

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра електроніки, загальної та прикладної фізики

«До захисту допущено»

Завідувачка кафедри

_____ Лариса ОДНОДВОРЕЦЬ

_____ грудня 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня «магістр»

за спеціальністю 171 «Електроніка» _____ освітньо-професійної _____

програми «Електронні інформаційні системи»
на тему «Контрольно-вимірювальні і сенсорні системи для автомобільної електроніки»

Здобувача групи ЕП.м-32 Могилевського Володимира Вікторовича

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

_____ Володимир МОГИЛЕВСЬКИЙ

Керівник д-р фіз.-мат. наук, професор Л. В. Однодворець _____

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра електроніки, загальної та прикладної фізики
Спеціальність 171 – Електроніка, освітньо-професійна програма
«Електронні інформаційні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувачка кафедри

_____ Лариса ОДНОДВОРЕЦЬ

«04» листопада 2024 р.

**ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Могилевського Володимира Вікторовича

1. Тема роботи « Контрольно-вимірювальні і сенсорні системи для автомобільної електроніки »

затверджена наказом СумДУ від «01» листопада 2024 р., № 1130-VI

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи: 11 грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи (актуальність, мета):

Актуальність роботи: сучасні автомобілі стають все більш складними з точки зору електроніки, і з кожною новою моделлю інтеграція високоточних сенсорних систем необхідна для задоволення зростаючих вимог автомобільної промисловості.
Мета: дослідження електронної системи транспортного засобу, яка контролює і вимірює робочі параметри.

4. Зміст текстової частини роботи (перелік питань, які необхідно розробити):

- 1) Дослідити загальні характеристики систем для автомобільної електроніки.
- 2) Описати контрольно-вимірювальні системи.
- 3) Дослідити характеристики сенсорів та їх вплив на систему автомобіля.
- 4) Дослідити справний та несправний датчик масової витрати повітря.

5. Перелік графічного матеріалу для презентації:

Слайд №1, 2 – Актуальність і мета роботи.

Слайди №3-5 – Загальна характеристика систем автомобільної електроніки.

Слайди №6-9 – Принцип роботи і конструкція датчиків.

Слайд №10-14 – Контрольно-вимірювальні системи автомобіля.

Слайди №15 – Результати діагностики системи.

Слайд №16 – Висновки.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ пор.	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка про стан виконання роботи
1	Загальна характеристика систем автомобільної електроніки	04.11.2024 р.	Виконано
2	Параметри контрольно-вимірювальних систем	11.11.2024 р.	Виконано
3	Дослідження робочих характеристик сенсорів	18.11.2024 р.	Виконано
4	Діагностика датчика масової витрати повітря	25.11.2024 р.	Виконано
5	Попередній захист роботи	12.12.2024 р., 10 ⁰⁵ (онлайн)	Виконано
6	Захист кваліфікаційної роботи	17.12.2024 р., 11 ⁴⁰	

Здобувач

_____ Володимир МОГИЛЕВСЬКИЙ

Керівник

_____ Лариса ОДНОДВОРЕЦЬ

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота викладена на 37 сторінках, зокрема, містить 7 рисунків, 3 таблицю, список використаних джерел складається з 15 найменувань.

Актуальність теми магістерської роботи пов'язана зі зростаючими вимогами автомобільної промисловості. Ці системи сучасні автомобілі стають все більш складними з точки зору електроніки, і з кожною новою моделлю інтеграція високоточних сенсорних систем необхідна для задоволення зростаючих вимог автомобільної промисловості. Забезпечте більшу функціональність.

Мета кваліфікаційної роботи магістра полягає в дослідженні електронної системи транспортного засобу, яка контролює і вимірює робочі параметри. Це системи, які дозволяють автоматично збирати та обробляти дані, що стосуються різних аспектів експлуатації транспортного засобу, які впливають на його продуктивність та безпеку.

Отримані результати:

1. Показано, що сучасні автомобільні контрольно-вимірювальні системи відіграють ключову роль у забезпеченні ефективності, безпеки та комфорту транспортних засобів. Дослідження підтвердили важливість інтеграції сенсорних систем для підвищення продуктивності та зниження екологічного впливу.

2. Одержано експериментальні дані, які демонструють переваги використання індуктивних, ємнісних, п'єзорезистивних і магніторезистивних датчиків у сучасних автомобільних системах. Зокрема, досліджено ефективність датчика масової витрати повітря (MAF) у забезпеченні оптимального складу паливно-повітряної суміші.

3. Установлено, що несправності сенсорів, зокрема MAF, суттєво впливають на ефективність роботи двигуна, збільшуючи витрати палива та рівень викидів. Графічний аналіз показників підтвердив необхідність регулярного технічного обслуговування сенсорних систем.

4. Доведено, що застосування інтегрованих систем керування дозволяє оптимізувати взаємодію між різними підсистемами автомобіля. Це забезпечує

точність діагностики, зменшує час реагування систем безпеки та покращує загальну надійність транспортного засобу.

5. Рекомендовано впроваджувати новітні сенсорні технології та алгоритми обробки даних, які покращують точність вимірювань та стабільність роботи автомобільних систем в умовах змінного навантаження.

Ключові слова: автомобіль, електроніка, електронні контрольні-вимірювальні системи, сенсори.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ ДЛЯ АВТОМОБІЛЬНОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ	8
1.1 Ключові функціональні системи автомобільної електроніки.....	8
1.2 Класифікація систем автомобільної електроніки.....	13
РОЗДІЛ 2 КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ	15
2.1 Огляд контрольно-вимірювальних систем автомобілів	15
2.2 Інтегровані системи управління автомобілем	17
РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ СЕНСОРІВ, ТА ЇХ ВПЛИВ НА СИСТЕМУ АВТОМОБІЛЯ.....	20
3.1 Ємнісні датчики	20
3.2 П'єзорезистивні датчики	21
3.3 Індуктивні датчики	23
3.4 Магніторезистивні датчики	24
3.5 Терморезистивні датчики (NTC/PTC)	26
3.6 Датчик масової витрати повітря.....	27
3.6.1 Основні характеристики MAF	29
3.6.2 Схема підключення датчика MAF в системі автомобіля	31
3.6.3 Порівняння роботи справного та несправного MAF-датчика	32
3.6.4 Графічні показники справного і несправного MAF-датчика.....	34
ВИСНОВКИ.....	36
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	37

ВСТУП

Сьогодні автомобільна електроніка відіграє одну з важливих ролей у функціонуванні сучасних автомобілів. Інтеграція електронних систем значно підвищує ефективність, надійність і безпеку експлуатації автомобіля. Одним з найважливіших компонентів автомобільної електроніки є система контролю, вимірювання та датчиків, яка забезпечує постійний моніторинг та діагностику різних параметрів автомобіля, таких як температура двигуна, тиск у шинах, рівень палива, шкідливі викиди та стан акумулятора. Завдяки цим системам можна не тільки забезпечити своєчасну діагностику і усунення неполадок, але і оптимізувати функціональні можливості автомобіля, що знижує витрату палива, покращує керованість і покращує екологічні характеристики.

Актуальність теми магістерської роботи пов'язана зі зростаючими вимогами автомобільної промисловості. Ці системи сучасні автомобілі стають все більш складними з точки зору електроніки, і з кожною новою моделлю інтеграція високоточних сенсорних систем необхідна для задоволення зростаючих вимог автомобільної промисловості. Крім того для відповідності екологічним стандартам і вимогам безпеки автовиробникам необхідно приділяти більше уваги впровадженню ефективних рішень в області моніторингу та вимірювання експлуатаційних параметрів транспортних засобів. Таким чином, вибір тим дослідження виправданий і має важливе практичне значення.

Мета магістерської роботи полягала в аналізі сучасних сенсорних систем автомобільної електроніки та вивченні і розробці пропозицій щодо підвищення точності, надійності та ефективності руху транспортного засобу. Для реалізації завдань роботи використовувалися різні методи дослідження. Зокрема, аналітичні методи були застосовані для вивчення наукових ресурсів та сучасних технологій сенсорних систем, що використовуються в автомобілях. Були запропоновані нові конструктивні рішення для інтеграції новітніх датчиків в системи керування транспортними засобами. Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що їх можна використовувати для розробки нових моделей автомобілів з сучасними системами контролю і вимірювання.

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ ДЛЯ АВТОМОБІЛЬНОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ

1.1 Ключові функціональні системи автомобільної електроніки

Автомобільна електроніка охоплює широкий спектр систем, які забезпечують ефективність, безпеку та комфорт під час керування транспортним засобом. Кожна підсистема виконує свою важливу функцію. У цьому розділі розглянуті ключові підсистеми автомобільної електроніки: системи управління, активної та пасивної безпеки, комфорту, моніторингу, а також інноваційні функції.

Система керування двигуном є однією з найважливіших функціональних підсистем в автомобільній електроніці і забезпечує оптимальну роботу двигуна з точки зору продуктивності, економічності та екологічних стандартів. Основними елементами цієї системи є електронний блок управління (ЕБУ) (рис. 1.1), який контролює подачу палива, запалювання, утворення паливно-повітряної суміші та процеси вихлопу. Завдяки цим функціям система керування двигуном досягає балансу між продуктивністю двигуна та мінімальним негативним впливом на навколишнє середовище. [1]



Рисунок 1.1 – Електронний блок управління ЕБУ ІТЕЛІМА 21127-1411020-22 [2]

Електронна система подачі палива регулює кількість палива, що подається в циліндри відповідно до умов роботи двигуна та вимог водія. Управління

запалюванням визначає оптимальний момент запалювання паливно-повітряної суміші для досягнення максимальної ефективності згоряння. Одночасно контролюється співвідношення паливо/повітря, щоб забезпечити найбільш ефективне згоряння суміші, підвищуючи ККД і знижуючи шкідливі викиди.

Функція контролю викидів також заслуговує на особливу увагу, оскільки вона є критично важливою для сучасних екологічних вимог: ЕБУ безперервно контролює і регулює процес згоряння і зменшує кількість шкідливих речовин у вихлопних газах. До таких систем належать, наприклад, датчики кисню, каталізатори та системи рециркуляції вихлопних газів (EGR), які зменшують викиди оксидів азоту та інших забруднювачів. [3]

Активні системи безпеки – це комплекс електронних технологій, які підвищують стабільність, керованість і безпеку автомобіля в небезпечних дорожніх умовах. Система автоматично втручається в керування автомобілем на особливо слизькому або небезпечному дорожньому покритті, щоб допомогти водієві уникнути аварії. Основними компонентами систем активної безпеки є антиблокувальна гальмівна система (ABS), система контролю стійкості деки (ESP), система контролю тяги (TCS) та система екстреного гальмування (EBA).

Антиблокувальна гальмівна система (ABS) забезпечує контроль під час гальмування, запобігаючи блокуванню коліс. Коли водій натискає на гальма в екстреній ситуації, ABS регулює тиск у гальмівній системі, дозволяючи колесам обертатися і зберігати зчеплення з дорогою (рис. 1.2). Це значно знижує ризик ковзання і дозволяє водієві зберігати контроль над автомобілем на слизьких поверхнях. [4]

Система контролю стійкості (ESP) допомагає запобігти заносу і ковзанню автомобіля під час маневрування або на поворотах. Якщо автомобіль починає втрачати стійкість, ESP автоматично застосовує гальмування на кожне колесо і зменшує потужність двигуна, щоб стабілізувати автомобіль і допомогти водієві відновити контроль. [5]

Система контролю тяги (TCS) зменшує ризик пробуксовування коліс, особливо під час прискорення на слизькій або нерівній поверхні. Якщо одне або

кілька коліс починають обертатися швидше, ніж інші, TCS автоматично зменшує крутний момент на колесах або застосовує гальма до окремих коліс, щоб зберегти контроль над автомобілем.

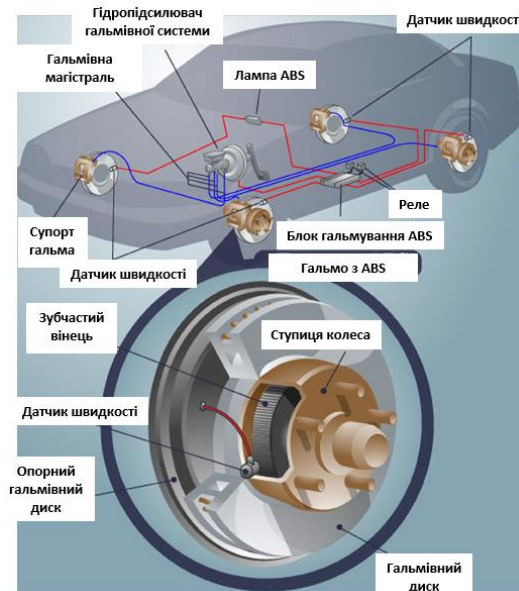


Рисунок 1.2 – Як працює антиблокувальна гальмівна система [4]

Система екстреного гальмування (ЕВА) виявляє ситуації, коли водій натискає на гальма, але його зусилля недостатнє, щоб зупинити автомобіль. У таких ситуаціях ЕВА збільшує гальмівну силу, щоб допомогти автомобілю швидко та ефективно зупинитися.

Загалом, системи активної безпеки допомагають забезпечити безпеку водія під час руху. Вони знижують ймовірність аварій, підвищують стійкість автомобіля, покращують контроль на слизьких і небезпечних дорожніх покриттях і знижують ризик заносу.

Системи пасивної безпеки в транспортних засобах – це сукупність технологій і пристроїв, спрямованих на зниження ризику травмування водіїв і пасажирів в аварійних ситуаціях. Основна роль цих систем – мінімізувати наслідки зіткнень та інших небезпечних інцидентів і захистити людей від серйозних травм.

Основними елементами системи пасивної безпеки є

1. Подушки безпеки: Система подушок безпеки є одним з основних компонентів системи пасивної безпеки і спрацьовує в разі раптового зіткнення. Крім фронтальних подушок безпеки для водія та переднього пасажира, передбачені бічні подушки безпеки, які захищають людей від удару об стійки та інші внутрішні поверхні автомобіля. Деякі моделі також обладнані колінними та головними подушками безпеки для захисту голови в разі перекидання.

2. Ремені безпеки з переднатягувачами та обмежувачами натягу: Сучасні ремені безпеки оснащені преднатяжителями, які автоматично натягують ремінь у разі зіткнення, притискаючи пасажира до сидіння і запобігаючи різкому руху вперед. Обмежувачі натягу, з іншого боку, послаблюють ремінь після попереднього натягу, зменшуючи тиск на грудну клітку і знижуючи ризик серйозних травм.

3. Система моніторингу пасажирів: Деякі автомобілі обладнані датчиками, які визначають присутність і положення пасажирів. Це дозволяє регулювати або вимикати потужність подушок безпеки, якщо пасажир не сидить нерухомо або якщо встановлено дитяче крісло.

4. Каркас та зони деформації кузова: Сучасні автомобілі мають спеціально розроблені конструкції кузова із зонами деформації, які поглинають енергію удару і захищають пасажирський відсік від деформації. Це зменшує тиск на пасажирів у разі зіткнення і знижує ймовірність отримання серйозних травм.

5. Система моніторингу пасивної безпеки. Електронний блок управління (ЕБУ) безперервно контролює стан усіх компонентів пасивної безпеки, таких як ремені та подушки безпеки, забезпечуючи їх готовність до використання. Якщо виявлено відхилення від норми, індикатор на приладовій панелі інформує водія.

Пасивні системи безпеки працюють разом з активними системами для забезпечення комплексного захисту водія та пасажирів. У разі аварії це робить автомобіль безпечнішим для всіх учасників руху, зменшуючи тиск на тіло людини та значно знижуючи ризик отримання серйозних травм. [6]

Системи діагностики та моніторингу є важливим компонентом сучасної автомобільної електроніки, які контролюють стан ключових систем і компонентів

автомобіля. Вони підвищують безпеку та надійність автомобіля, дозволяючи виявляти, діагностувати та усувати несправності.

Однією з основних функцій цих систем є використання бортової діагностики (OBD). Це система, яка контролює різні параметри роботи автомобіля, включаючи двигун, трансмісію, підвіску, гальмівну систему, систему безпеки та інші важливі компоненти. За допомогою OBD водій отримує важливу інформацію про стан автомобіля і може вчасно виявити можливі проблеми. [7]

Система діагностики оснащена датчиками, які безперервно контролюють роботу найважливіших систем. Наприклад, датчики температури, тиску масла і кисню збирають дані, які аналізуються електронним блоком управління (ЕБУ). Якщо виникає несправність або відхилення від нормальних параметрів, система генерує коди помилок, які можуть бути прочитані спеціалізованим діагностичним обладнанням. Ці коди інформують фахівця про конкретну проблему і полегшують процес її вирішення.

Системи моніторингу можуть також включати в себе функції попередження для приводу. Наприклад, якщо система виявляє таку проблему, як низький рівень масла або зношені гальмівні колодки, водій отримує попередження через інформаційний дисплей автомобіля. Це може допомогти запобігти серйозним несправностям, які призводять до аварій і дорогих ремонтів.

Системи діагностики та моніторингу підвищують надійність і безпеку автомобіля. Надаючи своєчасну інформацію про стан автомобіля, водії та сервісні центри можуть вжити необхідних заходів для підтримання транспортного засобу в оптимальному стані та зменшити ризик несподіваних поломок на дорозі. [7]

Удосконалена система допомоги водієві (ADAS-Advanced Driver Assistance System) є важливим компонентом сучасних транспортних засобів, призначених для підвищення безпеки та комфорту під час руху. Ці системи використовують різні датчики, камери та програмне забезпечення для моніторингу навколишнього середовища та зниження ризику аварій.

Основними функціями ADAS є (рис. 1.3):

1. Адаптивний круїз-контроль: Підтримує задану швидкість, регулює дистанцію до транспортного засобу попереду та автоматично сповільнює рух або зупиняється, якщо це необхідно

2. Автоматичне гальмування: Виявляє ризик зіткнення з іншим об'єктом і автоматично застосовує гальма, щоб запобігти або пом'якшити аварію.

3. Система утримання в смузі руху: Відстежує положення автомобіля в смузі руху та регулює рульове керування, щоб запобігти виїзду зі смуги.

4. Моніторинг сліпих зон: Виявляє транспортні засоби в сліпій зоні та попереджає водія про можливе зіткнення при зміні смуги руху.

5. Розпізнавання знаків: Аналізує дорожні знаки та виводить на екран автомобіля інформацію про обмеження швидкості та важливі правила.

Системи допомоги водієві зменшують напругу водія, підвищують безпеку та покращують керування автомобілем. Вони запобігають аваріям, є важливим кроком на шляху до розвитку автономного водіння і створюють основу для подальшого впровадження нових технологій.

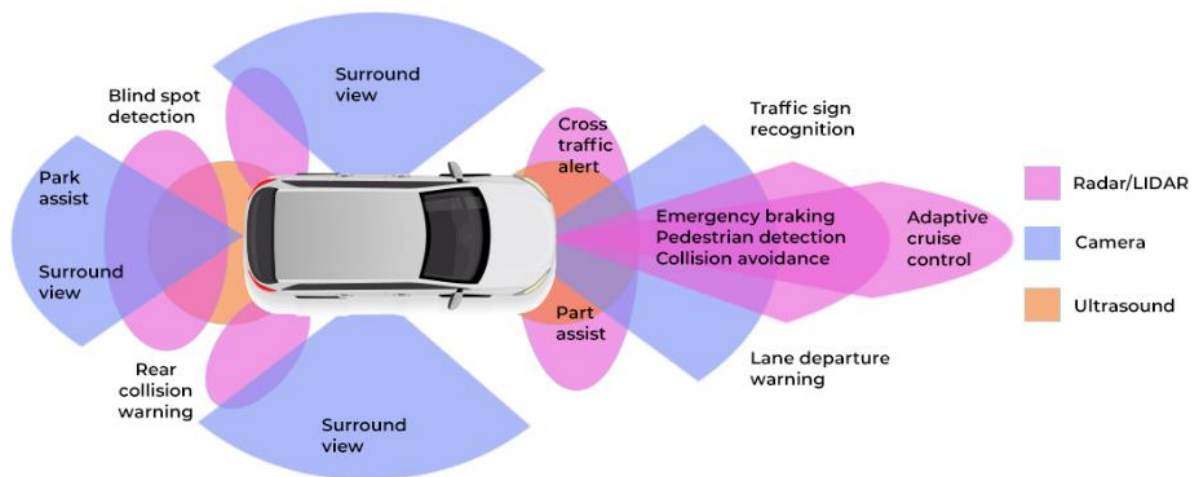


Рисунок 1.3 – Як працює система допомоги водієві [8]

1.2 Класифікація систем автомобільної електроніки

Автомобільні електронні системи відіграють важливу роль у функціонуванні сучасних транспортних засобів. Вони забезпечують широкий спектр функцій, які впливають на працездатність, безпеку та комфорт транспортних засобів. Для

кращого розуміння та впорядкування інформації про ці системи їх можна класифікувати за різними критеріями. Основні класифікації включають функціональну класифікацію, класифікацію за рівнем інтеграції, класифікацію за призначенням і класифікацію за технічним застосуванням.

Класифікація за рівнем інтеграції

Ця класифікація класифікує електронні системи відповідно до рівня їх інтеграції в транспортний засіб [9]:

- Автономні: включають системи з незалежними блоками керування, такими як блоки керування подушками безпеки або блоками керування світлом, які працюють окремо.
- Інтегровані системи: системи, які поєднують різні функції в одному електронному блоці, наприклад, блок керування двигуном або блок керування трансмісією.
- Загальноавтомобільні мережі: Мережі CAN, LIN, FlexRay та Ethernet. Зв'язок між усіма електронними компонентами автомобіля дозволяє їм передавати дані та взаємодіяти один з одним.

Класифікація за призначенням

Електронні системи транспортного засобу можна класифікувати на наступні групи відповідно до їх призначення:

- Системи керування силовим агрегатом: контролюють і координують роботу двигуна, трансмісії, системи рециркуляції вихлопних газів тощо.
- Системи ходової частини: відповідають за роботу підвіски, рульового управління, гальмівної системи та системи курсової стійкості.
- Системи безпеки: як активні, так і пасивні системи, включаючи гальмівні системи, подушки безпеки, ремені та датчики зіткнення.
- Інформаційні системи та інтерфейси: панелі приладів, дисплеї, системи моніторингу параметрів руху та інші системи візуалізації.
- Системи комфорту: клімат-контроль, підігрів і охолодження сидінь, автоматичне регулювання дзеркал і світла, керування вікнами. [9]

РОЗДІЛ 2 КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ

Автомобільні сенсорні системи відіграють важливу роль у забезпеченні функціональності, безпеки та ефективності сучасних транспортних засобів. З розвитком технологій автомобільна промисловість зазнала значних змін, і сьогодні датчики є невід'ємною частиною більшості електронних автомобільних систем. Сенсорна система дозволяє автомобілю "відчувати" навколишнє середовище, контролювати внутрішні процеси і швидко реагувати на зміни умов руху і технічного стану автомобіля.

Завдяки сенсорній системі автомобіль став набагато безпечніше, екологічніше і комфортніше. Вони допомагають підвищити ресурсоефективність, оптимізувати роботу двигуна та інших компонентів і активно сприяти впровадженню автономного керування транспортними засобами. Розвиток сенсорних технологій призвів до появи інтелектуальних систем допомоги водієві (ada), які забезпечують підтримку під час водіння, попереджають про можливі небезпеки і автоматично втручаються для запобігання нещасних випадків.

Основним завданням сенсорної системи є вимірювання різних фізичних параметрів, таких як швидкість, тиск, температура, освітлення та вологість. І перетворить їх в цифрові сигнали для подальшої обробки електронною системою автомобіля. Це забезпечує контроль, координацію та управління різними функціями транспортного засобу. Інновації в області сенсорних систем відкривають нові можливості для підвищення безпеки дорожнього руху, підвищення комфорту і підвищення енергоефективності автомобіля.

У цьому розділі описані основні типи сенсорних систем, їх функції та принцип роботи, а також сучасні тенденції та перспективи розвитку цієї галузі.

2.1 Огляд контрольно-вимірювальних систем автомобілів

Сучасні автомобілі оснащені різноманітними контрольно-вимірювальними системами, які відіграють важливу роль у забезпеченні безпеки та стабільності

руху, а також оптимізації роботи автомобіля. Розглянемо основні контрольні-вимірювальні системи: ABS, ESP, TPMS та інші, їх характеристики, вплив на роботу автомобіля та основні принципи функціонування.

Антиблокувальна система гальм (ABS) призначена для запобігання блокуванню коліс під час різкого гальмування, що дозволяє водію зберігати керування автомобілем.

Основні компоненти: сенсори швидкості коліс, електронний блок керування (ECU), гідравлічний блок.

Принцип роботи: Сенсори швидкості коліс (індуктивні або магніторезистивні) вимірюють швидкість обертання кожного колеса. Якщо під час гальмування ECU виявляє різке зниження швидкості обертання колеса (його блокування), то система автоматично знижує тиск в гальмівній системі для цього колеса, запобігаючи блокуванню.

Формула обчислення швидкості:

Швидкість обертання колеса обчислюється за формулою:

$$v = \frac{2\pi rn}{60}$$

де v – лінійна швидкість (м/с),

r – радіус колеса (м),

n – частота обертання колеса (об/хв).

Характеристики: Система ABS ефективна при швидкості від 5 км/год і вище. Чутливість системи – $\pm 0,5$ км/год.

Вплив: Забезпечує покращене керування автомобілем під час гальмування, особливо на слизьких дорогах.

Електронна система стабілізації (ESP) призначена для підтримки стійкості автомобіля при проходженні поворотів, різких маневрах та на слизьких дорогах.

Основні компоненти: сенсори швидкості коліс, сенсор кута повороту керма, гіроскопічний сенсор (сенсор бокового прискорення), електронний блок керування (ECU).

Принцип роботи: Система ESP порівнює показники швидкості коліс, кута повороту керма і бокового прискорення. Якщо ESP виявляє відхилення автомобіля від бажаної траєкторії, система автоматично застосовує гальмування до окремих коліс для стабілізації траєкторії.

Формула розрахунку бокового прискорення:

$$a_y = \frac{v^2}{R}$$

де a_y – бокове прискорення (м/с²),

v – швидкість руху автомобіля (м/с),

R – радіус повороту (м).

Характеристики: Система ESP здатна коригувати траєкторію на поворотах при прискоренні до ± 1 g (9,81 м/с²). Точність вимірювання кутових відхилень $\pm 0,1^\circ$.

Вплив: Підвищує безпеку автомобіля, запобігаючи заносу та ковзанню.

2.2 Інтегровані системи управління автомобілем

Інтегровані системи керування автомобілем (IVCS) є важливим елементом сучасної автомобільної електроніки, що забезпечує взаємодію між різними системами та компонентами транспортного засобу. Ці системи сприяють підвищенню безпеки, комфорту та ефективності експлуатації транспортного засобу шляхом централізованого управління великою кількістю функцій автомобіля. Схема роботи інтегрованої системи управління наведена на рисунку 2.2. [10]

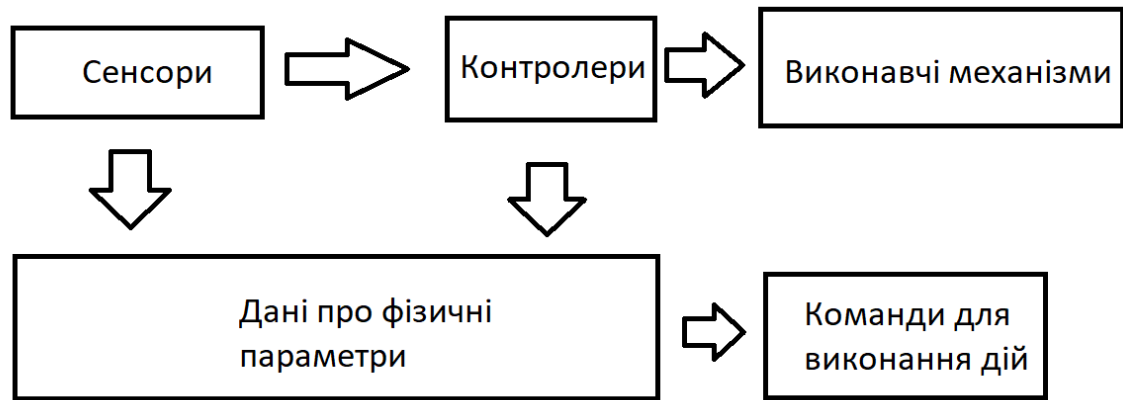


Рисунок 2.2 – Схема інтегрованої системи управління

Інтегровані системи керування (ISAC) в сучасних автомобілях забезпечують ефективну координацію різних функцій, що сприяє підвищенню їхньої продуктивності та надійності. Основні характеристики цих систем включають:

1. **Централізоване управління:** Інтеграція різних функцій в єдину систему зменшує кількість окремих блоків управління та знижує складність системи. Це дозволяє оптимізувати використання простору в автомобілі, спростити монтаж та зменшити вагу.

2. **Взаємодія між системами:** ISAC забезпечує обмін даними між різними системами автомобіля, такими як управління двигуном, антиблокувальна система (ABS), електронна програма стабілізації (ESP) та системи контролю тиску в шинах. Така взаємодія дозволяє системам оперативно реагувати на зміни в умовах експлуатації, покращуючи керованість і безпеку.

3. **Покращена діагностика:** Інтеграція різних систем прискорює виявлення та усунення несправностей, підвищуючи надійність автомобіля. Завдяки єдиній платформі для моніторингу та діагностики, інформація про стан системи може бути зібрана і проаналізована швидше, що дозволяє зменшити час простою автомобіля та витрати на обслуговування.

4. **Оптимізація споживання енергії:** Інтеграція систем дозволяє більш ефективно управляти споживанням електричної енергії, що позитивно впливає на загальну економічність автомобіля. Наприклад, системи керування можуть

автоматично регулювати роботу двигуна і допоміжних пристроїв для досягнення оптимального балансу між продуктивністю та витратами пального.

5. Системи підтримки водія: Інтегровані системи також можуть включати функції допомоги водієві, такі як адаптивний круїз-контроль, автоматичне гальмування та системи попередження про зіткнення. Це підвищує безпеку та комфорт під час водіння, оскільки дозволяє автомобілю оперативно реагувати на зміни в дорожніх умовах.

Загалом, інтегровані системи керування в автомобілях є важливим елементом сучасної автомобільної технології, забезпечуючи не лише підвищення комфорту і безпеки, але й сприяючи зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище.

РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ СЕНСОРІВ, ТА ЇХ ВПЛИВ НА СИСТЕМУ АВТОМОБІЛЯ

Сучасні автомобілі оснащені різноманітними електронними системами, які забезпечують ефективність, безпеку та комфорт під час водіння. Одним із ключових компонентів таких систем є контрольно-вимірювальні та сенсорні пристрої, які відповідають за точне визначення параметрів роботи двигуна, трансмісії, гальмівної системи та інших вузлів. Ці пристрої дозволяють в режимі реального часу отримувати дані про стан автомобіля, допомагаючи керуючому блоку приймати оптимальні рішення для керування його роботою.

Електронний блок керування (ECU): Обробляє дані, отримані від сенсорів, і приймає рішення на основі заданих алгоритмів. ECU також керує виконавчими механізмами.

Сенсори вимірюють фізичні параметри (температуру, тиск, швидкість, кути тощо) та перетворюють їх у електричні сигнали.

Основні типи сенсорів, що використовуються в автомобілях, можна класифікувати на основі їх фізичних принципів роботи, незалежно від конкретних функцій, які вони виконують

3.1 Ємнісні датчики

Ємнісні датчики — це тип сенсорів, що працюють на принципі зміни електричної ємності внаслідок зміни відстані до об'єкта або змін у навколишньому середовищі. Завдяки високій чутливості до різних середовищ і здатності реагувати на мінімальні зміни, ємнісні датчики знаходять застосування в автомобільних системах, які вимагають точного вимірювання положення, рівня рідин, вологості тощо.

Ємнісний датчик зазвичай складається з двох електродів, між якими утворюється електричне поле. Разом ці електроди формують конденсатор, ємність якого визначається формулою:

$$C = \frac{\varepsilon * A}{d}$$

де C – ємність,

ε – діелектрична проникність середовища між електродами,

A – площа електродів,

d – відстань між електродами.

Під час роботи ємність змінюється залежно від зміни відстані між електродами або зміни діелектричної проникності середовища (наприклад, коли між електродами з'являється новий матеріал з іншим діелектричним значенням). Цю зміну ємності система перетворює на електричний сигнал, що обробляється контролером. Ємнісні датчики можуть реагувати на зміну положення об'єкта або рівня рідини, якщо цей об'єкт чи рідина впливають на параметри конденсатора.

Типи ємнісних датчиків

Основні типи ємнісних датчиків, що застосовуються в автомобілях:

1. Одноелектродні датчики: складаються з одного електрода і використовуються для вимірювання рівня рідини чи виявлення наявності певного об'єкта поруч.
2. Двохелектродні датчики: використовують два електроди для утворення конденсатора, ємність якого змінюється в залежності від присутності об'єкта між електродами або від змін у навколишньому середовищі.

3.2 П'єзорезистивні датчики

П'єзорезистивні датчики — це сенсори, що базуються на властивості деяких матеріалів змінювати свій електричний опір під дією механічного навантаження, зокрема тиску. Найчастіше у таких датчиках використовують кремній, який має високу чутливість до деформації. Коли на п'єзорезистивний елемент діє тиск, його структура зазнає мікродеформацій, що призводить до зміни опору матеріалу. Ці

зміни опору конвертуються в електричний сигнал, пропорційний величині навантаження, що дозволяє точно виміряти прикладений тиск.

П'єзорезистивні датчики вимірюють зміни опору в залежності від механічних деформацій. Формула для визначення зміни опору:

$$\Delta R = R_0 * \left(1 + \frac{\Delta L}{L_0}\right) * G$$

де ΔR – зміна опору;

R_0 – початковий опір;

ΔL – зміна довжини (деформація);

L_0 – початкова довжина;

G – коефіцієнт п'єзорезистивності.

Використання п'єзорезистивних датчиків в автомобілі

П'єзорезистивні сенсори застосовуються в багатьох важливих системах автомобіля, зокрема:

1. Системи моніторингу тиску в шинах (TPMS): Датчики тиску в шинах вимірюють тиск повітря всередині шин і передають дані до бортової системи. Це дозволяє водієві отримувати інформацію про низький тиск або витік повітря, що підвищує безпеку та економічність керування, зменшуючи зношення шин.

2. Паливна система: П'єзорезистивні датчики в паливній системі контролюють тиск палива в магістралях, забезпечуючи подачу пального на рівні, що потрібний для стабільної роботи двигуна та підтримання оптимальної паливно-повітряної суміші.

3. Гальмівна система: У системах гальмування п'єзорезистивні датчики використовуються для контролю тиску гальмівної рідини в гідравлічних системах, що забезпечує точний і швидкий відгук при гальмуванні. Особливо важливо для систем антиблокувального гальмування (ABS), де чіткий контроль тиску є критичним для безпеки.

4. Системи управління двигуном: Вони також можуть використовуватися для вимірювання тиску у впускному колекторі (MAP-сенсори), що дозволяє

бортовій системі адаптувати подачу палива до змін навантаження і умов роботи двигуна.

3.3 Індуктивні датчики

Індуктивні датчики працюють на принципі електромагнітної індукції: коли магнітне поле взаємодіє з металевим об'єктом або провідником, у цьому провіднику індукується електричний струм, який потім аналізується датчиком. Зазвичай ці сенсори використовуються для вимірювання швидкості обертання, положення об'єктів і виявлення металевих деталей. У автомобілях індуктивні датчики надійні й нечутливі до зовнішніх забруднень, що робить їх ідеальними для роботи у важких умовах.

Принцип роботи індуктивних датчиків

Основними елементами індуктивного датчика є котушка індуктивності та магнітопровід, який створює магнітне поле. Під час роботи магнітне поле котушки змінюється, коли поруч знаходиться металевий об'єкт. Ця зміна викликає індукцію струму в котушці, величина якого пропорційна відстані до об'єкта або швидкості його руху. Таким чином, індуктивні датчики безконтактно виявляють металеві предмети або їхнє положення.

Індуктивні датчики вимірюють зміни індуктивності, які залежать від відстані до об'єкта. Формула для індуктивності котушки:

$$L = \frac{N^2 * \mu * A}{l}$$

де L – індуктивність (Генрі);

N – кількість витків котушки;

μ – магнітна проникаюча здатність (Гн/м);

A – площа поперечного перерізу (м²);

l – довжина котушки (м).

Використання індуктивних датчиків в автомобілі

1. Датчики положення колінчастого і розподільного валів: Індуктивні сенсори використовуються для точного вимірювання положення колінчастого та розподільного валів, що дозволяє визначити фазу роботи двигуна і налаштувати систему запалювання. Зокрема, положення цих валів визначає час упорскування палива та запалення в кожному циліндрі.

2. Системи антиблокувального гальмування (ABS): Індуктивні датчики швидкості коліс допомагають системі ABS виявляти блокування колеса під час гальмування. Датчик реєструє швидкість обертання кожного колеса, передаючи дані до контролера ABS. Якщо швидкість якогось колеса раптово знижується, система регулює тиск гальмівної рідини для запобігання блокуванню, що підвищує контроль над автомобілем під час гальмування.

3. Трансмісійні системи: Датчики швидкості трансмісії застосовуються для контролю швидкості обертання валів у трансмісії. Ці дані допомагають автоматичній коробці передач вибирати оптимальну передачу залежно від умов руху, покращуючи ефективність роботи двигуна та знижуючи витрату пального.

3.4 Магніторезистивні датчики

Магніторезистивні датчики базуються на ефекті зміни електричного опору матеріалу під впливом зовнішнього магнітного поля. Вони містять чутливий елемент, виготовлений з матеріалів, які змінюють свій опір у присутності магнітного поля, таких як тонкі плівки металів. Коли магнітне поле взаємодіє з таким матеріалом, його опір змінюється пропорційно силі поля. Зміна опору конвертується в електричний сигнал, який потім використовується для оцінки положення, швидкості або інших характеристик об'єкта.

Принцип роботи магніторезистивних датчиків

Основний елемент магніторезистивного сенсора — це резистор, чутливий до магнітного поля, виготовлений із матеріалів, таких як пермалої (сплав нікелю та заліза) або магнетит. Коли магнітне поле прикладається до резистора, опір змінюється через орієнтацію електронів в матеріалі, що впливає на його

електропровідність. Зміна електричного опору фіксується, і, на основі цих змін, датчик визначає наявність магнітного поля, його інтенсивність або положення магнітного джерела.

Магніторезистивні датчики використовують зміни опору в залежності від магнітного поля. Зміна опору описується формулою:

$$R(H) = R_0 * (1 + k * H)$$

де $R(H)$ – опір в залежності від магнітного поля;

R_0 – початковий опір;

k – коефіцієнт магнітної резистивності;

H – інтенсивність магнітного поля (А/м).

Використання магніторезистивних датчиків в автомобілі

1. Датчики положення колінчастого та розподільного валів: Магніторезистивні датчики часто використовуються для вимірювання положення колінчастого і розподільного валів, що необхідно для точного визначення фази роботи двигуна. Ця інформація допомагає системі керування двигуном коригувати момент запалювання та подачу палива, забезпечуючи стабільну роботу двигуна.

2. Системи ABS (антиблокувальне гальмування): В системах ABS магніторезистивні сенсори фіксують швидкість обертання коліс, що допомагає контролеру системи швидко реагувати на блокування коліс під час гальмування. Датчики визначають різкі зміни у швидкості обертання, передаючи сигнал на модуль управління, який знижує гальмівний тиск для запобігання блокуванню.

3. Системи контролю стабільності: Магніторезистивні датчики також використовуються для визначення швидкості обертання і кутового положення коліс в системах курсової стійкості автомобіля, таких як ESP (Electronic Stability Program). Це допомагає стабілізувати автомобіль при маневрах або на слизьких поверхнях.

3.5 Терморезистивні датчики (NTC/PTC)

Терморезистивні датчики, зокрема NTC (Negative Temperature Coefficient) і PTC (Positive Temperature Coefficient), є важливими елементами в системах вимірювання температури. Вони змінюють своє електричне опір залежно від температури навколишнього середовища. Ці датчики широко використовуються в автомобільній промисловості для моніторингу та контролю температури в різних системах.

Принцип роботи терморезистивних датчиків

1. NTC (Negative Temperature Coefficient): У NTC-датчиках електричний опір зменшується з підвищенням температури. Це означає, що при збільшенні температури, опір елемента падає, що дозволяє пропускати більше електричного струму. Вимірюючи струм або напругу через датчик, можна точно визначити температуру. NTC-датчики зазвичай виготовляються з напівпровідникових матеріалів, таких як оксид марганцю або оксид нікелю.

2. PTC (Positive Temperature Coefficient): У PTC-датчиках опір зростає при підвищенні температури. Це означає, що коли температура збільшується, електричний опір також збільшується, зменшуючи кількість струму, що проходить через датчик. PTC-датчики зазвичай використовують для захисту електричних ланцюгів від перегріву, оскільки вони можуть автоматично зменшувати струм при підвищенні температури.

Терморезистивні датчики описуються зміною опору в залежності від температури. Для NTC-датчиків формула опису зміни опору з температурою:

$$R(T) = R_0 * e^{\beta(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0})}$$

де $R(T)$ – опір при температурі T (K);

R_0 – опір при температурі T_0 (K);

β – коефіцієнт, що залежить від матеріалу;

T – температура в Кельвінах.

Використання терморезистивних датчиків в автомобілі

1. Моніторинг температури двигуна: NTC-датчики часто використовуються для вимірювання температури охолоджувальної рідини двигуна. Вони забезпечують важливу інформацію для системи керування двигуном, дозволяючи оптимізувати подачу пального та запалювання залежно від температури, що підвищує ефективність та знижує викиди.

2. Системи кондиціонування: Терморезистивні датчики також застосовуються в системах кондиціонування повітря для контролю температури повітря в салоні автомобіля. Вони допомагають автоматично регулювати роботу компресора і вентиляторів, забезпечуючи комфортний мікроклімат.

3. Системи обігріву: У системах обігріву сидінь та дзеркал також використовують PTC-датчики для контролю температури. Вони забезпечують автоматичне відключення живлення при досягненні певної температури, запобігаючи перегріву.

4. Вимірювання температури пального: NTC-датчики можуть використовуватися для контролю температури пального, що допомагає системам паливопостачання оптимізувати подачу пального залежно від його температури, покращуючи ефективність згоряння.

3.6 Датчик масової витрати повітря

Датчик масової витрати повітря (MAF) є важливим компонентом системи управління двигуном у сучасних автомобілях. Він вимірює кількість повітря, що потрапляє в двигун через впускний колектор, і передає ці дані в електронний блок керування (ECU), який на основі отриманої інформації регулює подачу палива. Це дозволяє забезпечити оптимальну паливо-повітряну суміш для досягнення ефективного згоряння, зниження викидів та економії пального. Для точної роботи двигуна необхідно підтримувати правильний баланс між кількістю повітря і палива, що надходять в камеру згоряння. [11]

Існує два основні типи датчиків МАФ: датчики на основі гарячого дроту та датчики на основі гарячої плівки. Обидва типи працюють за схожим принципом, але відрізняються конструкцією та матеріалами, що використовуються.

Датчик МАФ з гарячим дротом складається з тонкого платинового дроту, який розміщується в потоці повітря. Для роботи датчика дріт нагрівається до певної температури, що перевищує температуру повітря, яке надходить в двигун. Коли потік повітря проходить через дріт, він його охолоджує, і для підтримання постійної температури електронний блок керування (ЕБУ) регулює величину струму, що протікає через дріт. Чим більше маса повітря, тим інтенсивніше охолоджує дріт, і для компенсації цього охолодження необхідно збільшити струм. Таким чином, сила струму прямо пропорційна масовій витраті повітря.

Датчики на основі гарячої плівки працюють подібно, але замість дроту використовується тонка плівка, зазвичай виготовлена з платини або нікелю. Плівка нагрівається до температури, що значно перевищує температуру повітря, і охолоджується, коли повітря проходить через неї. Як і в датчиках з гарячим дротом, струм, що підтримує температуру плівки, пропорційний масовій витраті повітря. Такий принцип роботи дозволяє точно вимірювати кількість повітря, що надходить у двигун. [12]

Однією з основних переваг МАФ-датчиків є їх висока чутливість до змін потоку повітря. Це особливо важливо під час різких змін швидкості або навантаження на двигун, таких як прискорення чи підйом на пагорб. У таких випадках датчик миттєво реагує на збільшення об'єму повітря і передає ці дані в ЕБУ, що дозволяє йому оперативно відрегулювати подачу палива для досягнення оптимальної роботи двигуна.

Сучасні датчики МАФ забезпечують лінійний вихідний сигнал, що спрощує обробку даних. Лінійний вихід означає, що зміни маси повітря пропорційно змінюють вихідний сигнал, що дозволяє більш точно регулювати кількість палива, що подається. Це значно покращує ефективність згоряння палива, знижує витрату пального і підвищує потужність двигуна.

Ще однією важливою характеристикою є стійкість датчиків до перепадів температур і забруднень. Модерні датчики можуть працювати в широкому температурному діапазоні, що важливо для двигунів внутрішнього згорання, які можуть досягати високих температур під час роботи. Крім того, датчики MAF повинні бути стійкими до забруднень, таких як пил або вуглець, які можуть накопичуватися на елементах датчика і знижувати точність вимірювань. Неточні дані, отримані від датчика, можуть призвести до підвищення витрати палива, зниження потужності двигуна, збільшення викидів і навіть виходу двигуна з ладу.

Загалом, датчик MAF є важливим елементом системи керування двигуном, оскільки він впливає на оптимальну роботу двигуна, ефективність згорання палива та економію пального. Для забезпечення належної роботи датчика необхідно здійснювати регулярне технічне обслуговування, що дозволить підтримувати його в хорошому стані і запобігти потенційним проблемам, пов'язаним з його працездатністю.

3.6.1 Основні характеристики MAF

Датчики масової витрати повітря (MAF) є важливим елементом автомобільної електроніки, впливаючи на точність та ефективність роботи двигуна. Однією з ключових характеристик є чутливість, що дозволяє датчику точно реагувати на навіть незначні зміни витрати повітря, що забезпечує стабільну подачу палива та оптимальне співвідношення паливо-повітряної суміші.

Температурна стабільність датчика є важливою для забезпечення точності вимірювань у різних умовах. Використання матеріалів, як платина і нікель, забезпечує стійкість до температурних коливань. Датчик може передавати аналоговий або цифровий сигнал в ЕБУ для подальшої обробки.

Також важливою є швидка реакція датчика на зміни в продуктивності двигуна, що дозволяє своєчасно регулювати подачу палива під час різких прискорень або гальмувань. Сучасні моделі датчиків мають фільтри і покриття для захисту від забруднень, що збільшує їхній термін служби.

Лінійність вихідного сигналу спрощує обробку даних та підвищує точність контролю паливно-повітряної суміші. Для високопродуктивних автомобілів важливий великий діапазон вимірювання, щоб уникнути неточностей при інтенсивній експлуатації. Датчики також повинні бути стійкими до механічних навантажень, таких як вібрації та удари, що гарантує їхню довговічність та надійність.

В таблиці 3.1 наведено порівняння характеристик MAF-датчиків різних типів.

Таблиця 3.1 – Порівняння характеристик MAF-датчиків різних типів [13]

Характеристика	Датчик на основі гарячого дроту	Датчик на основі гарячої плівки	Вихровий датчик
Чутливість	Висока	Висока	Середня
Температурна стабільність	Висока	Висока	Середня
Вихідний сигнал	Аналоговий/цифровий	Цифровий	Цифровий
Швидкість реакції	Висока	Висока	Помірна
Стійкість до забруднення	Відносно низька	Вища	Висока
Лінійність сигналу	Висока	Висока	Низька
Діапазон вимірювань	Широкий	Широкий	Обмежений середнім об'ємом
Стійкість до механічних впливів	Висока	Висока	Помірна

3.6.2 Схема підключення датчика MAF в системі автомобіля

Датчик масової витрати повітря (MAF) зазвичай розташовується між повітряним фільтром і впускним колектором двигуна, підключаючись до електронного блоку управління (ЕБУ). Він вимірює кількість повітря, що надходить у двигун, і передає ці дані в ЕБУ для регулювання подачі палива, що забезпечує оптимальну паливо-повітряну суміш.

Основні компоненти схеми підключення MAF:

- Датчик MAF – вимірює об'єм повітря, що проходить через впускний колектор. Він може бути аналоговим або цифровим, залежно від конструкції автомобіля.
- Електронний блок управління (ЕБУ) – отримує сигнал від датчика та обробляє його для коригування подачі палива, що впливає на ефективність згоряння і потужність двигуна.
- Джерело живлення (акумулятор) – забезпечує живлення для датчика та ЕБУ, що необхідне для нормальної роботи системи.
- Система заземлення – забезпечує стабільну роботу датчика, запобігає електричним проблемам і зменшує вплив електромагнітних перешкод. [14]

Типовий MAF-датчик має 4-6 контактів (піни) зображених на рисунку 3.1, кожен з яких виконує певну функцію:

1. VCC або Power (+12 В) – подача живлення на датчик MAF. Напруга звичайно складає 12 В (рідше 5 В для деяких моделей).
2. Ground (маса) – заземлення, яке з'єднує датчик MAF з масою автомобіля, забезпечуючи стабільність роботи.
3. Signal Out (вихідний сигнал) – основний вихідний сигнал датчика, який передає інформацію про масову витрату повітря в аналоговому або цифровому вигляді на ECU.
4. Температурний датчик (якщо є) – окремий вихід для передачі інформації про температуру повітря, яка враховується ECU для точного дозування палива.

5. Калібрувальний або діагностичний контакт (якщо є) – деякі датчики можуть мати додаткові піни для діагностики або калібрування. [15]

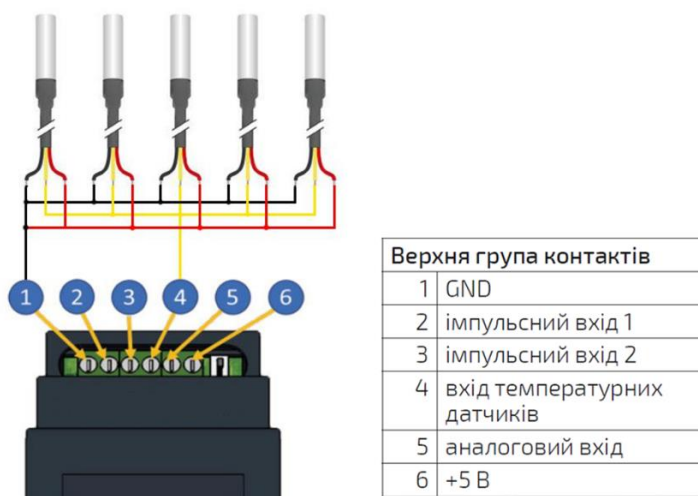


Рисунок 3.1 – Схема підключення MAF-датчика [15]

3.6.3 Порівняння роботи справного та несправного MAF-датчика

Справний датчик MAF забезпечує електронний блок управління (ЕБУ) постійною і точною інформацією про масову витрату повітря, що дозволяє двигуну працювати більш ефективно. Несправність датчика MAF призводить до порушення складу паливно-повітряної суміші, що, серед іншого, спричиняє підвищену витрату палива, зниження потужності двигуна і збільшення викидів шкідливих речовин в атмосферу. В таблиці 3.2 наведені порівняльні характеристики справного та несправного MAF-датчика. Таблиця 3.3 демонструє як змінюються показники при несправному MAF-датчику.

Таблиця 3.2 – Симптоми справного та несправного MAF-датчика

Характеристика	Справний датчик MAF	Несправний датчик MAF
Склад паливно-повітряної суміші	Оптимальна, правильний баланс	Нестабільний, може бути багатою або бідною

Характеристика	Справний датчик МАФ	Несправний датчик МАФ
Рівень викидів	Нормальний, у межах норми	Підвищений, перевищує допустимі значення
Витрати палива	Нормальні, економічні	Збільшені через неправильну суміш
Стабільність роботи двигуна	Стабільна на всіх режимах	Нестабільна, двигун може глохнути
Прискорення	Плавне та швидке	Затримки, втрата потужності при розгоні
Код помилки на ECU	Відсутній	Часто з'являється код помилки (P0101, P0102, P0103)

Таблиця 3.3 – Порівняльна таблиця показників справного і несправного МАФ-датчика при діагностиці

Параметр	Справний МАФ-датчик	Несправний МАФ-датчик
Вихідний сигнал	Стабільний, плавний графік сигналу, що зростає при збільшенні обертів двигуна	Нестабільний сигнал, переривчастий або фіксоване значення
Напруга сигналу	0,5-4,5 В (в залежності від навантаження)	Або занадто низька (0 В), або занадто висока (5 В), або фіксована
Вимірювання повітряного потоку	Відповідає номінальним значенням у таблиці	Низький потік при обертах або постійне значення
Показники витрати палива	Знаходяться у допустимих межах	Зростають приблизно на 10-30%
Температура повітря (якщо вимірює)	Відповідає температурі навколишнього середовища	Некоректні показники або відсутні

3.6.4 Графічні показники справного і несправного МAF-датчика

На рисунку 3.2 зображені графіки вихідної напруги/часу для правного і несправного датчику. Графік справного датчику (рис. 3.2 а) можна описати наступним чином: сигнал справного датчика має плавний, періодичний характер, що свідчить про коректну роботу; вихідна напруга коливається в межах, які відповідають змінам масової витрати повітря. Щодо несправного датчику (рис. 3.2 (б)) сигнал показує значні коливання, з шумами та непередбачуваними змінами. Це вказує на проблеми з вимірюванням та може призвести до неправильної роботи двигуна.

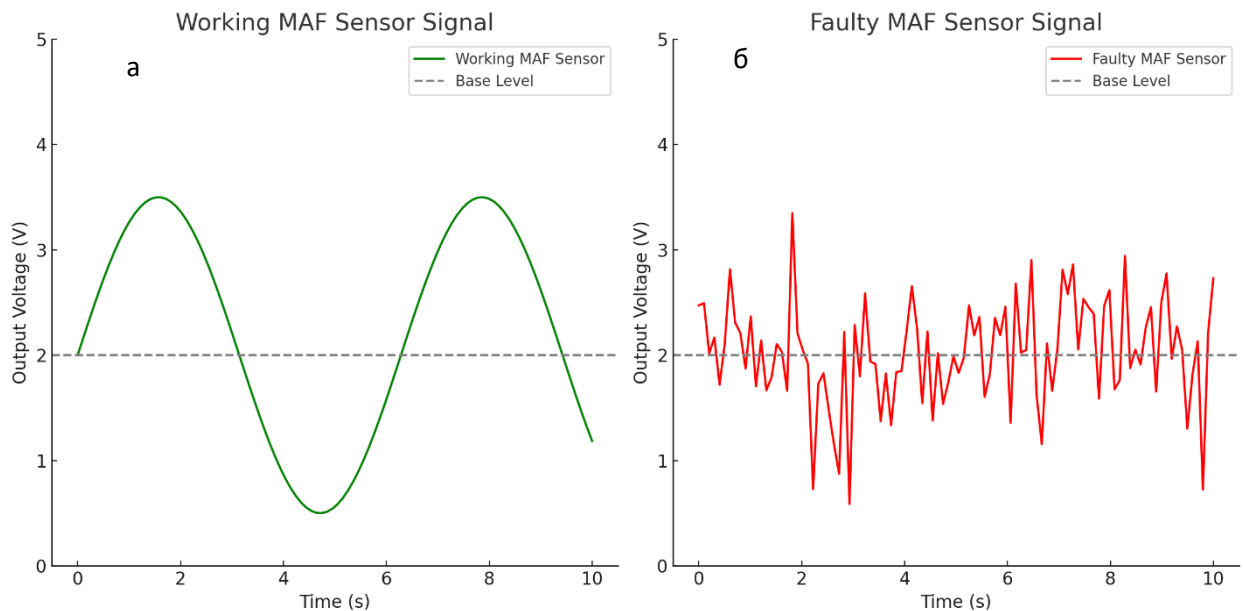


Рисунок 3.2 – Графіки вихідна напруга/час

На рисунку 3.3 показані графіки вихідної напруги/обертів двигуна при справному та несправному датчику МAF. Графік роботи справного датчика МAF (рис. 3.3.(а)) показує, що вихідний сигнал справного датчика плавно зростає в міру збільшення обертів двигуна, демонструючи лінійну залежність. Сигнал коливається в межах від 0,5 до 4,5 В, що є нормою для справного датчика.

Щодо графіку роботи несправного датчика МAF (рис. 3.3(б)). Графік демонструє фіксовану напругу (0,5 В) до 3000 об/хв, після чого сигнал різко зростає

до 5 В. Це свідчить про те, що датчик не реагує на зміни обертів двигуна, що вказує на його несправність.

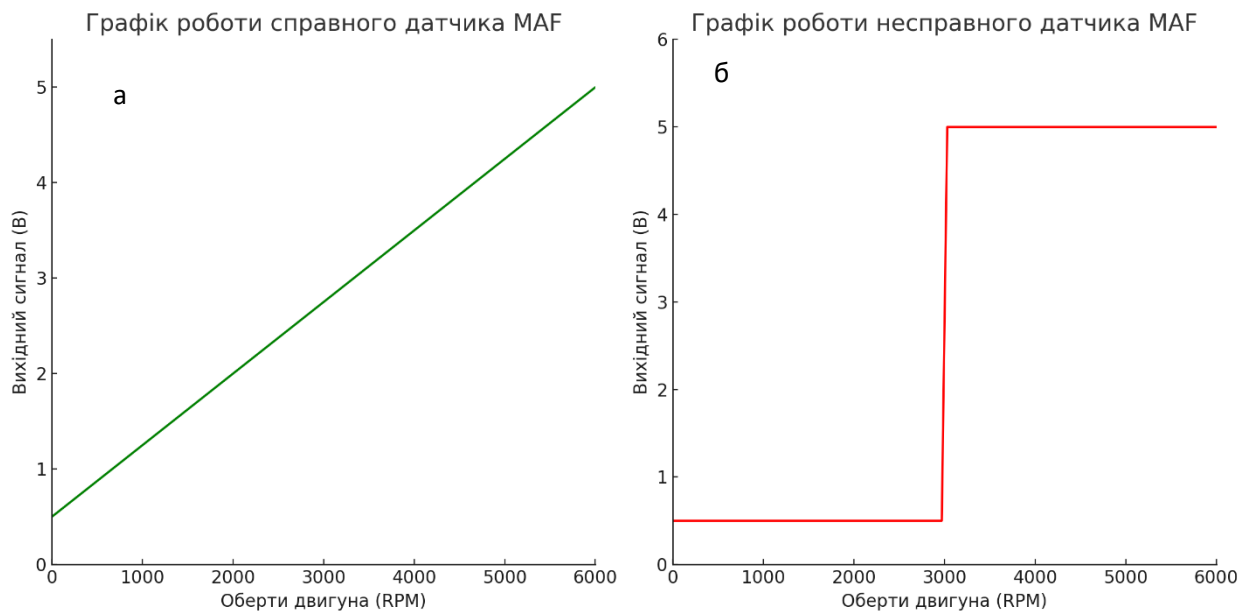


Рисунок 3.3 – Графіки вихідна напруга/оберти двигуна

Ці графіки наочно демонструють різницю між роботою справного та несправного датчика MAF, що підкреслює важливість моніторингу їх стану для забезпечення стабільної роботи автомобільного двигуна.

ВИСНОВКИ

1. Показано, що сучасні автомобільні контрольно-вимірювальні системи відіграють ключову роль у забезпеченні ефективності, безпеки та комфорту транспортних засобів. Дослідження підтвердили важливість інтеграції сенсорних систем для підвищення продуктивності та зниження екологічного впливу.

2. Одержано експериментальні дані, які демонструють переваги використання індуктивних, ємнісних, п'єзорезистивних і магніторезистивних датчиків у сучасних автомобільних системах. Зокрема, досліджено ефективність датчика масової витрати повітря (MAF) у забезпеченні оптимального складу паливно-повітряної суміші.

3. Установлено, що несправності сенсорів, зокрема MAF, суттєво впливають на ефективність роботи двигуна, збільшуючи витрати палива та рівень викидів. Графічний аналіз показників підтвердив необхідність регулярного технічного обслуговування сенсорних систем.

4. Доведено, що застосування інтегрованих систем керування дозволяє оптимізувати взаємодію між різними підсистемами автомобіля. Це забезпечує точність діагностики, зменшує час реагування систем безпеки та покращує загальну надійність транспортного засобу.

5. Рекомендовано впроваджувати новітні сенсорні технології та алгоритми обробки даних, які покращують точність вимірювань та стабільність роботи автомобільних систем в умовах змінного навантаження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Система управління двигуном. «В точку». https://v-tochku.com.ua/ua/manual/chery_tiggo_rukovodstvo_po_ekspluatacii_tehnicheskomu_o_bsluzhivaniyu_i_remontu/systema-upravleniya-dvigatelem-t11/ .
2. Електронний блок управління ЕБУ ІТЕЛМА 21127-1411020-22. <https://avtoelektrika.com.ua/ua/p881739279-elektronnyj-blok-upravleniya.html> .
3. Wolf M. Electronic Control Unit. Computer Science. <https://www.sciencedirect.com/topics/computer-science/electronic-control-unit> .
4. АБС - антиблокувальна система (ABS): що це, значення, принцип роботи. AUTO.RIA. <https://auto.ria.com/uk/terms/abs-antiblokirovochnaya-sistema-abs/> .
5. Що таке система ESP? <https://www.carwow.com.ua/shcho-take-systema-esp/> .
6. Юрченко О. Ю. Вплив систем пасивної безпеки автомобілів на безпеку дорожнього руху. Харківський Науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України. <http://eoi.citefactor.org/10.11232/2663-4139.13.04> .
7. Кукурудзяк Ю. Ю. Система моніторингу технічного стану автомобільного двигуна. Вінниця, 2017. <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/16536/Система%20моніторингу%20технічного%20стану%20автомобільного%20двигуна.pdf?sequence=1&isAllowed=y> .
8. BasuMallick C. ADAS working, types, applications. Spiceworks Inc. <https://www.spiceworks.com/tech/iot/articles/what-is-adas/> .
9. Електронні системи керування транспортними засобами : конспект лекцій / О. М. Артюх та ін. Запоріжжя : «Запорізька політехніка», 2020. - 80 с. <https://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi73/0054404.pdf> .
10. Мікропроцесорні сенсори: конспект лекцій. Суми : СумДУ, 2013. – 102 с. https://ezpf.elit.sumdu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/01/ПОСІБНИК_МС-текст-1.pdf .
11. How do maf sensors work?. How Do Work. <https://howdowork.com/auto/engine/maf-sensors-working/> .

12. Mass Air Flow Sensor (MAF): What It is, Replacement & Working. JAK ELECTRONICS. <https://www.jakelectronics.com/blog/mass-air-flow-sensor> .

13. Air Flow Sensor : Working, Types, Interfacing & Its Applications. WatElectronics.com. <https://www.watelectronics.com/air-flow-sensor/> .

14. MAF Sensor : Understanding the Mass Air Flow Sensor and Its Role in Your Engine. Auto-OBD.com. <https://auto-obd.com/maf-sensor> .

15. Принцип роботи датчика витрати повітря MAF Sensor. AvtoAd. <https://avtoad.com.ua/base/princip-roboti-datchika-vitrati-povitra-maf-sensor><https://avtoad.com.ua/base/princip-roboti-datchika-vitrati-povitra-maf-sensor> .