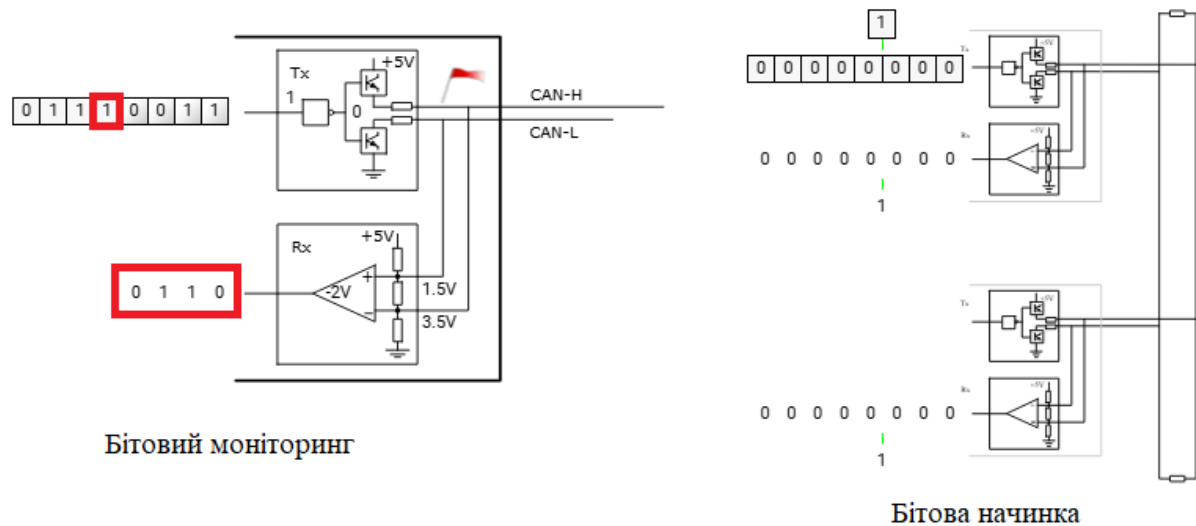


Рисунок 3.6 – Перевірка бітової начинки та моніторингу.

Перевірка бітової начинки – якщо передавальний вузол передає довгу послідовність однакових бітів в повідомленні, то ймовірність появи бітових помилок в приймальних вузлах збільшується. З цієї причини в протоколі вказується, що якщо передавальний вузол відправляє п'ять однакових бітів (п'ять нулів або п'ять одиниць), то він повинен додати додатковий (узгоджувальний) біт іншого значення в якості шостого біта. Приймальні вузли повідомлення розпізнають шостий біт як узгоджувальний і ігнорують його. Якщо приймальний вузол виявляє більше п'яти ідентичних бітів в послідовності, він перериває зв'язок за допомогою кадру помилки. У передавальний вузол закладена інформація, що після зупинки передачі біта, вузол повинен знову повторити відправку. (див. рис. 3.6)

Перевірка кадра – декілька частин повідомлення CAN мають фіксований формат (кількість і значення біт). Якщо ці частини мають неприпустиме значення або формат, то відбувається так звана "помилка формату". Якщо приймальний вузол виявляє неприпустиме значення в цих частинах, він перериває зв'язок з кадром помилок. В передавальний вузол закладена інформація, що він має повторити відправку цього повідомлення.

В протоколі CAN використовуються **перевірка поля контрольної суми (CRC поле) та поля підтвердження (ACK поле)**. При виникненні помилки CRC поля або помилки підтвердження, передача також переривається та з'являється кадр помилки, тому кожному блоку керування надходить

сповіщення, про те що треба ігнорувати тільки що отриману інформацію. Потім передавальний вузол повинен повторити відправку повідомлення.

Тимчасові та постійні помилки відрізняють шляхом підвищення і пониження внутрішніх лічильників. Постійна помилка може призвести до того, що блоку керування доведеться повторювати своє повідомлення. Це призведе до того, що шина CAN заповниться повідомленнями про помилки і/або повтореннями одного з того ж повідомлення. Щоб цього не відбулося, кожен блок керування шини має два лічильника: один лічильник для помилково прийнятих повідомлень (лічильник x, від англ. "to receive" - "приймати") та один – для помилково переданих повідомлень (лічильник Tx, від англ. "to transmit" - "передавати").

3.4 Запропонована методика проведення діагностики

На сьогоднішній день усі сучасні автомобілі оснащені складною електронікою, основою якої є шина CAN (Controller Area Network). Це спеціалізований інтерфейс, призначений для обміну даними між електронними блоками у вигляді цифрових сигналів. CAN-шина широко використовується в автомобільній промисловості, оскільки дозволяє розширювати або змінювати функціональність транспортного засобу без глибокого втручання в електросистему.

Рекомендуємо використовувати діагностичний пристрій «Launch X431»(рис. 3.7). Тому, що це багатофункціональний мультимарочний пристрій, який підходить для роботи з більшістю сучасних автомобілів.



Рисунок 3.7 – Діагностичний пристрій «Launch X431»

Операційна система: Android 10

Процесор: 4-ядерний, 2 GHz

ОЗП / ПЗП: 4 GB RAM, 64 GB Flash

Екран: 8" IPS, роздільна здатність 1280 × 800

Камера: тилова 8 Мп

Акумулятор: 6300 mAh

Інтерфейси: Wi-Fi, Bluetooth, USB-C & USB-A

Температура роботи: –10 °С до +50 °С

Температура зберігання: –20 °С до +70 °С

Габарити: 234 × 166 × 39,5 мм

Живлення від авто: 9–18 V

Функції та можливості:

Підтримка всіх блоків ECU (двигун, коробка, ABS, SRS, трансмісія тощо)

Режими OEM: DoIP, CAN-FD, топологічна карта

Розширені спецфункції: ADAS, збірка іммобілайзера, програматори (X-PROG3), TPMS, осцилограф, ендоскоп, тестер батареї

Період оновлень софту: 3 роки, без блокування пристрою після закінчення.

Для початку роботи необхідно підключити адаптер до діагностичного роз'єму автомобіля. Діагностичний роз'єм, як правило, стандартний, 16-контактний роз'єм призначений для підключення пристроїв до бортового комп'ютера автомобіля. Зазвичай розташований під приборною панеллю.

Після того, як роз'єм був виявлений, підключіть до нього діагностичний адаптер (використовуйте перехідник, якщо в автомобілі встановлений пропріетарний роз'єм відмінний від OBDII). Якщо роз'єм глибоко втоплений в панель і підключити діагностичний адаптер неможливо, скористайтеся спеціальним подовжувачем. [14]

Після підключення пристрою з'явиться робочий інтерфейс (рис. 3.8).



Рисунок 3.8 – Інтерфейс діагностичного пристрою Launch X431

Процес діагностики ідентичний всім програм, як приклад візьмемо програму " Demo " . Запустіть програму X-431 PRO і перейдіть на сторінку вибору діагностичного програмного забезпечення. Виберіть програму "Demo", потім пункт "Demo" меню, щоб потрапити в меню вибору системи. Виберіть "Двигун", після ініціалізації відкриється меню функцій. **"Зчитування кодів несправностей"**, на екрані з'явиться список помилок (якщо помилок немає. Ви побачите відповідне повідомлення).

"Очищення кодів несправностей", система автоматично скине коди знайдених несправностей. Примітка: коди не будуть скинуті, доки несправності не будуть усунені.

"Зчитування потоку даних", на екрані з'явиться список доступних систем. Виберіть потрібні системи (вибрані системи виділяються червоним) і натисніть кнопку "ОК. Ви можете натиснути кнопку вибрати все", щоб переглянути дані щодо всіх доступних систем. Натисніть кнопку повторно, щоб зняти виділення з усіх систем.

Після підключення на екрані з'явиться таблиця із поточними даними. Натисніть на рядок системи, що вас цікавить, для того щоб переглянути потік даних у формі графіка.

3.5 Розрахунок дільниці.

Розрахунок робітників і кількості постів кількість автомобілів у різних класах визначимо за виразами:[17]

Особливо малий клас:

$$A_{к.о.а.}^{\Gamma} = \frac{525 \cdot 10}{100} = 52,5 \text{ авт}; \quad (3.2)$$

Малий клас:

$$A_{к.о.а.}^{\Gamma} = \frac{525 \cdot 62}{100} = 325,5 \text{ а/м};$$

Середній клас:

$$A_{к.о.а.}^{\Gamma} = \frac{525 \cdot 28}{100} = 147$$

Річна трудомісткість ТО та ТР по кожному із цих класів

$$T^{\Gamma}_{ТОиТР} = \frac{L_a \cdot A_{к.о.а.} \cdot t_{ТОиТР} \cdot K_{13} \cdot K_3}{1000}, \quad (3.3)$$

де L_a – середній річний пробіг автомобіля, км, $A_{к.о.а.}$ – кількість комплекснообслуговуваних автомобілів, шт, $t_{ТОиТР}$ – середній час, потрібний для проведення ТО і ТР, год, K_{13} – коефіцієнт, який враховує збільшення припливу автомобілів, коеф, K_3 – коефіцієнт, що враховує зміну трудомісткості залежно від погодних умов.

Трудомісткість, люд/год

$$1. T_{ТОиТР} = \frac{15000 \cdot 52,5 \cdot 2 \cdot 1,1 \cdot 1}{1000} = 1732,5 \text{ люд/год}; \quad (3.4)$$

$$2. T_{ТОиТР} = \frac{15000 \cdot 325,5 \cdot 2,3 \cdot 1,1 \cdot 1}{1000} = 12352,725 \text{ люд/год};$$

$$3. T_{ТОиТР} = \frac{15000 \cdot 147 \cdot 2,7 \cdot 1,1 \cdot 1}{1000} = 6548,85 \text{ люд/год};$$

$$\sum T_{ТОиТР} = 20634 \text{ люд/год.}$$

Річні обсяги робіт за видами автомобілів:

$$T_{раб.х} = \frac{T_x \cdot K_{раб}}{100}, \quad (3.5)$$

де $T_{раб.х}$ – річний обсяг робіт виду, T_x – річна трудомісткість ТО та ТР.

Необхідне обладнання для діагностичного посту: (табл. 3.1)

Таблиця 3.1 – Необхідне обладнання для роботи діагностичного посту.

Обладнання / Програмне забезпечення	Модель пристрою	Призначення
Мультимарочний сканер (OBD2)	Launch x431	Діагностика помилок, зчитування даних із блоків (ECU, ABS, SRS)
CAN-адаптер або логер	ELM327	Аналіз CAN-шини, перевірка трафіку між блоками
Осцилограф (2-4 канали)	PicoScope 2000 / 4000 Series	Аналіз сигналів датчиків, інжекторів, запалювання
Мультиметр/тестер	Fluke 115 / 117	Вимірювання напруги, опору, струму
Акумуляторний тестер	Kingbolen bm550	Перевірка стану АКБ, пускового струму
Сканер ABS/TPMS/датчиків	Autel MaxiTPMS TS508 / TS601	Читання параметрів тиску в шинах, блоків стабілізації
Газоаналізатор	Brain Bee AGS-688	Вимірювання токсичності вихлопу
Димогенератор (smoke tester)	Autool SDT-205/SDT-206/SDT-208	Пошук підсосів повітря та витоків у впускній системі
Ендоскоп	Depstech Wireless Endoscope	Візуальна перевірка важкодоступних місць (циліндри, клапани)
Програматор блоків ECU	K-TAG (Alientech)	Прошивка/адаптація електронних блоків (KESS, K-TAG)
Блок живлення (регульований)	Korad KA3005P	Живлення систем поза авто, перевірка модулів
Комп'ютер або ноутбук	Lenovo ThinkPad T14 / T15	Для роботи з ПЗ (Windows/Linux)
CAN-аналітичне ПЗ	Vector CANalyzer	SavvyCAN, Wireshark, CANHacker

Для визначення необхідної площі приміщення існує три основні підходи:

- Перший підхід ґрунтується на нормативних показниках, які визначають площу, необхідну на одне робоче місце або для одного працівника.
- Другий підхід орієнтований на нормативи щільності розташування обладнання.
- Третій підхід застосовується на етапі остаточного планування розміщення обладнання в приміщенні та точного визначення його розмірів.

Таблиця 3.2 – Відомість обладнання.

№ п/п	Назва агрегату	Кількість	Розміри ДхШхВ, м	Площа, м ²	Втрати			Примітка
					Ел, кВт	Вода, м ³ /ч	інше	
1	Візок інструментальний	1	0,72x0,32x0,78	0,228	-	-	-	-
2	Підйомник	1	0,392x3,232x2,7	0,627	2,2	-	-	Ассиметричний
3	Сканер	1	0,22x0,12x0,05	0,012	-	-	-	-
4	Кран-балка АО2-У3-400/750 (електродвигун)	1	0,75x0,42x1,75	0,32	15	-	-	Асинхронний, трифазний
5	Смітєвий бак	1	d 0,25x0,6	0,125	-	-	-	-
6	Верстак	1	1,5x0,72x0,85	1,25	-	-	-	-
7	Автомобіль	1	4,2x1,62x1,52	7,256	-	-	-	-

Перші два підходи використовуються переважно для попередньої оцінки необхідної площі, тоді як третій метод слугує для остаточного планування. Слід зазначити, що допустиме відхилення між розрахунковою і фактичною площею не повинно перевищувати 12%.

У межах цього розрахунку буде застосовано другий підхід, заснований на нормативах щільності розміщення обладнання.

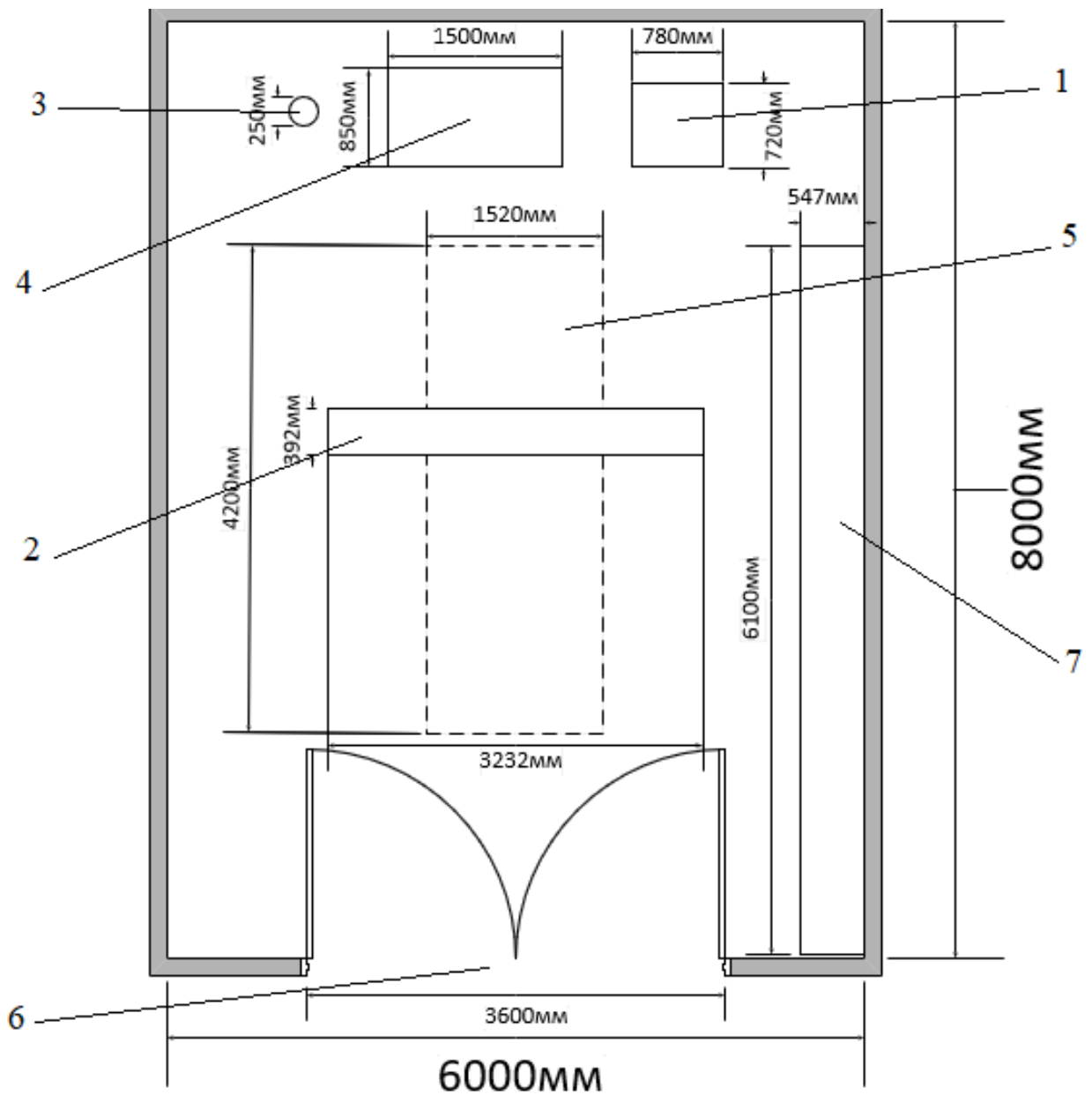


Рисунок 3.8 – Схема діагностичної дільниці.

На схемі (див. рис. 3.8) зображено загальну розташовку на діагностичній дільниці де:

1 – візок інструментальний; 2 – підйомник; 3 – смітєвий бак; 4 – верстак;
5 – автомобіль; 6 – входні ворота; 7 – стелаж.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Загальні вимоги електробезпеки

Загальні вимоги електробезпеки повинні відповідати ГОСТу-12.1.030-81 ССБТ. Для захисту від уражень електричним струмом використовують захисне заземлення. Воно повинно захищати людей від уражень електричним струмом у випадку дотику до металевих неструмопровідних частин, які можуть опинитись під напругою внаслідок пошкодження ізоляції, це досягається з'єднанням металевих частин електроустановок з землею, або її еквівалентом. [15]

Згідно з класифікацією приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом (ПУЕ 1.1.6.), приміщення в якому проводяться всі роботи відноситься до першого класу (без підвищеної небезпеки). Під час роботи використовуються електроустановки з напругою живлення 36 В, 220 В, та 360 В. Опір контура заземлення повинен мати не більше 4 Ом.

Розрахунок проводять за допомогою методу коефіцієнта використання (екранування) електродів. Коефіцієнт використання групового заземлювача η – це відношення діючої провідності цього заземлювача до найбільш можливої його провідності за нескінченно великих відстаней між його електродами. Коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів η_v в залежності від розміщення заземлювачів та їх кількості знаходиться в межах 0,4...0,99. Взаємну екрануючу дію горизонтального заземлювача (з'єднувальної смуги) враховують за допомогою коефіцієнта використання горизонтального заземлювача η_g .

4.2 Розрахунок заземлення

1. Визначається необхідний опір штучних заземлювачів $R_{шт.з}$

$$R_{шт.з} = \frac{R_d \times R_{пр.з}}{(R_{пр.з} - R_d)} \quad (4.1)$$

де $R_{пр.з}$ – опір природних заземлювачів; R_d – допустимий опір заземлення (табл. 4.1). Якщо природні заземлювачі відсутні, то $R_{шт.з} = R_d$.

Таблиця 4.1 – Допустимі значення опорів R_d заземлювальних пристроїв в електроустановках

Характеристика електроустановок	R_d , Ом
Електроустановки напругою до 1000 В	
за потужності генераторів та трансформаторів більше 100 кВт	4
за потужності генераторів та трансформаторів 100 кВт і менше	10

2. Опір заземлення в значній мірі залежить від питомого опору ґрунту ρ , Омм. Питомий опір ґрунту залежить від характеру ґрунту, а також від пори року. Найбільшу величину він має в холодний період у північних районах при промерзанні ґрунту або в теплий період в південних районах, коли ґрунт найбільш сухий. За таблицею 13 визначається приблизне значення питомого опору ґрунту ρ .

Таблиця 4.2 – приблизні значення питомих електричних опорів різних ґрунтів, Омм

Тип ґрунту	Питомий опір ґрунту, Омм	
	Межі коливань	Рекомендоване значення для розрахунків
Глина (г)	8–70	40
Суглинок (с)	40–150	100
Чорнозем (ч)	9–53	30
Садова земля (с.з)	30–60	50

Примітки:

1. Питомий електричний опір ґрунту є опір куба ґрунту з ребром 1 м.
2. У випадку малого відсотка вмісту вологи в ґрунті можливі більші значення опорів.
3. Питомі опори ґрунтів коливаються протягом року, що враховують при розрахунках введенням так званих сезонних коефіцієнтів опору ґрунту.

3. Розрахунковий питомий опір ґрунту, $\rho_{\text{розр}}$, Омм, визначається за формулою:

$$\rho_{\text{розр}} = \psi \rho \quad (4.2)$$

де ψ – коефіцієнт сезонності (табл. 4.3); ρ – табличне значення питомого опору ґрунту, Омм (табл. 4.2).

Таблиця 4.3 – Коефіцієнти сезонності ψ для однорідної землі при вимірюванні її опору.

Кліматична зона	Вологість землі при вимірюванні					
	підвищена	нормальна	мала	підвищена	нормальна	мала
	$\psi_{\text{в}}$ для вертикального електрода довжиною $l_{\text{в}}=3$ м			$\psi_{\text{г}}$ для горизонтального електрода довжиною $l_{\text{г}}=10$ м		
I	1,9	1,7	1,5	9,3	5,5	4,1
II	1,7	1,5	1,3	5,9	3,5	2,5
III	1,5	1,3	1,2	4,0	2,5	2,0
IV	1,3	1,1	1,0	2,5	1,5	1,1
	$\psi_{\text{в}}$ для вертикального електрода довжиною $l_{\text{в}}=5$ м			$\psi_{\text{г}}$ для горизонтального електрода довжиною $l_{\text{г}}=50$ м		
I	1,5	1,4	1,3	7,2	4,5	3,6
II	1,4	1,3	1,2	4,8	3,0	2,4
III	1,3	1,2	1,1	3,2	2,0	1,6
IV	1,2	1,1	1,0	2,2	1,4	1,12

За таблицею 4.3 вибирають значення коефіцієнтів сезонності для вертикальних заземлювачів $\psi_{\text{в}}$, та горизонтальних $\psi_{\text{г}}$ відповідно до кліматичної зони.

Враховуючи питомий опір ґрунту ρ та коефіцієнти сезонності $\psi_{\text{в}}$ і $\psi_{\text{г}}$ визначається розрахунковий питомий опір ґрунту відповідно для вертикальних заземлювачів $\rho_{\text{розр.в}}$, і горизонтальних $\rho_{\text{розр.г}}$, Омм.

4. Розраховується опір розтікання струму вертикального заземлювача R_B , Ом, за формулою:

$$R_0 = \frac{\rho_{\text{розр}}}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right) \quad (4.3)$$

де l_B – довжина вертикального заземлювача; d – діаметр стержня, $d = 0,05$ м; t – відстань від поверхні землі до середини заземлювача (рис. 4.1), яка визначається за формулою:

$$t = h_B + \frac{l_B}{2} \quad (4.4)$$

де h_B – глибина закладання заземлювачів (прийняти за 0,8 м).

5. Визначається теоретична кількість вертикальних заземлювачів n , штук, без урахування коефіцієнта використання η_B :

$$n = \frac{R_B}{R_d} \quad (4.4)$$

Відповідно до розрахованого значення n , (за табл. 4.4) визначається коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів η_B .

Таблиця 4.4 – Коефіцієнт η_B . використання вертикальних електродів групового заземлювача без врахування впливу з'єднувальної стрічки.

Кількість заземлювачів							
2	3	4	10	20	40	60	100
Заземлювачі розташовані в ряд							
0,85	0,73	0,65	0,59	0,48	–	–	–
Заземлювачі розташовані по контуру							
–	0,69	0,61	0,57	0,47	0,41	0,39	0,36

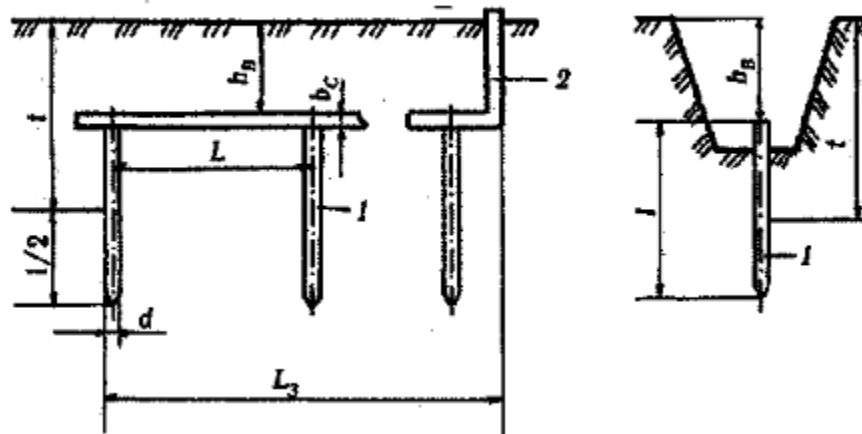


Рисунок 4.1 – Схема позначення розмірів для розрахунку захисного заземлення.

1 – заземлювач; 2 – з'єднувальна стрічка; h_B – глибина закладання вертикальних заземлювачів; L – відстань між заземлювачами; t – відстань від середини заземлювача до поверхні ґрунту; l – довжина заземлювача; b_C – ширина стрічки.

6. Визначається необхідна кількість вертикальних заземлювачів з урахуванням коефіцієнта використання, пв, шт:

$$n_B = \frac{R_B}{R_D \times \eta_B} \quad (4.5)$$

7. Визначається довжина з'єднувальної стрічки горизонтального заземлювача l_C , м:

$$l_C = 1,05 \times L_B \times (n_B - 1) \quad (4.6)$$

де L_B – відстань між вертикальними заземлювачами, (прийняти за $L_B = 3$ м); n_B – необхідна кількість вертикальних заземлювачів.

8. Визначається опір розтіканню струму горизонтального заземлювача (з'єднувальної стрічки) R_r , Ом:

$$R_r = \frac{\rho_{\text{розр.}}}{2\pi \times l_C} \ln \frac{l_C}{d \times h_r} \quad (4.7)$$

де d – еквівалентний діаметр смуги шириною b , $d = 0,95b$, $b = 0,15$ м.

9. Визначається (табл. 4.5) коефіцієнт використання горизонтального заземлювача η_g відповідно до необхідної кількості вертикальних заземлювачів пв.

Таблиця 4.5 – Коефіцієнт використання з'єднувальної смуги η_c^*

Кількість заземлювачів							
2	3	4	10	20	40	60	100
Заземлювачі розташовані в ряд							
0,85	0,77	0,72	0,62	0,42	–	–	–
Заземлювачі розташовані по контуру							
–	0,45	0,40	0,34	0,27	0,22	0,2	0,19

10. Розраховується результуючий опір заземлювального електроду з урахуванням з'єднувальної смуги:

$$R_3 = \frac{R_B \cdot R_\Gamma}{R_B \times \eta_c + R_\Gamma \times n_B \times \eta_B} \leq R_D \quad (4.8)$$

11. Складається схема захисного заземлення (рис. 4.2).

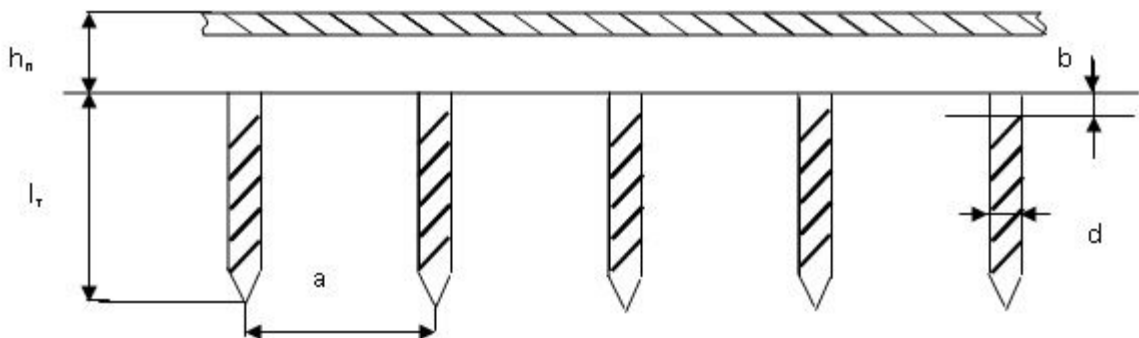


Рисунок 4.2 – Схема захисного заземлення.

5 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

У кваліфікаційній роботі розглядається впровадження покращення методу діагностики електронних систем автомобіля. Метою є підвищення ефективності технічного обслуговування, зменшення часу простою та зниження витрат на ремонт.

Якщо станція технічного обслуговування в середньому за місяць діагностувала близько 106 автомобілів (N) з середнім часом діагностики в 1,5 год (T_1) до впровадження методу діагностики зображеного в розділі 3.4, то з його допомогою швидкість діагностування можна скоротити до 1 год (T_2). Вартість години роботи майстра 300 грн (Ch), вартість діагностичного пристрою 32000 грн ($C_{впров}$). [16]

$$N_{міс} = \frac{D_{міс} \cdot H \cdot K}{t} \quad (5.1)$$

де – $D_{міс}$ — кількість робочих днів у місяці (зазвичай $\sim 20-22$); $H=8$ год/день; $t=1,5$ год/авто; $K=1$ — для ідеального варіанту (або $0,85 \dots 0,9$ для реалістичного);

$$N = \frac{22 \cdot 8 \cdot 0,9}{1,5} = \frac{158,4}{1,5} \approx 106$$

Таким чином можна вирахувати окупність запропонованого методу діагностики склавши формулу:

$$\Delta T = T_1 - T_2 = 1.5 - 1.0 = 0.5 \text{ год} \quad (5.2)$$

– економія часу на одному автомобілі.

$$\Delta T_{міс} = \Delta T \times N = 0.5 \times 106 = 53 \text{ год} \quad (5.3)$$

– загальна економія часу на місяць.

$$E_{міс} = \Delta T_{міс} \times Ch = 53 \times 300 = 15900 \text{ грн} \quad (5.4)$$

– економія коштів на місяць.

Відповідно річна економія складатиме 190800 грн. Розрахунок терміну окупності:

$$T_{окуп} = \frac{C_{впров}}{E_{міс}} = \frac{32000}{15900} \approx 2 \text{ міс.} \quad (5.5)$$

Коефіцієнт ефективності інвестицій:

$$Кеф = \frac{Ерік}{Свпров} = \frac{190800}{32000} = 5,96 \quad (5.6)$$

Запропоновані заходи дозволяють зменшити час обслуговування одного автомобіля на 0.5 години, що забезпечує річну економію в 190800 грн при окупності інвестицій усього за 2 місяця. Це свідчить про високу економічну ефективність проекту.

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи було проведено комплексне дослідження сучасних електронних систем автомобіля, методів їхньої діагностики, а також шляхів підвищення ефективності технічного обслуговування з урахуванням технічних, організаційних та економічних чинників. Основні результати роботи дозволяють зробити такі висновки:

Проведено аналіз типових контролюючих та виконавчих пристроїв, що входять до складу електронної системи автомобіля. Особливу увагу приділено принципам роботи, класифікації та зв'язку елементів через CAN-шину, що забезпечує централізовану взаємодію систем.

Обґрунтовано актуальність та практичне значення діагностики — виявлено, що своєчасна та точна діагностика дозволяє не лише швидко виявляти несправності, а й зменшувати витрати на ремонт, скорочувати час простою авто і покращувати якість обслуговування.

Вивчено сучасні діагностичні пристрої і методи виявлення несправностей. Описано типові поломки, особливо в CAN-шині, та шляхи їх усунення.

Розроблено власну методику діагностики, яка враховує етапність перевірки, логіку пошуку несправностей і оптимізацію часу на обслуговування.

Проведено розрахунок діагностичної дільниці з урахуванням габаритів обладнання, робочих зон. Це дозволяє раціонально організувати робочий простір і досягти більшої продуктивності.

Здійснено економічну оцінку ефективності впровадження запропонованих діагностичних заходів. Показано, що окупність модернізованої дільниці можлива вже протягом 2 місяців за умови стабільного навантаження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. «Підручник з будови автомобіля» А. Омелічева. 1200 Видавництво Моноліт 2022. – 288с.
2. Electude Електронні гальмівні системи автомобіля. Система курсової стійкості URL: https://lnau.electude.eu/sco2025.6.1.gfbc3524437/module_420_11406571_16973121
3. Electude Системи ADAS URL: https://lnau.electude.eu/content_11406571_28140351
4. Електронний ресурс «Розробка методів діагностування електронних систем автомобіля в умовах станції технічного обслуговування». URL: https://www.khadi.kharkov.ua/fileadmin/P_vcheniy_secretar//AT_AE_
5. Електронний ресурс Вікіпедія URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Автомобільна_промисловість_в_Україні
6. Електронний ресурс «Датчики на наших авто, призначення і принцип роботи» URL: <https://avtoad.com.ua/base/daticiki-na-nasih-avto-priznacenna-i-princip-roboti>
7. Електронні системи керування транспортними засобами URL: <https://eir.zp.edu.ua/server/api/core/bitstreams/ed75d29c-5c5f-4d11-aba8-df9e9d7d00c3/content>
8. Electude Мережі CAN шина URL: https://lnau.electude.eu/content_11406571_20021231
9. Електронний ресурс «Які бувають реле?» URL: <https://e-server.com.ua/uk/poradi/iaki-buvaiut-elektricni-rele-klasifikaciia-vidi-ta-sferi-zastosuvannia?srsltid=AfmBOopUn3NOzOPH0ybP1b7v4HrYZRI8-h34Hc1yNk2IPN94gHDiib09>
10. «Сучасні засоби діагностики автомобілів» URL: <https://af.khadi.kharkov.ua/fileadmin/F-AUTOMOBILE/>
11. Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., Човнюк Ю.В. Мехатроніка. Навчальний посібник. – К., 2012. - 357 с.

12. Загальна електротехніка: Навчальний посібник. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2001 – 596с.
13. Український авторинок: історія проблем та як їх розв'язати URL: <https://eauto.org.ua/news/130-ukrajinskiy-avtorinok-istoriya-problem-ta-yak-jih-rozv-yazati>
14. Інструкція з використання Launch X431 URL: <https://motorstate.com.ua/upload/product-manual/Launch-X431-Pro-user-manual>
15. Основи охорони праці. Навчальний посібник Івах Р.М., Бедрій Я.І., Білінський Б.О., Козяр М.М. 2025. -464с.
16. Економіка підприємства. Практикум Шарко М.В. Латкіна С.А. Мешкова-Кравченко Н.В. 2018. -278с.
17. Загальні розрахунки проектування підрозділів сучасного виробництва URL: https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/