

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ З ДИСЦИПЛІНИ
«МЕХАТРОНІКА»

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»
галузь знань 27 «Транспорт» очної та заочної форм навчання

Затверджено:
редакційно-видавничою секцією
науково-методичної ради ДДТУ
протокол №6 22.06.2023 р.,

Кам'янське
2023

Росповсюдження і тиражування без офіційного дозволу Дніпровського державного технічного університету **заборонено**

Конспект лекцій з дисципліни «МЕХАТРОНІКА» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» галузь знань 27 «Транспорт» очної та заочної форм навчання / Укладач. д.т.н., професор Серeda Б.П., Кам'янське, ДДТУ, 2023 р., - 123 с.

Укладач: Б.П. Серeda, д.т.н., професор,
Відповідальний за видання: Б.П. Серeda, зав.каф. ААГ, д.т.н., проф.
Рецензент: О.Г. Чернета, к.т.н., доцент кафедри ААГ
Затверджено на засіданні кафедри ААГ,
Протокол № 8 від 07.06.2023 р.

Коротка анотація видання Приведений конспект лекційного матеріалу, вивчення якого передбачене відповідності до ОПП за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» галузь знань 27 «Транспорт» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, затвердженою зі змінами і доповненнями Вченою радою ДДТУ (Наказ №285 від 25.05.2023 р.). Конспект укладено з використанням джерел [1-5].

ЗМІСТ

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. МЕХАТРОНІКА НОВИЙ ПІДХІД ПОБУДОВИ МАШИН.....	5
ТЕМА 1 Тенденції розвитку автомобільного бортового електричного та електронного устаткування	5
ТЕМА 2 Системи керування мехатронними пристроями	11
ТЕМА 3 Електронне управління автомобільним двигуном	41
ТЕМА 4 Функціональні перетворювачі в мехатронних автомобільних системах.....	56
ЗМІСТОВИЙМОДУЛЬ 2 . МОДЕЛЮВАННЯ, КОНСТРУЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ МЕХАТРОННИМИ СИСТЕМАМИ АВТОМОБІЛІВ	62
ТЕМА 5 Спеціалізовані бортові системи автомобілів	62
ТЕМА 6. Автомобільні мультиплексні системи передачі інформації.....	88
ТЕМА 7 Протокол CAN для автомобільних мультиплексних систем	106
ТЕМА 8. Мехатронічні системи управління курсовою стійкістю автомобіля.....	116
ЛІТЕРАТУРА.....	124

ВСТУП

Автомобільна промисловість відіграє провідну роль у індустрії будь-якої країни і визначає рівень його економічного розвитку. Разом з тим завдання виробництва автомобілів залежить від споживчого попиту. У першій половині ХХ ст. в нашій країні головне завдання полягало в організації масового виробництва автомобілів з це - наливаю забезпечення потреб народного господарства. До автомобілів в першу чергу пред'являлися вимоги надійності, довговічності і міцності конструкції з урахуванням особливостей наших дорожніх умов і одночасно невисокої вартості. Тому наші автомобілі відрізнялися конструктивною простотою і на них встановлювалося тільки електричне обладнання. У другій половині ХХ ст. індустріально-економічний рівень і наукові досягнення суттєво зросли. Це дозволило враховувати такі споживчі вимоги, як підвищення рівня безпеки автомобіля, екологічність і комфорт управління шляхом ускладнення конструкції, що призвело до його подорожчання. Розвиток електронної промисловості дало можливість вирішувати зазначені завдання шляхом впровадження в автомобіль спочатку порівняно простих вузлів і приладів з електронними елементами. В даний час ми вже не можемо уявити собі виробництво автомобіля без достатньо складних електронних систем автоматичного, управління інжекторними двигунами, антиблокувальними і противобуксовочними гальмівними пристроями, динамічної і курсовою стійкістю, протиугінними пристроями, системами конденсації та ін.

Сучасна наука про автомобільний бортовому обладнанні розвивається у двох напрямках:

В напрямку пошуку способів поліпшення параметрів і характеристик існуючих пристроїв, систем, апаратів та приладів. В напрямку розробки нових функціональних вузлів, систем і блоків для потреб автоматизації та механізації процесів на автомобілів.

Другий напрямок стало можливим завдяки досягненням в області напівпровідникової і мікроелектронної технології. В першу чергу на автомобілі з'явилися такі нові системи:

Мікропроцесорні системи запалювання;

Системи упорскування палива для бензинових двигунів;

Системи очищення вихлопних відпрацьованих газів (ОГ);

Системи автоблокування гальм;

Системи допоміжної механізації в пристроях комфортні призначення.

Сукупність систем автомобільної бортової автоматики отримала назву «Автотроне обладнання» або «Автотроніка».

Компонентами автотронного обладнання можуть бути пристрої:

Електричні; Електронні; Електронно-обчислювальні;

Механічні;

Пневматичні;

Гідравлічні та ін.

З цієї причини автотронні системи прийнято класифікувати за основним функціональним призначенням:

- навісне обладнання:

Система електропостачання;

Система електростартерного пуску двигуна;

Система електроіскрового запалювання;

Система паливного харчування з підсистемою випуску ОГ;

- комфортне обладнання:

Внутрішнє освітлення та опалення;

Вентиляція та кондиціонування з підсистемою електро підігрів сидінь;

Електроприводи склопідіймачів, люка на даху, радіоан-тінни;

Центральний замок дверей;

Прикурювача;

Засоби протиаварійного захисту водія і пасажирів;

Засоби теле-аудіо-відео-радіо та телефонного зв'язку;

- функціональне обладнання:

Зовнішнє освітлення і сигналізація;

- Контрольно-вимірювальні прилади; Склоочисники і склообмивачі;
- Зовнішні дзеркала; Електропривід та електропідігрів зовнішніх дзеркал заднього виду;
- механічне або гідравлічне обладнання трансмісії і ходової частини. В останні роки механічне або гідравлічне обладнання автоматизуються із застосуванням електронного управління.

Таким чином, автотронная система - це бортовий комбінований комплекс автоматичного управління, що включає різні технічні пристрої, з'єднані в єдине ціле для виконання конкретного неелектричного дії. Наприклад, автотронная система уприскування палива - це комплекс, що включає:

- Електронний блок управління уприскуванням;
- Електричну схему з'єднань;
- Вхідні датчики, що працюють від неелектричних сигналів первинних датчиків;
- Неелектричні датчики з механічними з'єднувачами;

Вихідні виконавчі пристрої неелектричного принципу дії (форсунки, гідравлічні та пневматичні клапани);

Механічний пристрій регулювання частоти обертання колінчастого вала при роботі двигуна на холостому ходу.

Електроніка застосовується на автомобілі у випадках, коли потрібно невеликий енергетичний рівень: фіксація, перетворення, оброблення, передавання, запам'ятовування, обчислення або кодування інформації.

Там де потрібен високий рівень енергетичних перетворень-ний, використовуються електротехнічні пристрої.

Головною особливістю автотронної системи є обов'язкове наявність у її складі електронного блоку управління (ЕБУ) усіма іншими компонентами системи. ЕБУ може працювати як в аналоговому, так і в дискретному або цифровому режимі, але він завжди має справу з електричними сигналами.

Для узгодження сигналів і впливів, що мають різну енергетичні природу, ЕБУ по входу оснащений перетворювачами не електричних впливів в електричні сигнали (вхідні датчики).

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. МЕХАТРОНІКА НОВИЙ ПІДХІД ПОБУДОВИ АВТОМОБІЛІВ

ТЕМА 1 ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ АВТОМОБІЛЬНОГО БОРТОВОГО ЕЛЕКТРИЧНОГО ТА ЕЛЕКТРОННОГО УСТАТКУВАННЯ

Лекція 1. Тенденції розвитку автомобільного бортового електричного та електронного устаткування

1.1 Перспективи розвитку електричного та електронного устаткування

Тенденції розвитку автомобільного бортового електричного і електронних приладів

Сучасний автомобіль складається з чотирьох основних агрегатів: двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ), кузова, шасі і ходової частини. Ці агрегати складаються із різних функціональних систем, що забезпечують виконання головної функції автомобіля перевезення вантажів і пасажирів. Щоб транспортування було безпечними, а пасажиром і комфортним, щоб агрегати, вузли, блоки, системи працювали безвідмовно, автомобілем широко використовуються електротехнічні пристрої і засоби електронної автоматики.

Останніми роками технічна оснащеність автомобілів електронною бортовою автоматикою значно зростає.

Нещодавно мікропроцесорні системи запалювання, електронні системи управління гідравлічними гальмами, системи впорскування бензину, бортова самодіагностика вважалися останніми досягненнями у сфері автомобільного апарато- і приладобудування. Тепер їх відносять до класичних системх і встановлюють на кожен серійний автомобіль.

На сьогодні наново розроблювані моделі автомобілів додатково починають встановлювати цілком нетрадиційні бортові автоматичні системи, до яких належать: інформаційна система водія з мікропроцесорним забезпеченням; супутникова навігаційно-пошукова система; радарні і ультразвукові системи захисту автомобіля від зіткнення і викрадення; системи підвищення

безпеки і комфорту людей салони; система круїз-контролю; система «електронна карта»; мультиплексний електропровід.

Паралельно проводяться пошуки ефективніших комп'ютерних технологій обробки інформації в бортових електронних системах. Розроблені та вже знаходять застосування звані лінгвістичні функціональні перетворювачі, працюючі з нечіткими підмножинним лінгвістичних змінних, виражених окремими словами чи цілими пропозиціями природній (англійській) чи штучній (комп'ютерній) мові. При деякому ускладненні логічних і арифметичних операцій на мікро-ЕВМ це дозволяє підвищити точність і швидкість обробки сигналів. Як наслідок, значно ускладнився інтерфейс і виникла потреба у введенні CAN-протоколу в мультиплексу систему.

На базі електронних систем автоматичного управління двигуном (ЕСАУ-Д) і гальмами (ЕСАУ-Т) розроблено й вже застосовується гіроскопічна система VDC підвищення курсової стійкості автомобіля на дорозі за скрутних умов руху. Система VDC працює за принципом запрограмованого під позаштатні умови руху спільного на крутний момент ДВЗ (через систему ASR) Водію у разі відводиться роль активного спостерігача, контролюючого і корегуючого поведінку автомобіля.

Інтенсивно ведуться наукові дослідження можливості застосування електромагнітних клапанів з електронним управлінням у газорозподільному механізмі (ГРМ) поршневого ДВЗ. Ідею замінити класичні механічні клапани електромагнітними ще в 50-х рр. ХХ ст. запропонував професор Московського автомобільно-дорожнього інституту (МАДІ), доктор технічних наук Володимир Митрофанович Архангельський. Що ж це насправді дає поршневому ДВЗ, добре відомо теоретично [24]. Але практична реалізація ідеї виявилася виключно трудомістким завданням, над рішенням якої працюють фахівці багатьох закордонних фірм і вітчизняні розробники. Теоретичні і експериментальні дослідження вже завершено. Тепер йдуть розробки конструкторських варіантів виконання ГРМ з електромагнітними клапанами.

1.2 Розвиток і удосконалення автотронних систем

Поруч із удосконаленням автомобільних бензинових ДВЗ дедалі більше активізуються робота зі створенню екологічно чистих силових установок для електромобілів. Вважають, що гідною заміною міському автомобілю може бути гібридний електромобіль, електронні системи управління яким теж належать до сучасних новацій у сфері автомобілебудування.

За сучасних умов глобальною вимогою до новітніх автомобільних електричних і електронних систем є неухильне виконання міжнародних стандартів OBD-II (США) і EOBD-II (EU), які теж продовжують вдосконалюватися.

- Крім специфіки виконуваних функцій новітні системи автомобільної бортової автоматики кардинально відрізняються від класичних, суто електронних систем широким розмаїттям принципів дії які входять у їх складові підсистеми. Залежно від розв'язуваної задачі до нової системи в якості основних компонентів можуть входити як електричні і електронні вузли і блоки, а й механічні, гідравлічні, світлооптичні, ультразвукові й будь-які інші пристрої, які мають неелектричну природу функціонування. Їх роль в реалізації заданої функції управління головна, хоча всі інформаційні процеси у системі реалізуються па рівні електронних блоків управління (ЕБУ), а новітніх системах — в бортових мікропроцесорах. Такі великі складові комплекси управління неспроможні віднести ні до з механічних, ні до електричних, ні до електронних, ні з будь-якою іншою «чистою» за принципом дії системою. У цьому новітні системи автомобільної бортової автоматики, встановлювані на концептуальні автомобілі, отримали повна назва — автотронні системи [3].

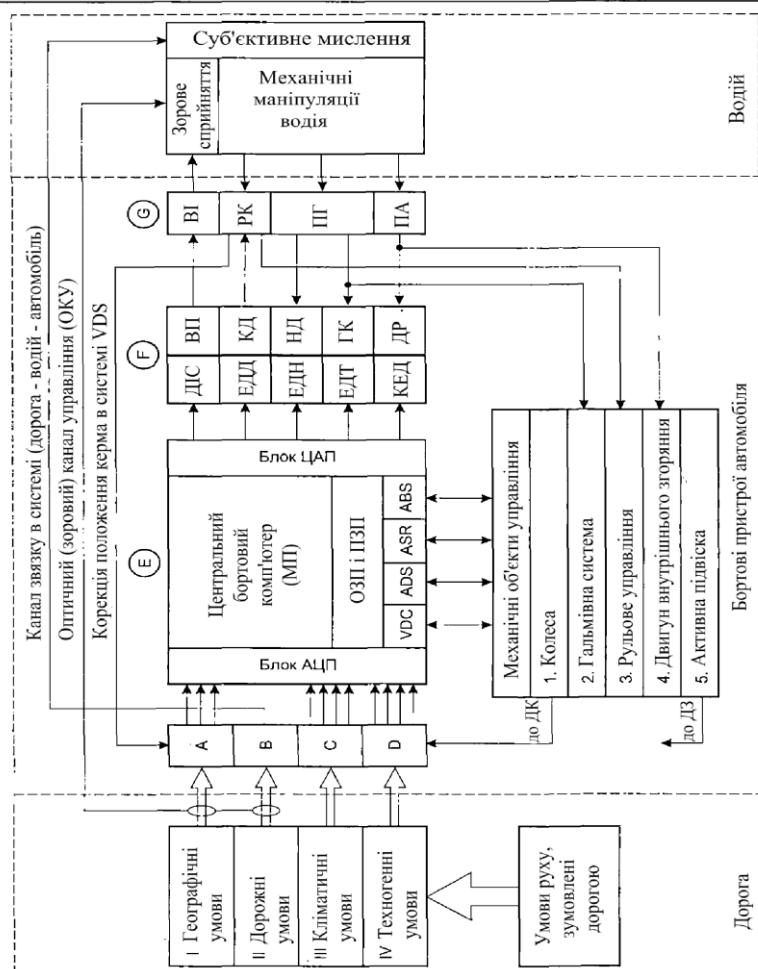
1.3 Автотронна система керування курсовою стійкістю руху автомобіля

Автотронна система, керуючи неелектричними процесами через неелектричну периферію на виході, сама управляється від сигналів, які мають неелектричну природу, створених неелектричною вхідною периферією.

- Наприклад, автотронна система VDC (управління курсової стійкістю автомобіля), функціональні взаємозв'язки якої з водієм та дорогою показані на рисунку 1.1 використовує у ролі вхідної інформації швидкість руху, кути нахилення кузова, різницю частот обертання коліс, кут повороту керма, атмосферні умови, а в деяких варіантах — тиск у шинах та стан дорожнього

покриття.

Опис умовних позначень на рисунку 1.1.



I Географічні умови: звивистість дороги, спуски, підйоми, повороти, перехрестя доріг, переїзди.

II Дорожні знаки: тип дорожнього покриття (гравій, бетон, асфальт); асфальт сухий, мокрий, зледенілий; освітлення дороги; щільність транспортного потоку.

III Кліматичні умови: атмосферні - температура, вологість, тиск; температура асфальту.

IV Техногенні умови: зчеплення коліс з дорогою за станом протекторів шин; швидкість обертання коліс; швидкість шастання; бічне ведення автомобіля, бокове ведення коліс, бічне прискорення.

V

A Блок датчиків: кута повороту керма; кута повороту кузова автомобіля навколо вертикальної осі (гіроскоп); бічного прискорення.

B. УРВ — управляючі реакції водія, є відгуком суб'єктивного мислення на дорожні умови руху; виявляються індивідуально залежно від фізичного й психічного стану людини.

C. Блок датчиків: температури, тиску, вологості у атмосфері, температури асфальту (по тиску в шинах).

D. Блок колісних датчиків (ДК) ABS і вичислених в ЕБУ системи VDC неелектричних вхідних параметрів — μ , ϕ , α , β , δ , ν (див. далі рисунок 8.5).

E. Центральний бічний комп'ютер (мікропроцесор МП), куди інтегровані всі логічні обчислювальні функції чотирьох автоматичних систем управління VDC, ADS, ASR, ABS. Містить оперативну (ОЗУ) і постійну (ПЗУ) пам'ять, а також вхідні аналого-цифрове (АЦП) і вихідні цифроаналогові (ЦАП) перетворювачі.

F. Блок кінцевих перетворювачів електричних сигналів в неелектричні впливу:

а) ДІС/ВІП — драйвери інформаційної системи водія (ДІС) і візуальний перетворювач (ВІП) електричного сигналу в оптичне зображення;

б) ЕДД/КД — електродвигун (ЕДД) і клапан (КД) демпфірування активної підвіски (системи ADS);

в) ЕДН/НД — електродвигун (ЕДН) і нагнітач (НТ) високого тиску у системі VDC;

г) ЕДТ/ГК — електродвигун (ЕДТ) і гідро-клапани (ГК) системи ABS;

д) КЕД/ДР — кроковий електродвигун (ШЕД) і дросельна заслінка (ДЗ) системи ASR.

Г. Блок водійських органів управління: ВІ — візуальні індикатори (стрілочні, електронні, дисплей тощо.); РК — рульове кермо; ПГ — педаль гальма; ПА — педаль акселератора (газу).

Усе це неелектричні прояви умов руху автомобіля, які з допомогою вхідних неелектричних перетворювачів переробляються в неелектричні інформаційні сигнали:

швидкість руху — в кругову частоту обертання коліс; кути вертикального нахилення — в механічні переміщення інерційних елементів в гіроскопічному пристрої; кут повороту керма — в рух (поворот) світломодуючого (кодуючого) диска; тиск у шинах — в прогин пружної мембрани тощо.

Отримані в такий спосіб неелектричні інформаційні сигнали у вигляді вхідних датчиків (рисунок 1.1, поз. А, С, D) перетворюються на електричні сигнали: поворот кодуючого диска на рулі — у цифровій електричній код; кругова частота обертання коліс — в послідовність електричних імпульсів з мінливою частотою прямування; переміщення інерційних елементів гіроскопа, пружиною мембрани датчика тиску — в аналогові електричні сигнали, які далі з допомогою аналогово-цифрових перетворювачів (АЦП) переробляються в цифрові електричні сигнали, придатні подачі на вхід мікропроцесора МП.

Мікропроцесор — це центральний орган управління (мозок) автотронної системи. Його головна функція залежить в перетворенні електричних інформаційних сигналів про умову руху автомобіля, отримані від вхідної периферії, в електричні сигнали управління, які несуть інформацію про інтенсивність і послідовність неелектричних впливів на неелектричні органи керування. Така інформація формується в мікропроцесорі у виді кодових послідовностей електричних імпульсів, які для безпосереднього управління неелектричними органами непридатні.

Для узгодження енергетичних рівнів без порушення інформаційного змісту навиході мікропроцесора реалізується зворотне перетворення інформаційних сигналів з цифрового в аналогову форму. Цю функцію виконують цифро-аналогові перетворювачі (ЦАП), які одночасно є підсилювачами потужності аналогових електричних сигналів.

Щоб виконувати керований неелектричний вплив на неелектричні керівні органи, за ЦАПами встановлюються по закінченню перетворювачі електричних сигналів в механічні чи будь-які інші неелектричного впливу. Кінцеві перетворювачі (блок F на рисунку 1.1) є вихідними виконавчими пристроєм авто-тронної системи, однак не є її інформаційним закінченням. На відміну від електронної системи авто-тронна система включає до свого складу і неелектричні об'єкти управління, що є кінцевим споживачами інформації. Що стосується аналізованої системи управління стійкістю руху автомобіля, кінцевими споживачами інформації являються: система подачі палива на двигун 4, гальмівна система 2 автомобіля і інформаційна система водія з візуальними індикаторами (ВІ) і оптичним (зоровим) каналом

управління (ОКУ). Ці три системи являють собою виконавчу периферію авто-тронної системи, яка (периферія) під автоматичним управлінням мікропроцесора, при вкрай обмеженій (у вигляді корекції становища керма) участі водія, забезпечує найоптимальніший режим руху автомобіля у непростих дорожніх умовах або в аварійній ситуації (докладніше система VDC описано на главі 8).

1.4 Автотронне керування насос-форсунками системи впорскування палива

- Інший приклад — авто-тронне управління насос-форсунками, які використовуються у системах впорскування бензину під великим тиском у камеру згоряння для реалізації внутрішнього сумішоутворення. Починаючи з 2000 року такі форсунки стали встановлюватися в двигунах експериментальних легкових авто у фірми TOYOTA (Японія).

Насос-форсунка (рисунок 1.2), будучи гідромеханічним пристроєм, наводиться на дію від кулачка 10 розподільного валу ДВЗ, а управляється від електронної системи S авто-тронного управління впорскуванням (ЕСАУ-В) у вигляді швидкодіючого електрогідравлічного клапана 2.

Насос-форсунка є яскравим прикладом компонента який входить в склад авто- тронної системи. Вхідними неелектричними сигналами тут служать: частота обертання і кутове становище розподільного валу; абсолютний тиск (розрідження) у впускному колекторі; температура двигуна і положення водійської педалі газу. Ці неелектричні величини за допомогою відповідних датчиків і АЦП перетворюються на число- імпульсну послідовність електричних сигналів і подаються на вхід мікропроцесора ЕСАУ-В. У мікропроцесорі шляхом

математичного опрацювання вхідних сигналів відбувається формування послідовності управляючих імпульсів для електрогідравлічного клапана насос-форсунки.

У даному випадку ЦАП на виході мікропроцесора не застосовується, але управляючі імпульси підсилюються в підсилювачі потужності і подаються на обмотку електромагніта гідроклапана 2. Гідроклапан представляє вихідний виконавчий пристрій автотронної системи. Проте об'єктом управління являється не гідроклапан, а точно відміряна щодо маси і розподілений за часом струмінь 21 розпиленого бензину, яка надходить в об'єм циліндра через дисковий запірний клапан 17 форсунки. Управління струменем дозволяє отримати так званий пошаровий впрыск бензину, суть якого полягає у суворо

— перепускний канал з порожнини плунжерного насоса в порожнину форсунки; дозований подачі палива окремими порціями і у суворо визначений час. За один цикл впорскування бензин подається не суцільним однорідним струменем, як у звичайній форсунці з електронним управлінням, а кількома частинами, кожна з яких утворює «свій» коефіцієнт надлишку повітря ρ . У обсязі циліндра утворюється пошарова структура ПП-суміші з різною концентрацією компонентів. Перевага прямого пошарового впорскування бензину у тому, що у перший момент запалення у зоні центрального електрода 19 свічки запалювання 18 має місце стехіометрична (нормальна) ПП-суміш з коефіцієнтом $\rho=1$, яка легко займається. Далі процес горіння бензину зі значним надлишком кисню ($P=2,0$) підтримується з допомогою «відкритого вогню», що утворився перший момент запалення. Такий процес згоряння ПП-суміші дозволяє отримати значну економію бензину (до 35%), понизити викид у повітря чадного газу CO і вуглеводнів CH, і навіть збільшити питому потужність двигуна.

дозованій подачі палива окремими порціями і у суворо визначений час. За один цикл впорскування бензин подається не суцільним однорідним струменем, як у звичайній форсунці з електронним управлінням, а кількома частинами, кожна з яких утворює «свій» коефіцієнт надлишку повітря ρ . У обсязі циліндра утворюється пошарова структура ПП-суміші з різною концентрацією компонентів. Перевага прямого пошарового впорскування бензину у тому, що у перший момент запалення у зоні центрального електрода 19 свічки запалювання 18 має місце стехіометрична (нормальна) ПП-суміш з коефіцієнтом $\rho=1$, яка легко займається. Далі процес горіння бензину зі значним надлишком кисню ($P=2,0$) підтримується з допомогою «відкритого вогню», що утворився перший момент запалення. Такий процес згоряння ПП-суміші

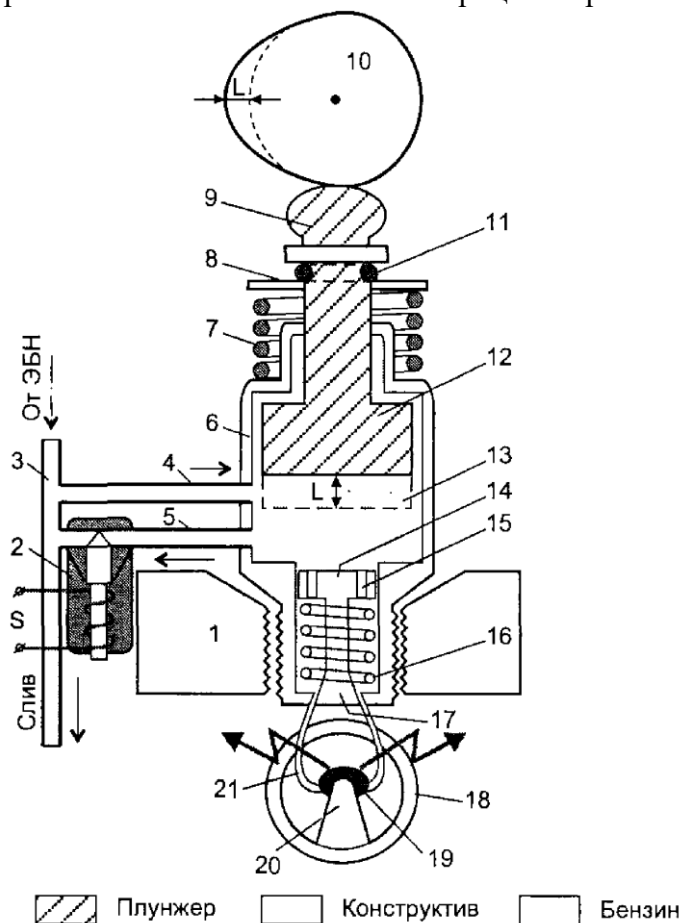


Рисунок 1.2 - Насос-форсунка системи впорскування бензину

- 1— фрагмент блоку циліндрів у зоні камери згоряння;
- 2— магнітоелектричний гідроклапан в зливальному каналі;
- 3— головна бензомагістраль;
- 4— подає бензомагістраль;
- 5— зливальний канал (зворотна бензомагістраль);
- 6— корпус насос-форсунки;
- 7— поворотна пружина плунжера;
- 8— опорна тарілочка пружини плунжера;
- 9— штовхач плунжера;
- 10— кулачок розподільчого вала;
- 11— запірне кільце опорною тарілочки;
- 12— поршень плунжерного насоса;
- 13— робоча порожнину насос-форсунки;
- 14— гідромеханічна форсунка закритого типу високого тиску (100—150 бар);
- 15 - перепускний канал з порожнини плунжерного насоса в порожнину форсунки;
- 16— поворотна пружина запірного клапана форсунки;
- 17— дисковий запірний клапан форсунки;
- 18— свіча запалювання (СЗ);
- 19— центральний електрод СЗ;
- 20— бічний електрод;
- 21— конус (струмінь) розпиленого бензину;
- I— хід плунжера

дозволяє отримати значну економію бензину (до 35%), понизити викид у повітря чадного газу CO і вуглеводнів CH, і навіть збільшити питому потужність двигуна.

1.5 Перспективи розвитку автомобільних бортових пристроїв

- Ведучи мову про тенденції та перспективи розвитку автомобільних бортових пристроїв, треба сказати, що найінтенсивніше вдосконалюються вузли, агрегати і схеми класичного електроустаткування. Вже скоро в борт-систему автомобіля буде впроваджено друга робоча напруга 42 вольт. Це зв'язано з необхідністю підвищення напруги електроживлення для новітніх енергоємних споживачів, як-от силові електромагнітні гідроклапани, електромагнітні соленоїди силових виконавчих пристроїв, потужні електродвигуни, силові електронні комутатори, мультиплексна електропроводка тощо. Зрозуміло, що за підвищення напруги електроживлення відповідно зменшуються струми в ланцюгах споживачів, що зумовлює надійнішу й економічнішу роботу. Але відразу переводити всі електроспоживачі на нову напругу, як це було зроблено щодо переходу з 6 на 12 вольт, сьогодні нераціонально. Причина цьому — випуск 12-вольтових споживачів величезними серіями, технологічна оснащеність виробництв та, головне, всі експлуатовані нині автомобілі обладнані 12-вольтовими споживачами (електролампи, електродвигуни, електронне і мікрокомп'ютерне оснащення, аудіо-, радіо-, відеоапаратура, бортова самодіагностика тощо.).

Єдиної стратегії переходу борт-системи автомобіля на більш високу напругу ми покищо не маємо. Вважають, що деякий час на автомобілі будуть дві напруги: 12 вольт для класичного електроустаткування, і 42 вольт — для новітніх потужних споживачів. Такий підхід широко використовується на багатотонних вантажних автомобілях, де потужні електро споживачі 24-вольтові, а освітлення — від 12 вольт. Ще яскравіший приклад — електромобілі. Тут головна тягова акумуляторна батарея, управляючий контролер і тяговий електродвигун розраховані на напругу 120...380 В і з'єднані між собою окремими ланцюгами. У цьому борт-система залишається 12-вольтовою.

1.6 Удосконалення електропостачання автомобільних електронних систем

З прикладів ясно, що функціональне розмаїття бортових електричних пристроїв неминуче призводить до потреби використання автомобілем кількох первинних електричних джерел з

різними робочими напругами. При цьому цілком можливо, що буде вживатись і змінна синусоїдна напруга для спеціальних споживачів.

- Під нові напруги насамперед будуть модернізовані бортові електромашини. Вже наші дні значно видозмінений електростартер. У ньому не застосовується послідовне збудження, яке замінено збудженням від постійних магнітів. Жорстка механічна характеристика електродвигуна такого стартера узгоджується з пусковим моментом ДВЗ безпосередньо планетарним редуктором (редуктора Джеймса). Давно немає колекторних генераторів постійного струму, їх замінили багатозафазні синусоїдальні генератори з напівпровідниковими випрямлячами і електронними регуляторами напруги. Але такі генератори можуть істотно видозмінитися у разі появи другої робочої напруги або якщо потреба у високовольтній перемінній напрузі стане реальною.

Ведуться також розробки але створенню універсальної електричної машини, з так званого «стартер-генератора», що зможе виконувати дві функції: запуск ДВЗ і подачу електроенергії у борт-систему після запуску ДВЗ.

1.7 Сучасна мікропроцесорна система запалювання з низькорівневим багатоканальним розподілом енергії по свічках.

Сучасна мікропроцесорна система запалювання з низько-рівневим багатоканальним розподілом енергії по свічках [2] є найбільш досконалим рішенням проблеми примусового електроіскрового запалення ПП-суміші в циліндрах поршневого

Але це межа досягнень. Вже випробувані лазерні свічки запалювання, які працюють безпосередньо від електронної схеми управління без проміжного енергонакопичувача. Це дозволить значно підвищити надійність і ККД системи запалювання, а також позбавити його від високочастотних електроіскрових перешкод на інші вузли і блоки

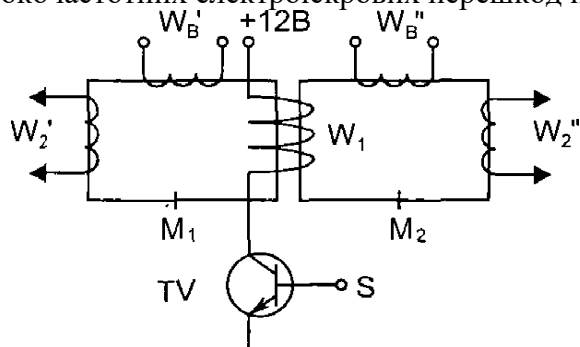


Рисунок 1.3 - Магнітний модулятор

бортовий електронної автоматики. Електронною схемою управління може бути магнітний модулятор зжимання, працюючий на феромагнітних осердях насичення. Схема такого модулятора показана на рисунку 1.3, основним елементом в системі запалювання якої є високовольтний трансформатор з насиченими сердечниками.

Якщо магнітопроводу трансформатора вводиться на режим насичення, його коефіцієнт трансформації різко падає і енергія з первинної обмотки у вторинну не трансформується.

Вихідний трансформатор має дві ізольовані друг від друга магнітопроводи — M1 і M2, охоплені загальною первинною обмоткою W1. Кожен магнітопровід оснащений окремою обмоткою управління (Wb' і Wb'') і окремою двох-вивідною вторинною обмоткою (W2' і W2'')

Коли по керуючій обмотці Wb' протікає струм, достатній для насичення сердечника M1, а обмотка Wb'' обезструмлена, то висока напруга наводиться лише у вторинну обмотку W2''. Якщо знеструмити управляючу обмотку Wb' і пропустити струм насичення по обмотці Wb'', то насититься сердечник M2 і висока напруга буде трансформована лише у обмотку W2'.

Система запалювання з трансформатором насичення має високу надійність, малі габарити і вагу.

ТЕМА 2 Системи керування мехатронними пристроями

Лекція 2. Датчики новітніх автомобільних електронних систем

2.1 Передумови створення датчиків АЕС

Сучасні електронні системи автоматичного управління (ЕСАУ) різними технічними об'єктами, зокрема і автомобільними бортовими пристроями, мають подібну структуру.

Різні датчики ЕСАУ перетворюють інформацію про значення контрольованих неелектричних параметрів в електричний сигнал — напруга, струм, частоту, фазу тощо. буд. Ці сигнали перетворюються на цифровий код і поступають в мікроконтролер. Мікроконтролер па підставі значень цих сигналів і згідно з закладеним у нього програмним забезпеченням приймає рішення, управляє через виконавчі механізми (реле, соленоїди, електродвигуни) об'єктом.

Можливість вдосконалення автомобільних електронних систем великою мірою залежить від наявності надійних, точних і недорогих датчиків.

У 1960-ті роки автомобілі було обладнано датчиками тиску оливи, рівня палива, температури, охолоджувальної рідини. Їх виходи були підключені до стрілочних або лампових індикаторів на щитку приладів.

У 1970-х роках автомобільні компанії влилися в боротьбу за зменшення кількості токсичних викидів з глушника автомобіля — знадобилися б додаткові датчики для керування силовою установкою, які необхідні для забезпечення нормальної роботи електронного запалювання, системи впорскування палива, трьохкомпонентного нейтралізатора, для точного завдання співвідношення повітря/паливо у робочій суміші, для мінімізації токсичності вихлопних газів.

У 1980-х роках почали приділяти більше уваги безпеці водія і пасажирів — з'явилися антиблокувальна система гальмування (ABS) і повітряні мішки безпеки.

У силовому агрегаті (в ДВЗ) датчики використовуються для виміру температури і тиску більшості мінливих середовищ (температура всмоктуваного повітря, абсолютний тиск у впускному колекторі, тиск оливи, температура охолоджувальної рідини, тиск палива в системі впорскування).

Майже до всіх рухомих частин автомобіля підключені датчики швидкості або положення(швидкість автомобіля, становище дросельної заслінки, становище колінчатого валу, становище розподільного валу, положення і швидкість обертання валу в коробці перемикачів передач, становище клапана рециркуляції вихлопних газів).

Інші датчики визначають рівень детонації, навантаження двигуна, пропуски займання, зміст кисню в вихлопних газах.

В системі управління кліматом (в клімат-контролі) використовуються різні датчики в кондиціонері для визначення тиску і температури холодагента, температури повітря в салоні і поза бортом.

Є датчики, які визначають становище сидінь.

Після появи антиблокувальної системи гальмування і активної підвіски знадобилися датчики визначення швидкості обертання коліс, висоти кузова стосовно шасі, тиску в шинах.

Датчики удару й акселерометри потрібні для правильного функціонування фронтальних і бічних повітряних мішків безпеки. Для переднього пасажирського сидіння з допомогою датчиків визначають наявність пасажира, його вагу. Ця інформація використовується для оптимального надуву мішка безпеки на передньому сидінні. Інші датчики йдуть для бічних і стельових повітряних мішків безпеки, і навіть спеціальних повітряних мішків для захисту шиї і голови.

На сучасних автомобілях антиблокуючі системи гальмування замінюються складнішими і ефективними системами управління стабільності руху автомобіля. Виникає необхідність у нових датчиках. Розробляються і вже є датчики швидкості обертання автомобіля навколо вертикальної осі, датчики для попередження зіткнення(наприклад радарні), датчики для визначення близькості інших автомобілів, датчики становища рульового колеса, бічного прискорення, швидкості обертання кожного колеса, крутного моменту на валу двигуна тощо. Управління гальмівною системою автомобіля стає частиною більш загальної й ефективної системи електронного управління курсовою сталістю і стабільністю руху.

З сказаного ясно, що сьогодні датчики встановлюються практично у всіх системах автомобіля.

На рисунку(2.1, а)показано найбільш раціональне розташування різних датчиків на автомобілі.

- Датчики автомобільних електронних систем можна класифікувати за трьома ознаками: принципу дії, типу енергетичного перетворення і основному призначенню.

По принципу дії датчики поділяють на електроконтактні, потенціометричні, оптичні, оптоелектронні, електромагнітні, індуктивні, магніторезистивні, магнітострикційні, фото- і п'єзоелектричні, а також датчики на ефектах Холла, Доплера, Кармана, Зеебека, Вигонда.

Залежно від енергетичного перетворення (рисунок 2.1, б) датчики (Д) бувають активними (позиція 2 на рисунку 2.1, б), у яких вихідний електричний сигнал (ЕС) виникає як наслідок вхідного неелектричного впливу (НВ) без докладання сторонньої електричної енергії з допомогою внутрішнього фізичного ефекту (наприклад фотоефекту), і пасивними (позиція 3 на рисунку 2.1, б), у яких електричний сигнал (ЕС) є наслідком модуляції зовнішньої електричної енергії (ЗЕЕ) управляючим неелектричним впливом (НВ). Наприклад, потенціометричний датчик, показаний на рисунку 2.1 б, (позиція 5), є пасивним перетворювачем кута повороту осі потенціометра (чутливого елемента ЧЕ) в електричний сигнал. Електричний сигнал (ЕС) з'явиться на виході потенціометра тільки тоді, коли у резистивну доріжку (Д) надійде зовнішня напруга (ЗН). Слід зазначити, що всередині датчика, у вигляді чутливого елемента (ЧЕ), завжди має місце внутрішнє перетворення зовнішнього неелектричного впливу(НВ) у проміжний неелектричний сигнал (НС), що показано на рисунку 2.1, б (позиція 1). Що стосується датчика кута повороту, кутове становище осі потенціометра є неелектричним сигналом (НС) на виході чутливого елемента(ЧЕ) Цьому Неелектричному сигналу(НС) відповідає електричний сигнал (ЕС) датчика, якщо подане на резистивну доріжку(Д) зовнішнє напруження(ЗН) постійно(рисунок 2.1 б, позиція 4). Лінійна характеристика перетворення(рисунок 2.1 б, позиція б) може бути легко змінена на квадратичну, ступінчасту та будь-яку нелінійну із заданою крутизною, яка досягається добором конструктивних розмірів (довжини, ширини, товщини) резистивної доріжки.

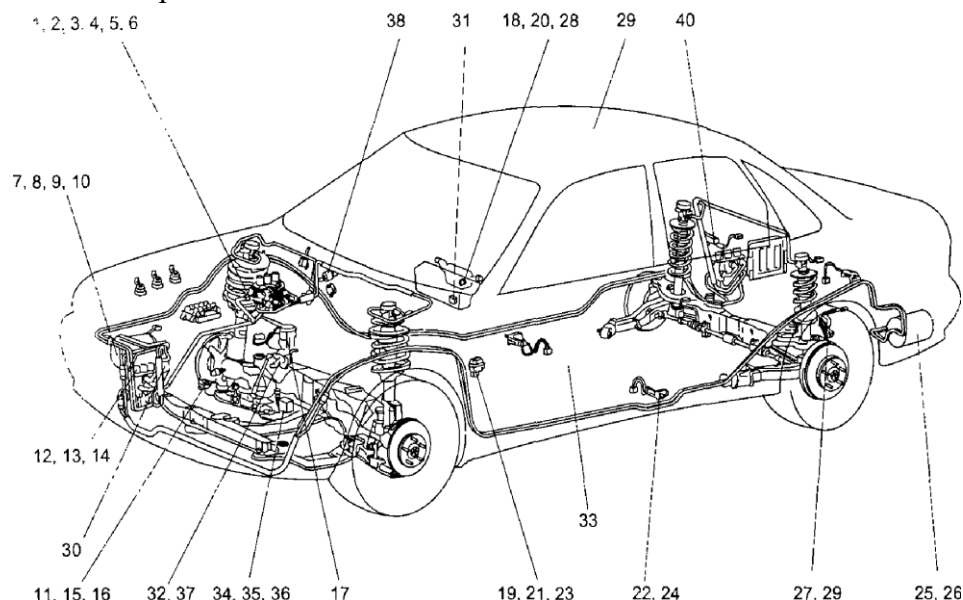


Рисунок 2.1 - Розташування датчиків на автомобілі

1. — датчик конфігурації впускного колектора з керованою геометрією,
2. — датчик тахометра,
3. — датчик становища розподільного валу,
4. — датчик навантаження двигуна,
 - датчик становища колінчастого валу,
 - — датчик крутного моменту двигуна,
 - — датчик кількості оливи,
 - — датчик температури охолоджувальної рідини,
 - — датчик швидкості автомобіля,
 - — датчик тиску оливи,
 - — датчик рівня охолоджувальної рідини,
 - — радарний датчик системи гальмування,
 - — датчик атмосферного тиску,
 - — радарний датчик системи запобігання зіткнень,

- — датчик швидкості обертання ведучого валу коробки передач,
- — датчик обраної передачі у коробці передач,
- — датчик тиску палива на рампі форсунок,
- — датчик швидкості обертання керма,
- — датчик положення педалі,
- — датчик швидкості обертання автомобіля щодо вертикальної осі,
- — датчик протикрадіжної системи,
- — датчик положення сидіння,
- — датчик прискорення при фронтальному зіткненні,
- — датчик прискорення при бічному зіткненні,
- — датчик тиску палива в баку,
- — датчик рівня палива в баку,
- 27. — датчик висоти кузова стосовно шасі,
- 28. — датчик кута повороту керма,
- 29. — датчик дощу чи туману,
- 30. — датчик температури забортного повітря,
- 31. — датчик ваги пасажирів,
- 32. — датчик кисню,
- 33. — датчик наявності пасажирів в сидінні,
- 34. — датчик становища дросельної заслінки,
- 35. — датчик пропусків займання,
- 36. — датчик становища клапана рециркуляції вихлопних газів,
- 37. — датчик абсолютного тиску в впускному колекторі,
- 38. — датчик азимута,
- 39. — датчик швидкості обертання коліс,
- 40. — датчик тиску в шинах.

По призначенню датчики класифікуються по типу керуючого неелектричного впливу: датчики крайових положень, датчики кутових і лінійних переміщень, датчики частоти обертання і числа оборотів, датчики тиску, датчики температури, датчики вологості, датчики концентрації кисню, датчик радіації тощо.

- Датчики підключаються до ЕБК або засобам індикації для передачі інформації про параметри контрольованого середовища. В автомобільних системах ціна і надійність мають велике значення і при інших рівних умовах завжди вибирають датчик з найменшим числом з'єднувачів. Якщо до датчика підключити 5-6 проводів, доцільно розмістити мікросхему обробки сигналу безпосередньо на датчику і передавати дані контролеру через послідовний інтерфейс.

• При підключенні датчиків к ЕБУ слід мати на увазі, що шасі(маса) автомобіля не може бути використана в якості вимірювальної землі. Між точкою підключення ЕБУ до маси і датчиком напруга може падати до 1 В за рахунок струмів силових по масі, що недопустимо як при штатній роботі датчика, так і при його діагностиці.

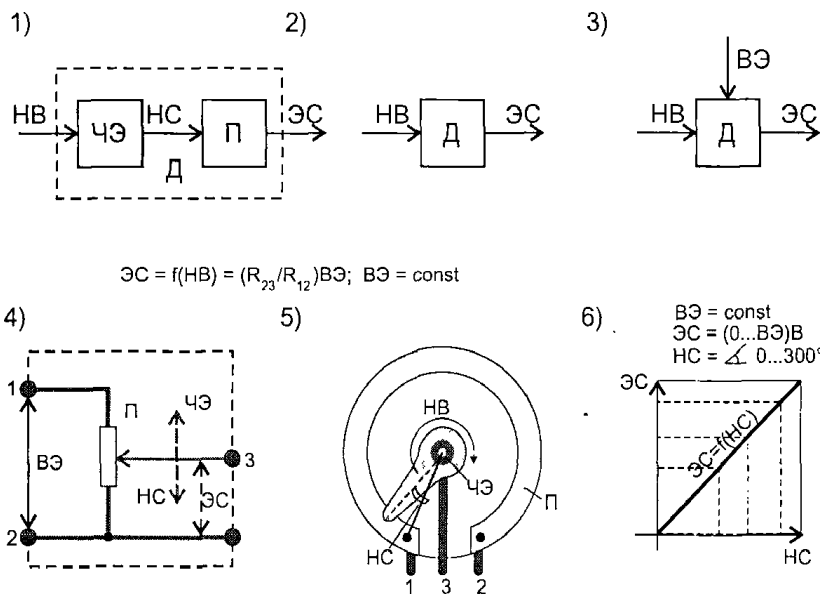


Рисунок 2.2 - Моделі датчиків

2.2 Датчики тиску

На сучасних автомобілях використовується велика кількість датчиків тиску (від тиску оливи до диференціального тиску повітря з різних боків кузова), і їх кількість постійно збільшується.

Вимірювання тиску у різних рідинних і газоподібних мінливих середовищах виробляється на автомобілі у процесі розробки, виробництва та експлуатації. Результати цих вимірів необхідні для проведення експериментальних досліджень, забезпечення нормальної безпечної експлуатації автомобіля, видачі інформації водієві, для діагностики.

Залежно від вимірюваного параметра можна застосовувати різні одиниці виміру тиску. У системі СІ це Паскаль (Па) чи кілопаскаль (кПа). Незалежно від методу виміру в технічних системах визначається надлишковий, абсолютний чи диференціальний тиск.

Таблиця 2.1-Співвідношення між різними одиницями вимірювання тиску

	[psi] ¹ [Мм рт. ст]	[кПа] ¹
[psi]	1,0	51,715
[Мм рт. ст]	0,0193	1,0
[кПа]	0,1450	7,5006

Таблиця 2.2

Параметр	Діапазон
Абсолютний тиск в впускному колекторі (кПа)	100 !
Абсолютний тиск в впускному колекторі двигуна наддувом (кПа)	1 200
Барометричний тиск(кПа)	100
Тиск в системі рециркуляції вихлопних газів (кПа)	51,7 ' 1
Тиск палива (кПа)	450 !
Тиск оливи (кПа)	550 ,
Тиск оливи (кПа)	3447

Тиск газу (кПа)	51,7 !
Тиск в пневматичному амортизаторі (мПа)	1,0 !

У таблиці 2.1 наведено співвідношення між різними одиницями вимірювання тиску, що використовуються при маркуванні датчиків в автомобільній промисловості. Тут psi — це фунт на квадратний дюйм, одиниця, яка використовується в англійськомовних країнах.

Сучасний серійний автомобіль має кілька датчиків для вимірювання тиску, наприклад, розрідження у впускному колекторі, тиск оливи у двигуні тощо.

У таблиці 2.2 наведено деякі вузли автомобіля, де є необхідність вимірювань тиску для одержання управляючих сигналів для ЕСАУ.

Водію зазвичай видається інформація з наступних датчиків: тиску оливи у двигуні, рівня палива, рівня оливи, тиску охолоджувальної рідини, рівня охолоджувальної рідини, рівня рідини в змивачі, рівня рідини в коробці перемикачів передач, тиску в шинах.

2.2.1 Датчики барометричного тиску й абсолютного тиску у впускному колекторі

Такі датчики використовуються у системах управління двигуном при визначенні маси палива по об'ємній витраті повітря. Такий спосіб дешевше у реалізації по порівнянню з безпосереднім виміром масової витрати повітря, але менш точний. Можуть застосовуватися лише для діагностики в бортових діагностичних системах другого покоління OBD-II.

Датчики барометричного (атмосферного) тиску потрібні для адаптації ЕБУ до перепадів висоти із змінами погоди. Вони застосовуються разом з витратоміром повітря за по об'єму. Часто це один і той самий датчик, тоді вимір атмосферного тиску виробляється, коли запалювання включено, а двигун ще не працює. При їзді в горах інколи доводиться спеціально зупинитися і перезапустити двигун для адаптації системи управління подачі палива до нової висоти.

Випускаються і здвоєні датчики (рисунок 2.2). Вхід барометричного датчика залишається відкритим і на нього подається атмосферний тиск, вхід датчика розрідження з'єднується вакуумним шлангом з впускним колектором.

Барометричні датчики і датчики тиску, застосовувані для виміру розрідження у впускному трубопроводі, може бути різних конструкцій. Датчики тиску дискретного дії є пристрій, де замикання і розмикання контактів відбуваються під впливом пружною мембрани, що відчуває яка вимірюється тиск.

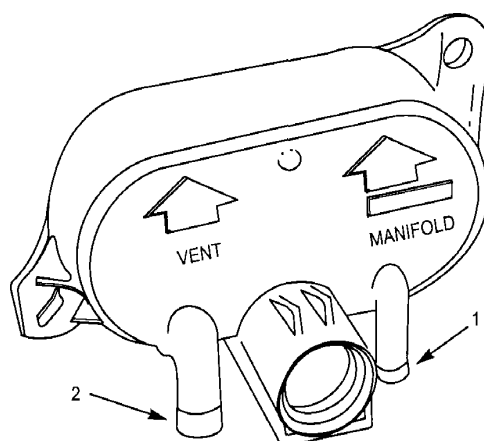


Рисунок 2.2 - Комбінований датчик барометричного тиску і розрідження (Porel):

1 - вакуумний шланг, 2 - шланг у повітря

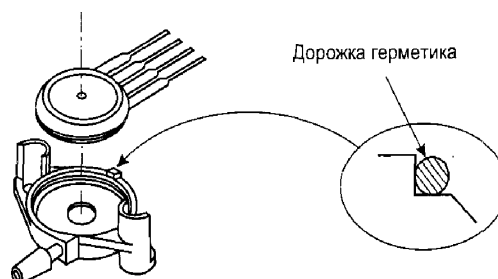


Рисунок 2.3 - Сучасний інтегральний датчик тиску в захисному корпусі

Барометричні датчики і датчики тиску, застосовувані для виміру розрідження у впускному трубопроводі, можуть бути різних конструкцій. Датчики тиску дискретної дії представляють собою пристрій, де замикання і розмикання контактів відбуваються під впливом пружної мембрани, що відчуває вимірювальний тиск.

Датчики тиску безперервної дії являють собою або потенціометр, повзунок якого пов'язаний з мембраною, або котушку індуктивності, в яку мембрана під впливом тиску всуває магнітний сердечник.

Сучасні інтегральні датчики (рисунок 2.3) підключаються до мікропроцесору ЕБУ через комутатор і аналого-цифровий перетворювач (АЦП). Для 8-розрядного контролера крок дискретизації може становити до 4 мс, для 16-розрядного — до 2 мс.

Похибка датчика абсолютного тиску, у впускному колекторі зазвичай близько 1%.

Датчик барометричного тиску працює у діапазоні 60... 115 кПа, має похибку близько 1,5%. Скраю робочого діапазону, як по температурі, так і по тиску, похибка зростає.

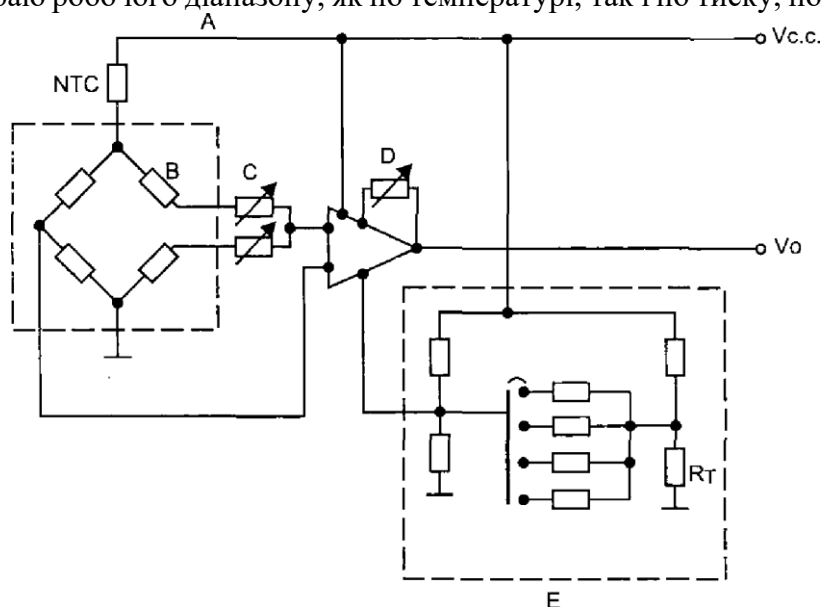


Рисунок 2.4 . Спрощена електрична схема датчика абсолютного (атмосферного) тиску з ланцюгами компенсації:

А — ланцюг температурної компенсації,

В — вимірювальний міст,

С — підстроювання нуля,

Д — коефіцієнт посилення,

Е — термокомпенсація підсилювача

Датчики абсолютного тиску в двигунах з наддувом працюють у діапазоні тиску 20...200 кПа.

Розглянуті датчики мають, як правило, інтегральне виконання і кріпляться до стінок відповідних трубопроводів.

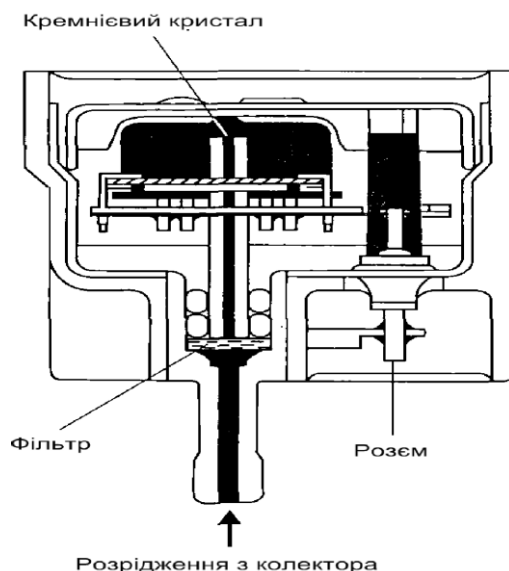


Рисунок 2.5 - Датчик розрідження у впускному трубопроводі

Широкого поширення набули напівпровідникові датчики з перетворювачем тиску на кремнієвому кристалі, у роботі якого використовується резистивний ефект (рисунок 2.4, 2.5). На поверхні кристала сформований місток опорів, струм через них змінюється під впливом деформації. Потім струм посилюється і вводиться температурна компенсація. Ці датчики відрізняються невеликими розмірами і високою надійністю. Інтегральні датчики дуже технологічні, їх вихідний сигнал уніфікований для підключення до аналогових чи імпульсних входів мікроконтролера.

У таблиці 2.3 наведено характеристики деяких датчиків абсолютного тиску.

Таблиця 2.3 - Характеристики датчиків абсолютного тиску

Розрідження, мм рт.ст.	GM, вольт	Ford, Гц	Розрідження, мм рт.ст. стовпчика	GM, вольт	Ford, Гц
0	4,8	156...	308,4	2,54	
! 25,7	4,52		334,1	2,36	
51,4	4,46		359,8	2,20	
77,1	4,26		385,5	2,00	114...
102,8	4,06		411,2	1,80	117
128,5	3,88	141	436,9	1,62	
154,2	3,66		462,6	1,42	108...
179,9	3,50		488,3	1,20	
205,6	3,30		514	1,10	102...
231,3	3,10		539,7	0,88	
257	2,94	127...	565,4	0,66	
282,7	2,76				

2.2.2 Датчики тиску в рідинних середовищах

На автомобілях вони традиційно призначені для перетворення переміщення пружної діафрагми у положення перемикача чи движка потенціометра. На такому принципі працюють всі датчики тиску оливи в ДВЗ колишніх конструкцій. Сьогодні електромеханічні датчики замінюються на кремнієві чи керамічні інтегральні. Безпосередньо в самому корпусі датчика розміщують уніфікуючі перетворювачі. Є захист від електромагнітних перешкод, мікросхеми працюють за нормальної температури $-40...+150^{\circ}\text{C}$ за умов вібрацій, при тиску до 500 psi (3440 кПа), в агресивних хімічних середовищах. Із міркувань вартості, корпуси датчиків виготовляються з пластмаси, стійкої до перелічених впливів.

Інформація про тиск оливи в коробці перемикання передач використовується контролером, який управляє перемиканням швидкостей. Вимоги до датчику тут такі ж, як виміри тиску оливи у двигуні.

Тиск рідини у гальмівній гідравлічній системі значно вищий, ніж у коробці перемикачів передач. Наприклад, в ABS він може досягати 500 psi (3440 кПа). Тиск рідини у гальмівній системі автомобіля близько 150 psi (1030 кПа), він вимірюється датчиками на легкових автомобілях на етапі випробувань, і на важких вантажівках при експлуатації. На пасажирському автомобілі достатньо мати один датчик тиску для контролю за гідравлічною системою. Наприклад, у системі ABS-VI фірми GM тиск оцінюється по току електродвигунів насосів.

2.2.3 Нові застосування датчиків тиску

Описувані нижче датчики використовуються на стадії розробки нових автомобільних систем. Їх застосування на серійних автомобілях визначається ціною, запитами споживача, вимогами законодавства, необхідністю при діагностиці.

Система контролю тиску повітря в шинах

Система дає змогу стежити за тиском в шинах і при його зменшенні нижче заданого рівня на щитку приладів автомобіля загоряється ламповий чи світлодіодний індикатор.

Кожному колесу відповідає окремий індикатор. Знижений тиск у шинах підвищує їхню зношеність, а також розхід палива, це може призвести до втрати управління автомобілем, підвищений тиск — веде до вібрацій. На рисунку 2.6 показані блок-схеми системи контролю тиску в шинах і розміщення датчика в колесі автомобіля.

Система складається з трьох основних елементів. На ободі колеса встановлено мембранний мініатюрний датчик тиску (перший елемент), який замикає контакти при зниженні тиску в шині і тим самим створює вторинний ланцюг для високочастотного випромінювача (другий елемент), який розміщений на вузлі кріплення гальмівних колодок (на супорті). Датчик тиску постійно проходить в безпосередній близькості до випромінювача під час обертання колеса. Факт появи вторинного ланцюга для випромінювача фіксується ЕБУ. На приладовому щитку загоряється контрольний індикатор (третій елемент), який відповідає колесу зі зниженим тиском в шині. Система вимірює тиск з точністю до ± 50 мілібар. При нагріванні на 10°C тиск у шині підвищується на 1,5 psi (10,33 кПа). Підвищення температури повітря на шині не позначається на точності датчика тиску і не викликає хибних спрацювань системи.

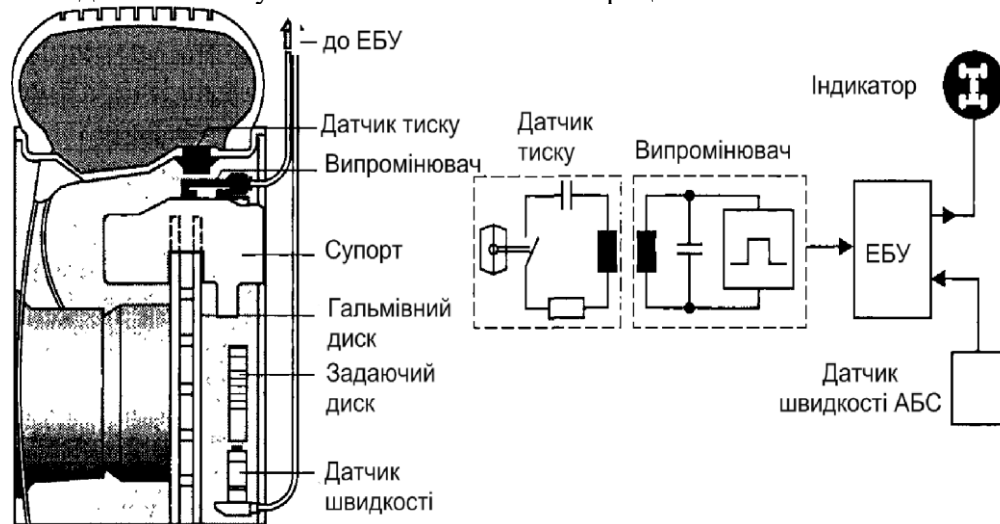


Рисунок 2.6 - Система контролю тиску в шинах:

а — розміщення на колесі;

б — блок-схема

Тиск у системі рециркуляції вихлопних газів

Система рециркуляції вихлопних газів (haust gas recirculation — EGR) призначена для зменшення змісту окислів азоту (NO_2) в вихлопних газах. У присутність сонячного світла (NO_2) вступає у реакцію з вуглеводнем, створюючи канцерогенний фотохімічний смог.

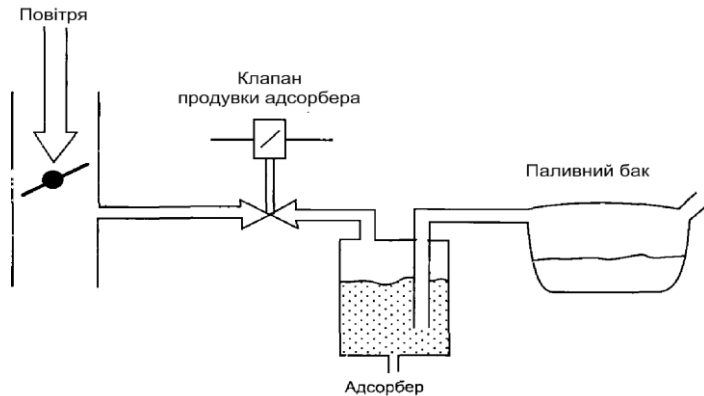
Вперше система EGR була застосована на автомобілях ^tysler в 1972 році. Окисли азоту виникають при температурі в камері згоряння вище 1370°C (2500°F). У певних режимах роботи двигуна, коли не виробляється відбір повної потужності, наприклад, при рівномірному русі по шосе, можна знизити температуру згоряння робочої суміші, тобто вдатися до зменшення потужності. Це досягається запровадженням невеликої кількості (6... 10%) вихлопних газів з

випускного у впускний колектор. Оскільки вихлопні гази інертні, всі вони розбавляють ТВ-суміш, не змінюючи співвідношення повітря/пальне.

З 80-х років EGR є частиною електронної системи управління двигуном. Відповідно з вимогами до бортових діагностичних систем другого покоління ОБВ-П, систему управління двигуном постійно контролює справність клапана EGR, а вихід його з експлуатації призводить до збільшення забруднення довкілля вихлопними газами автомобіля.

Тиск парів палива в баці

Автомобіль виробляє токсичні відходи при експлуатації, які попадають у довкілля: 60% у виді вихлопних газів під час руху, 20% у виді картерних газів і 20% з допомогою випарів палива. На рисунку 2.7 показана система уловлювання парів бензину з паливного бака, у якій для керування продувкою адсорбера використовується клапан з диференційним датчиком тиску між тиском в задросельній зоні впускного колектора і тиском парів палива в баку. робочий діапазон $\pm 0,5$ psi (3,5 кПа).



Рисунку 2.7 - Система уловлювання парів бензину

Тиск бензину в рампі

Регулятори тиску палива на рампі форсунок зазвичай роблять механічними і розміщують безпосередньо на рампі. У деяких моделях (наприклад, 5,9-літровий Dodge Magnum) паливний фільтр і регулятор тиску розміщені у баку, що виключає повернення нагрітого палива, зменшує його випаровування. Є системи подачі палива зі стабілізацією тиску в рампі без поворотної лінії, де паливний електронасос включається системою стабілізації періодично.

Кидки тиску

Такі явища можуть бути у різних автомобільних системах. Наприклад, у системі подачі палива нормальний тиск менше 75 psi (520 кПа), а під час форсунок можуть бути стрибки до 300 psi (2070 кПа).

Під час зворотнього спалаху у впускному колекторі тиск піднімається до 75 psi (520 кПа).

Традиційні методи боротьби з кидками тиску: механічні стопори і фільтри, раціональна (ударостійка) конструкція датчиків. У середовищі сучасних інтегральних датчиків тиску використовуються кремнієві чутливі елементи. Їх модуль пружності 30 *10⁶ (в 6 степені) psi (буде не гірший, ніж в сталі), а напруга плинності вища (180...300 psi). У міцному корпусі такі датчики зазвичай витримують кидки тиску.

2.2.4 . Нові конструкції датчиків тиску

Мембранні потенціометричні датчики

Чутливим елементом є гнучка діафрагма чи мембрана. При зміні тиску, її переміщення перетворюється в становище движка потенціометра. Для потенціометричних датчиків характерні: підвищений рівень шуму, знос, статичне тертя утрудняє регулювання в діапазоні менш 0,5% від номіналу.

Резистивний дровий потенціометр зі ковзаючим контактом — одне з найбільш простих і ефективних перетворювачів переміщення. На його використання потрібно лише з'єднати ковзаючий контакт (движок) з рухомим об'єктом, а решту потенціометра закріпити нерухомо. Але движок потенціометра контактує з окремими витками на котушці, тому вихідний сигнал (напруга) перетворювача змінюється не безупинно, а вигляді перемешованих малих і великих стрибків. Малий стрибок має місце, коли движок замикає два сусідні витка, великий стрибок відповідає моменту переходу движка до наступного витка і розмикання контакту з попереднім

витком. Отже, дозвіл цього перетворювача залежить від діаметра намотаного дроту і може бути поліпшено шляхом застосування більш тонкого дроту. Для потенціометра з щільністю намотки 50 витків на міліметр, що близько до граничної межі, граничний дозвіл становить 20 мкм.

Датчики тиску на основі лінійних диференціальних трансформаторів (ЛДТ)

У цих датчиках зміщення діафрагми перетворюється на переміщення сердечника ЛДТ. Такі датчики раніше на автомобілях не застосовувалися.

Лінійний диференціальний трансформатор — це електромеханічний пристрій, який виробляє вихідний електричний сигнал, пропорційний переміщенню феромагнітного сердечника. ЛДТ складається з первинної і двох вторинних обмоток, симетрично розташованих на циліндричному каркасі. Вільно рухомий всередині обмоток феромагнітний сердечник у вигляді стержня забезпечує зв'язок цих обмоток через магнітний потік. На рисунку 2.8 показана конструкція ЛДТ і приведена його принципова електрична схема.

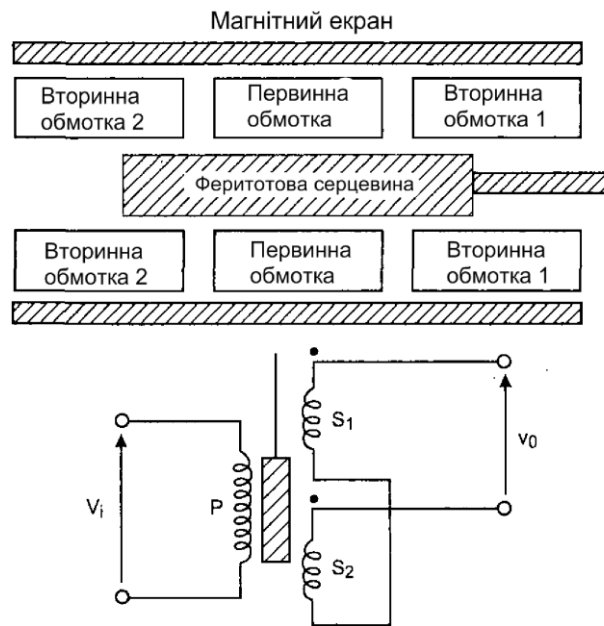


Рисунок 2.8 Лінійний диференціальний трансформатор та його принципова схема

Корисну інформацію про переміщення несуть амплітуда і фаза вихідного сигналу. Доводиться використовувати фазочутливі демодулятори, вони є у інтегральному виконанні.

На автомобілях ЛДТ можна застосовувати в датчиках абсолютного тиску впускного колектора, де вони перетворюють переміщення мембрани в електричний сигнал.

ЛДТ забезпечує похибку перетворення, переміщення сердечника в напругу порядку 0,25%.

Первинна обмотка підзаряджається синусоїдальною напругою 3...15 В із частотою

- 5 кГц. Коефіцієнт трансформації диференціального трансформатора 10:1...2:1.

ЛДТ характеризується відсутністю тертя, стабільністю нуля, гальванічною розв'язкою входу й виходу, може працювати у агресивних середовищах.

Ємнісні датчики тиску

У цих датчиках одна з обкладок конденсатора є діафрагмою, яка прогинається при зміні тиску. Номінальна ємність конденсатора визначається залежністю $C = A \cdot \epsilon \cdot k / d$, де A — площа обкладки, ϵ — діелектрична стала, d — відстань між обкладками, k - коефіцієнт, залежить від конструкції датчика. В якості чутливих елементів використовуються кремнієві чи керамічні діафрагми.

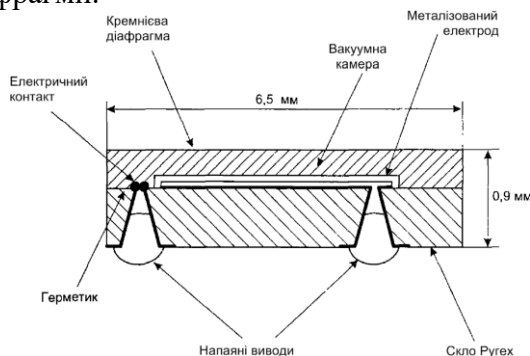


Рисунок 2.9 - Ємкісний датчик з кремнієвим чутливим елементом для виміру розрідження (Ford).

Кремнієва діафрагма закріплена на корпусі зі скла Ругех, поверхня скла металізована до створення обкладки конденсатора методом фотолітографії. Після закріплення кремнієвої діафрагми ,на скляній основі спеціальним герметиком в порожнині створюється вакуум, отвори запаюються припоєм, який утворює виводи конденсатора для монтажу на плату або керамічну підкладку. Ємність конденсатора змінюється лінійно приблизно від 32 до 39 пікоФ за зміни тиску від 17 до 105 кПа. Розміри датчика 6,7 x 6.7 мм, коефіцієнт ТКЕ — $(30...80) \cdot 10(-6 \text{ степені})$ на $^{\circ}\text{C}$, нелінійність менш 1,4%, час встановлення менш 1 мс. Вихідний сигнал датчика для підключення до ЕБУ зазвичай перетворюють в частоту. Аналогічно влаштовані і керамічні датчики.

Скловолокнистий датчик тиску

Для вимірів великих тисків або за високих температур застосовуються спеціальні методи. Скловолокнистий датчик можливо буде використовуватися для безпосереднього вимірювання тиску в камері згоряння на серійних автомобілях. Це потрібно для управління двигуном і контролю процесу запалення робочої суміші. Скловолокнистий, іноді говорять волокняно-оптичний, датчик (рисунок 2.10) витримує температури до 550°C (більше, ніж п'єзоелектричний), робочий діапазон тисків $0...1000$ рзі (7000 кПа) з перевантаженнями до 3000 рзі. Світлове випромінювання від джерела проходить через оптичні волокна й потрапляє на діафрагму розбіжним пучком. Відбите від діафрагми випромінювання проходить по іншому каналі кабеля. Інтенсивність зворотного світлового випромінювання залежить від зазору \wedge й положення діафрагми. Досвідчені зразки датчиків монтувалися у свічку запалювання і мали похибку менше 5%. В якості датчиків аварійного тиску й для виконання інших нескладних функцій у сучасних автомобільних системах, поруч із вищеописаними, використовуються найпростіші контактні датчики.

2.3. Датчики температури і вологості

Температура і вологість — найважливіші чинники, враховані під час проектування і експлуатації автомобілів. Автомобілі експлуатуються у різних кліматичних зонах ($-60...+57^{\circ}\text{C}$), причому у підкапотному просторі температура може змінюватися буде в діапазоні $-40...+125^{\circ}\text{C}$; в салоні — $40...+85^{\circ}\text{C}$. Температура і вологість у різних куточках автомобіля може мати значення, величини якого зведені в таблиці 2.4

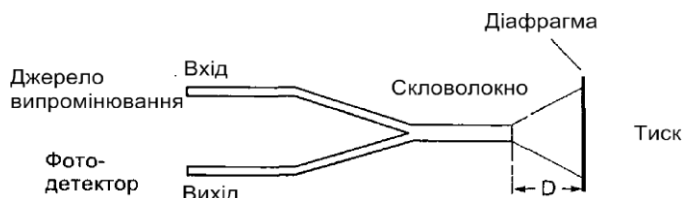


Рисунок 2.10 - Скловолоконий датчик тиску

Таблиця 2.4

Вузол	Температура, [$^{\circ}\text{C}$]	Вологість (відносна)	Іній
Випускний	$-40...-1649$	95% при $38^{\circ}\text{C}...0$	+
Впускний	$-40...+121$	95% при $38^{\circ}\text{C}...0$	+
Панель приладів	$-40...+141$	95% при $38^{\circ}\text{C}...0$	-
Шасі, корпус	$-40...+177$	98% при $38^{\circ}\text{C}...0$	+

2.3.1 Вузли автомобіля, у яких здійснюється вимірювання температури

В багатьох вузлах автомобіля необхідно здійснювати вимірювання температури на етапі доведення досвідченого зразка. На серійних автомобілях датчики температури необхідні для забезпечення штатної роботи двигуна, системам управління і діагностики. У таблиці 2.6 перераховані основні системи автомобіля, в компонентах яких виконується вимірювання температури і можливо буде здійснюватись вимір вологості найближчим часом.

Таблиця 2.6

Вузол/система		Параметр і Температура повітря в впускному колекторі і
Система		Температура охолоджувальної рідини в двигуні
і Vio і с іVI а Бкерування двигуном		Вологість повітря в впускному колекторі Температура повітря за бортом
		Температура палива - ¹
Система		Вологість повітря в салоні
керування кліматом		Температура повітря в салоні ;
в салоні		Температура повітря за бортом ,і Температура охолоджувальної рідини в двигуні Температура гальмівної рідини в колісних ; гальмівних циліндрах 1

Таблиця 2.5

Джерело	Примітка	Макс. температура, °С
ІДвигун	Процес згоряння	>1000 ;
гКаталітичний нейтралізатор	Хімічні реакції	>1000
Шини	Тертя до дороги, удари	<100
Гальма	Колодки	<250
Лампи освітлення	Звичайні	<125
Лампи в фарах	Галогенові	<750
Силові транзистори	В електронних схемах	<200

Вологість впливає на комфортабельність салону і робочу здатність деяких вузлів автомобіля. На автомобілі є достатня кількість джерел тепла, які вказані в таблиці 2.5. Методи і кошти виміру температури можуть відрізнятись для серійних та досвідчених автомобілів. Для серійних найважливіші експлуатаційні характеристики, надійність, вартість. Для досвідчених — сумісність зі складною вимірювальним і

реєструючим устаткуванням, доступність такого обладнання в даний час.

- Температура рідинних середовищ. Це зазвичай охолоджувальна рідина (охолоджувач ДВЗ), масло двигуна, в коробці передач, паливо, гальмівна рідина, електроліт в акумуляторі. Температура охолоджувача контролюється на серійних автомобілях. Можна контролювати температуру масла у двигуні і в коробці передач. На гоночних автомобілях при відборі пікової потужності контролюється температура палива, масла, охолоджувача. Температура зазначених рідин вимірюється не більше +200 °С.

- Температура електроліту в акумуляторах повинна враховуватись для установки оптимальної зарядної напруги на генераторі. Це потрібно зазвичай на етапі випробувань. Використовуються скляні термометри чи заklenі термопари. На електромобілях можна використовувати акумулятори з робочою температурою електроліту 300...350 °С чи тверді паливні елементи з робочою температурою до 1000 °С, при цьому система управління і діагностики повинна постійно контролювати цю температуру.

- Температура повітря на серійних автомобілях контролюється на вході у двигун, за бортом, в салоні. При випробуваннях вимірюється температура повітря поблизу електронних компонентів, верхня межа зазвичай 85... 125 °С.

- Температура в каталітичному нейтралізаторі раніше контролювалася тільки на етапі випробувань, так як її високі робочі значення (>350 °С) не повинні надавати негативного впливу на близько розташовані вузли автомобіля. Сьогодні є необхідність прискореного розігріву нейтралізатора під час пуску двигуна для якнайшвидшого його приведення в робочий стан і зменшення токсичності вихлопу. Розігрів проводять чи бензиною горілкою чи електрично, при цьому здійснюється контролю над температурою нейтралізатора. Вимірювання температури проводиться з діагностичною метою.

- Температура датчика кисню (>350 °С) контролюється на етапі випробувань автомобіля та двигуна.

- Температура повітря на шинах, поруч із тиском, вимірюється на досвідчених і гоночних моделях автомобілів. Наприклад, система Michelin для гоночних автомобілів Peugeot Proxima має датчики у кожному колесі, сигнали передаються на радіочастоті приймача і після цього а інформаційну систему водія. При $t > 85$ °С дана система рекомендує знизити швидкість до 240 км/год, при $t > 90$ °С до 160 км/год, при $t > 100$ °С - зупинитися.

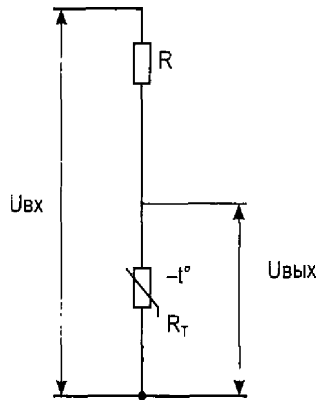
- Температура у силових електронних і інтегральних схемах контролюється автоматично. Це зберігає дорогі компоненти в аварійних режимах, наприклад, при короткому замиканні. Зрозуміло, що датчики температури на автомобілі відрізняються за призначенням і мають різні робочі діапазони. У таблиці 2.7 наведено типи датчиків. Тип Р — використовується на серійних моделях; тип D — на досвідчених автомобілях при її випробуваннях; тип F — можливе використання у майбутньому.

Таблиця 2.7

Тип датчика	Діапазон температур, °С	Використовування
Термістор	0...500	Р
Термопара	-200...+3000	D.
Біметалева пластина	-50...+450	Р
Потенціометричний	-40...+125	р
Резистор(платиновий)	-200...+850	Р
р-п-перехід	-40...+200	р
Термостат	-50...+500	Р
Волоконна оптика	0...+1800	D/P
Термоіндикатори	-40...+1350	D
Інфрачервоний термометр	-200...+1000	D

2.3.2 Термістори

Термістори найчастіше використовуються для виміру температури на автомобілях. При зміні температури змінюється електричний опір термістора і вихідний сигнал датчика як струму чи напруги. Здебільшого термістори мають негативний температурний коефіцієнт опору. Термістори, які використовуються в автомобільній промисловості, мають опір і від кількох кілоомм при 0°С до сотень Ом при 100 °С.

Рисунок 2.11 - Схема ввімкнення термістора R_T

На рисунку 2.11 показана найпростіша схема перетворювача температури в напругу. Напруга має бути стабільною, робочий струм не повинен нагрівати термістор, інакше виникнуть додаткові похибки. Температура термістора поповнюється 1°C на кожні 1,3 мВт розсіюваної потужності. Типовий приклад застосування термісторів на автомобілі— датчик температури охолоджувальної рідини (рисунок 2.12). Датчик повернутий у випускний патрубок охолоджувальної рідини, закріплений на головці блока циліндрів чи безпосередньо в головку блоку.

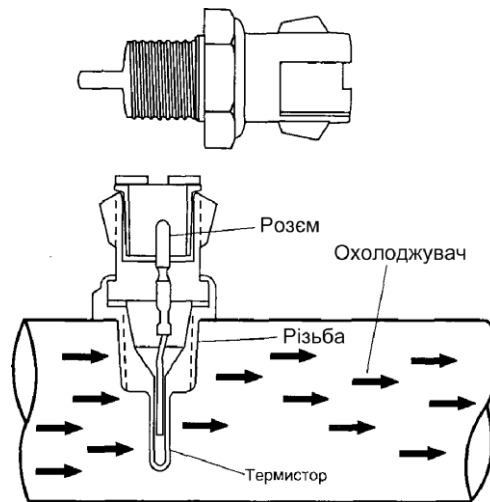


Рисунок 2.12 - Датчик температури охолоджувальної рідини

- Термісторний датчик температури повітря має аналогічну конструкцію. Розташований у системі подачі й очищення повітря. Робочий діапазон температур $-40\dots 120^\circ\text{C}$. У окремих випадках, з метою підвищення чутливості, передбачається шунтування додаткового опору R у схемі показань на рисунку 2.11. При цьому характеристики термісторного датчика змінюються відповідно до таблиці 2.8.

Таблиця 2.8

	Температура, $^\circ\text{C}$	Опір термістора. Ом	Вихідна напруга, В
Шунт вимкнено	-40	> 100000	5,00
	-8	3260	3,93
	0	2940	3,56
	10	2445	2,98
	20	1956	2,41
	30	1493	1,86
	40	1115	1,40
Шунт	50	786	3,69
	60	566	3,27

	70	426	2,87
	80	308	2,44
	90	226	2,05
	100	170	1,70
	110	128	1,39
	120	98	1,15

2.3.3 Термопары

Термопара являє собою пристрій, що складається з двох провідників з різномірних металів чи сплавів зі зварювальним контактом на одному з кінців. З протилежного боку два провідника з'єднують один з одним, отже утворюється замкнутий ланцюг. Якщо температури, при яких знаходяться два протилежних контакта, різні, то в замкнутому ланцюзі буде протікати струм. Цей струм існує у ланцюгу до того часу, поки існує різниця температур. Електрорушійна сила, що викликає спостережуваний струм, називається термо ЕРС Зеебека. Якщо замкнутий ланцюг розірвати посередині, то напруга між його розімкнутими вільними кінцями буде функцією різниці між температурою зварного контакту і температурою вільних кінців і залежатиме від конкретної комбінації матеріалів в термопарі. Термопары використовуються зазвичай для виміру високих температур. Наприклад, термопара, виконана з сплаву 70% платини

і 30% родію чи 94% платини і 6% родію, працює у діапазоні температур 0...1500 °С. Такий датчик встановлюється в випускному трубопроводі. Термопары в автомобілях використовуються на етапі випробувань.

2.3.4 Інші типи датчиків температури

У датчику температури з урахуванням біметалічного чутливого елемента (рисунок 2.13) використовується властивість різних металів по-різному змінювати свої лінійні розміри залежно від температури. Вигин (переміщення) пластини використовується для замикання чи розмикання контактів чи переміщення движка потенціометра. У першому випадку виходить дискретний датчик температури, а в другому - аналоговий датчик температури.

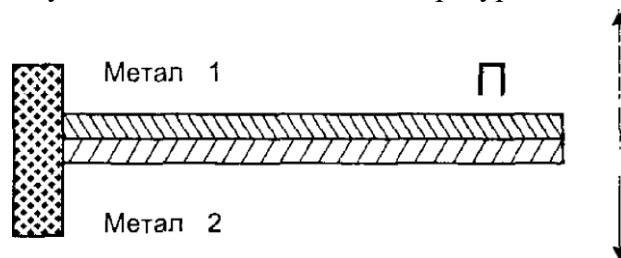


Рисунок 2.13 - Біметалічний чутливий елемент

- У датчиках температури, реалізованих на р-п-переході, використовується властивість переходу змінювати падіння напруги залежно від температури при постійному струмі. Наприклад, в якості датчика використовується перехід база-емітер кремнієвого транзистора з малим струмом колектора (близько 0,1мА) для запобігання саморозігріву. У діапазоні температур -40...+150 °С напруга на переході змінюється від 730 до 300 мВ з нелінійністю ± 3 мВ. Такі датчики розміщуються у мікросхемах силових перетворювачів і стабілізаторів.

- Термостат — це механічний датчик температури. Розширювальний елемент приводить в дію клапан, пере направляючий потік охолоджувальної рідини в радіаторі.

- Термоіндикатори — матеріали, температура плавлення яких калібрується з точністю до ± 1 °С, при цьому змінюється колір. Використовуються у виді фарби чи аплікацій, що наносяться на дану поверхню під час випробувань автомобіля.

- Інфрачервоні термометри (пірметри) визначають температуру тіл по їхньому тепловому випромінюванню. Метод безконтактний.

2.3.5. Датчики вологості

Цей тип датчиків інтенсивно використовується під час кліматичних випробувань автомобіля. На серійних автомобілях поки що не встановлюються. Здебільшого використовуються датчики

відносної вологості — резистивні і ємкісні. У ємкісних вологість змінює діелектричні властивості ізолятора (полімерної плівки). Такі датчики стабільні, працюють до 180°C. У резистивних датчиках змінюється опір об'ємного полімеру залежно від відносної вологості. Наприклад, за зміни відносної вологості не більше 10... 100% опір датчика змінюється у діапазоні $2 \cdot 10^7$ (в 7 степені)... $2 \cdot 10^3$ (в 3 степені) Ом.

2.4 Датчики витрати рідин і газів

2.4.1 Загальні відомості

Датчики витрати необхідні оптимальної реалізації основних функцій управління двигуном. Наприклад, в системах управління впорскуванням кількість подаваного в двигун палива розраховується по масі повітря, подаваного в циліндри. Маса повітря M вимірюється безпосередньо чи опосередковано, по об'ємній витраті:

$$M_A = N \cdot V \cdot q \cdot P / R_A \cdot T_A,$$

де N — число оборотів, V — обсяг двигуна (літраж), q — коефіцієнт використання обсягу двигуна ($q = f(N)$), P — розрідження у впускному колекторі, R_A — конструктивна стала, T_A — температура повітря у впускному колекторі. При непрямому вимірі маси M повітря треба враховувати залежність об'єму від коксування, а також запізнення змін P стосовно змін M . Такий спосіб виходить дешевшим по відношенню до безпосереднього виміру маси повітря, але менш точним. Сучасні автомобілі оснащуються переважно датчиками для безпосереднього виміру маси M всмоктуваного в циліндри повітря. Вихідний сигнал таких датчиків аналоговий (0...4 В) чи частотний. Крім виміру маси що надходить двигун повітря датчики витрати вже сьогодні знаходять застосування в автомобілі у таких випадках:

- щодо витрати палива для інформаційної системи водія. Витрата визначається по різниці між кількістю палива, котре вступило в рампу форсунок і повернулось в бак;
- щодо витрати через клапан рециркуляції вихлопних газів (EGR). При певних умов вихлопні гази через клапан EGR охолоджують камеру згоряння, що знижує зміст NOx в вихлопі. Контроль за витратою газу через клапан — одне із способів перевірки вмотивованості його функціонування. Відповідно до вимог OBD-II, ЕБУ має здійснювати постійний моніторинг систем, несправність яких призведе до підвищення забруднення довкілля;
- щодо витрати додаткового повітря на каталітичному нейтралізаторі. У деякі типи нейтралізаторів для мінімізації токсичних речовин CO і CH застосовується подача додаткового повітря при прогріві двигуна, коли робоча суміш багата. Справність насоса контролюється по витраті повітря. Безпосередній контроль над складом вихлопних газів не застосовується через високу вартість вимірювального устаткування. У таблиці 2.9 наведено дані про параметри сучасних датчиків витрати рідин і газів.

Таблиця 2.9

Найменування	Що вимірюється	Діапазон, [кг/год]	Допустима похибка, [%] і
Повітря, що поступає в двигун	Маса	10...1000	±4
Розхід палива	Маса / об'єм	' 1...66	±4
Вихлопні гази	Маса	30...100	+10
Дод. повітря в нейтралізаторі	'Об'єм	; 50м ³ /год і	±20 .

2.4.2 Витратоміри і масметри

По виду інформації датчики витрати рідин і газів поділяють на дві групи — на витратоміри і масметри.

- Якщо витрата рідини чи газу (наприклад повітря) визначається за обсягом середовища, то датчик називається об'ємним витратоміром. До таких датчиків відносяться витратоміри повітря для автомобільних систем впорскування бензину. Натомість витратоміри повітря поділяються на механічні — з круглим плаваючим ротометром; потенціометричні — з вітрильною вимірювальною заслінкою; вихрові (датчики Кармана) — з розсікачем повітряного потоку, який

виконує функцію генератора повітряних завихрень, частота чи варіації тиску, у яких несуть інформацію про обсяг пропущеного повітря.

- Якщо витрата текучого середовища (рідини чи газу) визначається безпосередньо щодо маси, то вимірювальний датчик називається массметром. Массметри, на відміну витратомірів, видають якіснішу метрологічну інформацію. Особливо це стосується повітряних массметрів, так як обсяг газоподібних середовищ, на відміну від рідин, значною мірою залежить від температури і тиску. Так, в разхідометрах повітря, що працюють у системах впорскування бензину, доводиться встановлювати додаткові (коригувальні) датчики температури і тиску в атмосферному повітрі. Массметри в системах впорскування працюють без таких датчиків. Основний принцип дії повітряних массметрів ґрунтується на застосуванні платинової нитки, яка розігріта електричним струмом, в якості датчика інформації про масу прохідного повітряного потоку, охолоджуючого розігріту нитку.

2.4.3 Датчик Кармана

Датчики Кармана відносяться до вихрових розхідометрів повітря. Якщо вузький стрижень (розсікач) розмістити впоперек рівномірного повітряного потоку, то за стрижнем почнуть утворюватися завихрення. Принцип роботи датчика Кармана ґрунтується на вимірі частоти обертання вихрових потоків, які утворюються за поперечним стрижнем серед всмоктуваного повітря. Швидкість V потоку повітря визначається рівнянням:

$$V = f \cdot (d/St)$$

де d — константа, що залежить від геометрії стрижня; St — критерій подоби невстановлених рухів мінливих середовищ (число Струхалія) для конструкцій автомобільних датчиків витрати повітря $St = 0,23$; f — частота обертання вихрових потоків (генерації вихорів). По частоті виявляють швидкість, потім по відомому поперечному перерізу вхідного каналу датчика — обсяг повітря. Частоту генерації вихорів визначають ультразвуковим методом чи по варіаціях тиску.

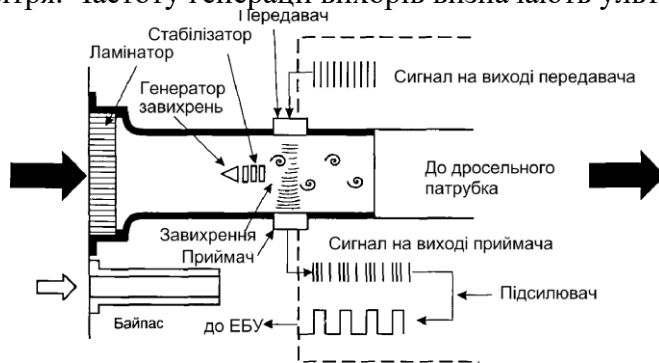


Рисунок 2.14 - Ультразвуковий датчик Кермана

- В ультразвукових датчиках (рисунок 2.14) частоту генерації вихорів визначають по доплеровському зрушенню частоти ультразвукової хвилі (зазвичай 50 кГц) при її розсіянні рухомих середовищем (потоків повітря). Датчики, аналогічні датчику на рисунку 2.14 використовувались на двигунах з центральним впорскуванням автомобілів Chrysler.

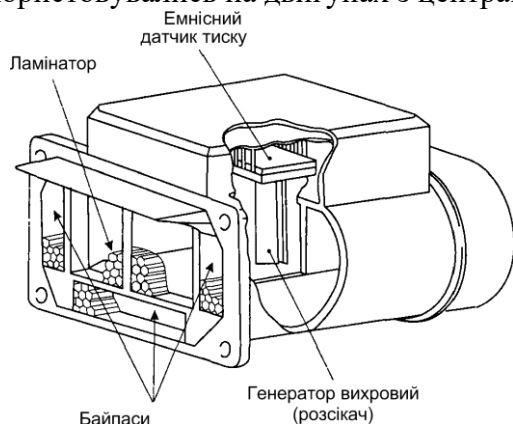


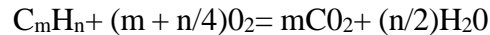
Рисунок 2.15 - Датчик Кармана з виміром варіацій тиску

- Датчики Кармана з урахуванням підрахунку числа вихорів по варіаціям тиску набагато дешевші. В них напівпровідниковий, чутливий до змін тиску елемент розташований безпосередньо за вихровим стрижнем (розсікачем). Вихор, з'являється за стрижнем, викликає

зміну тиску, яке перетворюється в електричний сигнал, що надходить у ЕБУ двигуна. Конструкцію такого датчика показано на рисунку 2.15.

2.5 Датчики складу вихлопних газів

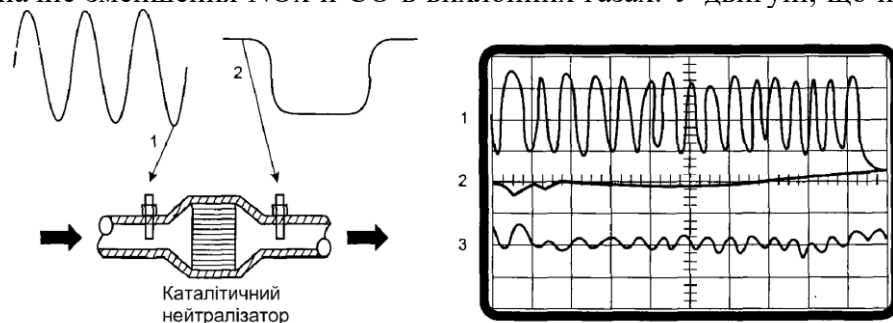
Процес спалювання палива описується рівнянням:



У ідеальному разі, коли склад ТВ-суміші стехіометричний ($X=1$), під час спалювання 1 кг (1 л) палива й 14,7 кг (10 м³) повітря утворюються вода і двоокис вуглецю. Ці речовини нетоксичні. Але навіть за стехіометричним складом ТВ-суміші її згоряння здійснюється не повністю й утворюються токсичні речовини. Згоряння багатой суміші ($X < 1$) призводить до появи надлишкової кількості CO, H₂ і CH, бідні суміші ($X > 1$) призводять до утворення NO_x, O₂. На сучасних автомобілях шкідливі компоненти вихлопних газів нейтралізуються. Майже будь-яка система нейтралізації містить у собі датчик (або два датчика) концентрації кисню, що у англійській літературі називається лямбда-зондом (X-зонд).

2.5.1 Цирконієві і титанові датчики концентрації кисню в вихлопних газах

У сучасних автомобільних двигунах, наділених каталітичними нейтралізаторами, важливо точно контролювати склад ТВ-суміші і підтримувати коефіцієнт надлишку повітря близьким до одиниці. І тому застосовуються датчики кисню, встановлювані у системі відводу вихлопних газів і виробляють сигнал, який залежить від концентрації кисню в вихлопі. Прямий вимір концентрації CO, CH і NO_x у вихлопних газах на серійних автомобілях економічно недоцільно. Натомість застосовується система нейтралізації з цими двома датчиками кисню. Другий датчик кисню встановлюється на виході нейтралізатора і контролює його справність (рисунок 2.16). У справному нейтралізаторі надлишковий кисень бере участь у хімічних реакціях, його концентрація в вихлопних газах зменшується й у вихідному сигналі другого датчика кисню на виході нейтралізатора практично немає коливань (позиція 2 на рисунку 2.17). Чим більше засмічений чи отруєний нейтралізатор, тим більше схожі сигнали вхідного і вихідного датчиків (позиція 1 і 3 на рисунку 2.17). Докладно про цирконієві і титанові датчики Підвищення вимог до зменшення кількості токсичних речовин, що викидаються у повітря з вихлопними газами автомобіля, зокрема можливе нормування найближчим часом змісту CO₂, і навіть підвищення вимог до паливної економічності роблять необхідним застосування двигунів, які більш ефективно використовують паливо. Потенційно таким вимогам відповідають двигуни, які працюють збіднених сумішах. Використання робочих сумішей з співвідношенням повітря/паливо 16:1...25:1, коли має місце активне вигорання надлишкового кисню, може дати економію палива по меншій мірі на 10% і значне зменшення NO_x й CO в вихлопних газах. У двигуні, що працює



на кисню дивись в [3] і [4].

Рисунок 2.16. Датчики кисню на вході (1) і виході (2) каталітичного нейтралізатора з відповідними вихідними сигналами

Рисунок 2.17. Вихідний сигнал вхідного(зверху -- 1) і вихідного(знизу -- 2 і 3) датчиків кисню

2.5.2 Датчики кисню для двигунів, які працюють на збіднених сумішах

збідненій ТВ-суміші, потрібно понад точне регулювання її складу і більш потужна іскра запалювання. Вже є такі автомобільні двигуни, випущені серійно (наприклад, на японських автомобілях Honda VTEC-E і Toyota Carina-E).

Необхідним елементом системи автоматичного управління таким двигуном є аналоговий датчик кисню з вихідним сигналом, який міняється не стрибкоподібно, а плавно в пропорції із вмістом кисню в вихлопних газах (рисунок 2.18). Аналоговий датчик кисню для двигунів з

збідненими робочими сумішами є модернізацією звичайного цирконієвого датчика. Крім виявлення точки стехіометричного складу ТВ- суміші він може видавати робочий сигнал, пропорційний зміні співвідношення повітря/паливо в ТВ-суміші від дуже збагаченого (10:1) до дуже збідненого (35:1).

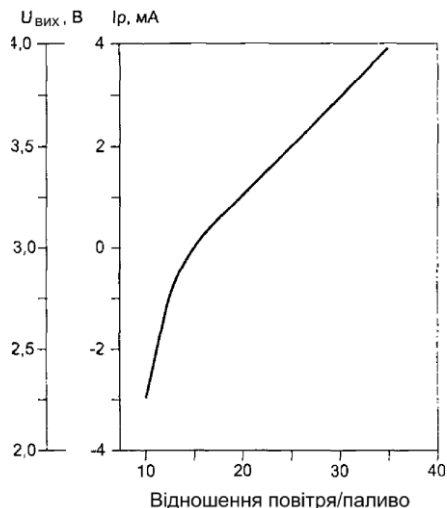


Рисунок 2.18 Сигнал аналогово датчика кисню

Конструкцію одного з типів таких датчиків кисню показано на рисунку 2.19. Датчик вироблений із цирконієвої кераміки з платиновими електродами. Він складається з двох осередків для переміщення іонів кисню: осередка I, куди закачуються іони кисню, і осередку V, де виявляються іони кисню.

Електронна схема формує струм V, на одному й тому самому рівні 0,45 В. Отже струм I стає мірою співвідношення повітря/паливо для робочої суміші і формує вихідний аналоговий вихідний сигнал датчика у виді напруги.

2.5.3 Вплив різних факторів на характеристики датчиків кисню

За появи деяких речовин, у випускному колекторі відбувається зміна статичних характеристик датчика кисню (отруєння) і передчасній його поломці. Найчастіше це свинець (Pb) з етилірованого бензину чи кремній (Si) з силіконових герметиків (рисунок 2.20).

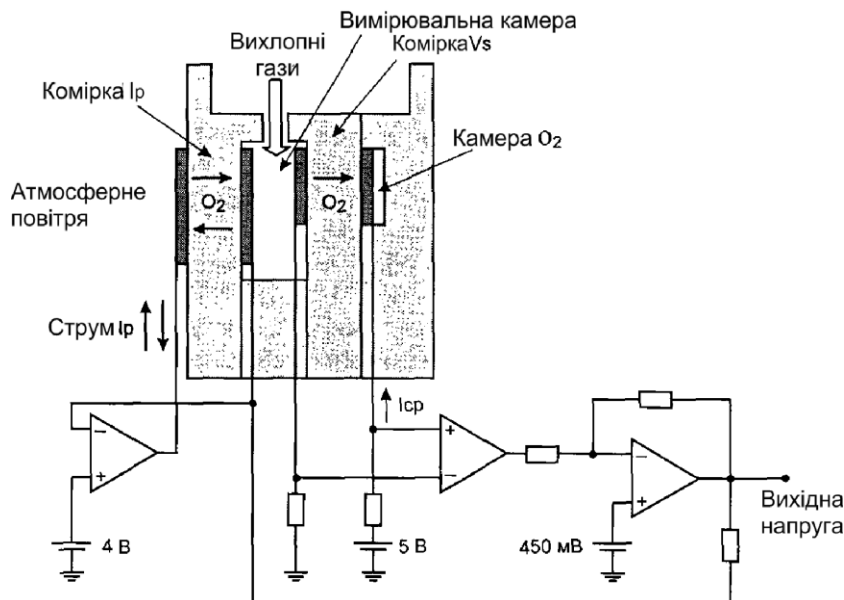


Рисунок 2.19 - Конструкція і електронна схема датчика кисню для ДВЗ, працюючого на збіднених ТВ-сумішах

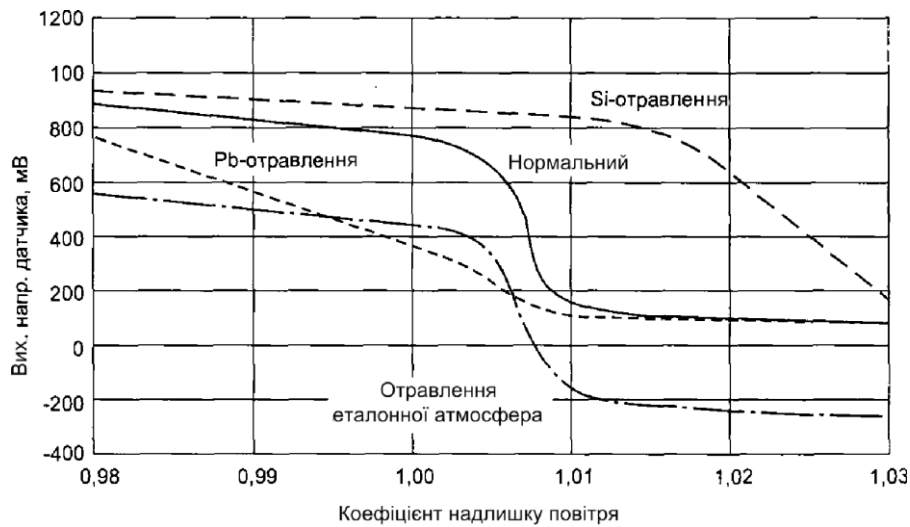


Рисунок 2.20 - Вплив різних чинників на характеристики датчика кисню

2.5.4 Газоаналізатори

Газоаналізатори призначені для визначення параметрів вихлопних газів у стаціонарних умовах на випробувальному стенді. Зазвичай, визначають зміст наступних газів у вихлопі автомобіля: окису вуглецю CO, двоокису вуглецю CO₂, вуглеводнів CH, кисню O₂. Газоаналізатор виконується у вигляді окремого модуля зі своїм дисплеєм, а може підключатися через послідовний порт до комп'ютерного мотор-тестеру. Крім концентрації CO, CO₂, CH, O₂ газоаналізатор може визначати коефіцієнт надлишку повітря X і співвідношення повітря/паливо. Показання можуть зніматися до і після каталітичного нейтралізатора. У таблиці 2.10 значення, отримані з допомогою λO₂, [%]газоаналізатора для сучасного двигуна у чудовому стані.

Таблиця 2.10

	CO, [%]	HC, [млн'1]	O ₂ , [%]	CO ₂ , [%]	λ	Повітр./палив.
до нейтралізатора	0,6	120	0,7	14,7	1,0	14,7
Післянейтралізато ра	0,2	12	0,1	15,3	1,0	14,7

Вміст окису вуглецю, двоокису вуглецю, вуглеводнів визначається інфрачервоними методами, з допомогою властивостей різних газів по-різному поглинати інфрачервоне випромінювання. Зміст кисню визначається електрохімічними методами, використовується пристрій, аналогічний датчику кисню. Розглянемо схему виміру концентрації газу CO (рисунок 2.21). Інфрачервоний випромінювач нагрівається приблизно до 900 С. Його промені направляються рефлекторно через обертальний диск

з отворами і далі через вимірювальну камеру у приймальну камеру. У приймальній камері, яка складається з двох герметичних порожнин (1 і 2), які з'єднуються між собою по сполучному каналі, міститься певна концентрація газу CO.

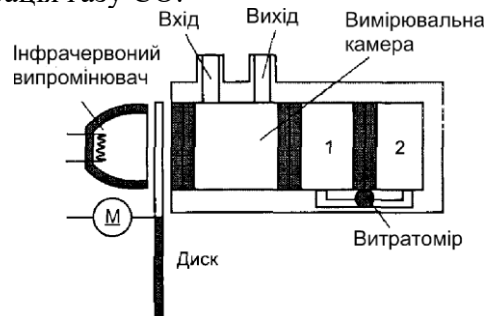


Рисунок 2.21 - Вимірювання концентрації CO

2.6 Датчики кутових, і лінійних переміщень і положень

2.6.1 Загальні відомості

Датчики кутових, і лінійних переміщень знаходять широке застосування автомобілем. Від простих — типу мікро вимикача дверях, до складних — типу лінійних диференційних трансформаторів в активній підвісі. Призначення датчиків такого типу — перетворення кутового чи лінійного переміщення в електричний сигнал.

Датчики виробляються контактними чи безконтактними. Контактні датчики піддаються зносу, на оптичні датчики негативно впливає пилюка і волога. Тож у сучасних безконтактних датчиках кутових і лінійних переміщень, що застосовуються у автомобільній промисловості, найчастіше використовують ті чи інші магнітні властивості чутливих елементів.

2.6.2 Контактні датчики (мікрвимикачі)

Мікрвимикачі — це найпростіші контактні датчики для фіксації певного крайового становища механічного об'єкта, наприклад двері, скла в стіклопідіймачі тощо. При спрацьовуванні мікрвимикача в ЕБУ подається сигнал, відповідний напрузі живлення або загальній шині. Для діагностики стану такого датчика та його ланцюга він включається за схемою, показаною на рисунк 2.22.

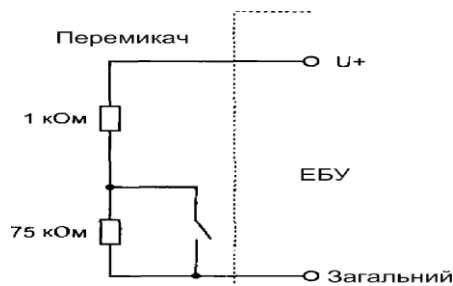


Рисунок 2.22 - Мікрвимикач з можливістю діагностування

Потенціометричні датчики

Потенціометри застосовуються автомобілем як датчики положення(наприклад, датчик положення дросельної заслінки тощо). Сучасні автомобільні потенціометричні датчики мають напрацювання на відказ більше, ніж термін експлуатації середнього автомобіля, витримують обертання движка зі швидкістю до 1000 обертів на хвилину протягом 1000 годин. Дротові потенціометри характеризуються числом витків намотки на один градус: від 1 до 8. Опір дротяних потенціометрів лежить у межах 10... 10000 Ом, і задається з похибкою 5%. Перевага дротяних потенціометрів — можливість низькоомних датчиків. Недоліки: нелінійність, дискретність, швидкий знос (близько 10(в п'ятому) оборотів). Частіше використовують як датчики положення недротові потенціометри з напиленням на пластиці чи кераміці резистивним покриттям. Щітки двигуна демпфуються для опірності вібраціям. Опір автомобільних недротових потенціометричних датчиків положення лежать у межах 50...20000 Ом, з похибкою.20%. Потенціометри використовують у режимі дільника напруги, похибка їх номіналу немає великого значення. Лінійність і роздільна здатність висока. При вимірі лінійних переміщень движок може перемішатися в рамках 10 м.м... 3 м, при вимірі кутових — до 355 °. Потенціометричні датчики запитуються напругою 5 В від стабілізатора в ЕБУ. Ця напруга подається на АЦП і компаратори, що робить систему «датчик — АЦП» нечутливою до варіацій живлених і опорних напруг. Для оптимальної роботи потенціометричних датчиків в мікроелектронних схемах струм через щітки движка обмежується величиною порядку 0,1 мкА. Датчик становища дросельної заслінки — ДПДЗ (рисунок 2.23) встановлено збоку дросельного патрубка на осі дросельної заслінки.

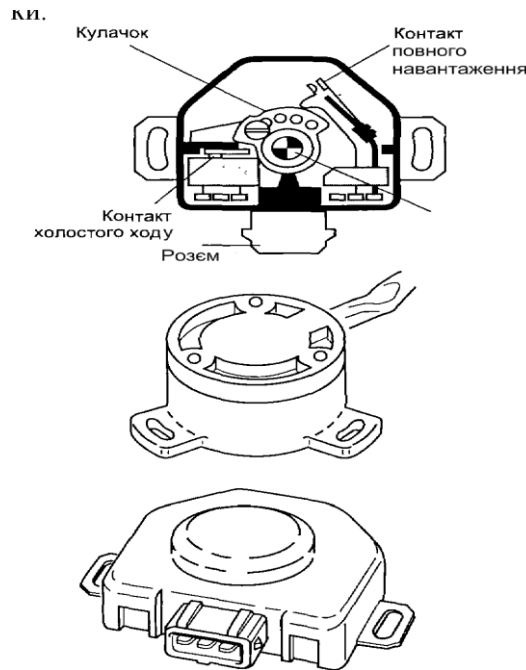


Рисунок 2.23 - Датчик становища дросельної заслінки

Він являє собою резистор потенціометричного типу, один з виводів якого з'єднаний із опорною напругою (5 В) контролера, а другий з масою контролера. Третій вивід з'єднує рухливий контакт ДПДЗ з вимірювальним входом контролера, що дозволяє контролеру визначити напругу вихідного сигналу ДПДЗ.

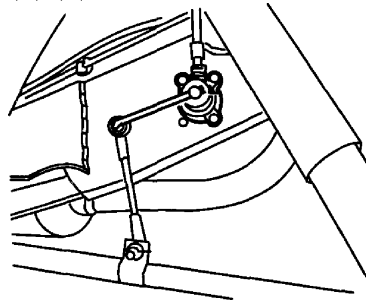


Рисунок 2.24 - Датчик висоти кузова

Дані про стан дросельної заслінки необхідні для розрахунку тривалості імпульсів управління форсунками. При повороті дросельної заслінки (рухом педалі акселератора) змінюється напруга на рухливому контакті ДПДЗ. При закритому становищі дросельної заслінки вихідний сигнал ДПДЗ нижче 0,7 В. Датчики висоти кузова виробляються на основі звичайних потенціометрів, вихідна напруга датчика пропорційна висоті кузова стосовно шасі (рисунок 2.24). Такі датчики необхідні для роботи системи управління активною підвіскою.

2.6.3 Безконтактні датчики

У деяких автомобільних системах необхідна інформація про кутову швидкість чи кутовому становище обертового валу. Така інформація отримується безконтактними датчиками частоти обертання. Відомий ряд таких безконтактних датчиків, в основу роботи яких покладено різні фізичні явища: магнітоелектричні, на ефекті Холла, високочастотні, опто-електронні, струмовихрові, на ефекті Виганда, фотоелектричні.

Оптичні датчики

У оптичних датчиках відносного кутового становища використовуються світломодулюючі диски з симетричними прозорими і непрозорими секторами. Для прецизійних датчиків диски скляні, для звичайних — металеві, які дешевші. Кодуючий диск висвітлюється з одного боку, з іншого є фотоприймачі. Кодуючий диск може мати від 16 до 6000 позицій на оборот. Сектора часто розташовують на двох радіусах, зміщуючи їх на половину довжини отвора, що у в чотири рази збільшує розрізнявальну здатність. Використовується третя доріжка для розміщення маркера. На рисунку 2.25 за приклад оптичного датчика кутового положення показаний датчик положення рульового колеса. Датчик містить обертовий диск з прорізами і три нерухомі оптоелектронні пари. Диск разом із кермом обертається між світлодіодами і фототранзисторами.

При повороті керма на фототранзисторах виробляються послідовності електричних імпульсів, якими ЕБУ визначає кут і швидкість повороту. Для визначення напрямку повороту необхідно мати два фотопереривача ST-1 і ST-2. Третій трапpler ST-N фіксує центральне становище рульового колеса.

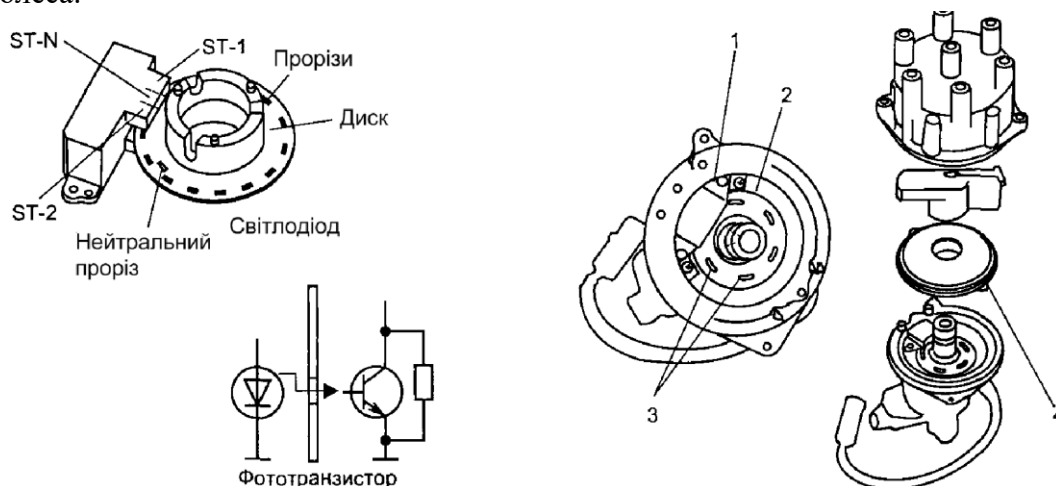


Рисунок 2.25 - Датчик становища рульового колеса

Рисунок 2.26. Розподільник автомобіля Chrysler рульового колеса з оптичним датчиком:

1. оптичний датчик з інтегральною мікросхемою,
2. диск,
3. прорізи,
4. захисна касета

Наприкінці 80-х років на автомобілях Chrysler (США) та деяких японських автомобілях у системі запалювання використовувалися оптичні датчики кутового становища колінчатого вала і ВМТ. Датчик містився в розподільнику (рисунок 2.26) в захисній касеті для зменшення забруднення і світлових перешкод. На рисунку 2.27 показано кодуєчий диск датчика з прорізами на двох радіусах і вихідні сигнали датчика. З зовнішнього радіуса диска знімається інформація про кутове становище колінчастого вала шести циліндрового ДВЗ, з внутрішнього про ВМТ. Світлодіоди і фототранзистори доводиться періодично очищати від забруднення.

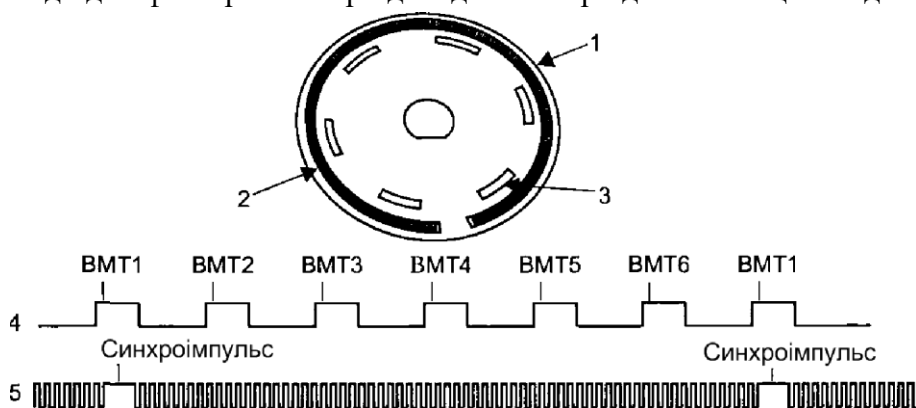
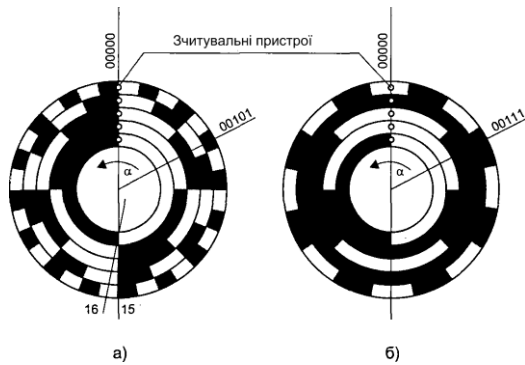


Рисунок 2.27 - Диск оптичного датчика в розподільнику:

1. — диск,
2. — прорізи зовнішнього радіуса,
3. — прорізи внутрішнього радіуса,
4. — сигнал з внутрішнього радіуса,
5. — сигнал з зовнішнього радіуса

Випускаються серійні мікросхеми для підключення до оптичних датчиків. Дешифрується відносне кутове положення і напрям обертання. Кутове становище вимірюється з похибкою 10...40 хвилин. При обертанні кодуєчого диска може бути похибка через кінцевої крутизни фронтів сигналів. Типовий частотний діапазон для світлодіода трохи більше 100 кГц.



При цьому, наприклад, для диска зі 100 помітними позиціями частота обертання може бути понад 1000 хв(в -1 степені). Оптичні датчики абсолютного кутового становища застосовуються там, де інформація потрібна відразу після подачі живлення. Оптичні кодуючі диски таких датчиків (рисунок 2.28) мають розширення від 2(в 6 степені) до 2(в 16 степені), формат даних — двоїчний, двоїчно-десятковий, код Грея. На диску є N концентричних доріжок з секторами, де N — розрядність слова. Зчитувальний пристрій може сприйняти частину розрядів із сусіднього сектора, тоді виникає помилка зчитування.

Магнітоелектричні датчики

Найпоширенішим типом магнітоелектричного датчика є генераторний датчик комутаторного типу з пульсуючим магнітним потоком. Принцип дії такого датчика залежить від зміни магнітного опору магнітного ланцюга, отже, і магнітного потоку у ньому, при зміні зазору з допомогою феромагнітного зубчастого ротора (комутатора). На рисунку 2.29 показана принципова схема магнітоелектричного датчика комутаторного типу.

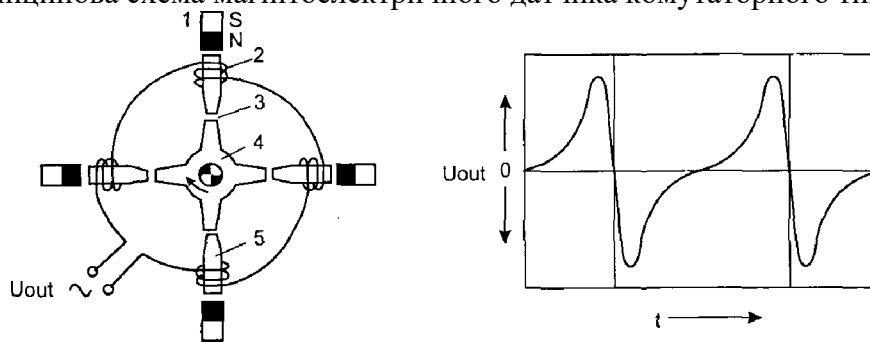


Рисунок 2.29 - Принципова схема комутаторного датчика і осцилограма вихідного сигналу
Напряга визначається за такою формулою:

$$U_{out} = kwn(d\Phi/da),$$

де k — коефіцієнт, залежить від характеристик магнітного ланцюга; w — кількість витків обмотки; n — частота обертання зубчастого ротора; $d\Phi/da$ — зміна потоку Φ залежно від кута повороту a . Коли зубці ротора 4 наближаються до полюсів 5 статора, в обмотках 2, включених послідовно і узгоджено, зростає напруга U досягає максимуму, потім швидко змінює знак і за видалення зубців збільшується у протилежному напрямі знову до максимуму. Такі датчики ще зараз застосовують у розподільниках запалювання, у яких зубцюватий ротор встановлюється на розподільний вал і виготовляється із м'якої сталі. Кількість зубців залежить від кількості циліндрів двигуна. Необхідне магнітне поле створюють постійні магніти 1. Цікаво зазначити, що в даній симетричній магнітній системі для кожного положення ротора забезпечується усереднене значення зазору 3, за рахунок чого компенсуються похибки виготовлення окремих деталей і биття ротора.

Датчики на ефекті Холла

Завдяки розвитку мікроелектроніки широкого розповсюдження набули датчики кутового становища на ефекті Холла. Ефект Холла виникає у плоскій напівпровідниковій пластині, внесений в магнітне поле, при пропусненні через неї електричного струму. Якщо помістити табличний елемент завтовшки h в магнітному полі в такий спосіб, щоб напрям індукції B магнітного поля був перпендикулярний площині пластини, і пропустити струм I через пластину в подовжньому напрямі, то поперечному напрямі між протилежними гранями пластини виникне ЕРС Холла;

$$E_x = kIB/h,$$

де k — стала Холла, м²/А. Чутливість елемента Холла залежить від співвідношень між довжиною і шириною пластини і підвищується при зменшенні її товщини. Для плівки товщина h сягає 10^{-6} м, для пластини з напівпровідникового кристала - 10^{-4} м. Для виготовлення елементів Холла використовуються германій, кремній, арсенід галію (GaAs), арсенід індію (InAs), антимонід індію (InSb).

Електрорухома сила самоіндукції Холла дуже мала і повинна бути посиленою поблизу кристала для того, щоб негайно усунути вплив електромагнітних перешкод. Конструктивно елемент Холла і перетворювальна схема, яка містить підсилювач, граничний елемент, вихідний каскад і стабілізатор напруги, виробляються як інтегральна мікросхема, яка називається магнітокеруючою інтегральною схемою. У таких датчиках немає третьових частин, крім підшипників, вони безінерційні і мають високу надійність.

Проте вартість аналогових датчиків Холла висока, крім цього, на їх чутливість впливає температура (порядок 0,001/°C). Вартість — дуже суттєвий чинник для автомобільних датчиків, тому у датчиках Холла застосовуються дешевші магнітні матеріали з низькою температурною стабільністю: ферити і сплави AlNiCo (0,002...0,02/°C). Доводиться вводити зовнішні компенсуючі елементи, програмувати характеристики датчика через інтерфейс.

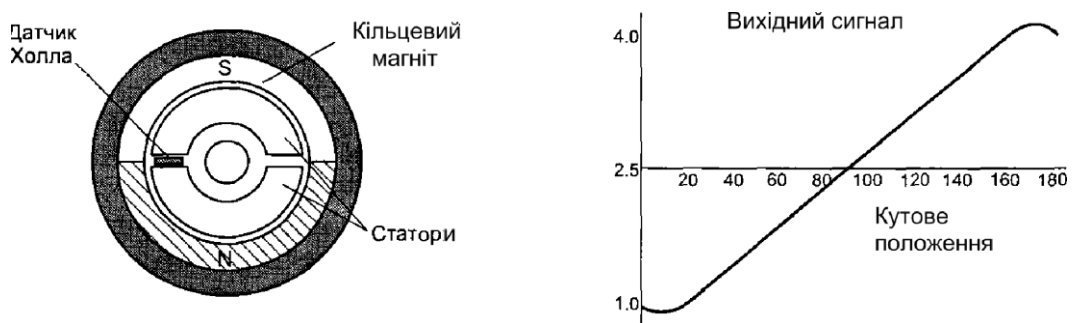


Рисунок 2.30 - Датчик абсолютного кутового положення з чутливим елементом Холла

Сельсинні і диференціальні трансформатори

В якості датчиків абсолютного кутового становища на автомобілях починають застосовувати крутящі трансформатори (сельсини). Раніше вони вважалися занадто дорогими. Сельсини характеризуються високою роздільною здатністю (до 7'), працюють у важких зовнішніх умовах. Обмотки збудження заряджаються напругою із частотою 400...20000 гц, зазвичай для автомобілів 2... 5 кГц.

Кутове становище ротора декодується за сигналами синусною і косинусною обмотками спеціальною мікросхемою у цифровий код (R-D — convertor). В якості датчиків абсолютного лінійного положення знаходять застосування лінійні диференціальні трансформатори. Вихідний сигнал може бути декодований спеціалізовану ІС.

Магніторезистивні датчики

У магніторезистивних датчиках використовується здатність окремих матеріалів, наприклад, сплаву FeNi, змінювати свій опір під впливом зміни напруженості магнітного поля. Такі датчики, як і датчики Холла, безінерційні, також можуть працювати на нульовій частоті. У робочому діапазоні магніторезистора його опір змінюється у межах 2,5% по квадратичного закону функції косинуса. Магніторезистори вбудовують в інтегральну схему, де розміщують й ланцюги обробки сигналу. Є також магніторезистор з більшою чутливістю: 4... 15%.

2.7. Радарні та інші спеціальні датчики Антена

2.7.1 Радарні і ультразвукові датчики

Автомобільні радарні датчики працюють на надвисоких радіочастотах в діапазоні 20...100 ГГц. Для визначення швидкості зближення автомобіля з фронтальною перешкодою на дорозі використовується ефект Доплера. Акселерометри використовують у системах

безпеки, ABS, навігаційних системах, активній підвісці. Ще у 1969 року фірма Lukas встановлювала експериментальний доплеровський радіорадар з несучою частотою 24 ГГц на автомобілі Ford Zodiak щоб одержати інформацію про швидкість зближення і відстань до об'єкта перед автомобілем. На поворотах такий радар часто давав хибні сигнали тривоги, коли дерева і дорожні знаки відбивали сигнал випромінювача. У середовищі сучасних радіорадарних систем ця проблема вирішується з допомогою складної цифрової обробки сигналу значного підвищення частоти випромінювання (в Європі— це 77 ГГц), що дає більш високий дозвіл підвищує стійкість перед перешкодами. У радіовипромінювачі використовується скануюча антена і три нерухомих антени, змонтовані під переднім пластиковим бампером. Такі антени посиляють вперед радіовипромінювання з розміром растра 3×9 (рисунок 2.31)

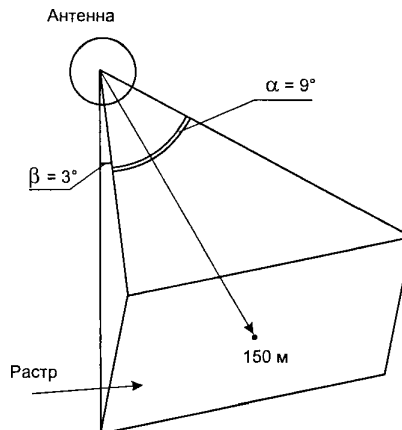


Рисунок 2.31 Растр Радіовипромінювача

Радіосигнали відбиваються з інших автомобілів, нерухомих перешкод й обробляються в ЕБУ приблизно 20 разів у секунду з урахуванням власної швидкості автомобіля й положення керма. Радар дає інформацію про фронтальні перешкоди перед автомобілем, об'єкти обіччі (дерева і дорожні знаки) не викликають хибних спрацювань.

Сучасні радарні системи виявляють перешкоди з відривом до 150 метрів, визначають відстань до об'єкта з точністю до 1 метра й швидкість зближення з точністю до 1 км/год. Інформація про перепони вступає у ЕБУ, який через виконавчий механізм управляє спеціальною дросельною заслінкою, не зв'язаною з педаллю водія, підтримується безпечна швидкість зближення. Що стосується можливого зіткнення ЕБУ використовує средства звукового і візуального попередження. На рисунку 2.32 представлений радарний датчик АСС для адаптивного круїз-контроля фірми BOSCH. У блоці розміщені приймально передаюча антена діаметром 75 мм, радіорадар з модуляцією частоти, контролер.

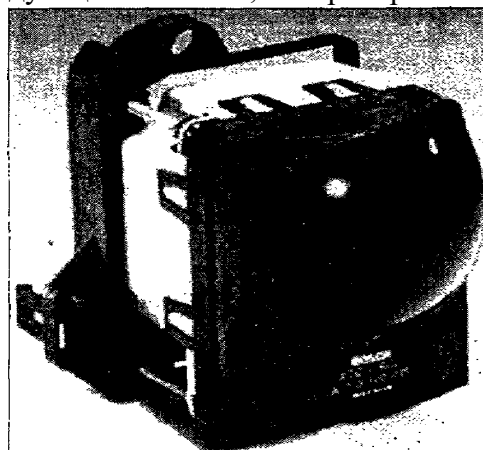


Рисунок 2.32 - Радіорадарний датчик

Крім радіорадарних датчиків вже застосовуються ультразвукові датчики зближення. Ультразвукові датчики випромінюють цілеспрямовані звукові хвилі на частоті 40 кГц. Для визначення швидкості зближення і відстані до виявлених по відбитому сигналу об'єктів тут, як й у радіорадарі, використовується ефект Доплера. Швидкість поширення звукової хвилі (340 м/с при 15 °С) залежить від властивостей атмосфери.

2.7.2 Датчики прискорення (акселерометр)

Деякі твердо тільні матеріали мають електричну чутливість до механічних впливів. Такі матеріали часто йдуть на перетворення механічних величин в електричні. На основі створюються п'єзоелектричні і тензорезистивні акселерометри, які у автомобільних електронних системах використовують як датчики прискорення.

П'єзоелектричні акселерометри

Цей тип датчиків прискорення широко використовується для вібраційних вимірів, та як вони точні, надійні й прості. На рисунку 2.33 показана базова конструкція акселерометра, яка у компресійному режимі. Чутливість автомобільних акселерометрів становить близько 20 мВ/g. При деформації (стисканні) п'єзокристалла на його гранях з'являється електричний сигнал, пропорційний прискоренню. Робочий діапазон частоти 5... 100000 гц. Для обробки сигналу від п'єзоелектричного датчика використовується електронний підсилювач-формував, зібраний за схемою рисунка 2.34. П'єзоелектричні акселерометри мають малі розміри і випускаються в інтегральному виконанні. Після вжитих заходів щодо термокомпенсації ці датчики прискорення мають похибку не гірше 0,5% в температурному діапазоні -40...+ 110 °С.

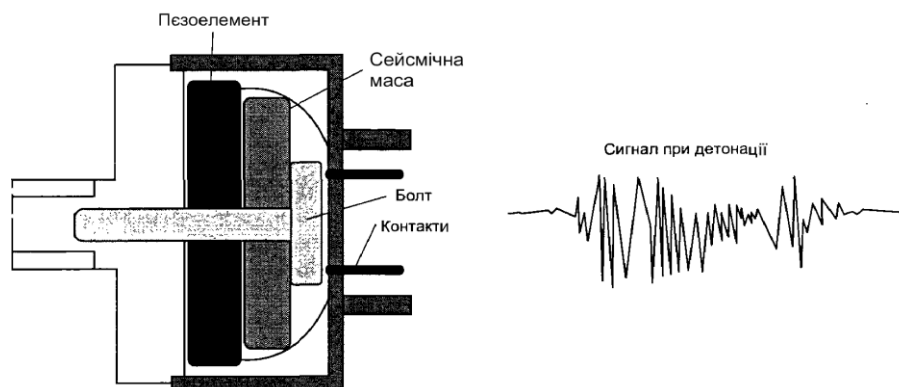


Рис. 2.33. Базова конструкція акселерометра

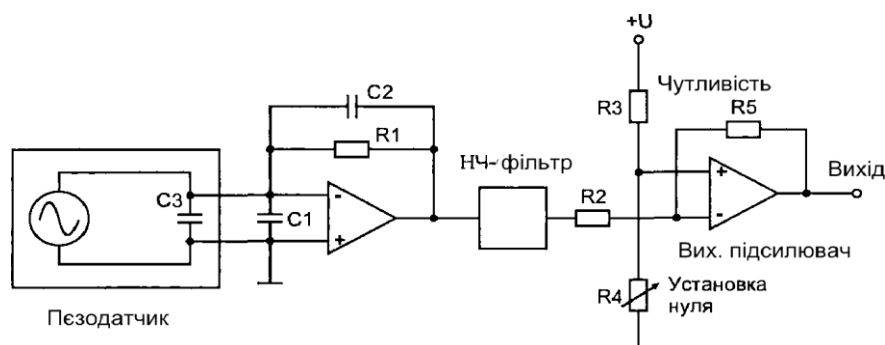


Рисунок 2.34 - Схема підсилювача-формувача для обробки сигналу п'єзоелектричного акселерометра

Ці акселерометри є механічними датчиками інерційного типу. Такі датчики повинні розташовуватися не більше 40см від місця удару. Використовуються зазвичай 3—5 датчиків. Конкретне виконання інерційних датчиків вибирається виробником системи безпеки, але вони працюють на одному й тому принципі. Ця механічна конструкція (рисунок 2.35) складається з чутливої маси (металевої кулі), яка надійно тримається в задній частині невеликого циліндра потужним постійним магнітом. Під час звичайної їзди вихідні електричні контакти датчика розімкнуті.

Зіткнувшись сила інерції металевої кулі долає тяжіння магніту, куля котиться по циліндру уперед і замикає контакти, сигнал вступає у ЕБУ. Динамічні характеристики механічних акселерометрів описуються диференціальним рівнянням 2-го порядку. Такі параметри, як жорсткість

Акселерометри для повітряних мішків безпеки

Ці акселерометри є механічними датчиками інерційного типу. Такі датчики повинні розташовуватися не більше 40см від місця удару. Використовуються зазвичай 3—5 датчиків. Конкретне виконання інерційних датчиків вибирається виробником системи безпеки, але вони працюють на одному й тому принципі. Ця механічна конструкція (рисунок 2.35) складається з чутливої маси (металевої кулі), яка надійно тримається в задній частині невеликого циліндра

потужним постійним магнітом. Під час звичайної їзди вихідні електричні контакти датчика розімкнуті.

Зіткнувшись сила інерції металевої кулі долає тяжіння магніту, куля котиться по циліндру уперед і замикає контакти, сигнал вступає у ЕБУ. Динамічні характеристики механічних акселерометрів описуються диференціальним рівнянням 2-го порядку. Такі

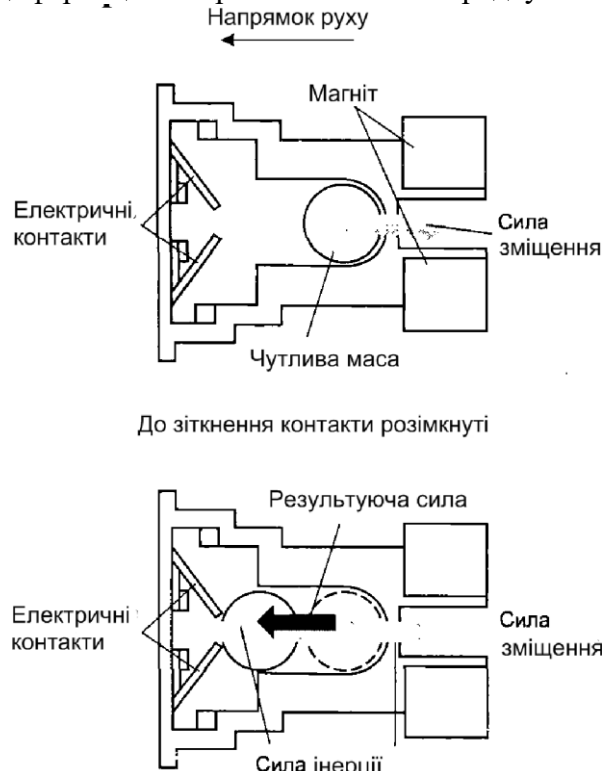


Рисунок 2.35 - Акселерометр з їх постійним магнітом

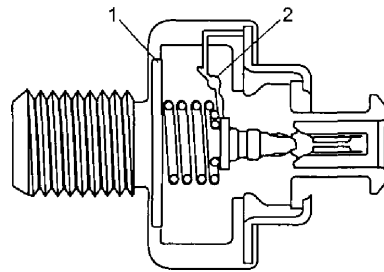
параметри, як жорсткість пружини, маса кульки, сила тяжіння магніту, зменшення тощо, повинні бути пов'язані з динамікою автомобіля під час удару. Ці параметри підбирають під конкретну модель автомобіля з урахуванням його ваги, конструкції корпусу, місця розташування датчика.

Спеціальні акселерометри

Останнім часом почали застосовувати інтегральні акселерометри з урахуванням напівпровідникових чи п'єзоелектричних тензорезисторів. Вони малогабаритні, надійніші, програмуються, їх характеристики відтворювані з вищою точністю. Інтегральні датчики розташовуються приблизно в центрі салону. Їх чутливість до ударному прискорення вища, ніж в механічних, через амортизацію корпусу. Використовується один датчик для фронтального удару з діапазоном ± 50 g. Можуть застосовуватися датчики бічних ударів, пьезорезистивні чи ємнісні. Похибка менш 5%, частотний діапазон 0...750 гц. Акселерометри використовуються й у активній підвісці для визначення зміни навантаження на колеса. Робочий діапазон ± 2 g, похибка менш 5%, діапазон частот 0...10 гц. У деяких недорогих системах ABS використовуються акселерометри визначення граничних значень прискорення, у яких можливе проскользання коліс. Робочий діапазон ± 1 g, похибка менш 5%, діапазон частот 0,5...50 гц.

2.7.3 Датчик детонації

На рисунку 2.36 схематично показаний датчик детонації. Датчик виконано в такий спосіб, що його резонансна частота збігається з частотою детонації двигуна (зазвичай, у діапазоні 6...12 кГц). Датчик закріплюється на блоці циліндрів реагує навіть на слабку детонацію. За появи детонації вібрація двигуна призводить до генерації сигналу не виході датчика (рисунок 2.37). ЕБУ двигуна фільтрує сигнал з датчика детонації, виробляє аналого-цифрове перетворення. Після моменту запалювання виробляється порівняння сигналу з датчика детонації з заданим рівнем (рисунок 2.38).



2.36 - Датчик детонації.

1. — пьезоелемент,
2. — шунтируючий резистор

При виявленні детонації ЕБУ зменшує кут випередження запалювання у всіх циліндрах або тільки в одному. При виході датчика детонації з експлуатації ЕБУ встановлює дещо менше безпечно значення кута випередження запалювання. При зникненні детонації ЕБУ починає поступово збільшувати кут випередження запалювання до появи детонації знову тощо. Отже ЕБУ з допомогою датчика детонації утримує двигун в ефективному режимі роботи на межі детонації, але без небезпеки поломок і виходу з експлуатації.



Рисунок 2.37 Вихідний сигнал датчика детонації

Рисунок 2.38 Визначення детонації

2.7.3 Датчик змісту метанолу в паливі

Для зменшення змісту токсичних речовин, у вихлопних газах автомобіля можливе використання змішаних палив. Передбачається, що бажаний позитивний ефект може дати додавання метанолу (метилового спирту) до бензину. Проблема в тому, що з підтримки стехіометричного складу бензинової і основної(метанолової) ТВ-суміші потрібна різна кількість повітря. ЕБУ двигуна повинен працювати з обома цими сумішами та їхньою комбінацією у різних пропорціях. І тут необхідний датчик, здатний визначити відсотковий вміст метанолу в паливі. Один з варіантів реалізації датчика метанолу показаний на рисунку 2.39. Зміст метанолу палива тут визначається по електричній ємності, при цьому враховується температура палива й його електричний опір.

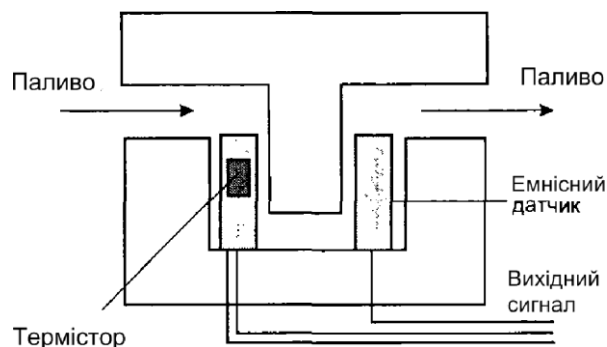


Рисунок 2.39 Датчик метанолу

2.7.6 Датчики стану електричних ланцюгів

Стан електричних ланцюгів сучасного автомобіля постійно контролюється ЕБУ. Датчиками стану є, зазвичай, резистивні шунти і розподільники напруги, обмотки струмових реле.

Наприклад, щоб можна було розрізнити закритий й відкритий стан ключа від несправностей в провідниках, у його ланцюг запроваджені додаткові резистори (рисунок 2.40). На схемі справної проводки відповідає опір $R1 = 1 \text{ кОм}$ при розімкненому ключі і $R2 = 39 \text{ Ом}$ при замкненому. Будь-які інші значення ЕБУ сприйме як свідчення несправності датчика і занесе в пам'ять відповідний код помилки. На рисунку 2.41 показана схема контролю справності лампи в фари.

Справності лампи в фари.

Справності лампи в фари.

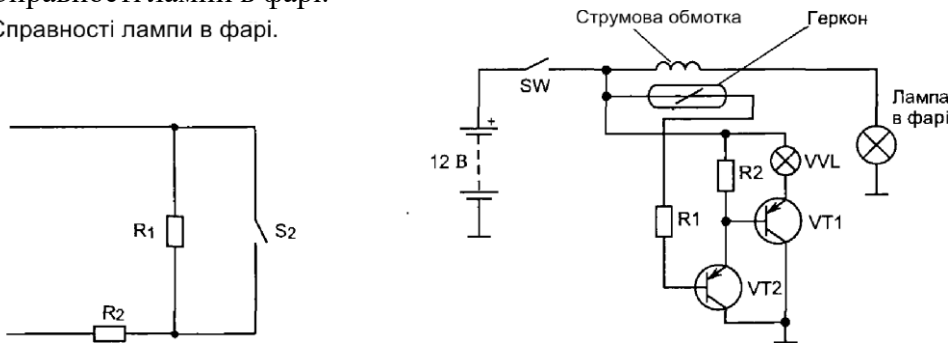


Рисунок 2.40 - Схема контролю стану електричного ланцюга

Рисунок 2.41 - Схема контролю справності ланцюга лампи

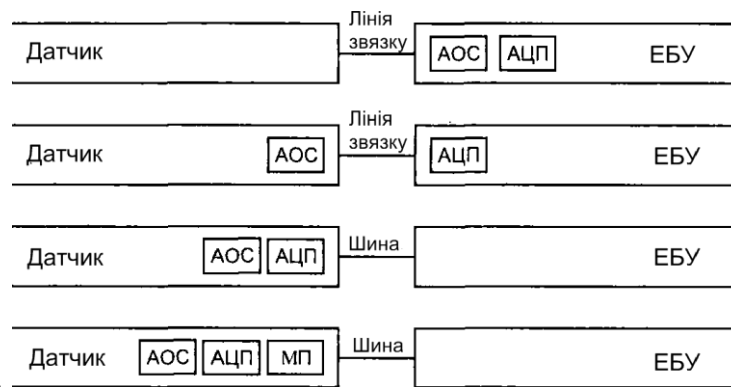
2.7.6 Інтеграція датчиків

Є тенденція інтеграції автомобільних датчиків і збільшення їх можливостей переробці інформації. За рівнем інтеграції (рисунок 2.42) датчики умовно поділяються на такі рівні

- Звичайний нульовий рівень. Аналоговий сигнал з датчика передається лінією зв'язку (дротах) в ЕБУ, де й виробляється уся необхідна обробка. Такий метод найменш перешкодозахищений.

- Рівень інтеграції 1. У датчик включені ланцюги попередньої аналогової обробки сигналу, поліпшено перешкодозахищеність.

- Рівень інтеграції 2. У датчик крім аналогової обробки сигналу вмонтований аналого-цифровий перетворювач. Датчик може бути підключений до цифрової комунікаційної шини, наприклад CAN, поліпшена перешкодозахищеність, сигнал датчика стає доступним локальної



мережі контролерів.

Рисунок 2.42 - Інтеграція датчиків

ТЕМА 3. ЕЛЕКТРОННЕ УПРАВЛІННЯ АВТОМОБІЛЬНИМ ДВИГУНОМ

Лекція 3 Електронне управління автомобільним двигуном

3.1 Необхідність електронного управління автомобільним двигуном

Електронна система автоматичного управління двигуном (ЕСАУ-Д) складається з датчиків для постійного контролю над його параметрами і параметрами довкілля, електронного блоку управління (ЕБУ) з урахуванням мікропроцесора і виконавчих пристроїв, за допомогою яких ЕБУ управляє двигуном по закладених у його пам'яті програмах і згідно з туристичною інформацією від датчиків [3].

Електронне урядування необхідне для задоволення високих вимог екологічності, паливної економічності, експлуатаційним характеристикам, зручності обслуговування і діагностики, що ставляться перед сучасними автомобільними двигунами законодавчо, і споживачами.

3.1.1 Зменшення забруднення довкілля вихлопними газами

У вихлопних газах містяться залишки вуглеводневого палива (СН), окис вуглецю (СО), двоокис вуглецю (СО₂), закиси азоту NO, азот (N) і кисень (O₂). Зміст вуглеводнів вимірюється у частинах на мільйон за обсягом (PPM чи млн.⁻¹). Нормально працюючий двигун спалює в циліндрах майже всі паливо. Дозволений вміст СН має бути менше 50 PPM. Бензин є канцерогеном.

Окис вуглецю — нестійка хімічна сполука, легко вступаюча в реакцію з киснем, у яких утворюється двоокис вуглецю СО₂. СО — отрутний газ, беручи у легенях людини реакцію з киснем, викликає сильне отруєння (може бути летальний кінець). Рівень СО в вихлопних газах вимірюється у відсотках і повинна не перевищувати 0,5%.

Двоокис вуглецю СО₂ — результат сполуки вуглецю з палива з киснем повітря. Дозволене зміст 12... 15%. Високі значення свідчить про хорошу роботу двигуна. Низький рівень СО₂ свідчить, що паливо-повітряна суміш (ПП-суміш) багата чи бідна. Підвищення концентрації СО₂ у атмосфері сприяє розвитку парникового ефекту.

Кисень — в повітрі його 21% і більша частина його входить у реакцію з паливом. Рівень кисню в вихлопних газах має бути низьким, менше 0,5%.

У камері згоряння двигуна утворюється група закисів азоту, для стислості які будемо позначати NO_x. Окис азоту NO — безбарвний газ без смаку і запаху.

Двоокис азоту NO₂ — рудуватий газ з кислим їдким запахом, слабко токсичний.

Закиси азоту NO_x формуються в камері згоряння двигуна за температури понад 1370 °С (2500 °F) або при великому тиску. При поєднанні окислів азоту з вуглеводнем СН у атмосфері під впливом сонячних променів утворюється фотохімічний смог, шкідливий для органів дихання людини.

3.1.2 Екологія бензинових двигунів

На роботу бензинового двигуна дуже впливає співвідношення між масою повітря і палива в займистій суміші.

У ідеальному разі при повному спалюванні 1 кг (1 л) бензину на 14,7 кг (10 м³) повітря утворюються нетоксичні речовини — вода і двоокис вуглецю. Співвідношення між масою повітря і палива, однакове 14,7:1, називається стехіометричним. Якість ПП- суміші визначається коефіцієнтом надлишку повітря X, що дорівнює відношенню фактичного складу ПП-суміші до її стехіометричного складу. Повне згоряння палива в циліндрах ДВЗ має місце при X = 1. Але з низки причин навіть при стехіометричному складі ПП-суміші згоряння здійснюється в не в повному обсязі й утворюються токсичні речовини. Згоряння багатую ПП-сумішшю (X<1) призводить до появи надлишкової кількості СО, Н₂ і СН. Бідні ПП-суміші (X= 1) згоряють із утворенням NO_x і призводять до пропусків запалення.

3.1.3 Каталітичний газонейтралізатор

У каталітичному газонейтралізаторі відбуваються хімічні реакції, які зменшують концентрацію токсичних речовин, у вихлопних газах:



У сучасних газонейтралізаторах в якості каталізаторів хімічних реакцій використовуються шляхетні метали, наприклад платина. Для нормальної експлуатації каталітичного газонейтралізатора потрібно підтримку стехіометричного складу ПП- суміші з точністю — менше 1%. Інакше нейтралізатор поступово деградує. Така точність дозування без електронного управління недосяжна. У справному каталітичному нейтралізаторі до 90% токсичних речовин переробляється в нетоксичні.

3.1.4 Кут випередження запалювання

Неоптимальні значення кута випередження запалювання призводить до збільшення концентрації СН і NO_x в вихлопних газах. Точне задання кута випередження запалювання всім режимів роботи двигуна можливе лише за допомогою електронної системи управління [2].

3.1.5 Екологія дизельних двигунів

У дизелях паливо впорскується безпосередньо у циліндри і загоряється за допомогою розігріву стисненого повітря. У дизелях X більше одиниці. При оптимальних значеннях X = 1,1...1,2 в вихлопних газах міститься мінімум сажі, СН й СО. На дизелях працюють

двохкомпонентні окисні каталітичні нейтралізатори, змінюють СН й СО в СО₂ і Н₂О. Застосування трьохкомпонентного каталітичного нейтралізатора неможливо через надлишок повітря. На процес згоряння палива дуже впливає точність синхронізації його впорскування. Наприклад, похибка початку впорскування в 1° обороту колінчатого валу веде до підвищення вмісту у вихлопних газах NO_x на 5% і СН на 15%.

Для зменшення концентрації NO_x на дизелях, як і на бензинових двигунах, застосовується система рециркуляції вихлопних газів.

3.1.6 Зменшення споживання палива

Економія палива в двигунах з електронним управлінням досягається з допомогою його точного дозування переважають у всіх режимах праці та відключення подачі палива, коли це припустимо, наприклад, під час гальмування двигуном. Збіднення займистої ПП-суміші із єдиною метою економії палива призводить до необхідності збільшувати кут випередження запалювання, так як бідна суміш горить повільно, та заодно зростає токсичність вихлопних газів. Управління кутом випередження запалювання здійснюється електронною автоматикою шляхом компромісу між кількістю споживаного палива й змістом токсичних речовин, у вихлопних газах за складними алгоритмами.

3.1.7 Діагностика

ЕБУ в фоновому режимі постійно контролює справність підключених до комп'ютера датчиків і виконавчих механізмів, і навіть справність систем, вихід із ладу яких веде до підвищення забруднення довкілля (каталітичний газонейтралізатор, система подачі палива й т.д.) [4].

3.2 Функції електронних систем управління бензиновим двигуном

3.2.1 Визначення необхідної кількості палива

Маса подаваного в двигун палива F_M пов'язана з масою повітря A і потрібним значенням коефіцієнта надлишку повітря X співвідношенням (37):

$$F_M = \frac{A_M}{\lambda \cdot 14,7}$$

Маса повітря може бути виражена через його обсяг A_V , і щільність A_D .

$$A_M = A_V \cdot A_D$$

Щільність повітря A_D визначається по його тиску і температурі у впускному колекторі з допомогою відповідних датчиків. У найпростішому разі обсяг повітря A_{VRPM} розраховується за числом оборотів двигуна на хвилину N :

$$A_{VRPM} = \frac{N}{60} \cdot \frac{D}{2} \cdot V_L$$

де D — об'єм двигуна, V_L — коефіцієнт використання об'єму, залежить від оборотів.

Якщо в двигуні застосовується рециркуляція вихлопних газів, їх обсяг A_{VEGR} також враховується:

$$A_V = A_{VRPM} - A_{VEGR}$$

Обсяг A_{VEGR} залежить від положення клапана системи рециркуляції вихлопних газів. У датчиках витрати повітря з вимірювальною заслінкою по відхиленню заслінки визначають безпосередньо обсяг повітря A_V . Обсяг вихлопних газів A_{VECR} , якщо вони подаються у камеру згоряння, системою рециркуляції враховувати непотрібно. Для визначення щільності повітря у впускному колекторі встановлюються датчики температури і тиску.

У сучасних системах управління двигунами встановлюються, зазвичай, датчики масової витрати повітря.

Визначивши необхідну масу палива F_M , контролер по відомій продуктивності форсунки обчислює їм базові значення часу включення. Щоб маса подаваного через форсунки палива залежала тільки від тривалості їхнього вмикання, в рампі форсунок щодо впускного колектора спеціальним регулятором підтримується постійний тиск палива.

У двигунах з розподіленим впорскуванням залежно від складності й досконалості системи управління подача палива йде наступним чином:

- всі форсунки включаються одночасно одного разу за оборот колінчатого валу;

- форсунки включаються групами, наприклад, парами для 4-циліндрового двигуна, одного разу за 4 такти. Групи управляються роздільно;
- форсунки управляються незалежно, тобто, подача палива на відповідному такті впуску ПП-суміші у кожний циліндр регулюється індивідуально.

3.2.3 Управління з сигналу датчика кисню

Сигнал з датчика кисню поступає у ЕБУ двигуна, де порівнюється зі опорним напругою $V_{s,0} = 0,45$ В. Ця напруга перебуває посередині між рівнем сигналів для збідненого і збагаченої ПП-суміші для цирконієвого датчика.

Коли сигнал з датчика кисню перевищує опорний рівень, програмне забезпечення ЕБУ двигуна визначає робочу ПП-суміш як збагачену і ЕБУ починає поступовозменшувати тривалість імпульсу відмикання форсунки. Датчик реагує на зміну складу паливо-повітряної суміші із певною затримкою. І чим довше датчик кисню реєструє збагачений склад ПП-суміші, тим більше зменшується тривалість імпульсу відмикання форсунок і тим біднішою стає ПП-суміші. В результаті таких дій вихідний сигнал датчика кисню перейде до рівня нижче опорного і ЕБУ зафіксує збіднений склад суміші. Отже, склад ПП-суміші постійно коливатиметься між збідненим і збагаченим станами навіть при роботі справного датчика кисню при постійно навантаженому двигуні (рисунок 3.1). У даному випадку має місце релейна стабілізація при коливаннях по граничному циклу.

Частота переключень сигналів датчика (збіднений склад суміші — Збагачений склад суміші) визначається за такою формулою:

$$f = 1/4t_i,$$

де t_i — час, протягом якого паливо проходить шлях від форсунки впорскування, через впускний колектор, циліндр і випускний колектор до датчика кисню. Більшість двигунів під час роботи на холостому ходу частота f буде в діапазоні 0,5...2,0 Гц. У новітніх ДВЗ — до 10 Гц. Зазначимо, що це релейна система стабілізації підтримує стехіометричний склад ПП-суміші з похибкою 1...5%. Каталітичний газонейтралізатор має робочий обсяг для вихлопних газів, виконує функцію ресивера, демпфіруючого коливання у складі відпрацьованих газів.

Правильна установка поточного значення кута випередження запалювання оптимізує крутний момент по валу двигуна, мінімізує зміст токсичних речовин, у вихлопних газах, зменшує витрати, покращує їздові характеристики, виключає детонацію. Базові значення визначення кута випередження запалювання залежно від навантаження і зворотів двигуна закладено у постійній пам'яті контролера. Їх отримують під час експериментальних досліджень знову розроблюваного двигуна на стендовому динамометрі. Базові значення коригуються залежно від режиму роботи двигуна: перегрів, прискорення, включення системи рециркуляції вихлопних газів тощо.

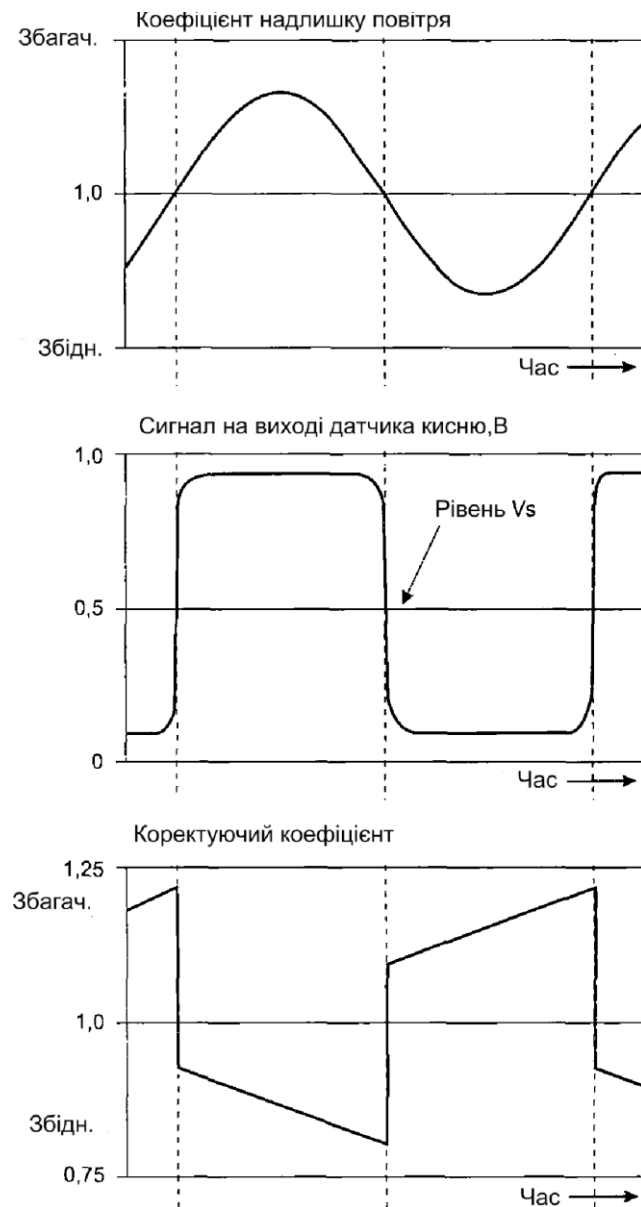


Рисунок 3.1 - Сигнали у системі стабілізації стехіометричного складу ПП- суміші

3.3.1 Запуск двигуна

Двигун при прокручуванні стартером повинен швидко запускатися за будь-якої температури охолоджувача і зовнішнього середовища. При пуску паливо подають із надлишком (багата ПП-суміші), так як воно погано випаровується в холодному двигуні і вони конденсуються на стінках впускного колектора. Але свічки запалювання заливатися не повинні, інакше іскроутворення погіршиться.

Під час запуску ЕБУ управляє подачею палива по калібрувальним діаграмам, що зберігається у постійної пам'яті, і коректують склад ПП-суміші по температурі охолоджувальної рідини. Датчик кисню тим часом ще не працює, бо не прогрітий, а ПП-суміші перенасичена. Кількість подаваного палива починає зменшуватися, коли швидкість обертання колінчатого валу перевищить граничне значення для такого типу двигуна. У деяких системах управління при прокручуванні ДВЗ всі форсунки відкриваються одночасно й тільки після запуску починають працювати одночасно з тактами впуску своїх циліндрів.

Кут випередження запалювання при прокручуванні визначається ЕБУ по оборотам і температурі двигуна. Для холодного двигуна і низької швидкості прокручування кут випередження запалювання майже нульовий. У будь-якому разі при прокручуванні ДВЗ значення кута випередження запалювання обмежується, так як спалах в камері згоряння до верхньої мертвої точки може перевірити колінчатий вал у протилежному напрямі і пошкодити стартер.

3.3.2 Прогрівання двигуна

Відразу після запуску холодного ДВЗ під час його прогріву систему управління двигуном мають забезпечувати:

- сталу роботу двигуна;
- швидке нагрівання датчика кисню і каталітичного нейтралізатора, запровадження їх у робочий стан;
- мінімальне споживання палива й забруднення довкілля.

Для сталої роботи холодного двигуна до нього подається збагачена ПП-суміші. Ступінь збагачення залежить від температури двигуна і всмоктуваного повітря. У деяких системах під час прогріву в каталітичний газонейтралізатор подається додатковий повітря. Виниклі в циліндрах надлишки СО і СН (через збагачену ПП- суміші) доокислюються в каталітичному нейтралізаторі. Хімічна реакція окислення прискорює розігрів нейтралізатора.

У другому варіанті під час прогріву двигуна збільшують оберти холостого ходу і зменшують кут випередження запалювання, що підвищує температуру вихлопних газів і прискорює розігрів каталітичного газонейтралізатора і датчика кисню. Застосовується і електричний розігрів датчика кисню і нейтралізатора.

3.3.3 Робота в перехідних режимах

У перехідних режимах, тобто при швидкому збільшенні або зменшенні навантаження чи оборотів ДВЗ, система управління має забезпечувати плавну, сталу роботу двигуна.

При прискоренні автомобіля дросельна заслінка різко відкривається, у впускний колектор надходить більше повітря. Система керування повинна швидко відреагувати, щоб не тільки не допустити збідніння робочої суміші, а й встигнути збагатити її так, щоб двигун штатно відпрацював збільшене навантаження. У цьому не повинено помітно збільшуватися забруднення довкілля вихлопними газами. Задля більшого максимального крутного моменту на валу двигуна кут випередження запалювання встановлюється за межею детонації.

При гальмуванні, їзді під гору, гальмуванні двигуном подача палива різко обмежується чи цілком відключається до того часу, поки оберти двигуна залишаються вище заданого значення (трохи більших оборотів холостого ходу).

Система керування двигуном стежить за тим, щоб за відключенні подачі палива не охолонули й не перейшли у неробочий стан датчик кисню і каталітичний нейтралізатор. Зазвичай це реалізується додатковим електропідігріванням.

3.3.4 Повне навантаження

При їзді автомобіля під повним навантаженням, наприклад під гору, двигун повинен розвивати максимальну потужність. ЕБУ управляє складом ПП-суміші і кутом випередження запалювання по калібрувальним таблицям. Двигун має найкращі тягові характеристики при $X = 0,9 \dots 0,95$, у цьому діапазоні датчик кисню не спрацьовує. Кут випередження запалювання має значення, що забезпечує максимальний крутний момент на валу, за необхідності виробляється корекція по детонації. Екологічні показники двигуна дещо погіршуються.

3.3.5 Робота на холостих обертах

У режимі холостого ходу систему управління двигуном з метою економії палива підтримує мінімальні сталі обороти. У міському циклі руху на холостому ходу автомобіль споживає близько 30% палива. Система регулювання холостих оборотів повинна відпрацьовувати як стрибкоподібно, і плавно мінливі навантаження.

Обороти двигуна на холостому ходу автоматично регулюються зміною кількості подаваного повітря, або кута випередження запалювання.

Повітря в режимі холостого ходу зазвичай подається через байпасний канал, перетин якого регулюється кроковим двигуном по командах ЕБУ. Є варіанти, коли кількість подаваного повітря регулюється автоматично керованим електроприводом дросельної заслінки. Недоліком системи управління оборотами холостого ходу шляхом зміни пропускного перерізу повітряного каналу є його інерційність, особливо в стрибкоподібних змінах навантаження. Більш високу швидкодію має система, працююча зі зміною кута випередження запалювання в заданих межах. У середовищі сучасних ЕБУ для керування оборотами холостого ходу використовуються обидва ці варіанти управління.

Щоб двигун, працюючий на холостих обертах, не зупинявся при підключенні до нього потужного навантаження (наприклад, компресора кондиціонера), спочатку від вимикача навантаження на ЕБУ надходить сигнал про майбутнє збільшення навантаження, по якому ЕБУ збільшує оберти двигуна, і лише потім включається навантаження.

3.4 СИСТЕМИ ПОДАЧІ ПАЛИВА

Робота системи подачі палива в циліндри двигуна полягає у формуванні складу ПП-суміші, її дозуванні, транспортуванні й розподілі по циліндрах. Водій управляє оборотами двигуна через дросельну заслінку, яка дозує кількість повітря що надходить до циліндрів.

3.4.1 Класифікація систем

Системи подачі палива бувають *одноточкові* (карбюратор чи центральний впрыск, рисунок 3.2 а), чи *багатоточкові* (розподілений впрыск, рисунок 3.2, б).

У системах з одноточковою подачею палива формування ПП-суміші виробляється поблизу дросельної заслінки. Транспортування і розподіл суміші по циліндрах доручається конструкції патрубків впускного колектора. Задовільною роботою такої системи у всіх режимах домогтися важко.

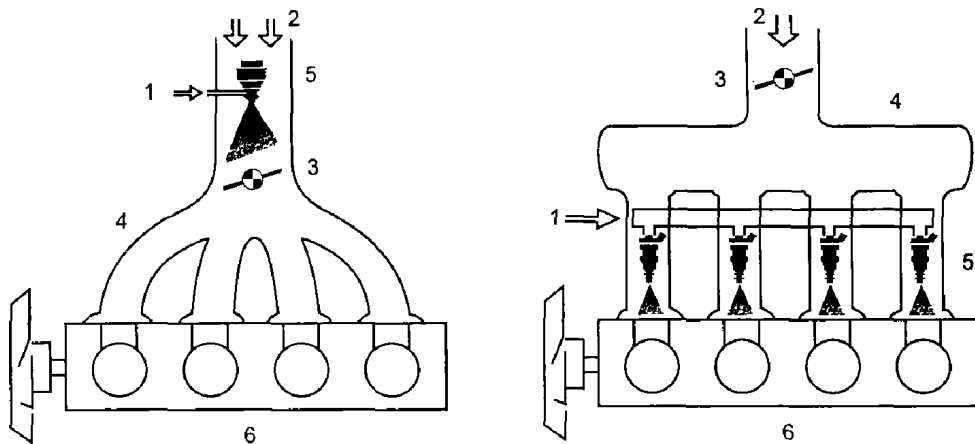


Рисунок 3.2 - Патрубки впускного колектора:

а — для центрального впорскування; б — для розподіленого впорскування;

1— паливо, 2 — повітря, 3 — дросельна заслінка, 4 — впускний колектор,

5— форсунки, 6— двигун

У багатоточкових системах подача палива й зовнішнє сумішоутворення виробляється в безпосередній близькості до впускних клапанів. Паливо краще випаровується, мінімізований вплив конструкції впускного колектора на рівномірність розподілу суміші по циліндрах, патрубки впускного колектора транспортують лише повітря.

3.4.2 Карбюратор з електронним управлінням

При використанні найпростішого поплавкового карбюратора, що більше повітря засмоктується в циліндри, то більше палива надходить для утворення ПП-суміші. Основний недостаток такої системи сумішоутворення — нелінійний зв'язок між масою що надходить двигун повітря і кількістю розпиленого палива, тобто не витримується стехіометричний склад ПП-суміші при різних оборотах двигуна. Для компенсації цієї вади доводиться вводити в конструкцію карбюратора електронне керування. Такий карбюратор називають електронним.

Електронний карбюратор дозволяє якісніше реалізувати такі функції:

- стабілізація оборотів холостого ходу. Обороти ДВЗ на холостому ходу постійні з досить низьким рівнем із єдиною метою економії палива й зменшення токсичності вихлопних газів. У цьому двигун не повинен глохнути. Регулювання виробляється кроковим двигуном. Обороти холостого ходу можуть змінитися за сигналом від автоматичної коробки перемикачів передач, від реле включення муфти кондиціонера та іншими сигналами про збільшення навантаження;

- прогрів двигуна. При прогріві двигуна оберти холостого ходу підтримуються збільшеними до того часу, поки відповідний сигнал не поступить від датчика температури охолоджувальної рідини;

- збагачення ПП-суміші при прогріві. Використовується обертова повітряна заслінка чи інший тип клапана для збагачення суміші залежно від режиму роботи двигуна і температури довкілля;

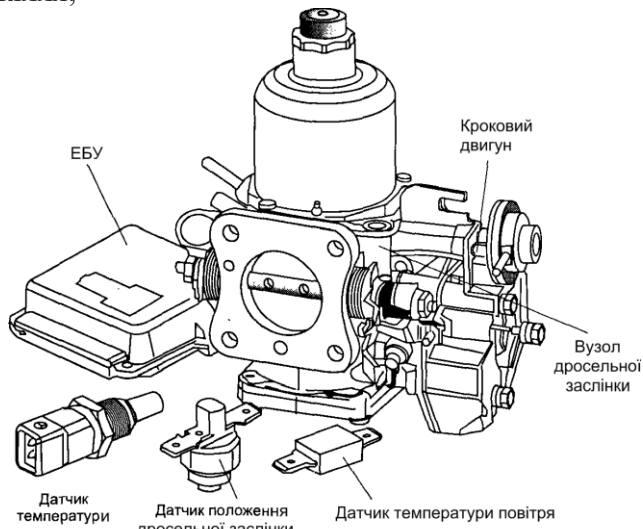


Рисунок 3.3 - Основні компоненти карбюратора з електронним управлінням

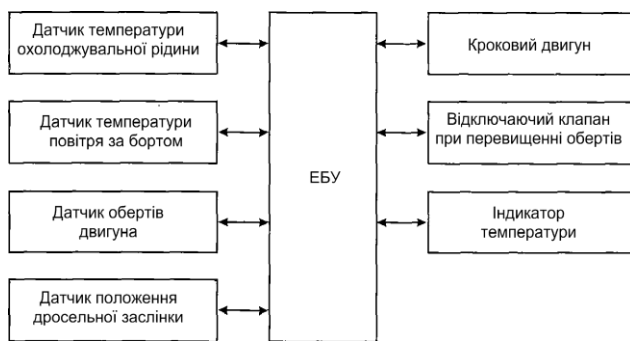


Рисунок 3.4 - Блок-схема системи керуваелектроннимння карбюратором

- відключення подачі палива на великих оборотах двигуна. Для відключення подачі палива використовується замикаючий електроклапан, який спрацьовує, коли температура двигуна вище допустимої норми, чи оберти двигуна вищі допустимого значення при відпущеній педалі акселератора (випадок — гальмування двигуном). З

Зміна складу (якості) ПП-суміші здійснюється в будь-якому карбюраторі механічними засобами і погано піддається електронному управлінню.

На рисунку 3.3 показані основні компоненти карбюратора з електронним управлінням, використовувані на деяких ранніх моделях автомобілів фірми Rover [10]. На рисунку 3.4 показано блок-схема системи управління карбюратором. Як завжди, до системи управління входять набір необхідних датчиків, пристрій обробки інформації, виконавчі механізми.

У такій системі оберти двигуна визначаються за частотою імпульсного сигналу, яке надходить із негативного затискача первинної обмотки котушки запалювання, як і у багатьох інших системах.

Датчик температури охолоджувальної рідини (термістор) розміщений в сорочці водяного охолодження двигуна, той самий датчик використовують у системи управління запалюванням.

Температура навколишнього середовища визначається термістором, розташованим під переднім бампером чи фарею. У пізніх системах температура всмоктуваного повітря вимірюється датчиком, встановленим у впускному колекторі.

Датчик закритого становища дросельної заслінки поміщений під педалью акселератора і спрацьовує, коли педаль відпущена, тобто дросельна заслінка закрыта.

Основним виконавчим механізмом в електронному карбюраторі є кроковий електродвигун. Кроковий двигун змінює становище дросельної заслінки відповідно з командами, створених в ЕБУ з урахуванням режиму роботи двигуна, температури охолоджувальної рідини і всмоктуваного повітря.

3.4.3 Системи з центральним упорскуванням палива

У цих системах використовуються одна чи дві форсунки, встановлені у впускному трубопроводі перед дросельної заслінкою (рисунок 3.5). Електробензонасос постійно прокачує паливо через форсунку 2. Регулятор тиску палива 1 підтримує тиск палива постійним лише на рівні 0,71 бар. Паливо подається через введення 7 і зливається знову в бак по поворотній лінії 3. За командою ЕБУ форсунка включається зазвичай одного разу протягом двох оборотів колінчастого валу. Сопло сконструйоване так, щоб розпилюване паливо проходило між стінками трубопроводу і краями дросельної заслінки. На холостому ходу ПП-суміші подається у впускний колектор через байпасний канал 5, перетин якого регулюється кроковим двигуном 4.

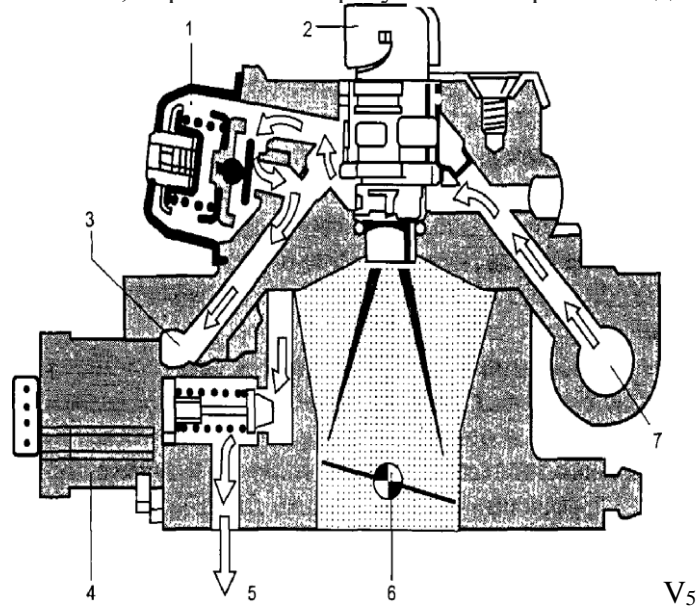


Рисунок 3.5 - Форсунка центрального впорскування

3.4.4 Системи з розподілим упорскуванням палива

Паливо подається поблизу впускних клапанів кожного циліндра з допомогою механічних чи електромеханічних форсунок. Переваги розподіленого впорскування порівняно з центральними:

- економія палива за рахунок його рівномірного розподілу по циліндрам. У системах з центральним упорскуванням подача палива регулюється під циліндр, який одержує найбільш бідну суміш, внаслідок сумарне споживання палива зростає;
- в системах з розподілим упорскуванням є можливість оптимізувати конструкцію впускного колектора під подачу максимальної кількості повітря, внаслідок - з двигуна знімається велика потужність;
- за рахунок подачі палива у зону впускних клапанів зменшується транспортне запізнення, двигун швидше реагує на зміну становища дросельної заслінки;
- за рахунок скорочення транспортного запізнення, у системі стабілізації стехіометричного складу ПП- суміші за сигналом з датчика кисню підвищена частота переходу «бідна суміш — багата суміш». Це покращує роботу каталітичного нейтралізатора, зменшується вміст токсичних речовин у вихлопних газах.

Невід'ємними частинами сучасних систем подачі палива з переривчастим упорскуванням є:

- датчик масового витрати повітря (масметр), зазвичай термоанемометричний;
- система дозування палива: електробензонасос, паливний фільтр, рампа форсунок, електромагнітні форсунки, регулятор тиску палива. Бензонасос подає паливо в рампу під тиском 250...350 кПа. Регулятор тиску підтримує постійний перепад тиску між впускною трубою і нагнітаючою магістраллю рампи, надлишки палива повертаються до бензобака по лінії зливу.

Соленоїди форсунок управляються силовими транзисторами ЕБУ. У деяких системах є додаткова пускова форсунка, що встановлюється за дросельної заслінкою і включається при холодному пуску двигуна;

- датчик кисню, сигнал якого використовується ЕБУ для роботи в замкнутому режимі стабілізації стехіометричного складу ПП- суміші.

3.5 Системи електро-іскрового запалювання

Призначення системи запалювання — запалення ПП-суміші в камері згорання двигуна у потрібний час. Іскровий розряд повинен мати енергію, достатню для запалення суміші у всіх робочих режимах, у протилежному випадку відбувається пропуск запалення, неперегорівше паливо може зашкодити датчик кисню і каталітичний нейтралізатор, зросте токсичність вихлопних газів і витрати палива.

Процес горіння робочої суміші в циліндрі триває близько 2 мс і закінчується утворенням сильно розігрітого газоподібного робочого тіла. Необхідно, щоб максимум тиску розігрітих газів у циліндрі мала місце безпосередньо за верхньої мертвої точки поршня. Двигун працює про різних оборотах, отже, доводиться встановлювати кут випередження запалювання залежно від оборотів, щоб пік тиску в циліндрах був при необхідному кутовому становищі колінчастого валу. Велика величина випередження впливає на економічність двигуна, токсичність вихлопних газів, розвиваючи потужність.

Електронна система запалювання містить такі основні компоненти: нагромаджувач енергії (найчастіше індуктивний), пристрій синхронізації моменту запалювання (електронний мікроконтролер), розподільник, свічки запалювання і високовольтні провода.

У електронних системах їх запалювання напруга на свічках перевищує 30 кВ. Енергія для реалізації іскрового розряду накопичується у магнітному полі котушки запалювання. Її первинна обмотка періодично підключається під напругу бортової мережі автомобіля, і, коли струм сягає певної величини, обмотка відключається, а нагромаджена енергія трансформується у вторинну, яка підвищує обмотку котушки запалювання, в коло якої через високовольтний розподільник включені електроіскрові свічки запалювання.

У сучасних багатоканальних електронних системах запалювання розподільник відсутній. Синхронізація і генерація іскри виробляється електронними ланцюгами під керівництвом програми в ЕБУ. Наприклад, у системі запалювання з холостою іскрою двохвиводна вторинна обмотка котушки запалювання підключена до свічок двох циліндрів, робочі процеси у яких зсунуто за фазою на 360°. Тоді, у 4-циліндровому двигуні можна використовувати блок з цих двох двовивідних котушок, в 6-циліндровому — блок із трьох таких самих котушок, при цьому потреба в високовольтному розподільнику відпадає.

Є системи запалювання з накопиченням енергії в електричному полі конденсатора, і потім розряджається через підвищуючий трансформатор на іскровий проміжок свічки запалювання. Застосовуються на високооборотних ДВЗ

3.6 Комплексні системи управління двигуном

Тенденції розвитку бортової автомобільної електроніки такі, які спеціалізовані по виконанню функцій системи управління поршневым бензиновим двигуном, такі як система запалювання, система впорскування палива, система пуску холодного двигуна, система стабілізації холостих оборотів, система рециркуляції і нейтралізації вихлопних газів й інші, які сьогодні є окремими самостійними системами розробляються обмежено. Їх функції інтегруються на єдину комплексну електронну систему автоматичного управління двигуном (ЕСАУ-Д). Як приклад комплексної ЕСАУ-Д на рисунку 3.6 показана схема сучасної системи управління двигуном з переривчастим і розподіленим по циліндрам упорскуванням палива (Motronic M5, Bosch).

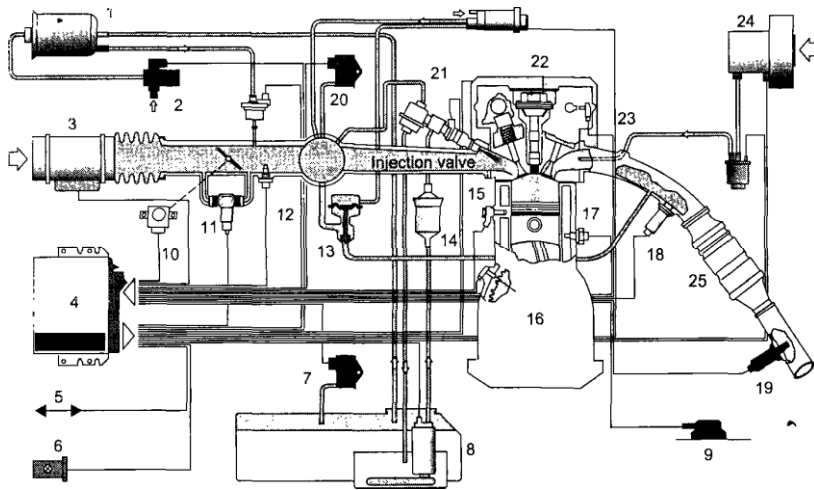


Рисунок 3.6 - Схема системи управління двигуном Motronic M5

1. — адсорбер,
2. — клапан продувки адсорбера,
3. — датчик масової витрати повітря,
4. — ЕБУ,
5. — діагностичний інтерфейс,
6. — лампа MIL (Check Engine),
7. — датчик диференціального тиску парів палива в баку,
8. — електробензонасос,
9. — акселерометр на корпусі автомобіля,
10. — датчик становища дросельної заслінки,
11. — регулятор оборотів холостого ходу,
12. — датчик температури повітря у впускний трубі.
13. — клапан рециркуляції вихлопних газів,
14. — паливний фільтр,
15. — датчик детонації,
16. — датчик становища колінчатого валу,
17. — датчик температури охолоджувальної рідини,
18. — датчик кисню на вході каталітичного нейтралізатора,
19. — датчик кисню на виході каталітичного нейтралізатора,
20. — датчик розрідження,
21. — регулятор тиску палива й форсунка,
22. — індивідуальна котушка запалювання,
23. — датчик фаз,
24. — насос подачі повітря на каталітичний нейтралізатор,
25. — каталітичний нейтралізатор

3.7 Діагностичні функції системи управління двигуном

Будь-яка сучасна мікропроцесорна система управління має деякі діагностичні можливості. Ці можливості реалізуються контролером відповідно до програми, закладеної у постійній пам'яті, в час, коли мікропроцесор в повному обсязі завантажений виконанням основних управляючих алгоритмів, тобто в фоновому режимі.

Під час звичайної експлуатації автомобіля контролер періодично тестує його електричні і електронні компоненти. При виявленні несправності контролер переходить на аварійний режим роботи, підставляючи в алгоритми підходяще значення параметра замість того, що дає несправний блок. Наприклад, якщо контролер знайде несправність у подальшому ланцюгу датчика температури охолоджувальної рідини, програма встановить значення температури для штатної роботи двигуна (зазвичай 80 °С) і використовуватиме це значення при реалізації

управляючих алгоритмів, щоб автомобіль залишався на ходу. Заміщене значення зберігатиметься у пам'яті ЕБУ.

3.7.1 Основні інформацію про стандарті OBD-II

Програмне забезпечення сучасних автомобільних бортових діагностичних систем відповідає стандарту OBD-II.

Розробка вимог і рекомендацій OBD-II велася під егідою EPA (Environmental Protection Agency — Агенство з охорони навколишнього середовища при владі США), з участю CARB (California Air Resources Board — відділ по охороні довкілля в часи уряду штату Каліфорнія) і SAE (Society of Automotive Engineers — Міжнародне суспільство автомобільних інженерів). OBD-II передбачає точніше управління двигуном, трансмісією, каталітичним нейтралізатором тощо. Доступ до системної інформації ЕБУ можна проводити неспеціалізованими сканерами. З 1996 року всі продавані автомобілі США відповідають потребам OBD-II. У Європі аналогічні документи приймаються традиційно з запізненням стосовно США, тим ненайменше аналогічні правила набрали чинності з 1 січня 2000 року (EOBD — European On Board Diagnostic).

Підприємства автосервісу виграють від використання стандарту OBD-II, так як процес діагностики електронних систем автомобіля стандартизується і можна і той ж сканер без спеціальних адаптерів використовуватиме тестування автомобілів всіх марок (які продавалися в США починаючи з 1996 року).

Виконання стандарту OBD-II забезпечує:

1. стандартний діагностичний роз'єм;
 2. стандартне розміщення діагностичного роз'єму;
 3. стандартний протокол обміну даними між сканером і автомобілем;
 4. стандартний список кодів несправностей;
 5. збереження у пам'яті ЕБУ кадру значень параметрів у разі появи коду помилки («заморожений» кадр);
 6. моніторинг бортовими діагностичними засобами компонентів, відмова яких може призвести до підвищення токсичних викидів в довкілля;
 7. доступ неспеціалізованих сканерів до кодів помилок, параметрів, заморожених кадрів, тестуючих процедур, тощо;
- перелік термінів, скорочень, визначень, що використовуються елементів електронних систем автомобіля.

Обмін інформацією між сканером і автомобілем виробляється відповідно до міжнародного стандарту ISO1941 і стандарту SAE J1850. Стандарт J1979 установлює список кодів помилок, і рекомендовану практику програмних режимів роботи для сканера.

- Структура програмного забезпечення систем OBD-II

Програмне забезпечення ЕБУ двигуна сучасного автомобіля складне. Діагностика й самотестування в системах OBD-II здійснюється підпрограмою Diagnostic Executive, часто званою просто Executive. Executive з допомогою спеціальних програм — моніторів (emission monitor) контролює до семи різних систем автомобіля, несправність у роботі яких можуть призвести до підвищення забруднення довкілля. Інші датчики і виконавчі механізми, які не ввійшли у ці сім систем, контролюються восьмим монітором (comprehensive component monitor — CCM). Executive працює, в фоновому режимі здійснюючи постійний контроль за устаткуванням з допомогою згаданих програм — моніторів без втручання людини.

Кожен монітор може здійснити тестування під час поїздки, тобто циклу «ключ запалювання включений — двигун працює — ключ виключений» за виконання певних умов. Критерієм, може бути час після запуску двигуна, оберти двигуна, швидкість автомобіля, становище дросельної заслінки тощо. Багато тестів виконують на прогрітому двигуні. Виробники по-різному встановлюють ці умови, наприклад, для автомобілів Ford це означає що температура двигуна перевищує 70 °C (158°F) і протягом поїздки вона підвищилася щонайменше ніж 20 °C (36 F)

По різних причинах Executive може затримати виконання тесту:

- скасовані тести — Executive виконує деякі вторинні тести лише коли пройшли первинні, інакше тест не виконується;

- конфліктуючі тести — іноді одні й самі датчики і компоненти мають бути використані різними тестами. Executive не допускає цього, затримуючи один тест до остаточного виконання другого;

- затримані тести — тести та монітори мають різний пріоритет, Executive затримає тест з нижчим пріоритетом, доки виконає дослідження з вищим пріоритетом.

У табл. 3.1 наведено умови до виконання або затримку тестів монітора каталітичного нейтралізатора OBD-II сумісних автомобілів Chrysler [12].

Executive здійснює три види тестів:

- пасивний тест означає просто спостереження (моніторинг) за значеннями параметрів системи чи кола;

- активний тест реалізується, коли система не проходить пасивний тест. Передбачається подача тест-сигналу і реєстрація реакції системи на неї. Тест-сигнал повинен надавати мінімальний вплив на поточну роботу досліджуваної системи;

- якщо не пройшли активний і пасивний тести, Executive виконає тест, під час якого режими двигуна і підсистем можуть змінюватися.

Результати виконання тестів передаються від моніторів Executive. Коди помилок виявленої несправності записуються в пам'ять ЕБУ і запалюється лампа MIL, якщо несправність підтверджується у двох поспіль поїздах.

Монітор ССМ контролює вхідні і вихідні сигнали компонентів і підсистем поза діяльності перших семи моніторів. Залежно від типу ЕБУ монітор ССМ можуть контролюватися такі пристрої:

- датчик масового витрати повітря;
- датчик температури охолоджувальної рідини;
- датчик температури повітря;
- датчик становища дросельної заслінки;
- датчик становища колінчатого валу;
- датчик становища розподільного вата;
- бензонасос тощо.

Зазвичай Executive включає лампу MIL після виявлення несправності у двох поспіль поїздах.

Монітори обслуговують:

- каталітичний нейтралізатор;
- датчики кисню;
- пропуски запалення;
- паливну систему;
- систему уловлювання парів палива в баку;
- систему рециркуляції вихлопних газів;
- систему подачі повітря на випускний колектор.

-

3.7.3 Монітор каталітичного нейтралізатора

Сучасні газоаналізатори — це дуже складні, громіздкі і дорогі пристрої і на автомобілях не встановлюються. Для контролю несправності каталітичного нейтралізатора на його виході встановлено другий датчик кисню (див. рисунок 2.16). Систему керування подачею палива в двигун є релейним стабілізатором стехіометричного складу ПП-суміші, який коливається близько стехіометричного значення із частотою 4... 10 гц, що відстежується сигналом з вхідного стосовно каталітичного нейтралізатора датчика кисню. Цей сигнал коливається між рівнем 0,1...0,9 В на частоті 4... 10 Гц відповідно до зміни концентрації кисню в вихлопному газі. (див. рисунок 2.17, поз. 2).

3.7.4 Монітор датчиків кисню

Монітор проводить різні тести залежно від того, де міститься датчик — на вході чи виході каталітичного нейтралізатора. Для обох датчиків перевіряється справність ланцюгів нагрівачів. Для датчика кисню на вході нейтралізатора перевіряються напругу по високому і низькому рівнях сигналу і частоти переключень. Частота визначається за кількістю перетинань сигналом з датчика середнього рівня 450 мВ за певний час; обмірюване значення порівнюється зі здобутих у попередньому тесті. Крім того, монітор визначає тривалість фронтів сигналу, тобто переходів «збіднена суміш — збагачена суміш» і «збагачена суміш — збіднена суміш». Зазвичай фронт «збіднена суміш — збагачена суміш» коротший. Монітор визначає також середній час реакції датчика кисню на вході нейтралізатора.

3.7.5 Монітор перепусток у системі запалювання

Причиною пропусків може бути недостатня компресія, невідповідна кількість подаваного в циліндри палива, слабка іскра тощо. Пропуски призводять до збільшення кількості вуглеводнів (СН) в вихлопних газах на вході каталітичного нейтралізатора, що прискорює його деградацію і збільшує вміст токсичних речовин, у вихлопі.

При пропуску запалення тиск у циліндрі під час робочого ходу нижче норми, рух поршня і колінчатого валу сповільнюється. Саме по цих ознаках монітор визначає наявність пропуску. Інформація йде від датчика становища колінчатого валу. Рівномірний проходження імпульсів із виходу датчика становища колінчатого валу (рисунок 3.7) порушується при пропуску, кілька імпульсів поспіль матимуть підвищену тривалість. Порівняння вихідних сигналів від датчиків становища розподільного і колінчатого валів дозволяє ідентифікувати циліндр з пропуском.

Монітор враховує можливість вібрацій на поганих дорогах. Для підвищення захисту від перешкод організовані програмні лічильники пропусків запалення для кожного циліндра окремо. У цих лічильниках зберігається число пропусків протягом останні 200 і 1000 обертів розподільного валу. Щоразу, коли монітор фіксує пропуск, Executive запитує лічильники, визначаючи, чи не відрізняється вміст перевіреного лічильника з іншими. Монітор не допускає переповнення лічильників.

Монітор розрізняє несправності, коли пропуски запалення можуть вивести з ладу каталітичний нейтралізатор і коли норма на токсичність перевищена більш ніж в 1,5 рази. Executive негайно запише в пам'ять ЕБУ код помилки і лампа MIL буде при цьому блимати, якщо в понад 15% випадків під час останніх 200 оборотів було зафіксовано пропуски. У термінах OBD-II — це несправність і код помилки типу А.

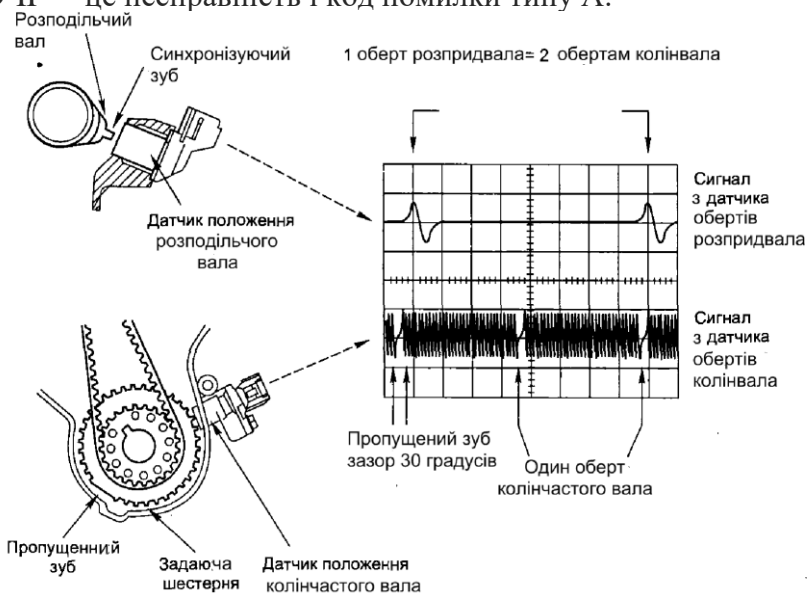


Рисунок 3.7 - Схема визначення

пропусків у системі запалювання

Несправність типу В і код помилки встановлюються, якщо у двох поспіль поїздках монітор зафіксував більше 2% пропусків на 1000 оборотів. Тоді Executive включає лампу MIL постійно і записує відповідні коди помилок в пам'ять ЕБУ.

3.7.6 Монітор паливної системи

ЕБУ в режимі роботи із зворотним зв'язком здійснює стабілізацію стехіометричного складу паливної суміші. Це релейна стабілізація, тобто склад суміші постійно коливається між рівнем «багата суміш — бідна суміш», але загалом склад підтримується стехіометричним. Частота коливань близько 10 Гц.

При релейній стабілізації стехіометричного складу ПП-суміші ЕБУ постійно змінює цей склад в рамках $\pm 20\%$. Це нормально, такі переключення складу ПП-суміші потрібні й для сталої роботи каталітичного нейтралізатора. Коливання складу ПП- суміші відбиваються миттєвими значеннями коефіцієнта корекції паливоподачі. Ці значення коливаються відносно середнього в інтервалі $\pm 20\%$ при нормальній роботі. При відключенні запалювання миттєві значення коефіцієнтів корекції подачі палива не зберігаються.

Інформації про середні значення коефіцієнта паливо-корекції потрібна при діагностиці, природно, вона входить в число параметрів, отриманих від ЕБУ сканером. На застарілих автомобілях значення коефіцієнтів паливо-корекції нормувалися в рамках 0...255 звітів або 0... 100%.



Рисунок 3.8 - Шкала коефіцієнтів паливо-корекції

Для контролера МР7.0Н автомобіля ВАЗ середні значення коефіцієнтів корекції подачі палива можливі в діапазоні $\pm 0,45$ [11]. Для систем OBD-II значення нормовані в діапазоні ± 100 (рисунок 3.8). Значення із середини діапазону, тобто 128 звітів чи 50% (0% для OBD-II) відповідають оптимальному режиму роботи справного двигуна, де ніякої корекції базових значень каліброваної діаграми в осях «обертів — навантаження двигуна» не проводилося.

Монітор паливної системи відстежує середні і миттєві значення коефіцієнтів корекції паливоподачі. У випадку, коли ЕБУ у вигляді корекції подачі палива не може компенсувати накопичувані несправності, загоряється лампа МІЛ і заносять у пам'ять відповідні коди помилок.

3.7.7 Монітор системи уловлювання парів бензину

Монітор контролює обсяг парів палива, що надходить з адсорбера у впускний колектор, і виток з цієї системи. Пари палива поступають із бака (рисунок 3.9) в адсорбер з активованим вугіллям обсягом близько 1 л, де нагромаджуються і за певної умови, наприклад при рівномірному збільшенні швидкості руху автомобіля, ЕБУ відкриває електромагнітний клапан продувки адсорбера, пари палива засмоктуються з повітрям у впускний колектор і спалюються в циліндрах двигуна. Якщо не вжити подібних заходів то випаровування палива дає до 20% загальної кількості токсичних речовин, що викидаються автомобілем в довкілля.

Монітор контролює об'ємну витрату парів палива за сигналом датчика тиску в бензобаку (рисунок 3.9).

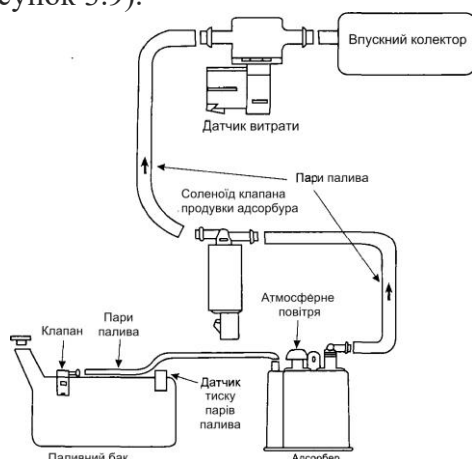


Рисунок 3.9 - Схема уловлювання парів палива на баку

При цьому продувки адсорбера відкритий, а клапан підвода атмосферного повітря на адсорбер закритий. При закритому клапані продувки адсорбера по показниках датчика тиску парів палива в баку визначається інтенсивність витоку.

Якщо у двох поспіль поїздках буде зафіксовано несправності, Executive включить лампу MIL і запише коди помилок.

3.7.8 Монітор системи рециркуляції вихлопних газів

Система рециркуляції вихлопних газів (exhaust gas recirculation — EGR) призначена для зменшення вмісту окислів азоту (NOx) у вихлопних газах. У присутності сонячного світла NOx входять у реакцію з вуглеводнем, утворюючи канцерогенний фотохімічний смог.

Вперше система EGR було застосовано автомобілями Chrysler в 1972 року. Окисли азоту виникають за нормальної температури в камері згоряння вище 1370°C (2500 °F). При певних режимах роботи двигуна, коли не виробляється відбір повної потужності, наприклад, при рівномірному русі по шосе, допустимо знизити температуру згоряння робочої суміші, тобто вдатися до зменшення потужності. Це досягається введенням невеликої кількості (6... 10%) вихлопних газів з випускного у впускний колектор. Вихлопні гази мало містять кисню і тому розбавляють ПП-суміш, не змінюючи коефіцієнт в (співвідношення повітря/паливо), але помітно знижують температуру горіння.

З 80-х років EGR є частиною електронної системи управління двигуном. Монітор EGR контролює ефективність роботи системи рециркуляції вихлопних газів. Під час тесту відкривається і закривається клапан EGR і спостерігаються реакції контрольного датчика. Вихідний сигнал контрольного датчика порівнюється зі значеннями з каліброваної таблиці, визначається ефективність системи EGR, при незадовільних результатах монітор запише в пам'ять ЕБУ відповідні коди помилок. В якості контрольного датчика можна використовувати різні пристрої. На автомобілях Chrysler [12] контролюється зміна вихідної напруги датчика кисню. При закриванні клапана EGR вміст кисню в вихлопних газах підвищується, і, як наслідок, напруга на виході датчика кисню зменшується. Монітор запише код помилки, якщо ця напруга зменшилася недостатньо.

На автомобілях General Motors в якості контрольного використовується датчик абсолютного тиску у впускному трубопроводі, де тиск змінюється при відкриванні клапана EGR.

3.7.9 Монітор інжекції вторинного повітря (AIR-monitor) в каталітичний нейтралізатор

Каталітичні нейтралізатори з повторною інжекцією повітря для прискорення їх розігріву під час пуску двигуна використовуються не на всіх автомобілях, відповідно в програмному забезпеченні не всіх ЕБУ є такі монітори.

Монітор контролює під час тесту справність клапанів й байпасного каналу, кількість пройденого в нейтралізатор повітря. Для ідентифікації пройденого через клапан повітря більшість виробників використовують датчик кисню на вході нейтралізатора. Розуміється, Executive затримує виконання тесту монітора AIR, поки не виконається буде тест монітора датчиків кисню. Як і для решти моніторів, Executive включає лампу MIL і запише коди помилок у пам'ять ЕБУ для виявлення несправності у двох поїздках поспіль.

ТЕМА 4 ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ В МЕХАТРОННИХ АВТОМОБІЛЬНИХ СИСТЕМАХ

Лекція 4 Функціональні перетворювачі в автомобільних системах керування

4.1 Функціональний перетворювач

Функціональний перетворювач цец прилад чи програма,яке реалізує залежність $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ Тут y — вихідна величина, x , — вхідні величини, f — реалізована залежність.

Наприклад, кут випередження запалювання (КВЗ) оприділяється функція оборотів двигуна і навантаження: $КВЗ = f(\text{оберти, навантаження})$. Функціональне перетворення виконується механічним пристроєм (відцентрово-вакуумним регулятором) чи підпрограмою в сучасному електронному блоці управління (ЕБУ) двигуна. Автомобільні системи управління складні

пристрої, у яких враховуються значення багатьох параметрів. Багатопараметричні математичні моделі для більшості автомобільних систем управління не розробляються. У цих умовах залежності, наявні між вхідними і вихідними параметрами, реалізовані в автомобільних системах управління, синтезуються з урахуванням інженерного досвіду, експериментальних досліджень, корисна інформація представляється у вигляді багатомірних калібрувальних діаграм.

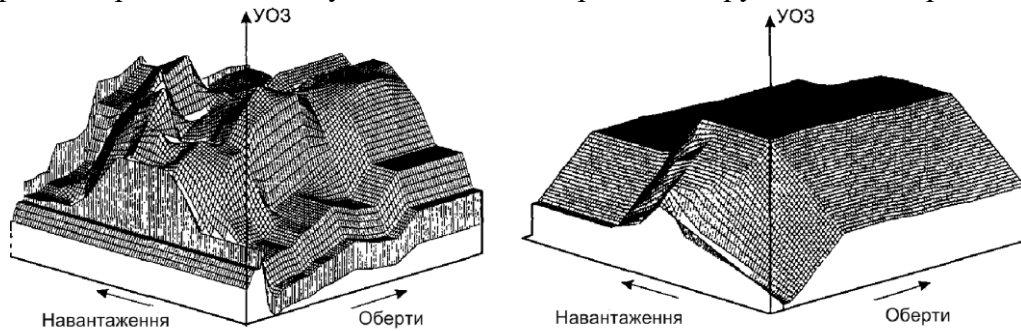


Рисунок 4.1 - Тривимірні характеристики запалювання:

а -- зберігається у пам'яті ЕСАУ; б -- реалізована відцентровим і вакуумним регуляторами

На рисунку. 4.1, а показана тривимірна калібрувальна діаграма, реалізована в ЕБУ автомобільного двигуна щодо КВЗ[11].

На рисунку 4.1, б показана аналогічна залежність, яка дає менше інформації, реалізована відцентрово-вакуумним автоматом. Такі калібровані діаграми називаються тривимірними характеристиками запалювання (ТХЗ).

На рисунку. 4.1, а показана тривимірна калібрувальна діаграма, реалізована в ЕБУ автомобільного двигуна щодо КВЗ[11].

На рисунку 4.1, б показана аналогічна залежність, яка дає менше інформації, реалізована відцентрово-вакуумним автоматом. Такі калібровані діаграми називаються тривимірними характеристиками запалювання (ТХЗ).

4.2 Лінгвістичні перетворювачі

Поряд з застосуванням трьохмірних калібрувальних и коректуючи діаграм в автомобільних електронних системах автоматичного управління(ЕСАУ) знаходять застосування лінгвістичні функціональні перетворювачі , вхідними і вихідними параметрами для яких являються так звані лінгвістичні перемінні.

Уточнимо поняття лінгвістичного перетворювача: це перемінна , значеннями якої являються нечіткі під множення, виражені в формі слів чи пропозицій на природній чи штучній мові. На відміну від класичної теорії множення в якій використовуються поняття приналежності чи приналежність елемента до множення, теорія нечітких множень допускає різну степінь приналежності, яка визначається функцією приналежності елемента, значення якої міняються в інтервалі 0,1 .Границя інтервала характеризує повну приналежність до нуля або повну приналежність до одиниці елемента нечіткого множення.

Для реалізації лінгвістичного перетворювача необхідно определитичотчне фізичне значення її термів. Нехай наприклад перетворювач ПІ може приймати любое значення в діапазоні 5...40°C. Згідно положенню теорії нечітких множень кожному значенню температури із діапазона 5...40°C може бути поставлено в деяке число від 0 до 1, яке оприділяє степінь приналежності давного фізичного значення температури(наприклад 18°C) до того чи іншого терма лінгвістичного перетворювача ПІ. В нашому випадку температурі 18°C можна задати степінь приналежності до терма COLD, рівну 0,4 а до терма COOL - 0,6. Конкретне визначення степені приналежності виробляється експертами.

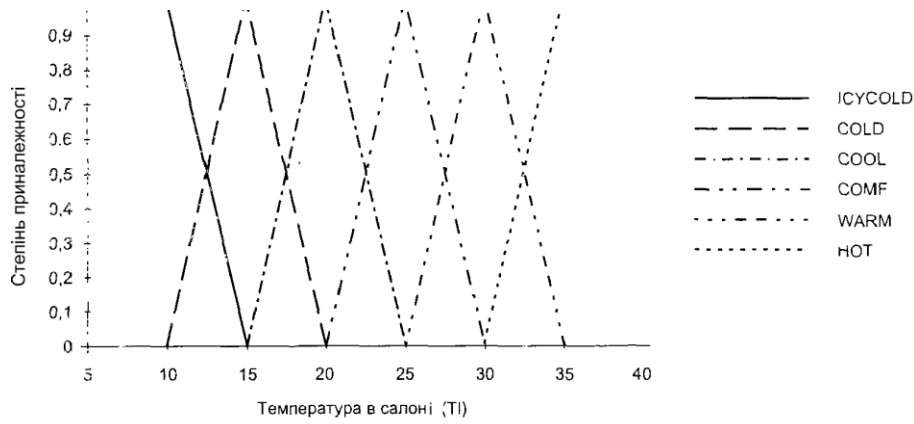


рис. 4.2. Лінгвістична змінна

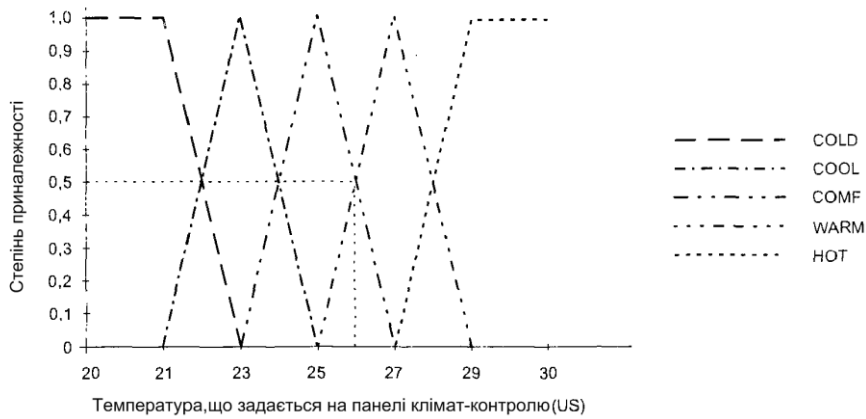


Рисунок 4.3 -

Лінгвістична змінна US

На рисунку 4.2 і 4.3 показані функції (степеня) приналежності для лінгвістичних змінних T1 і US за умови встановлення температури в салоні. Процедура перетворення значень базової перемінної в нечітку лінгвістичну змінну, що характеризується функцією приналежності, називається фазифікацією. Насправді найчастіше використовуються трикутні, колообразні і трапецеїдальні функції приналежності (рисунок 4.4). Зазначимо, що використання лінгвістичних змінних

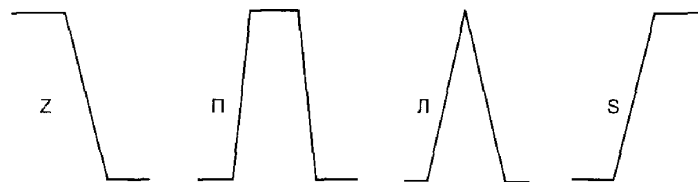


Рисунок 4.4 - Типові функції приналежності: /-функція, П-функція, Л-функція, ^- функція

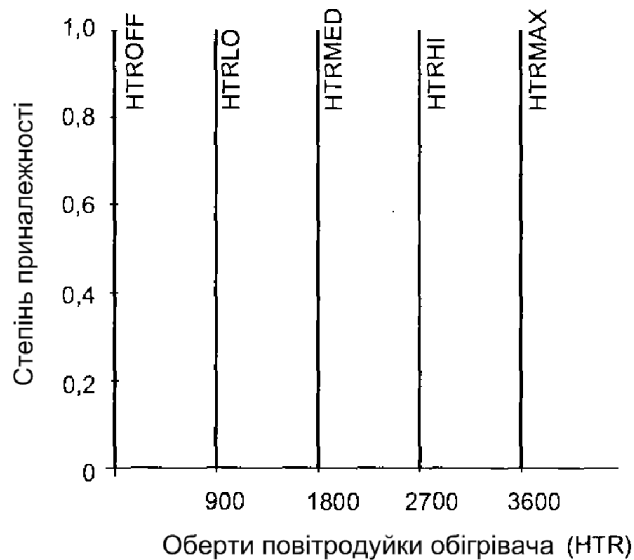


Рисунок 4.5 - Лінгвістична змінна HTR

означає стиснення даних, таяк одним значенням лінгвістичної перемінної охоплюють весь діапазон значень базової перемінної. Вихідна лінгвістична змінна HTR (обертів вентилятора отопителя) реалізується у вигляді термів HTRROFF (відключено), HTRLO (малі оберти), HTRMED (середні), HTRHI (високі), HTRMAX (максимальні). Для функцій приналежності вихідні величини можуть бути показані тільки максимумами (рисунок 4.5).

- Продукційні правила

Задля реалізації управління задаються (визначаються) продукційні правила, котрі пов'язують вхідні і вихідні лінгвістичні перемінні. Сукупність таких правил описує стратегію управління, застосовується у цьому завданні. Стратегія має бути зрозумілою розробникові на інтуїтивному рівні. Це з продукційних правил, його зміст у тому, щ околи у салоні дуже холодно, а уставка перемикача на панелі клімат-контролю в положенні «жарко», вентилятор отопителя повинен працювати на повну потужність. Продукційні правила — типові умовні оператори у стислій формі (без ELSE). Інколи їх задають таблицею(рисунок 4.6)

CYCOLD		COLD	COOL	COMF	WAR	HOT
HOT	HTRM	HTRM	HTRHI	HTRL	HTRL	
WARM	HTRM	HTRHI	HTRM	HTRL	HTR	HTRROFF
COMF	HTRM	HTRM	HTRL	HTRROFF	HTR	HTRROFF
COOL	HTRHI	HTRL	HTRROFF	HTRROFF	HTR	HTRROFF
COLD	HTRM	HTRROFF	HTRROFF	HTRROFF	HTR	HTRROFF

Рисунок 4.6. Продукційні правила

Припустимо, що температура в салоні 18°C, а уставка на панелі управління клімат-контролю 26 °C. Ступінь приналежності 18 °C до терму COOL перемінної TI становить 6, а до терму COLD — 0,4 (рисунок 4.2). Ступінь приналежності 26°C до терму WARM перемінної US становить 0,5, а до терму COMF також 0,5 (рисунок 4.3). До інших термів приналежність кульова, тому, відповідно до нечіткої логіки виявляються задіяними такі продукційні правила:

IF (TI = COOL) AND (US = WARM) THEN HTR = HTRMED

IF (TI = COOL) AND (US = COMF) THEN HTR = HTRLO

IF (TI = COLD) AND (US = WARM) THEN HTR = HTRHI

IF (TI = COLD) AND (US = COMF) THEN HTR = HTRMED

Тепер потрібно визначити ступеня приналежності антецедентів правил. І тому в нечіткій логіці існують два оператора: MIN(...) і MAX(...). Перший обчислює мінімальне значення ступеня приналежності, а другий — максимальне значення. Коли застосовувати той чи інший оператор, залежить від того, якою зв'язкою з'єднані посилки у правилі. Якщо використана зв'язка AND, застосовується оператор MIN(...). Якщо ж посилки об'єднані зв'язкою OR, необхідно застосувати

оператор MAX(...). У нашому прикладі застосуємо оператор MIN(...), оскільки використана зв'язка AND. Одержимо таке:

$$\text{MIN}(0,6, 0,5) = 0,5$$

$$\text{MIN}(0,6, 0,5) = 0,5$$

$$\text{MIN}(0,4, 0,5) = 0,4$$

$$\text{MIN}(0,4, 0,5) = 0,4$$

Обчислені значення стають числовими значеннями ступеня приналежності відповідних консеквентів. Наприклад, з першого продукційного правила слід, що ступінь приналежності необхідного числа оборотів вентилятора N до терму HTRMED (1800 оборотів на хвилину) лінгвістичної перемінної HTR становить 0,5. Кажуть, що отриманий нечіткий висновок чи нечітке значення керуючої перемінної. Щоб виконавчий пристрій зміг відпрацювати отриману команду, необхідний етап управління, у якому позбуваються нечіткості і який називається дефазифікацією. Нині відсутня систематична процедура вибору стратегії дефазифікацією. Насправді в системах управління часто використовують центроїдний метод. У дискретному разі для центроїдного методу формула для обчислення чіткого значення вихідної перемінної має вигляд:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_C(z_i) z_i}{\sum_{i=1}^n \mu_C(z_i)},$$

де z — чітке значення вихідний перемінної; z_i — значення вихідної перемінної для i -го терма з одиничним значенням ступеня приналежності; μ — степінь належності до цьому терму, n — число термов. У нашому прикладі відповідно до рисунку 4.5:

$$N = \frac{0,5 \cdot 1800 + 0,5 \cdot 900 + 0,4 \cdot 2700 + 0,4 \cdot 1800}{0,5 + 0,5 + 0,4 + 0,4} = 1750 \text{ об/мин.}$$

4.3 Застосування нечіткої логіки управління

Застосування нечіткої логіки призводить до своєрідного стиску оброблюваних даних, непотрібно створювати громіздкі багатовимірні калібровані таблиці, але обсяг обчислень зростає. Лінгвістичні функціональні перетворювачі з нечіткою логікою широко використовують у системах самонаведення багатьох автомобільних агрегатів, наприклад, в гідравлічних гальмах і системі ABS. Для ефективного гальмування система ABS обмежує тиск гальмівної рідини, запобігаючи блокуванню коліс, утримуючи коефіцієнт ковзання S в оптимальних межах 0,05...0,2 (рисунк 4.7). Коефіцієнт ковзання

$$S = \frac{V_a - V_k}{V_a},$$

де V_a — швидкість автомобіля, V_k — лінійна швидкість крапки на радіусі колеса. Системи ABS більшості виробників налаштовані на компромісне значення $S = 0,1$. Але дорожні умови різні, й на обледенілій дорозі S має бути рівне 0,05, але на сухому асфальті 0,2.

4.4 Застосування нечіткою логікою управління

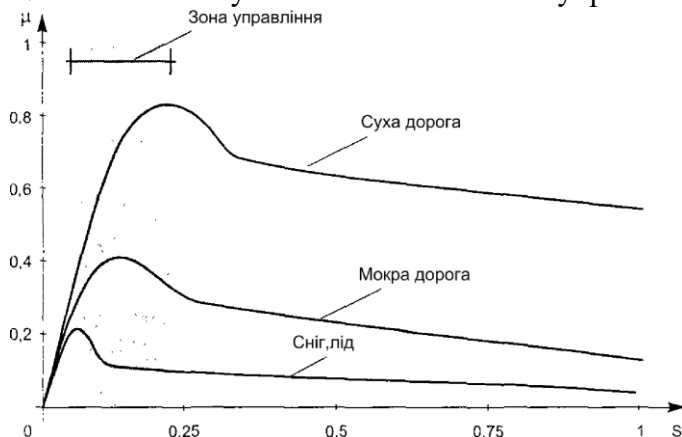


Рисунок 4.7 - Залежність сили тертя μ від коефіцієнта ковзання S

Алгоритми нечіткої логіки можна побачити у програмному забезпеченні електронних систем автомобіля для визначення КВЗ, управління подачею палива, управління дросельною заслінкою в круїз-контролі, управління автоматичною коробкою передач, в зарядних пристроях інтелектуальних акумуляторів електромобілів.

Автомобіль — складний об'єкт для керування. Наприклад, система управління динамічною стабільністю й додатковою курсовою сталістю руху з урахуванням нечіткої логіки використовує 200—600 продукційних правил. Але спрацьовування системи значно пришвидшується по рівні з технічним рішенням з урахуванням калібрувальних діаграм [17].

Рисунок 4.8 - Описання основної лінгвістичної перемінної

Процес розробки системи управління з нечіткою логікою функціонування включає:

- визначення лінгвістичних неремінних, нечітких правил, методу дефазифікації;
- налагодження і аналіз програмної моделі;
- оптимізацію системи управління з урахуванням персональної ЕОМ із реальним об'єктом;
- генерацію коду для мікроконтролера реальної системи управління.

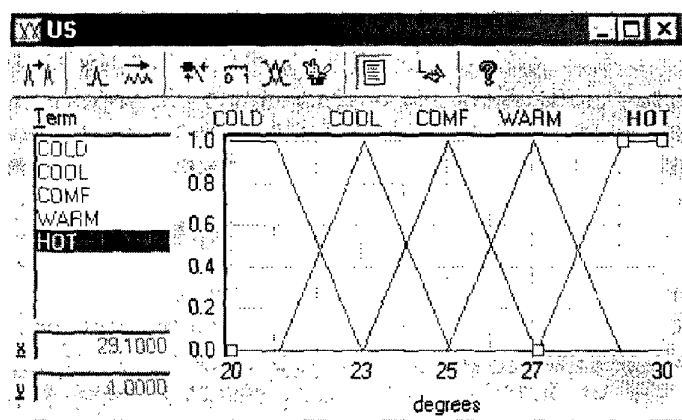


Рисунок 4.9 - Описання основної лінгвістичної перемінної US

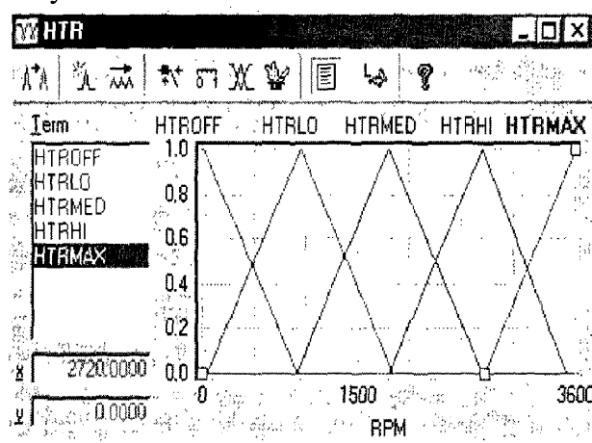


Рисунок 4.10 - Описання основної лінгвістичної перемінної HTR

У таблиці (рисунок 4.11) DoS — це ваговий коефіцієнт відповідного правила, у разі DoS = 1. Програмний пакет fuzzy-TECH дозволяє моделювати поведінку проектованої системи. Змінюючи значення вхідних змінних, можна спостерігати відповідні значення вихідних (рисунок 4.13)

На останньому етапі необхідно отримати кінцевий варіант програмного коду для конкретного мікроконтролера і якщо потрібно зв'язати його з основою програмою ЕСАУ. Основу програмного коду складає програмне ядро, апаратно-орієнтоване на конкретний тип процесора. Постачається з пакетом fuzzy-TECH MCU-96 програмне ядро сумісно з такими типами контролерів, як 8051., 80251.. і інші.

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2 МОДЕЛЮВАННЯ, КОНСТРУЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ МЕХАТРОННИМИ СИСТЕМАМИ АВТОМОБІЛІВ

ТЕМА 5 СПЕЦІАЛІЗОВАНІ БОРТОВІ СИСТЕМИ АВТОМОБІЛІВ

Лекція 5 Спеціалізовані бортові системи автомобілів

5.1 Сучасна інформаційна система водія

Автомобільна інформаційно-діагностична система є складовою сучасного автомобіля і призначена для збору, обробки, збереження та відображення інформації про режим руху і технічний стан автомобіля, також зовнішні чинники, що його оточують.

Сьогодні система «водій — автомобіль — дорога — середовище» розглядається як єдине ціле. Поліпшення руху на перевантажених автомагістралях можливо, якщо водій матиме оперативну інформацію про стан дороги, транспортні потоки і стан керованого автомобіля.

Уряди різних країн фінансують проекти, спрямовані на збільшення безпеки, ефективності, пропускної здатності, зменшення забруднення довкілля на великих автомагістралях. Іноді, у цьому зв'язку, говорять про концепцію інтелектуальної транспортної системи. У США і Японії такий проект називається ITS (intelligent transportation system — ITS), у Європі — Telematic.

На рисунку 5.1 наведено блок-схема інформаційної системи водія, але для конкретного автомобіля втілення її може бути іншим. У інформаційній системі міститься кілька підсистем, у тому числі, навігаційну систему, дистанційне керування дверними замками, систему зв'язку «автомобіль — дорога», цифровий аудіо- відео- комплекс, систему повідомлення термінової інформації водієві по радіо. На бортовий комп'ютер надходять також сигнали від компаса, датчика швидкості обертання коліс, датчика положення керма та інших.

Сучасні інформаційні системи водія, з їхніми широкими можливостями, дедалі частіше називають телематичними (утворено від слів телекомунікації і інформатика). Телематичні системи — це пристрої обміну інформацією між системами автомобіля, водієм навколишнім світом: бортовий комп'ютер, навігаційна система, засоби зв'язку і т. ін. Електронні блоки управління агрегатами автомобіля (двигун, гальма з ABS і т. ін.) надають інформації системам телематики через шини даних. Очікується, що 2010 року майже всі автомобілі матимуть мінімальний пакет телематики. Система дистанційного управління дверними замками автомобіля широко використовується вже сьогодні. Портативний передавач, інфрачервоний або радіо, вміщений в руці («брелок»), надсилає цифровий код приймальному пристрою автомобіля. Якщо код правильний, спрацьовує виконавчий механізм і замок відмикається. Якщо система впізнає два кодових посилення як хибні, то дистанційне управління замками блокується, і тоді їх можна відкрити лише ключем, при цьому блокування скидається. Таке рішення виключає добір кодів будь- яким іншим електронним пристроєм з метою викрадення.

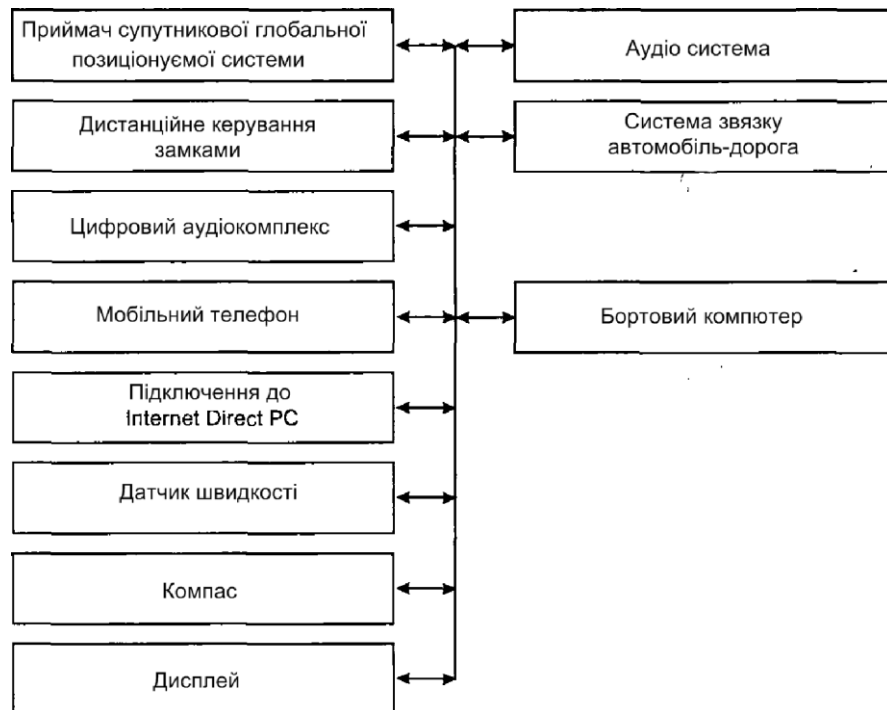


Рисунок 5.1 - Блок-схема інформаційної системи водія

Система зв'язку «автомобіль — дорога» забезпечує передачу повідомлень від дорожніх інформаційних служб автомобілю на радіо. Система є інфраструктурою, що складається з прийомо-передатчиків невеличкої потужності на шляхах та засобів для генерації повідомлень. Локальний прийомо-передатчик має обмежений набір фіксованих повідомлень. Різні повідомлення може генерувати стаціонарний комп'ютер та передавати їх локальним точкам (наприклад, про затори на цьому маршруті). Прийомо-передатчики інформаційної системи можуть також автоматично отримувати повідомлення від автомобілів, що пересуваються поряд, за допомогою встановлених на них транспондерів.

Транспондер — це спеціальний автоматичний прийомо-передавач, який встановлено на рухомих об'єктах. У відповідь кодове посилення транспондер передає необхідну інформацію про об'єкт, на якому він встановлений. У авіації транспондери використовують для автоматичної передачі наземним службам параметрів руху літака. У автомобілях транспондери слугують для дистанційного стягування плати за проїзд по шосе, для отримання завантаженості вантажівок, що рухаються трасою і т. ін. Сервісні підприємства мають змогу дистанційно обмінюватися інформацією з бортовою діагностичною системою. У разі виявлення відхилень, водія попереджають відповідним текстом на дисплеї чи інформацією, що оброблена комп'ютером за певною програмою.

Цифровий аудіо-відео комплекс — CD-програвач, радіоприймач — мають загалом розважальне призначення.

Система передачі повідомлень на радіо використовує додатковий канал в УКХ-діапазоні, що потребує спеціального приймача. По радіоканалу передається різна попереджувальна інформація (зсуви, ожеледь). Є можливість передачі інформації, що коректується для даної місцевості, сигналами супутниковою глобальною позиціонуєвальною системою. Це дозволяє точніше визначити координати автомобіля від ± 100 метрів до ± 5 метрів.

Технології для організації такої інформаційної системи існують вже сьогодні. Потрібно лише створити доцільну та економічно виправдану інфраструктуру, а також систему генерації повідомлень.

5.1.1 Системи розпізнання голосу і перетворення тексту в мовлення

Під час руху автомобіля користування стільниковий телефон чи комп'ютером ускладнене і небезпечне, тому що це відвертає увагу водія від дороги, особливо в напруженому русі в межах міста. Існує програмне забезпечення, що дозволяє розпізнавати мову людини. Водій промовляє у мікрофон, а комп'ютер виконує нескладні команди. Донедавна подібні системи могли розпізнавати один-два голоси після спеціального налаштування комп'ютера.

У концептуальному автомобілі Buick Bengal (General Motors) використовується програмне забезпечення фірми Visteon. Програма розпізнає 118 команд на шести мовах, включаючи місцеві

акценти, в умовах відкритого і закритого салону. Водій, не випускаючи з рук керма і не відводячи погляду від дороги, голосом може подати різні команди, починаючи з управління режимом CD-програвача або кондиціонера і закінчуючи зміною швидкості руху автомобіля. Технологія управління голосом дозволить відмовитися від багатьох кнопок й індикаторів на приладовій панелі.

5.1.2 Бортовий комп'ютер

Бортовий комп'ютер (іноді званий маршрутним чи дорожнім процесором) демонструє водієві різну інформацію, необхідну на маршруті, про стан автомобіля, керує засобами зв'язку автомобіля з зовнішнім світом, з навігаційною системою і т. ін. Зазвичай бортовий комп'ютер подає інформацію на цифровий дисплей, скеровується з пульта управління на приладову панель автомобіля. На рис. 5.2 показаний пульт управління з рідкокристалічним дисплеєм одного з типів бортових комп'ютерів. Розпочато застосування і більш зручних кольорових графічних сенсорних дисплеїв з програмованими віртуальними органами управління (рис. 5.3). Випускаються портативні комунікатори і органайзери, які можна під'єднувати до шини даних автомобіля. Відповідне програмне забезпечення зробило їх частиною автомобільної інформаційної системи

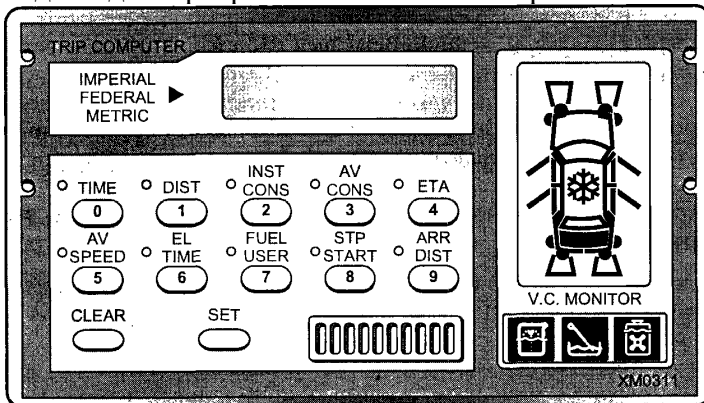


Рисунок 5.3 - Пульт керування бортовим комп'ютером



Рисунок 5.3 - Сенсорний дисплей

Усі послуги зв'язку, реалізовані в стаціонарному офісі, сьогодні доступні й уавтомобілі: факсиміле, автовідповідач, модем для комп'ютера і т. ін. Комп'ютер в автомобілі можна підключити до мережі Internet. Електронна пошта (e-mail) стає досяжною для водія. Завдяки підключенню через супутникову антену (direct PC) забезпечується висока швидкість передачі. Автомобіль перетворюється на офіс на колесах. Бортовий комп'ютер визначає точний час і дату, витрати палива (за сумою тривалості відкритого стану форсунок), швидкість і пройдено відстань. На дисплей зазвичай виводиться наступна інформація:

- час, день тижня і дата;
- середня швидкість на маршруті;
- час у дорозі;
- середня витрата палива на маршруті;
- миттєві витрати палива;

- витрати палива на маршруті;
- відстань, яку можна здолати на залишку палива.

Якщо під час виїзду на маршрут водій з клавіатури ввів відстань до пункту призначення, то бортовий комп'ютер повідомлятиме про очікуваний часу прибуття до пункту призначення та відстань, яка залишилась до пункту призначення.

5.1.3 Інформація про стан бортових систем автомобіля

Бортовий комп'ютер автоматично здійснює контроль за станом систем автомобіля, демонструє одержану інформацію на рідкокристалічний дисплей, наприклад, як показано на рисунку 5.2. Інформація подається у зручному графічному вигляді, якщо потрібно привернути увагу водія лунає звуковий сигнал або активується синтезатор мовлення.

Які саме контролюючі функції реалізує бортовий комп'ютер, залежить від моделі й виробника автомобіля, але, принаймні, є такі можливості:

- індикація несправності сигналів гальмування;
- індикація несправності освітлювальних приладів;
- індикація відкритої двері або кришки багажника;
- індикація низької температури навколишнього повітря;
- індикація низького рівня охолоджувальної рідини в двигуні;
- індикація низького рівня оливи в картері;
- індикація низького рівня миючої рідини в бачку змивача скла;
- індикація надмірного зносу гальмівних накладок.

Дисплей на рис. 5.2 показує, що у автомобілі відкриті чотири дверці, включені фари, температура забортного повітря низька (символ «сніжинка» на даху).

Контроль за станом електричних мереж освітлювальних приладів здійснюється, наприклад, шляхом виміру електричного струму в проводах, підключених до відповідних ламп. Струм вимірюється зазвичай двома методами:

- в ланцюг живлення лампи послідовно під'єднаний низькоомний резистор, сигнал від якого посилюється і подається на компаратор. Під час обриву ланцюга струм зникає, що зумовлює низький рівень сигналу на виході компаратора і появу відповідної запобіжної інформації на індикаторі або дисплеї;
- у ланцюзі живлення лампи послідовно під'єднують обмотку геркона чи іншого струмового реле.

Температура навколишнього (забортного) повітря вимірюється термістром з негативним температурним коефіцієнтом. Він розміщується в закритих місцях, далеко від джерел тепла, зазвичай за переднім бампером. Коли знижується температура, опір термістора зростає й після проходження рівня $+4^{\circ}\text{C}$ на дисплеї з'являється попередження про можливу ожеледицю на дорозі.

Контроль за рівнем експлуатаційних рідин (оливи, гальмівної, охолоджувальної і миючої рідин) здійснюється за допомогою датчиків з урахуванням геркона і плаваючого кільцеподібного магніту. Геркон розташовують у герметичному циліндрі, по якому переміщується пластиковий поплавець з кільцевим постійним магнітом.

За нормального рівня експлуатаційної рідини поплавець фіксується у верхньому положенні стопором, магніт замикає контакти геркона. Під час зниження рівня рідини нижче критичного поплавець опускається, контакти геркона розмикаються, на дисплеї з'являється відповідне попередження.

Рівень оливи у двигуні комп'ютер вимірює протягом кількох секунд до пуску двигуна, тому що рівень оливи в картері працюючого двигуна нижче контрольної мітки і коливається на поворотах і під час гальмування, що може спричинити генерацію хибних повідомлень комп'ютером. Стан електричних ланцюгів автомобіля постійно контролюється ЕБУ. Щоб можна було відрізнити закритий і відкритий стан геркона від пошкодження у ланцюгу датчика, у його ланцюг вводяться додаткові резистори.

Датчики зносу гальмівних накладок бувають двох типів: розмикаючий і замикаючий відповідний ланцюг. У розмикаючому датчику провід закладено у накладку на певну глибину, що становить максимально допустимий знос, у разі настання останнього провід перетирається і розмикає контрольований ланцюг. Датчик, що замикає в разі настання граничного зносу замикає

контрольований ланцюг через гальмівний диск чи барабан на масу. Недоліком замикаючого датчика є ненадійність контакту, що утворюється під час гальмування.

5.2 Бортові кошти відображення інформації

Основним завданням будь-якого індикатора є надання інформації із заданої точністю і в зручному для водія вигляді. Більшість автомобільних індикаторів повинні оперативно видавати інформацію, що стосується точності, вимоги невисокі. Аналогові індикатори надають інформацію у вигляді, зручнішому для швидкого зчитування водієм. Наприклад, якщо стрілка покажчика температури охолоджувальної рідини перебуває у межах середини шкали, водієві досить погляду на покажчик, аби зрозуміти, що температура двигуна у межах норми. Цей приклад наочно демонструє, чому автомобілями, попри наявність контролерів та цифрової обробки інформації для керувати різними системами, частіше інформацію водієві надаються в аналоговій формі.

На рисунку 5.4 показані аналоговий та цифровий індикатори тої самої інформації (швидкість руху автомобіля).

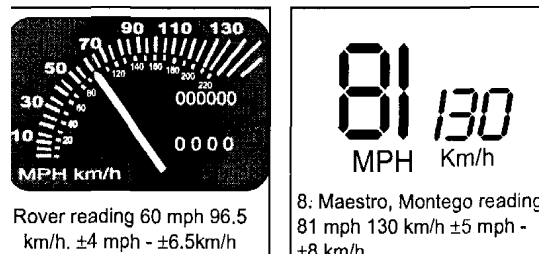


Рисунок 5.4 - Аналоговий та цифровий індикатори

Цифрові і графічні індикатори (дисплеї) в автомобілі потрібні для вирішення, наприклад, таких завдань:

- надання картографічної інформації в навігаційних системах;
- дисплей бортового комп'ютера;
- годинник;
- дисплей магнітоли і т. ін.

Ці дисплеї можуть бути різної конструкції. Для управління окремими сегментами і частинами дисплеїв застосовується мультиплексна система передачі даних.

5.2.1 Стрілочні індикатори

Неелектричний параметр на борту автомобіля (швидкість, температура, тиск тощо) перетворюється відповідним датчиком в електричний сигнал. Цей сигнал фільтрується, піддається необхідним перетворенням і подається як електричний струм чи напруга на аналоговий (стрелочні) індикатор. Амперметр електромагнітної системи (рис. 5.5) складається з основи 4, постійного магніту 3, латунної шини 1, якоря 5 і стрілки 2. При розімкнутого ланцюга якорь зі стрілкою під впливом магнітного поля постійного магніту утримується у середньому положенні на нульовій позначці. Під час проходження струму через латунну шину утворюється магнітне поле, під впливом якого намагнічений якорь зі стрілкою повертається у той чи інший бік залежно від напрямку струму та на кут відповідний зміні параметру.

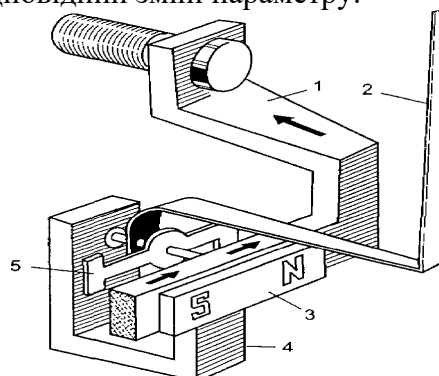


Рисунок 5.5 - Стрілковий індикатор з що вимірюється значенням параметру електромагнітної системи

5.2.2 Цифрові індикатори (дисплеї)

Цифрова система індикації працює багато в чому як і описана вище аналогова. Сигнали з датчиків надходять на ЕБУ панелі приладів у аналоговій чи цифровій формі. У ЕБУ здійснюється необхідна обробка отриманої інформації, потім вона передається на індикатори, задля цього можуть бути використані: світлодіоди, рідкокристалічні дисплеї, електронно-променеві трубки.

5.2.3. Індикатори на світлодіодах

Діод, зроблений із фосфіда арсеніду галію (GaAsP), під час протікання електричного струму у прямому напрямі утворюється електромагнітне випромінювання в світловому діапазоні. Це так звані світлодіоди, котрі випромінюють зелений, жовтий чи червоне світло залежно від технологічного процесу під час виробництва. Світлодіоди широко використовують як індикатори в електронному обладнанні й в цифрових дисплеях. Вони безвідмовно працюють тривалий час (більш 50000 годин) і споживають маленький струм. Нині є тенденція заміни автомобільних світлодіодних індикаторів на рідкокристалічні, які мають підсвічування для полегшення читання. Індикатор (дисплей) автомобіля зазвичай складається з групи світлодіодів (матриці), яка організована для видачі інформації певної форми. Можуть використовуватися окремі світлодіоди, семисегментні індикатори або складні шкали спідометрів (рис. 5.6).

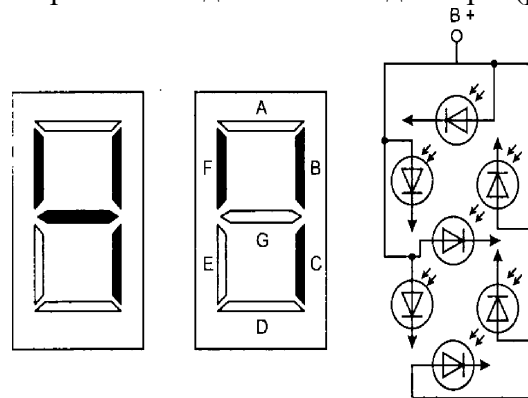


Рисунок 5.6 - Світлодіодні індикатори

5.2.4 Рідкокристалічні дисплеї

Молекулярна структура рідких кристалів та їх оптичні властивості можуть бути змінені механічним зусиллям, електричного чи магнітного поля, тиску та температури. Рідкі кристали розсіюють світло, що падає на них. Рідкі кристали застосовують в індикаторах калькуляторів, годинників, автомобільних дисплеях, дисплеях портативних комп'ютерів, телеекранах, мультимедіа проекторах тощо.

Розглянемо принцип дії індикатора на рідких кристалах (рисунок 5.7). Коли кристал не збуджений, дисплей пропускає лише поляризоване світло, яке, проходячи через перший поляризатор, потрапляє у кристал і розвертається ним на кут 90° . На виході кристала встановлено другий поляризатор під кутом 90° до першого. Світло проходить через другий поляризатор, відбивається дзеркалом і повертається через другий поляризатор, кристал, перший поляризатор. У незбудженому рідкому кристалі світло просто відбивається.

Коли на рідкий кристал подано напруга порядку 10 В із частотою 50 гц, молекули його стають неупорядкованими і світло, проходячи через рідкий кристал, не буде повертатися на 90° .

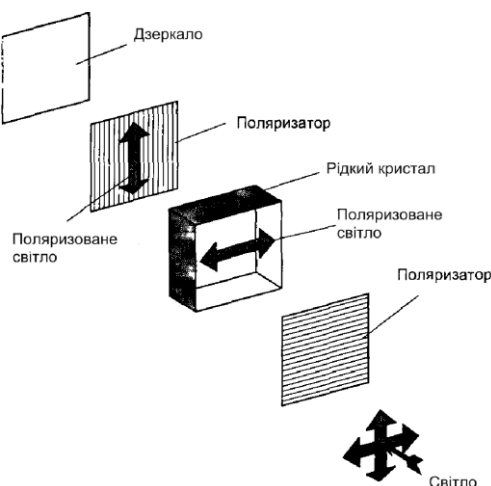


Рисунок 5.7 - Принцип роботи рідкого кристала

Це означає, що світло, після проходження першого поляризатора, не пройде другий і не відіб'ється. Тому на дисплеї буде видно темний сегмент. Розміри сегментів визначаються призначенням дисплея, наприклад, для дисплея комп'ютера або телеекрана сегмент набуває форму і розмір пікселя.

Рідкокристалічні дисплеї споживають невелику потужність, але потребують зовнішні джерела освітлення. Іноді замість дзеркала в рідкокристалічних дисплеях використовується фонове джерело світла.

5.2.5. Вакуумні флуоресцентні індикатори

Схематично пристрій таких індикаторів показано на рисунку 5.8. Катод нагрівається до температури кілька сотень градусів і випромінює електрони, потік яких до аноду керується сіткою. Анод утворений сегментами, які покриті флуоресцентним матеріалом, на котрий подаються управляючі електричні сигнали. При подачі сигналу на сегмент він починає світитися.

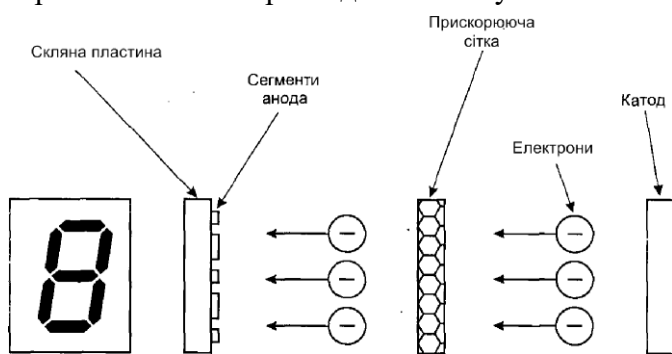


Рисунок 5.8 - Вакуумний флуоресцентний індикатор

Уся конструкція зібрана у скляній колбі, з якої відкачано повітря до утворення вакууму. Потенціометром в ланцюзі сітки змінюють яскравість світіння індикатора. Індикатор світиться жовто-зеленим чи зеленою-зеленим-синьо-зеленим світлом залежно від застосованої флуоресцентної речовини.

Перевагою вакуумних флуоресцентних індикаторів є висока яскравість світіння, недолік — крихкість скляної колби.

5.2.6 Електронно-променеві трубки

Ці дисплеї не знайшли широко застосування в автомобілях. Їх основні недоліки:

- незручність монтажу на приладовій панелі через довгу катодну трубку;
- потрібен час для розігріву;
- зображення втрачає яскравість при освітленні сонячним світлом і т. ін.

На деяких моделях автомобілів (наприклад, Buick Riviera, 1986 р.) електронно-променеві трубки все-таки встановлювали. Сьогодні там, де потрібно демонстрація графічної інформації, наприклад, у навігаційних системах, застосовуються кольорові рідкокристалічні дисплеї.

5.2.7 Приладові панелі

Водій отримує інформацію про режим руху і технічний стан автомобіля з допомогою контрольно-вимірювальних приладів та індикаторів, які розміщені на панелі приладів. Панель приладів сучасного легкового автомобіля містить 3 -6 стрілкових приладів та 5 - 7 світлових індикаторів, які розміщені за наступними принципами:

- у центрі панелі групуються засоби відображення інформації, пов'язані із безпекою дорожнього руху;
- розміщення приладів та індикаторів тим ближче до центру панелі, чим частіше звернення до них водія;
- групування в блоки функціонально пов'язаних приладів та індикаторів.

Варто зазначити, що з цифрових дисплеїв погано сприймається водіями. Виникли й дедалі частіше використовуються електронні аналогові дисплеї, але де вони збільшують ціну автомобіля на 200...400 доларів. а рисунку 5.10 показана типова блок-схема сучасної цифрової автомобільної системи відображення інформації. Обробка сигналу і логічні функції покладено на ЕБУ. Стандартні датчики під'єднані до ЕБУ, який управляє необхідними пристроями відображення інформації та дисплеєм. ЕБУ допускає зміну конфігурації системи під конкретну модель автомобіля.

Розглянемо деякі з функцій:

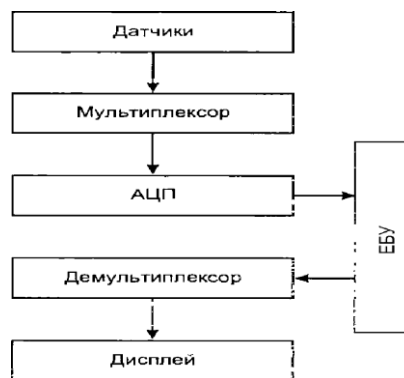


Рисунок 5.10 - Типова блок-схема сучасної цифрової автомобільної системи відображення інформації.

НКоли опір резистивного датчика рівня палива на баку набуде певне значення, засвітиться індикатор низького рівня палива.

1. При заданому значенні опору термістора засвітиться індикатор перегріву двигуна.
2. Зазвичай не потрібно інформувати водія про кожен градус зміни температури в системах автомобіля, постійні флуктуації у показниках приладів уповільнюють засвоєння інформації. ЕБУ розбиває діапазон зміни вхідного сигналу термодатчика на 4піддіапазонів. Наприклад, якщо опір термістора змінюється у межах 240...200 Ом, ЕБУ видає на дисплей одне стабільне значення температури (нормальне), якщо опір термістора вийшов з цього діапазону, ЕБУ виводить на звітний пристрій значення температури з відповідного піддіапазону зміни опорів.
3. Індикатори, що попереджують, (такими є індикатори тиску оливи) робляться миготливими для привертання уваги водія.
4. Індикатори, що попереджують про необхідність техобслуговування і техогляду (характерна риса автомобілів BMW). Індикатори світяться після певного пробігу або за певний час, який скорочується за умови роботи двигуна на високих обертах та з перегрівом.
5. Індикатор позаштатної роботи генератора. ЕБУ виявляє невідповідність рівня
6. Електронні індикатори, крім функцій, які виконували електромеханічні прилади,здатні надавати водієві інформацію у цифровій, графічній і текстовій формах. На рисунку 5.9 показана типова панель приладів сучасного автомобіля. Вона компактна, усе перебуває у полі зору водія. Якість дизайну приладової панелі враховується покупцем автомобіля.

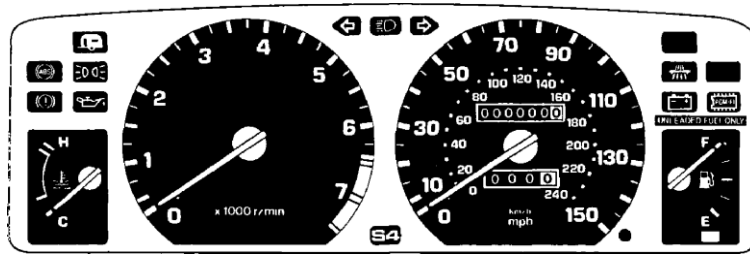


Рисунок 5.9 - Приладова панель сучасного автомобіля

Як приклад розглянемо роботу системи на час появи сигналів про високу температуру охолоджувальної рідини і низький рівень палива у бензобаку. На рисунку показана блок-схема цієї процедури. АЦП підключається через мультиплексний комутатор по чергово до датчиків температури та рівня палива. Сигнал піддається аналого-цифровому перетворенню і надходить у ЕБУ. Припустимо, що сигнали мають значення 180 Ом (температура охолоджувача близько 105 °С) і 200 Ом (залишилося 10 літрів палива у баці). Ці значення присвоюються відповідним змінним «temp_input» і «fuel_input» та порівнюються з константами «temp_high» і «fuel_low», що зберігаються у пам'яті ЕБУ. Порівняння здійснюється за таким спрощеним алгоритмом:

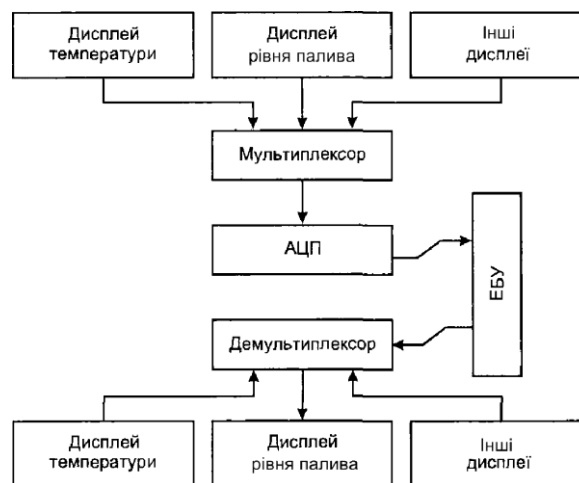


Рисунок 5.11 - Блок-схема цифрової системи відображення інформації

```
IF temp_input > temp_high THEN temp_high_lamp = ON
```

```
IF fuel_input < fuel_low THEN fuel_low_lamp = ON
```

За виконання умови загоряється відповідний індикатор.

5.4 Відображення інформації на лобовому склі

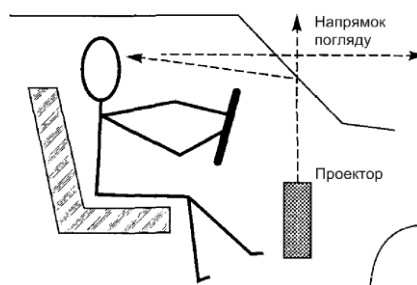


Рисунок 5.12 - Відображення інформації на лобовому склі

При користуванні автомобільними приладами й дисплеями завжди існує наступна проблема: з одного боку, водій повинен якомога менше відводити погляд від дороги з метою безпеки, з іншого — якщо на прилади взагалі не дивитися, можна пропустити попереджувальну інформацію, наприклад, про низький тиск оливи і т. ін. Є шляхи вирішення цієї проблеми, такі як подача звукових сигналів, розміщення приладів завжди у полі зору, але досконалішим методом сьогодні вважається відображення інформації на лобовому склі (head up display або HUD). Передусім ця технологія була використана в авіації, коли конструктори зіштовхнулися із необхідністю розміщення до 100 попереджувальних індикаторів у кабіні винищувача. Принцип відображення інформації на лобовому склі проілюстровано на рисунку 5.12.

Зображення з проектора (електронно-променевої трубки, рідкокристалічної матриці) проектується на вітрове скло, яке після спеціальної обробки стає напівпрозорим дзеркалом.

Водій бачить дорогу це «скло-дзеркало» при включеному чи вимкненому проекторі. Яскравість проекції зображення автоматично підлаштовується під зовнішнє освітлення. На рисунку 5.13 показана система HUD у роботі.

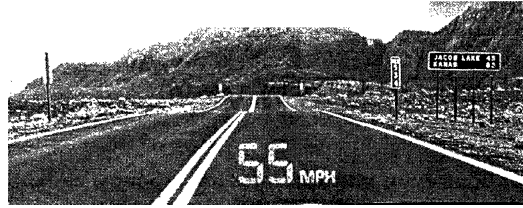


Рисунок 5.13 - Вигляд через вітрове скло автомобілі з HUD

На жаль, потрібно індивідуально обирати переднє скло, інакше виникає двоїння і зображення на склі виходить нечітким. На деяких серійних автомобілях HUD діє з 1988 року.

Яку саме інформацію і коли виводити на лобове скло, вирішує бортовий комп'ютер залежно від ситуації. Наприклад, можна буде робити проекцію спідометра постійно, а індикатор низького тиску палива, як тільки ця подія станеться.

Сучасні системи HUD виводять інформацію прямо перед водієм. У якості дисплеїв попереджувальної інформації можна також використовувати рідкокристалічні дзеркала заднього виду, які автоматично змінюють коефіцієнт відображення в темну пору доби при освітленні фарами автомобіля, що рухається ззаду.

5.3 Перспективні засоби відображення інформації

Завдяки комп'ютеризації всіх автомобільних систем дедалі більше функцій стають доступними. Вже сьогодні є змога регулювати потік інформації водієві, тобто на той самий дисплей виводити різні дані, необхідні водієві саме у цей момент. Яка саме інформація у конкретній ситуації потрібна водієві, визначає програмне забезпечення комп'ютера, але водій може викликати потрібні йому блоки даних на дисплей самостійно. Наприклад, якщо температура охолоджувальної рідини перебуває у нормі, не потрібно виводити показники на дисплей, хіба водій сам захоче у цьому переконатися.

Якщо на дисплей виведена відстань, яку може пройти автомобіль з наявним запасом палива, то нема потреби демонструвати кількість палива в баку і т. ін.

Комп'ютер за необхідності може перервати нормальний процес виведення інформації та згенерувати на дисплей попередження на кшталт: «палива залишилося тільки на 50 км пробігу» чи «впав тиск у лівій задній шині».

Застосування програм синтезаторів мовлення дозволяє робити такі повідомлення голосом, до того ж водій може встановити бажані параметри голосу: чоловічого чи жіночого, високого чи низького тощо. Щоб привернути увагу водія використовують і простіші звукові сигнали.

5.4 Навігаційні системи автомобіля

Перші навігаційні системи призначались лише для індикації розрахункового часу прибуття у пункт призначення і відстані до нього й використали датчики азимута і швидкості обертання коліс. Пізніше почали використовуватися бази даних із картографічної інформацією, з'явилася можливість визначати поточні координати автомобіля на карті місцевості, відомі кілька методів.

Механічні прототипи навігаційних систем з'явилися у США в 1910 році, коли автомобілі почали випускати у великих кількостях, а дороги ще не були розмічені. Наприклад, у навігаційній системі Chadwick Road Guide металевий диск з отворами обертася одночасно з пройденим шляхом. Отвори відзначали перехрестя на маршруті. До доріжок на диску пружинами притискалися спеціальні молоточки. Влучаючи молоточка в отвір пристрій видавав дзвінок, і спеціальний важілець з кодованим символом вказував водієві, як необхідно діяти. Точність і надійність таких навігаційних систем були низькими, їх перестали використовувати після стандартизації дорожніх знаків в 20-х роках та запровадження розмітки доріг.

У 60-ті роки автомобільні компанії знову почали виявляти інтерес до навігаційним системам. У 1987 році Toyota почала їх встановлювати на серійні моделі як опцію. У 1994 році у США, Європі, Японії вже було продано більше 500000 автомобільних навігаційних систем.

5.2.3 Функції, структура і складові компоненти навігаційної системи

На рисунку 5.14 показана структура навігаційної системи. Система може здійснювати навігаційне обчислення, визначати місце знаходження автомобіля на карті місцевості за конфігурацією пройденого шляху, визначати абсолютні координати за допомогою супутникової системи GPS (глобальна позиціонована система чи GPS — Global Positioning System). За допомогою навігаційного обчислення визначають відносно місце знаходження автомобіля і напрям руху за інформацією, яку отримано з датчиків швидкості обертання коліс і азимута.

Конфігурація ділянки здоланого шляху, яку отримано за допомогою навігаційного обчислення, порівнюється з конфігурацією доріг нанесених на карті. Після визначення шляху, яким рухається автомобіль, система знаходить її поточні координати. Точніше визначення координат автомобіля на карті здійснюється за допомогою GPS за широтою і довготою. Вважається, що задля практичних цілей достатньо знати координати автомобіля з точністю до розміру половини кварталу, тобто ± 100 метрів.

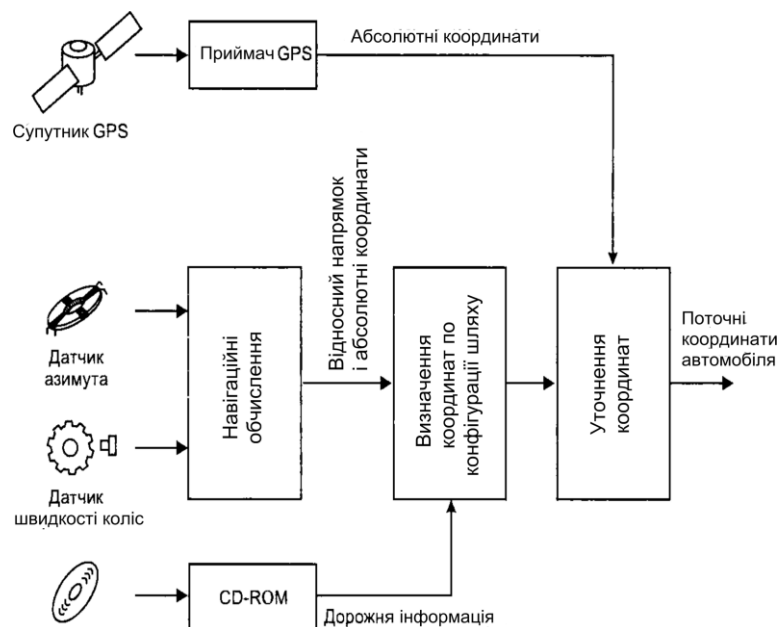
Автомобільна навігаційна система повинен мати у своїй комплектації датчики пройденого шляху й напрями руху. Датчик пройденого шляху — це та чи інша конструкція електронного одометра, до якого інформація надходить з датчиків швидкості обертання коліс ABS. Одометрам притаманний ряд систематичних похибок, які потрібно коригувати. До них належать:

- Різниця у діаметрах нової і зношеної покришки дає похибку у визначенні пройденої дистанції до 3%.
- За рахунок збільшення діаметра покришки через відцентрову силу на кожні 40 км/год швидкості автомобіля похибка у визначенні пройденої дистанції збільшується на 1. ...0,7%.
- Зміна тиску в шинах на 689 кПа (10 psi) збільшує похибку на 0,25... 1,1%.

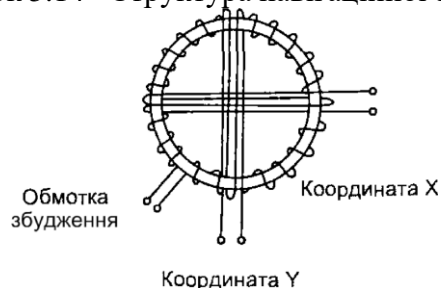
Для визначення напрями руху автомобіля зазвичай використовуються датчик азимута, датчики швидкості обертання коліс, гіроскопи.

5.2.4 Датчик азимута (компас)

Датчик азимута використовує магнітне поле Землі та являє собою кільцевий сердечник з ферромагнетика, на який намотані обмотка збудження та перпендикулярно одна одній дві вихідні обмотки (рисунки 5.15).



Рисунки 5.14 - Структура навігаційної системи



Рисунки 5.15 Датчик азимута

До обмотки збудження підведена синусоїдальна напруга. За відсутності зовнішнього магнітного поля у вихідних обмотках наводиться ЕРС взаємоіндукції, також синусоїдальна, із нульовим середнім значенням. За наявності постійного зовнішнього магнітного поля напруженістю H (магнітне поле Землі) відбувається спотворення синусоїдальної форми магнітного потоку в сердечнику за допомогою накладання постійної складової та напруг вихідних обмоток (рисунок 5.16).

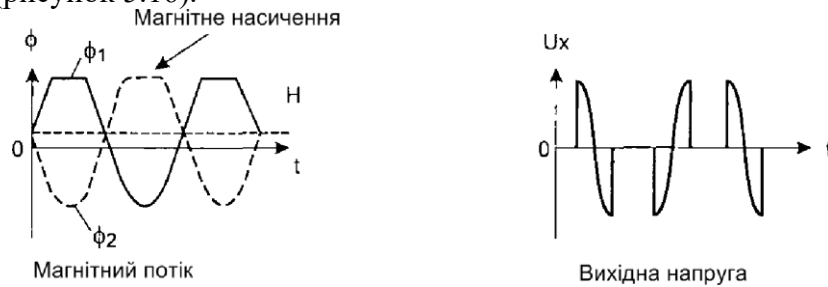


Рисунок 5.16 - Електромагнітні процеси в геомагнітному датчику азимута у присутності зовнішнього магнітного поля H

Якщо зовнішнє магнітне полі спрямоване під кутом θ до обмотки X , то середні значення напруг у вихідних обмотках визначаються так:

$$V_x = k \cdot H \cdot \cos \theta, \quad \theta = \arctg\left(\frac{V_y}{V_x}\right),$$

$$V_y = k \cdot H \cdot \sin \theta,$$

де: k — коефіцієнт пропорційності. Отже тобто напрям руху

автомобіля визначено.

Сучасні датчики азимута випускаються в інтегральному виконанні.

5.2.5 Датчик швидкості обертання коліс

Використовуються датчики швидкості обертання передніх коліс, які застосовуються й для ABS. Кут повороту автомобіля визначається різницею шляхів, що проходили при повороті лівим і правим колесом. Коли автомобіль повертається на кут θ радіан з радіусом повороту R , шляхи, що пройдено лівим і правим колесами, описують дуги із загальним центром (рисунок 5.17).

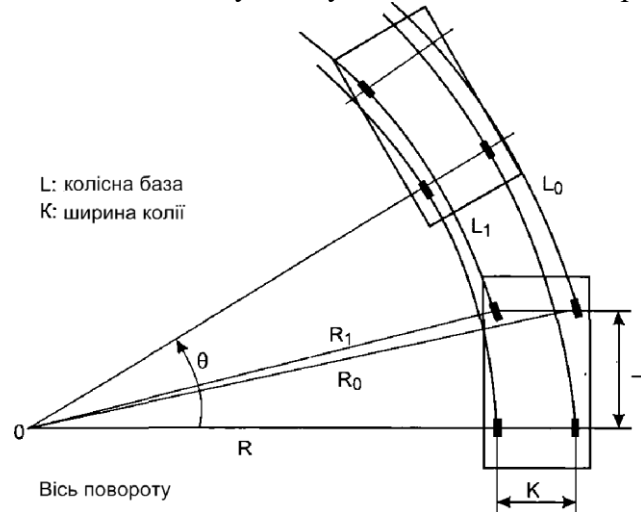


Рисунок 5.17 - Шляхи, що проходить правим і лівим колесом при повороті

Шляхи, пройдені лівим і правим передніми колесами, різняться і становлять: .Радіуси цих дуг мають один цент і визначаються формулою:

$$L_1 = R_1 \theta \quad \text{і} \quad L_0 = R_0 \theta.$$

$$R_1 = \sqrt{(R^2 + L^2)},$$

$$R_0 = \sqrt{(R + K)^2 + L^2},$$

де: L - колісна база,

K - ширина колії.

Введемо P - співвідношення довжин шляхів коліс на повороті:

$$P = \frac{L_0}{L_1} = \frac{\sqrt{(R + K)^2 + L^2}}{\sqrt{R^2 + L^2}}$$

Здійсимо математичне перетворення, і отримаємо:

$$R_0 = \frac{K + \sqrt{K^2 - (P^2 + 1)(P^2 - 1)L^2 - K^2}}{P^2 - 1}.$$

Колісна база L і ширина, колії K відомі для цього автомобіля, шляхи правого і лівого коліс вимірюють за допомогою датчиків швидкості обертання коліс. Тоді кут повороту θ обчислюється за такою формулою

$$\theta = \frac{L_1}{R_1} = \frac{L_1}{\sqrt{R^2 + L^2}}.$$

Якщо додати всі поворотні кути, можна знайти й кут повороту автомобіля для заданого шляху від стартової точки

$$\theta_n = \sum_{i=1}^n \theta_i.$$

5.2.6 Гіроскоп

За допомогою гіроскопа визначається кутова швидкість автомобіля на повороті і інтегрується для обчислення кута повороту. У навігаційних системах використовуються різні типи гіроскопів, тут розглядається застосування газового гіроскопа.

Пристрій працює у такий спосіб. Насос створює струмінь гелію із швидкістю потоку і спрямовує його через сопло на дві нагріті дроти датчика. Кутова швидкість автомобіля визначається за зміною опорів дротів датчика. Коли струмінь гелію виходить із сопла насоса, він поступово розширюється. Розподіл швидкостей у струмені газу за перерізом біля дротів показано на рисунку 5.18.

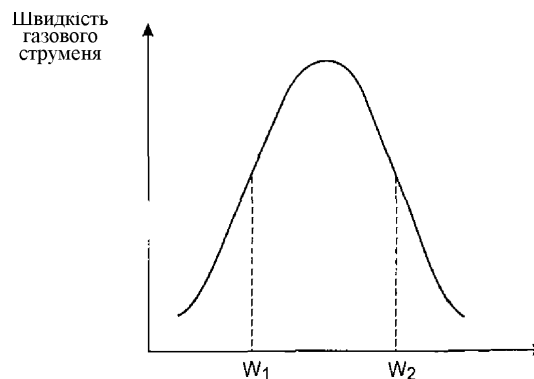


Рисунок 5.18 - Розподіл швидкостей серед газу

Коли автомобіль рухається прямо, розподіл швидкостей симетрично відносно дротів, вони охолоджуються однаково і на виході мостової схеми, складовою якої є дроти, створюється нульова напруга (рисунок 5.19). Під час повороту виникає сила Кориоліса, яка змінює газовий струмінь, дроти охолоджуються нерівномірно, їх опір електричному струмові різний, тому на виході мостової схеми з'являється напруга, яка пропорційна кутовій швидкості автомобіля на повороті.

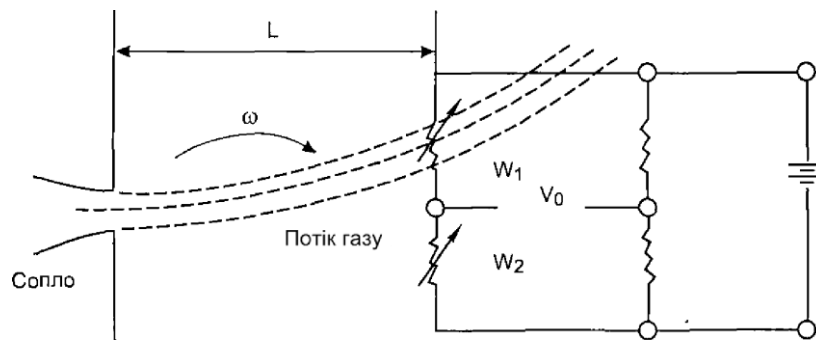


Рисунок 5.19 - Вимірювальна схема

5.5 Навігаційне числення

Навігаційне обчислення — це метод визначення координат рухомого об'єкта (автомобіля, літака, судна тощо) відносно стартовою точці. Використовується сума векторів пройдених відстаней, інформація про напрями надходить із датчика азимута чи датчика швидкості обертання коліс. На рис. 5.20 показано застосування навігаційного обчислення до визначення

координат об'єкта (автомобіля).

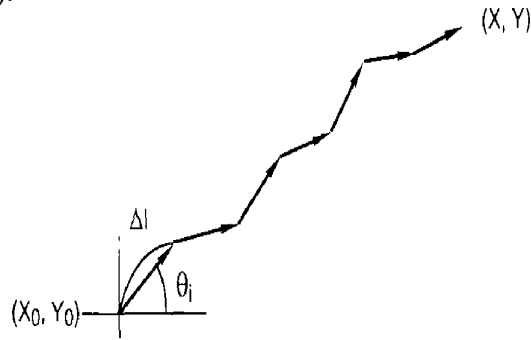


Рисунок 5.20 - Визначення координат автомобіля методом навігаційного числення

Відстань стартової точки (X_0, Y_0) визначається за такою системою рівнянь:

$$X_n = X_0 + \sum_{i=1}^n \Delta l \sin \theta_i, \quad Y_n = Y_0 + \sum_{i=1}^n \Delta l \cos \theta_i,$$

Отже, поточні координати автомобіля можна визначити, якщо відомо розташування стартової точки над картою. Напрямок руху автомобіля зазвичай визначається по феромагнітному датчику азимута (компасу). Корпус автомобіля виконано із металу та інших магнітних матеріалів і може намагнітяться зовнішніми полями (наприклад, у магнітному полі, яке утворює електродвигун електровоза на залізничному переїзді тощо). У таких обставинах виникає систематична похибка під час визначення напрямку руху автомобіля. Паразитне магнітне поле компенсують додаткові магніти, що розташовані поблизу компаса.

Для автомобіля доводиться коригувати координати, певні методом навігаційного числення кожні 10...15 км. На щастя, автомобілі зазвичай пересуваються дорогами, які зазначені на карті.

5.6 Електронні карти

У деяких навігаційних системах картографічна інформація зберігається централізовано і передається на автомобіль радіоканалом, але переважно навігаційна система передбачає наявність необхідної бази даних на борту автомобіля.

CD-ROM використовується для зберігання картографічної та дорожньої інформації з метою порівняння конфігурацій доріг та пройденого шляху, пошуку оптимального маршруту, виведення карти місцевості на дисплей. Значна ємність CD (до 600 МБ) дозволяє це робити. Картографічна інформація чи електронні карти перебувають у двох основних форматах: матричному і векторному. У матричному форматі кожному елементу карти (пикселю) відповідають свої значення декартових координат $X - Y$. Матричні карти вимагають великих об'ємів пам'яті комп'ютера чи носія інформації та незручні для математичних операцій під час прокладання і дотримання цього маршруту.

У векторному форматі дороги, вулиці представлені послідовностями відрізків прямих, описаних аналітично, перетини — вузлами (рис. 5.21). Вузли ідентифікуються координатами — довготою і широтою. Якщо дорога (вулиця) не пряма, то у точці зламу також позначається вузол. Отже, дороги (вулиці) будь-якої конфігурації апроксимуються набором векторів та вузлів.

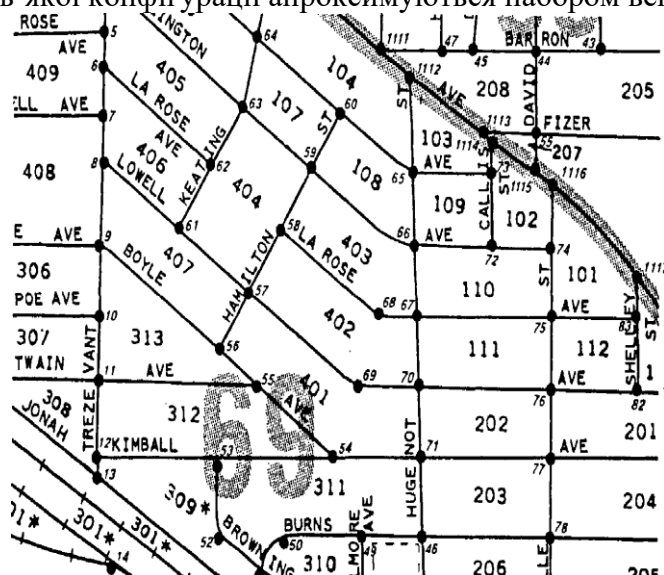


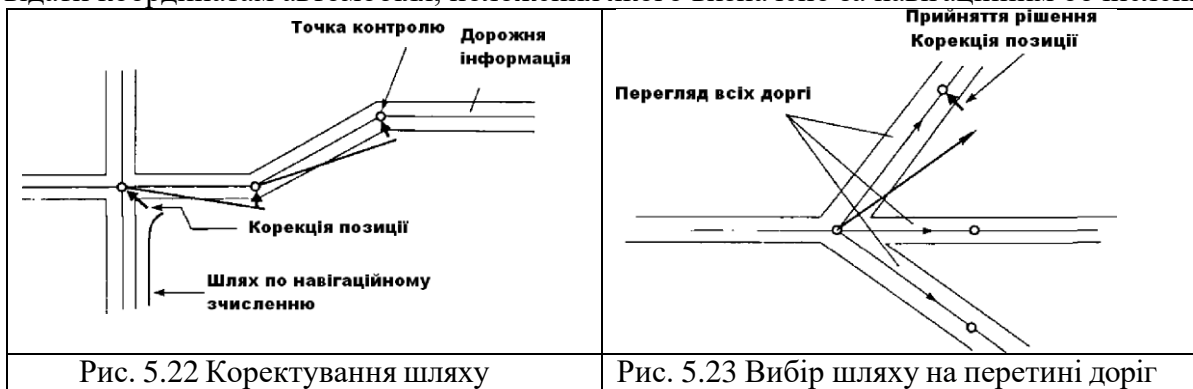
Рисунок 5.21 - Вулиці і вузли на векторній карті

Найвні карти чи зображення місцевості, отримані з літаків і супутників, скануються. Потім спеціальне програмне забезпечення трансформує зображення спочатку у матричний, потім у векторний формат. Електронна карта несе таку інформацію, як номери доріг, назви вулиць, номери будинків між перехрестями, односторонній чи двосторонній рух на вулиці, назви готелів, ресторанів тощо.

5.6.1 Орієнтування на карті місцевості за конфігурацією пройденого шляху

Цей метод дозволяє визначити чи уточнити поточні координати автомобіля порівнянням конфігурацію пройденого шляху (його ділянки), отриманого навігаційним обчисленням з конфігурацією дороги, якою рухається автомобіль. На рис. 5.22 показано, як порівнюються і коригуються шляхи, отримані навігаційним обчисленням з картою.

Спочатку навігаційна система визначає, координати яких найближчих доріг можуть відповідати координатам автомобіля, положення якого визначено за навігаційним обчисленням.



5.6.2 Вибір оптимального маршруту

Крім визначення поточних координат автомобіля, навігаційна система також може видавати інформацію, яка полегшує вибір оптимального шляху до місця призначення. Для цього навігаційний комп'ютер аналізує мережу шляхів між вихідним пунктом і пунктом призначення та обирає найкоротший маршрут. Прикладом методу визначення найкоротшого шляху за картою є алгоритм Дейкстра (Dijkstra algorithm).

У алгоритмі Дейкстра здійснюється визначення всіх перетинів шляхів від стартовою точки і обчислюється найкоротший шлях до кожної точки перетину. Наприклад, якщо є дорожня мережа, як у рис. 5.24, а, пошук перехресть розпочнеться від початкової точки А, як показано на рис. 5.24, б. Спочатку розглядатимуться перехрестя В і С. Відстані від точки А кожного з перехресть вказані всередині кружечків. Потім розглядаються перехрестя Е і F, з'єднані з точкою С, для цих перехресть зазначено відстань до стартової точки А (рис. 5.24, б (2)). По-третє, розглядаються перехрестя D та E, які з'єднані з точкою В, на рис. 5.24, б (3) вказані відстані від стартової точки А до D та E. У цьому випадку відстань до точки E зазначено через точку С, тому що воно менше, ніж через D (було б 8).

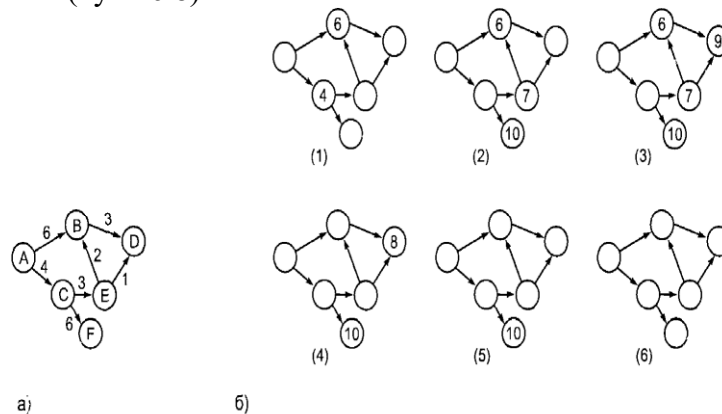


Рисунок 5.24 - Алгоритм Дейкстра

Точка D пов'язана з точкою E, і маршрут через E виявляється коротшим, це відображено на рис. 5.24, б (4). Найкоротшим шляхом до D виявляється маршрут A-C-E-D. Отже для дорожньої мережі можна визначити найкоротший маршрут до кожного з перехресть (жирні лінії на рис. 5.24, б (6)).

Використання цього алгоритму дозволяє визначити найкоротший маршрут до місця призначення. Маючи сучасної навігаційної системою, водій може не побоюватися збитися зі шляху.

Навігаційна інформація повідомляється водієві у різні способи: від вказівки символом положення на карті місцевості до команд голосом через синтезатор мовлення про необхідність повернути наліво чи направо.

- Супутниковий позиціонування система GPS

Система GPS (рис. 5.25) може бути використана у визначенні абсолютних координат автомобіля. Воно складається з 18 основних та 3 додаткових супутників на навколосемних орбітах (радіус 20183 км, період обертання 12 годин), запущених міністерством оборони США період із 1980 по 1992 рік (програма NA-VSTAR), і покликана надавати інформацію про абсолютні координати різноманітним об'єктам: морським суднам, літакам, ракетам, військовим підрозділам, автомобілям й т. ін. На супутниках встановлено атомні годинники, які періодично на Землю посилають сигнали з інформацією про системний час та параметри орбіти з частотою 1,57542 ГГц.

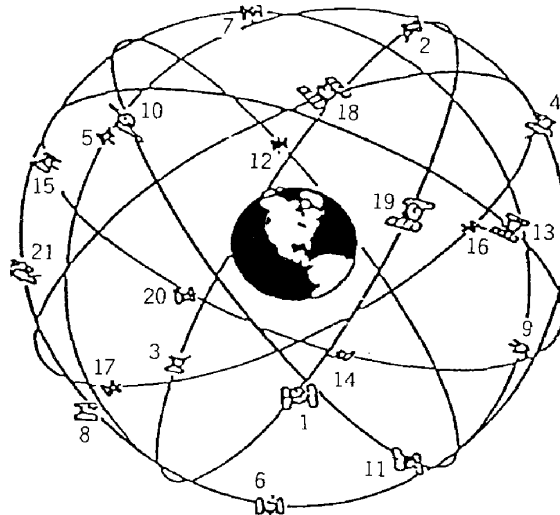


Рисунок 5.25 - Супутниковий система NAVSTAR

Користувачі обслуговуються системою GPS за двома категоріями: точне визначення координат (Precise Position Service — PPS) — для військових та стандартна точність визначення координат (Standard Position Service — SPS) — для інших категорій користувачів, зокрема й у автомобільній навігації. Теоретично досяжна точність визначення координат з помилкою до 100 м, на практиці координати визначаються з більшою точністю — до 30 метрів. Координати приймача (X, Y, Z) і супутника (U_i, V_i, W_i) пов'язані співвідношенням:

$$P_i = \sqrt{(X - U_i)^2 + (Y - V_i)^2 + (Z - W_i)^2} + R.$$

Де P_i — відстань між супутником і приймачем, R — тимчасова помилка, що виникає через неможливість точно синхронізувати атомні годинники супутника і кварцовий генератор приймача.

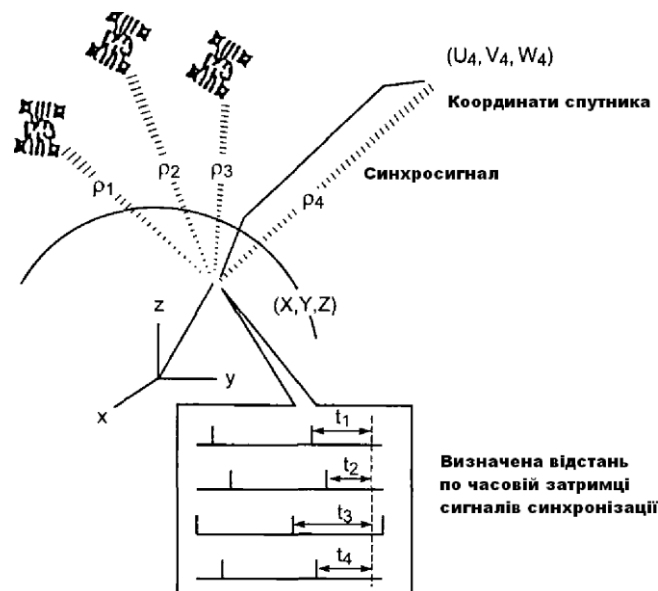


Рисунок 5.26 - Визначення координат з допомогою GPS

Отже, якщо відомі координати (U_i, V_i, W_i) чотирьох супутників (рис. 5.26) і відстані від супутників приймача P_i , то розв'язок чотиримірною нелінійного рівняння визначає координати приймача (X, Y, Z) .

Вважають, що навігація з допомогою GPS є найперспективнішою, але є й недоліки:

- Під час першого звернення початкові координати визначаються відносно довго — 2...3 хвилини. У подальшому інформація оновлюється набагато швидше, протягом кількох секунд.
- Система працює в умовах прямої видимості із чотирьох супутників. Гори й високі будинки можуть становити перешкоду.

5.7 Приклади автомобільних навігаційних систем

У середині 1980-х років було випущена перша автомобільна навігаційна система Etak Navigator, яку виробляли серійно. У ній були використані електронні векторні карти доріг на дисках ємністю 3,5 МБ, навігаційне обчислення, алгоритм орієнтування на карті за конфігурацією пройденого шляху, дисплей. Як датчики були використані диференціальний одометр і компас.

Traveler було виконано на процесорі V50, мав 0,5 МБ DRAM, 64 Кб EPROM, 8 Кб пам'яті, що не відключається, для зберігання інформації про поточне положення автомобіля, порт RS-232 і вільні слоти для підключення решти пристроїв, наприклад рації. Диспетчери Лос-Анджелеса за допомогою системи Traveler по рації вводили екіпажам 400-ам пожежним автомобілям і швидким допомогам координати пунктів призначення. Прототипи навігаційної системи Zexel NavMate випробовувалися ще 1990 року. Орієнтування здійснювалось за пройденим шляхом, за навігаційним обчисленням і електронними картами. У 1994 року у NavMate вмонтували приймач GPS. Комбіноване використання навігаційного обчислення, електронної карти, орієнтування за конфігурацією пройденого шляху забезпечують точність визначення позиції автомобіля ± 30 м (лише GPS дає точність ± 10 м).

Система NavMate під іншими назвами (TetraStar, NeverLost, GuideStar) випускалася різними виробниками (GM, Ford, Siemens Automotive) й встановлювалася у якості опції як на автомобілі від виробника, так і у автопарках фірм, які надають автомобілі в аренду (Avis Rent A Car, Hertz). Картографічна інформація (по США) для NavMate зберігається на дев'яти PC-картах і включає інформацію про дороги, вулиці, номери будинків, цікаві місця, магазини, лікарні тощо.

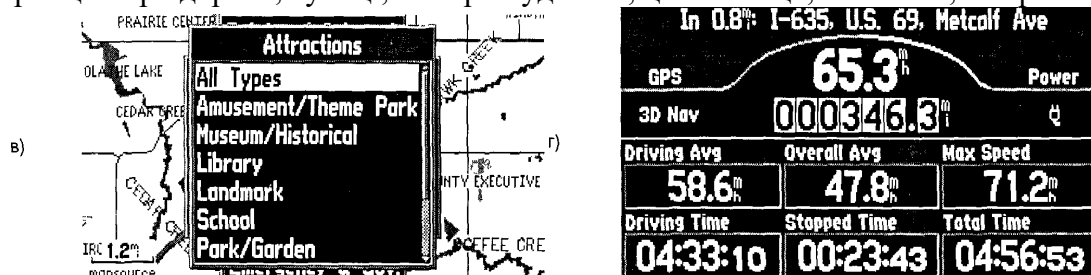


Рисунок 5.27 - Автомобільна навігаційна система Garmin StreetPilot III:

а — загальний вигляд системи Garmin StreetPilot III; б — дисплей в навігаційному режимі; в — режим вибору пункту призначення; г — дисплей як маршрутного комп'ютера 114

Мета поїздки задається як адреса: за вулицею, перехрестям, об'єктом інтересу.

Можна вводити умови, за якими потрібно прокласти маршрут, наприклад, уникнення швидкісних трас. Інформація водієві подається на 4-дюймовий кольоровий рідкокристалічний дисплей у вигляді карти зі стрілкою, яка показує місце знаходження. Є підказка голосом про наближення до повороту. У 1998 року Zexel випустив модернізований варіант NavMate. Картографічна інформація зберігається на трьох CD-ROM, користувач може вносити потрібні об'єкти у персональну адресну книгу.

Система Garmin StreetPilot III (рис. 5.27) має кольоровий дисплей розміром 8,6x4,5 см роздільною здатністю 305 x 160 пікселів, підказки водію здійснюються голосом, картографічна інформація зберігається на CD-ROM, похибка визначення координат менше 15 м. Пристрій під'єднується до автомобільної бортової мережі живлення 12 В або живиться автономно від батарейок. Природно, що приймач системи ефективно працює лише за умов прямої видимості достатньої кількості супутників.

Garmin StreetPilot III може працювати і як маршрутний комп'ютер.

5.8 Системи охоронної сигналізації і протиугінні устрою

Автомобілі раз у раз женуть, причому третина їх зазвичай так ніколи й не знаходять. Приблизно 25% від загальної кількості злочинів однак пов'язані з автомобілями. Більша частина випадків становлять крадіжки автомагнітол і залишених в салоні речей, викрадення автомобілів підлітками. У таких випадках через недосвідченість водіїв нерідко виникають дорожньо-транспортні пригоди. Отже, системи охоронної сигналізації і протиугінні пристрої, які запобігають не санкціонованому доступу до салону автомобіля, потрібні не лише для боротьби з злочинством, але й для забезпечення дорожньої безпеки.

Більшість викрадачів автомобілів, підлітки - некваліфіковані водії, тому навіть найпростіші кошти сигналізації, як свідчить статистика, значно зменшують ризик викрадення.

З іншого боку, ніякі засоби захисту не зупинять кваліфікованих спеціалістів-викрадачів, якщо вони чомусь вирішили викрасти саме такий автомобіль. Ефективним виявляється застосування прихованих радіомаяків, за якими поліція виявляє викрадений автомобіль приблизно у 93% випадках.

5.8.1 Електронні протиугінні системи

Електронні протиугінні системи є стандартним устаткуванням більшості нових автомобілів і їх можна встановлювати на автомобілі випущені раніше. Промисловість випускає багато різних протиугінних систем, зазвичай, ціна корелюється відповідно до запропонованого рівня захисту. Протиугінні системи мали бути ефективними, надійними, мати тривалий термін служби, стійкими до зовнішніх впливів, наприклад, до радіоперешкоди. Установка протиугінної системи не повинна погіршувати безпеку автомобіля. Протиугінні системи реалізують захист автомобіля умовно за трьома рівнями:

1. Захист по периметру. Система периметричного захисту використовує вимикачі контролю за які відкриваються панелями автомобіля (двері, капот, багажник). При спробі несанкціонованого відкриття панелі включаються звуковий та світловий сигнали. Іноді система доповнюється датчиками, здатними виявляти рух тіла.

2. Захист за об'ємом. Система з допомогою інфрачервоних, ультразвукових чи мікрохвильових датчиків виявляє несанкціоноване рух в салоні автомобіля.

Ультразвукові датчики використовують ефект Доплера, коли будь-який рух в салоні змінює частоту сигналу ультразвукового випромінювача (40 кГц), який приймається відповідним приймачем. Мікрохвильова радіосистема працює на тому самому принципі, але радіосигнал випромінюється на частоті 10 ГГц. Мікрохвильові датчики рідше помилково реагують на рух повітря, тому частіше встановлюються в кабіюлетах. Інфрачервоні датчики влаштовані як комплект «приймач — випромінювач» і монтуються до стелі салону. Вони утворюють невидиму

інфрачервону завісу до підлоги салону. Приймач постійно контролює відбитий сигнал і його зміни (хтось з'явився у салоні) включається сигнал тривоги.

3. Імобілізація двигуна. Імобілізація двигуна здійснюється спеціальним **ЕБУ**, який забороняє запуск двигуна, якщо отримано сигнал тривоги. Це може бути здійснене двома шляхами:

а) апаратною імобілізацією, коли деякі електричні ланцюга системи пуску двигуна розриваються спеціальними реле чи напівпровідниковими перемикачами. Ефективність апаратних систем імобілізації залежить від прихованості реле, що розривають і відсутність маркувань на дротах у джгутах. Прихованість потрібна для того, щоб не можна було шпунтувати розриви у ланцюзі, які створюють ці пристрої;

б) програмною імобілізацією, коли за командою протиугінної системи **ЗБУ** двигуна забороняє його запуск, наприклад, робить недоступними калібровані діаграми подачі палива й запалювання. Після цього двигун хоч і буде провертатися стартером, але не запуститься. Такі системи дуже ефективні, потрібно лише не допустити можливість запуску шляхом заміни **ЗБУ** двигуна в інший працездатний блок.

Склад протиугінних пристроїв, які входять до стандартної комплектації, залежить від моделі автомобіля. В усіх випадках автомобіль комплектується засобами периметричного захисту, багато протиугінних систем містять імобілізатор та захист по об'єму. Зазвичай протиугінна система включається і вимикається ключем замку двері чи з дистанційного пульта, які управляються ще й центральним замком. Після паркування автомобіля, водій замикає дверцята і включає протиугінний пристрій натисканням кнопки на дистанційному пульті управління (брелок). Світлодіодний індикатор включення протиугінної системи починає спалахувати: спочатку часто, інформуючи водія про включення системи, потім рідко, для відлякування потенційних викрадачів.

При спробі несанкціонованого проникнення в автомобіль протиугінна система включає звуковий сигнал, періодично запалює і гасить фари, імобілізатор блокує роботу двигуна. Приблизно через 30 секунд звукові і світлові сигнали припиняються, щоб надмірно не розрядити акумулятор, імобілізатор залишається ввімкненим до того часу, поки власник автомобіля не вимкне його дверним ключем або з дистанційного пульта управління.

5.8.2 Дистанційне керування протиугінними пристроями

Система дистанційного управління дозволяє управляти протиугінним пристроєм і центральним замком з деякої відстані. Вона складається з портативного передавача, який носить водій, і приймача, підключеного до **ЗБУ** протиугінного пристрою і центрального замка. Передавач розміщується в брелку чи самому ключі. Для мініатюризації застосовуються багатошарові друковані плати та без корпусні мікросхеми. Живлення здійснюється від мініатюрних батарейок, як наручного годинника.

Передавачі створюють з урахуванням спеціалізованих мікросхем, наприклад HCS200, HCS201 (Microchip), чи недорогих 8-разрядних мікроконтролерів, наприклад MC68HC05K3 (Motorola). Другий варіант дорожче, але є можливість застосовувати таке саме устаткування в передавачах з різними функціональними можливостями для різних систем дистанційного управління, які відрізняються криптографічними алгоритмами, інтерфейсом і т. ін.

Передавач посилає відповідний цифровий код, який вмикає або вимикає протиугінну систему. Код передається послідовно, використовується інфрачервоне випромінювання чи радіосигнал в УКВ - діапазоні. Системи з інфрачервоним випромінювання мають малий радіус дії, вимагають точного наведення променя передавача, але не створюють електромагнітних перешкод. УКВ-системи мають більший радіус дії, але сигнал може перехопити і декодувати викрадач за допомогою відповідної електронною апаратурою. УКВ-випромінювачі можуть бути джерелами електромагнітних перешкод, тому їх параметри регламентуються відповідними законодавствами. У багатьох країнах Європи передавачі автомобільних протиугінних систем працюють на частоті 433,9 МГц, у Франції - 224 МГц, в Австрія і Італії - 315 МГц, Великобританії - 418 МГц.

Передача сигналів кодової інформації в автомобільних протиугінних системах здійснюється зазвичай в одному напрямі з міркувань здешевлення устаткування. Брелоки і електромеханічні

ключі не містять приймачів, хоча двохнаправлені сигнали значно ускладнили б зламування протиугінних систем.

Задля підвищення таємності ліній зв'язку багато протиугінних систем містять набір кодів, тобто при кожному натисканні кнопки передавача посилається свій код з набору. Програмне забезпечення приймача синхронізує його з передавачем, тобто приймач очікує зміну коду. Зазвичай здійснюється циклічний перебір кодів з заданого набору (наприклад, з 25 різних кодів). Якщо приймач і передавач вийшли з синхронізації (наприклад, водій випадково натиснув кнопку передавача далеко від автомобіля), дистанційне управління працювати не буде, але система автоматично синхронізується, якщо відкривати двері ключем.

5.8.3 Характеристики протиугінних систем з дистанційним управлінням

1. *Електроживлення.* Передавач живиться від малогабаритної літієвої батарейки (наприклад, CR2032 ємністю 210 мА-час). Елемент повинен працювати без заміни щонайменше 5 років за середнього числа передач на добу 50 і температурі 25 °С. Це забезпечує зручність експлуатації та збереження ущільнювачів в брелоку. Електронна схема брелока незадіяна більш 99% часу. Велике значення має струм споживання у режимі очікування, який не повинен перевищувати 100 нА. В активному режимі після натискання кнопки контролер споживає 2...3 мА без включення передавача і 10...12 мА, коли працює передавач. Приймач отримує енергію з бортової електромережі автомобіля або з автономного джерела. У режимі очікування струм живлення менш 1 мА.

2. *Швидкодія.* Час від натискання кнопки на брелоку до розпізнавання коду в приймачі близько 300 мс, з урахуванням виконання команди - 1 с.

3. *Розміри і вартість.* Передавач може бути малогабаритним, щоб міститися у корпусі брелока чи звичайного механічного ключа. Люди іноді гублять ключі і брелоки, зокрема і від протиугінних систем. Заміна втраченого брелока не має коштувати дорого.

5.8.4 Робота протиугінної системи з дистанційним управлінням

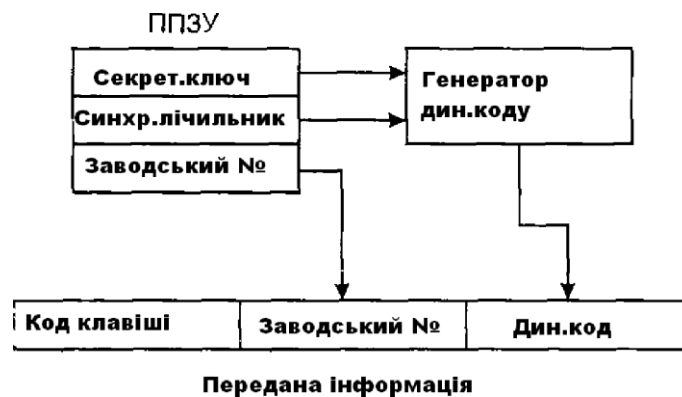


Рисунок - 5.28 Алгоритм роботи передавача

На рис. 5.28 і 5.29 схематично зображені алгоритми роботи передавача і приймача. Під час натискання кнопки брелока (передавач) його мікросхема з режиму очікування переходить у робочий режим. Запускається 16-розрядний синхронізуючий лічильник. Генератор динамічного коду виробляє за певним алгоритмом динамічний код (28—32 біт) у функції від значення секретного ключа (статичний код) та стану лічильника, що синхронізує. Динамічний код, заводський номер брелока і код натиснутої клавіші утворюють слово, яке управляє, має довжину у 60—70 біт і, яке передається приймачу радіоканалом чи іншим способом. Якщо брелок зареєстровано у даному приймачі, тобто його ідентифікаційний номер, секретний код, стан синхронізованого лічильника перебувають у ППЗУ приймача, прийнята інформація ідентифікується за двозначним номером брелока і обробляється. Запускається синхронізуючий лічильник приймача і виробляється динамічний код в генераторі приймача. Якщо динамічні коди приймача і передатчика збігаються, виконується передана команда.



Рисунок 5.29 - Алгоритм роботи передавача

Заводський номер передавача і секретний ключ — статичні коди. Генератор динамічного коду, що тактується від 16-разрядного синхронізованого лічильника, виробляє 65535 різних значень коду, які змінюються у кожній посліці, повторюваних циклічно. Якщо користуватися брелоком по 50 раз на день, повторення коду настане через 1310 діб.

Системи дистанційного управління на основі динамічного коду є криптографічними. Захист автомобіля від зламування залежить від кодовою довжини секретного ключа, тобто від кількості його можливих варіантів. Для автомобільних додатків вважається задовільним, якщо час T_s зламування системи методом сканування (перебору можливих комбінацій) перевищує 32 доби. У такому разі

$$T_s = \frac{1}{D} C(T_t + T_d),$$

де D - число зареєстрованих брелоків,

C - число значень секретного ключа,

T_t - час активації системи,

T_d - час, на який відключається система, якщо отримує неправильний динамічний код і розпізнає спробу зламування.

5.8.5 Види зламувань і захист від них

Можливі варіанти зламувань системи дистанційного управління:

1. Відтворення раніше записаного коду.
2. Відтворення раніше записаного коду з допомогою сканерів чи грабберів.
3. Криптоаналіз.
4. Зламування під час обслуговування.

Ранні системи дистанційного управління передавали фіксований код чи змінюваний код з невеликого фіксованого набору. Викрадач з портативним комп'ютером і прийомо- передавачем (граббер) записував сигнал з брелока автовласника, потім відтворював його у потрібний момент, і саме так відключав сигналізації. Під час скануванні передавач викрадача періодично посилає кодові комбінації з невеличкого набору, поки не співпадуть з кодами протиугінної системи. Застосування динамічного коду, тобто збільшення кількості можливих кодових комбінацій в посліці зробить використання сканування неможливим. Однак з'явилися інтелектуальні граббери, які зламують протиугінні системи, в основі яких динамічний код і одностороння передача інформації, і працюють за таким принципом. Перша послілка з брелока записується граббером з одночасної генерацією перешкоди, котра блокує приймач. Не отримавши підтвердження включення протиугінної системи, власник вдруге натискає кнопку брелока. Граббер записує другу послілку, блокує її прийом приймачем, потім посилає першу послілку. Протиугінна система включається. У потрібний час викрадач її відключить другою послілкою, яку записав граббер. Можливим методом боротьби з таким алгоритмом роботи граббера є використання двонаправленої передачі у системі дистанційного управління. Але ця боротьба нескінченна.

У середовищі сучасних системах проти викрадання часто застосовують спеціалізовані мікросхеми фірми Microchip, реалізують алгоритм генерації псевдовипадкові послідовності (динамічного коду) Keeloq із довжиною ключа 64 біта. Є оцінки середнього часу для апаратного

зламування грубою силою (перебором комбінацій) залежно від витрат на обладнання для зламування та довжини ключа (табл. 5.1).

Для зламування протиугінної системи треба мати спеціалізоване обладнання, або суперЕОМ типу Стау, позаяк операційні системи звичайних комп'ютерів непридатні до обробки довгих кодових слів. Криптоаналіз обійдеться невиправдано дорого.

У автосервісі викрадачі можуть спробувати зареєструвати свій брелок в приймальнику автомобіля. Далі можна записати з допомогою грабебра команду ресинхронізації з зареєстрованого брелока, щоб відтворити її пізніше під час викрадення.

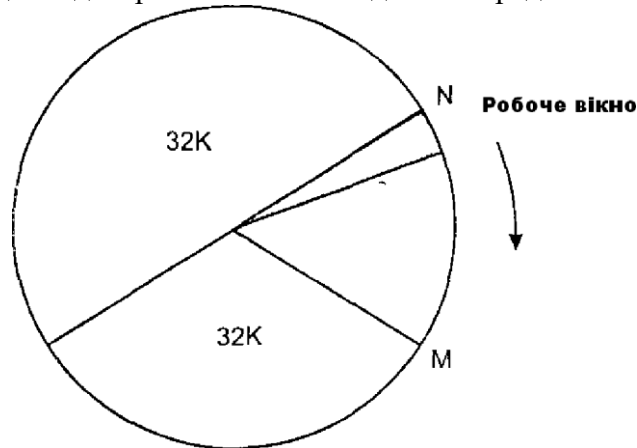


Рисунок 5.30 - Алгоритм синхронізації

Отже, програмне забезпечення приймача має інформувати власника про під'єднання додаткового передавача. Для нормальної роботи системи дистанційного управління вміст 16-разрядних синхронізуючих лічильників приймача і передавача мають співпадати і інкрементуватися з кожним натисканням кнопки брелока. Насправді можливі випадкові натискання кнопок брелока (дитина пограв), які ведуть до розсинхронізації, що має коригуватися.

Рисунок 5.30 пояснює алгоритм синхронізації в системах проти викрадення. Код в синхронізуючому лічильнику циклічно змінюється з кожним натисканням кнопки брелока, пробігаючи послідовно значення $0, 1, \dots, N, N+1, \dots, 2^{16} - 1, 1, \dots$. Припустимо, що поточний стан лічильника приймача N . Приймач сприйме як дозволені динамічні коди, що відповідні стану синхронізованого лічильника від N до $(N + A)$, де A - ширина робочого вікна, зазвичай $A = 16$. У межах робочого вікна ресинхронізація здійснюється однієї послілкою непомітно для власника. $32K$ станів лічильника до N є забороненими, $32K$ станів лічильника після N є дозволеними. Робоче вікно і обидві зони циклічно переміщуються під час інкрементації лічильника.

Після запису подвійної посилки для ресинхронізації викрадач змушений $32K$ раз натиснути кнопку брелока, щоб посланий з грабера код виявився знову у дозволеній зоні. Позаяк приймач запам'ятовує кілька останніх спроб ресинхронізації (зазвичай 4), він не дозволяє повторно використовувати записані кодові комбінації. Більшість систем проти викрадення підтримують режим Valet, коли система відключається під час обслуговування автомобіля і немає необхідності передавати брелоки стороннім особам.

5.8.6 Шифратори і дешифратори динамічного коду Keeloq

Ці мікросхеми фірми Microchip вмонтовано у більшість сучасних автомобільних систем проти викрадення. Код Keeloq є двійковою псевдовипадковою послідовністю з періодом $(2^{64} - 1)$ біт. Для ідентифікації передавача використовують блоки довжиною 32 біта. Унікальний для кожного передавача 64-битовий ключ - це початкове положення регістру, що зміщує в генераторі псевдовипадкових послідовностей.

Хоча у криптографії вважають, що безпека алгоритму повинна базуватися на довжині ключа, а не на таємності алгоритму, ніхто не поспішає публікувати свої алгоритми. Так чинить і Microchip, але можна зробити деякі логічні припущення.

Послідовності зсувних регістрів, й генерують псевдовипадковий сигнал, давно використовують у криптографії, у дослідженнях динаміки систем автоматички. Їх математична теорія добре розроблена, вона легко реалізується, й застосовувалася в криптографії ще до появи електроніки.

На рис. 5.31 показано блок-схема генератора псевдовипадкової послідовності. Якщо не цікавитися математичною стороною питання, це є регістр, що зміщується, зі зворотними зв'язками.

Шифри на основі М-послідовностей в чистому вигляді відносно легко розкриваються, отже є алгоритми, які дозволяють визначати структуру генератора за зафіксованим вихідним сигналом.

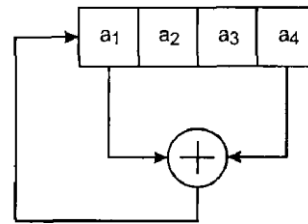


Рисунок 5.31- Блок-схема генератора Рисунок 5.32- Послідовності

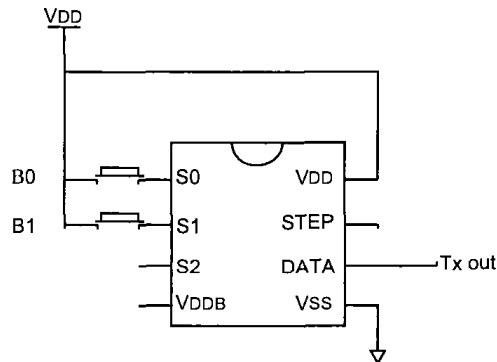
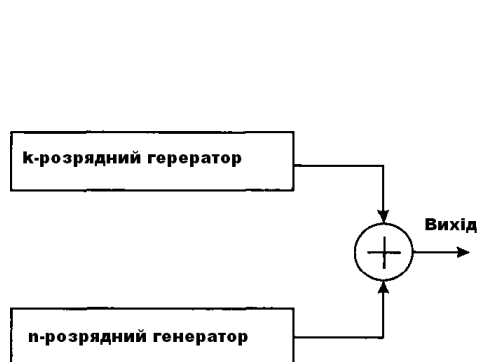


Рисунок 5.33 - Генератор Геффа Рисунок 5.34 - Шифратор

Для подолання цього недоліку генератори потоку ключів ускладнюють.

Наприклад, на рис. 5.33 показаний один з таких варіантів - генератор Геффа. Обидва генератора тактуються одночасно, їх вихідні сигнали подаються на схему, що виключає АБО. Результуючий сигнал — М-послідовність з періодом $(2^{n-k} - 1)$. Простором ключів буде множина $(n + k)$ розрядних початкових станів регістрів.

У алгоритмі Keeloq передаються не 64-розрядні слова стану регістру, а 32-розрядні блоки, цілісна вихідна послідовність завдовжки більше $2n$ біт тут недоступна.

Шифратори HCS200, HCS201 і дешифратори HCS515 Microchip є типовими спеціалізованими мікросхемами у системах дистанційного управління, зокрема у автомобільних системах проти викрадення.

Шифратори (наприклад, HCS201) дуже компактні (рис. 5.34), і щоб виготовити на їх базі брелоки потрібні мікросхема передавача і мінімум зовнішніх компонентів.

В процесі натискання будь-якої з кнопок передається динамічний код і статус натиснутої кнопки, приймач виконує команду відповідну цій кнопці. За умови одночасного натискання всіх кнопок передається замість динамічного коду 32-розрядне слово (seed) для генерації в приймачі секретного ключа. Це один з варіантів реалізації процедури реєстрації брелока в приймачі.

- Перед використанням в шифратор з допомогою програміста заноситься ініціалізуючу інформацію. Для захисту від зламування цю інформацію, можна зчитати з ППЗУ тільки після записи. Потім вона недоступна для читання. Записуються: 28- чи 32-розрядний номер брелока для його ідентифікації у системі;

- 64-розрядний секретний ключ - початковий стан генератора псевдовипадкової послідовності. Ключ може бути сформований самим виробником системи проти викрадення. Можливе використання алгоритму генерації ключів, запропонований фірмою Microchip, у цьому випадку здійснюється стандартна процедура реєстрації брелоків в приймачі. Вхідною інформацією для алгоритму стає номер брелока і 64- бітовий секретний код, який виробник вміщує до приймача. В іншому випадку - це номер брелока і 32-бітислово з ППЗУ брелока (seed);

- 12 розрядне дискримінаційне слово. Довільний статичний код, рекомендовано до використання молодші розряди номеру брелока;

- 32-розрядне секретне слово (seed), яке передається у одному з режимів реєстрації, для генерації в приймачі секретного ключа.

На рис. 5.28 схематично показано слово, передане брелоком приймачу. Тут динамічний код — це зашифрований шифром Keeloq 32-разрядний блок, до складу якого: статус клавіші - 4 біта, дискримінаційне слово - 12 біт, стан синхронізуючого лічильника - 16 біт. У ППЗУ приймача зберігаються дискримінаційне слово, секретний ключ і реальний стан синхронізуючого лічильника. За умови збігу дискримінаційних слів приймача і передавача роблять висновок про спроможність дешифрування і команда виконується.

Розбіжність значень свідчить про розсинхронізацію, тобто для шифрування і дешифрування використовувалися не синхронні послідовності з простору ключів. Приймач починає процедуру ресинхронізації, тобто починає інкрементувати синхронізуючий лічильник і дешифрувати повідомлення з допомогою відповідних станів синхронізуючого лічильника і секретного ключу послідовностей, поки дискримінаційне слово не дешифрується правильно. Далі реалізується алгоритм синхронізації (рис. 5.30).

5.8.7 Імобілізатор з транспонтером

Протиугінні системи постійно вдосконалюються, одним з варіантів є електронний імобілізатор з мікротранспонтером в ключі запалювання. Замок запалювання спрацьовує, якщо код, отриманий спеціальним приймачем від транспондера, збігається з заданим. Транспондер споживає електромагнітну енергію, випромінену приймачем на частоті 60...150 кГц, і вимагає додатково джерела живлення.

На рис. 5.35 схематично зображена система проти викрадення, випущена фірмою Philips і, яку встановлюють на автомобілях багатьох моделей, включаючи BMW, GM і Volkswagen. Транспондер складається зі складної мікросхеми, що зветься програмованим ідентифікатором (Programmable Identification Tag - PIT), яка підключена до джерела живлення. Джерело живлення в свою чергу складається з приймаючої котушки і конденсатора. Коли ключ запалювання опиняється на відстані приблизно 5 см від замку, виникає електромагнітний зв'язок між котушкою транспондера і приймачем. Утвореної енергії вистачає для роботи мікросхеми PIT, яка передає кодове слово на приймач, модулюючи струм, що проходить через котушку на ключі. Якщо код, отриманий транспондера, відповідає коду, що зберігається у пам'яті приймача, ЗБУ двигуна отримує дозвіл виконати запуск двигуна. Після успішного запуску двигуна приймач надсилає у транспондер нову кодову комбінацію, саме вона використовується в процесі наступного запуску двигуна. Отже досягається високий рівень захищеності від викрадення.

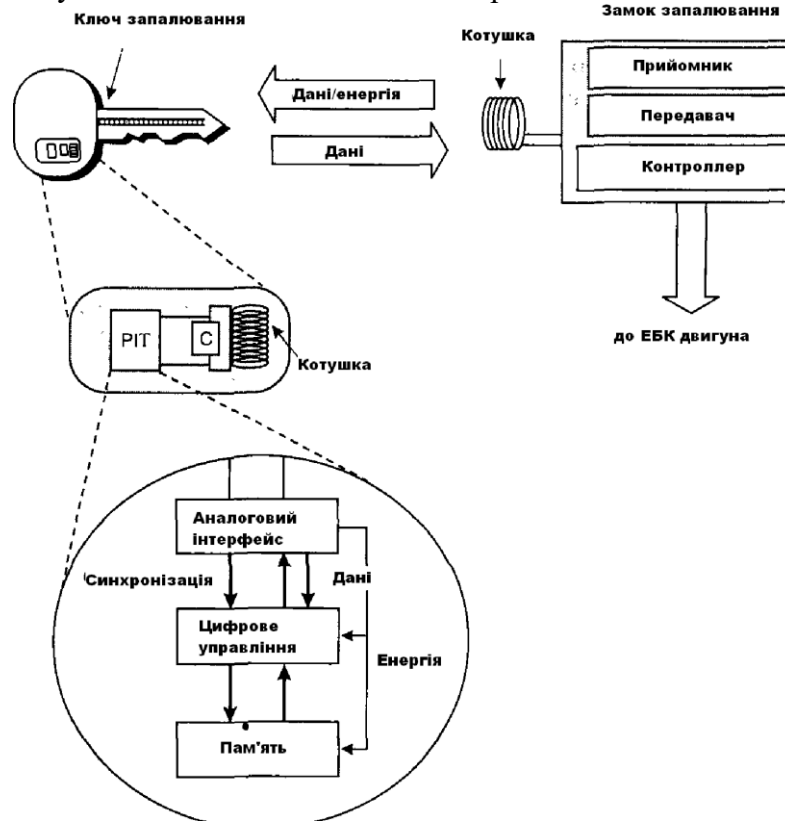


Рисунок 5.35 - Імобілізатор з транспондером 5.11.8 Конфігурація системи проти викрадення

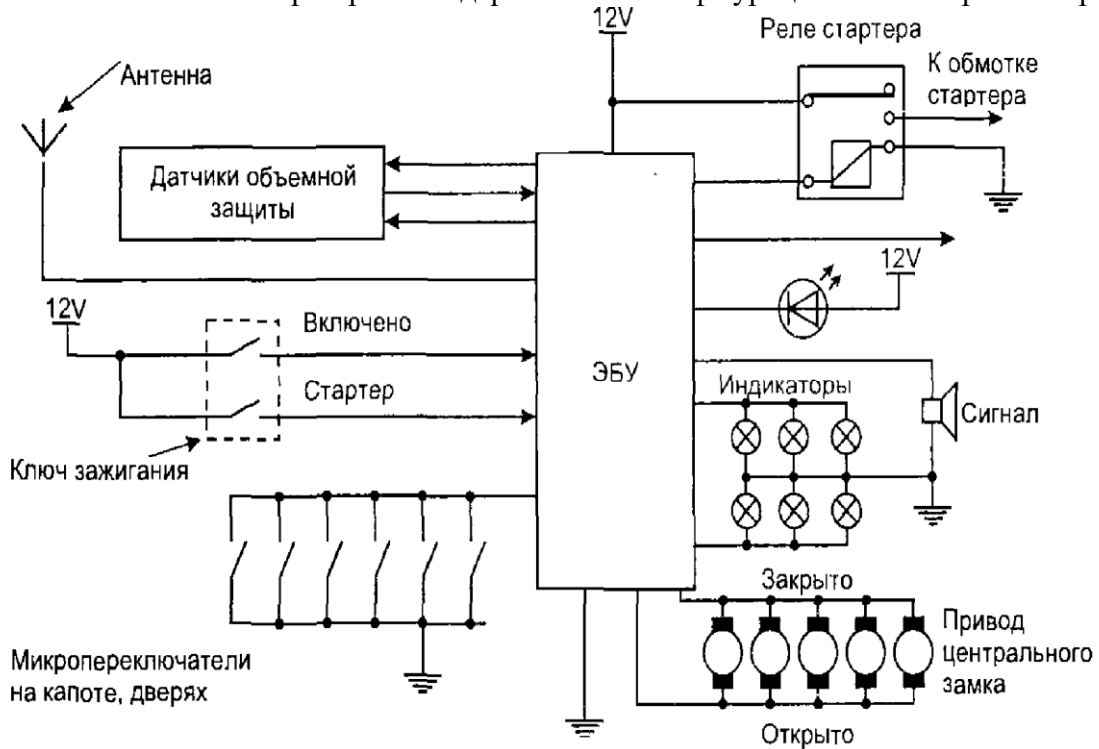


Рисунок 5.36 - Блок-схема базової антивикрадальної системи

На рис. 5.36 показано конфігурація базової системи проти викрадання з периметричним та об'ємним захистом і з імобілізатором. Система включає мікропроцесорний **ЕБУ**, який управляє також центральним замком і приводить до робочого стану сигналом з радіочастотного дистанційного пульта керування після замикання дверей автомобіля.

Щойно система проти викрадання включена, вона можуть реагувати ми такі дії:

- відкриття капоту, дверей чи багажника;
- спроба відмикання дверного замка;
- спроба вмикання замка запалювання;
- спроба вмикання стартера;
- переміщення, рух у салоні автомобіля (об'ємний захист).

Коли система проти викрадання зафіксує спробу несанкціонованого доступу до автомобіля, на 30 секунд включається звуковий сигнал і підсвічування фарами, імобілізатор вносить розриви у подальшому ланцюгу управління запуском і забороняє користування калібровочними діаграмами електронного запалювання і впорскування палива, після чого робота двигуна стає неможливою.

Для вимикання системи проти викрадання та відмикання дверей з дистанційного пульта може бути посланий відповідний код.

5.8.8 Додаткові датчики

Багато протиугінні системи мають додаткових датчиків і більші можливості, ніж описана вище базова система.

- *Радіоприймач і ящик для рукавичок.* Тут можуть бути мікроперемикачі, які включають охоронну сигналізацію під час відкриття ящика для рукавичок, включення, демонтажу радіоприймача.

- *Датчики, що здатні фіксувати розбивання скла.* Ці датчики вмикають охоронну сигналізацію, якщо викрадач спробує потрапити у салон автомобіля, розбивши заднє або бокове скло. Переднє вітрове скло (триплексне) зазвичай оснащується датчиками, оскільки вважається достатньо міцним. Здебільшого використовуються два типу датчиків:

а) дротова петля. На склі розміщується петля з тонкого дроту. Постійно контролюється цілісність цього електричного ланцюга. Під час розбивання скла електричний ланцюг

порушується і вмикається охоронна сигналізація. Такий спосіб добрий для нерухомих шибок, наприклад, для заднього скла, де вже є електричний контур обігрівача;

б) магнітні датчики закріплюють на рухомих бічних шибках. На нижньому краї скла (в корпусі двері) закріплюють невеличкий постійний магніт. Коли скло підняте, магніт перебуває поблизу геркона, який розміщено в корпусі двері, й своїм магнітним полем замикає контакти геркона, створюючи замкнутий сигнальний контур. Якщо скло розбите, його фрагменти провалюються разом із магнітом на дно корпусу двері, тоді геркон розмикає контакти і вмикається охоронна сигналізація.

Датчик нахилу. Включає охоронну сигналізацію, якщо нахил автомобіля надто відриватиметься від того, коли був припаркованим. Це може статися за спроби підняти автомобіля підйомним краном чи під час буксирування. Один з типів датчиків передбачає контроль величини електричної ємності конденсатора, який утворено двома металевими пластинами, розділеними рідким діелектриком. Якщо датчик нахилений, то пластини інакше омиваються рідиною і ємність змінюється. **ЕБУ** протиугінного пристрою замірює ємність конденсатора і запам'ятовує її під час включення, потім постійно її контролює. За умови зміни ємності конденсатора (машину підняли краном) включається сигнал тривоги. За спеціальною командою **ЕБУ** протиугінного пристрою сигнал з датчика нахилу можна заблокувати, що дозволить перевозити автомобіль на поромі, залізницею без зайвої роботи для системи проти викрадання.

- *Датчик становища автомобіля.* Рух автомобіля уперед, чи назад фіксується, що викликає спрацьовування антивикрадацької системи (наприклад, під час спроби штовхати чи буксирувати автомобіль). Несанкціоноване переміщення автомобіля зазвичай визначається підрахунком імпульсів від датчика спідометра. Якщо за заданий час отримано число імпульсів більше визначено, то автомобіль вважається таким, що рухається, а відтак включається сигналізація.

ТЕМА 6 АВТОМОБІЛЬНІ МУЛЬТИПЛЕКСНІ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ

Лекція 6. Автомобільні мультиплексні системи передачі інформації

6.1 Поняття про автомобільні мультиплексні систем

До входів вузлів можуть підключатися будь-які датчики, до виходів виконавчі пристрої. Приклади вхідної інформації: температура, струм, напруга, становище перемикачів тощо. Приклади виконавчих пристроїв та правових механізмів: дисплеї, електроклапани, електродвигуни тощо.

SAE (Society of Automotive Engineers — міжнародне суспільство автомобільних інженерів) ділить мультиплексні автомобільні системи на 3 класи:

1. Клас А. Мультиплексні системи, у яких автомобільна електропроводка спрощується з допомогою використання комунікаційної шини. З цієї шини між вузлами передаються сигнали, які проходять по роздільних дротах в автомобілі зі звичайною електропроводкою. Вузли, які є частиною мультиплексної системи, при звичайній електропроводці відсутні.

2. Клас В. У мультиплексній системі між вузлами передаються інформаційні дані (зазвичай значення параметрів), чим досягається усунення надмірності датчиків та інших елементів в порівнянні з звичайною схемою електропроводки. В цьому випадку вузли є і у звичайній системі, у виді незв'язаних елементів.

3. Клас С. Мультиплексна система дуже швидко обмінюється даними, що здійснює управління в реальному часі, наприклад, двигуном, антиблокувальною системою тощо. Системи класу А йдуть на включення/виключення різних навантажень (наприклад, для керування елементами дверей салону), швидкість передачі по шині трохи більше 10 Кбіт/сек. У системах класу В здійснюється обмін інформацією між підсистемами, коли потрібна швидкість передачі 100...250 Кбіт/сек. Нині системи класу В використовуються автомобілем частіше від інших. Обмін даними в системах класу В відповідає вимогам стандарту J1850 (10...40 Кбіт/сек, США, Японія) чи протоколу VAN (vehicle area network — автомобільна локальна мережа), 125 кбіт/сек, підтримуваного французькими фірмами Renault і Peugeot. Завдання систем класу В можна

вирішити,

застосувавши шину CAN (controller area network — локальна мережа контролерів), але на сьогодні поки що це економічно недоцільно. У системах класу С здійснюється розподілене управління у реальному масштабі часу, швидкість обміну даними близько

- Мбіт/сек. Шина CAN є стандартом для мультиплексних систем класу С. Найбільші виробники автомобільних електронних приладів (Bosch, Delco) та комплектуючих (Intel, Motorola) підтримують CAN.

6.2 Локальні обчислювальні мережі

6.2.1 Еталонні моделі взаємодії систем

Для визначення завдань, поставлених перед складною технічною системою, а також для виділення головних характеристик і параметрів, які вона повинна мати, створюються загальні моделі таких систем. Загальна модель обчислювальної мережі визначає характеристики мережі загалом і характеристики і функції які входять до її основних компонентів. Розмаїття варіантів обчислювальних мереж, і мережевих програмних продуктів поставило проблему об'єднання мереж різних архітектур. Для її рішення була розроблена еталонна модель архітектури відкритих систем (рисунком 6.3) Відкрита Система - це система ,яка взаємодіє з іншими системами в відношенні з прийнятими стандартами.

Рівень	
7	Прикладний
6	Представницький
5	Сеансовий
4	Транспортний
3	Мережевий
2	Канальний
1	Фізичний

Рисунок 6.3 - Еталонна модель архітектури відкритих систем

7-й рівень — прикладний — забезпечує підтримку прикладних процесів кінцевих користувачів. Цей рівень визначає коло прикладних завдань, що реалізуються в даній обчислювальній мережі.

6-й рівень — представницький — визначає синтаксис даних в моделі. Він гарантує надання інформації в кодах і форматах, які прийняті в даній системі. У деяких системах цей рівень може бути об'єднаний із прикладним.

5-й рівень — сеансовий — реалізує встановлення та підтримку сеансу зв'язку між двома абонентами через комунікаційну мережу. Він дає змогу виробляти обмін інформацією в режимі , який визначений прикладною програмою, чи дає можливість вибору режиму обміну. Сеансовий рівень підтримує і завершує сеанс зв'язку. Три верхніх рівня об'єднуються під спільною назвою — процес чи прикладний процес. Ці рівні визначають функціональні особливості обчислювальної мережі як прикладної системи.

4-й рівень — транспортний — забезпечує інтерфейс між процесами і мережею.

Він устанавлює логічні канали між процесами і забезпечує передачу за цими каналами інформаційних пакетів, якими обмінюються процеси. Пакет — група байтів, переданих абонентами мережі одна одній. Логічні канали, встановлювані транспортним рівнем, називаються транспортними каналами.

3-й рівень — мережевий — визначає інтерфейс кінцевого устаткування користувача з мережею комутації пакетів. Він також відповідає за маршрутизацію пакетів в комунікаційній мережі й за зв'язок між мережами — реалізує міжсіткова взаємодія.

2-й рівень — канальний — реалізує процес передачі по інформаційному каналу. Інформаційний канал — логічний канал, він встановлюється між двома ЕОМ, з'єднаними фізичним каналом.

Канальний рівень забезпечує управління потоком даних і кадрів, у яких упаковуються

інформаційні пакети, виявляє помилки передачі й реалізує алгоритм відновлення інформації у разі виявлення збоїв чи втрат даних. Кадр має структуру: інформація про джерело даних, інформацію про приймач, тип кадру, дані, контрольна інформація.

1-й рівень — фізичний — виконує всі необхідні процедури в каналі зв'язку. Його основне завдання — управління апаратурою передачі і підключенням до неї каналом зв'язку. При передачі інформації від прикладного процесу у мережу відбувається її обробка рівнями моделі ВВС (рисунок 6.4). Сенса цієї обробки у тому, що кожен рівень додає до інформації процесу свій заголовок — службову інформацію, що необхідна для адресації повідомлень й для деяких контрольних функцій. Канальний рівень крім заголовка додає ще і кінцевик — контрольну послідовність, яку використовують для перевірки вмотивованості прийому повідомлення з комунікаційної мережі.

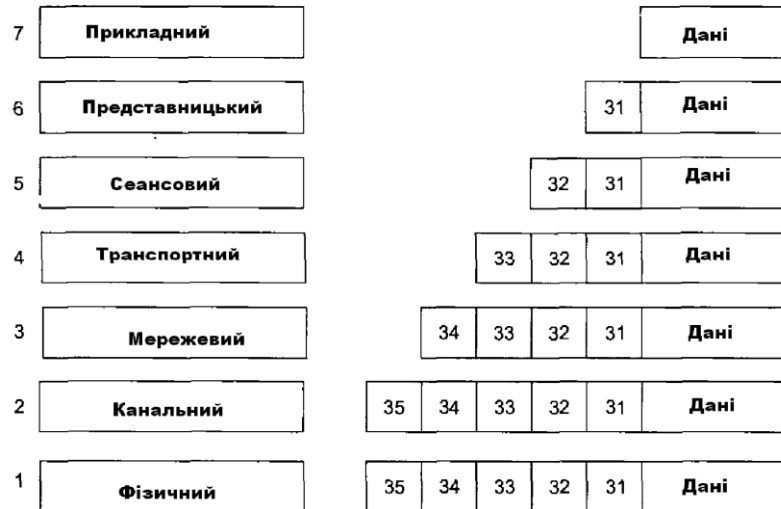


Рисунок 6.4 - Обробка повідомлень рівнями моделі ВВС (кожен рівень додає свій заголовок — 3)

Фізичний рівень заголовка не додає. Повідомлення, й із заголовками і кінцевиком, іде у комунікаційну мережу і робить на абонентській ЕОМ обчислювальної мережі. Кожна абонентська ЕОМ, яка прийняла повідомлення, дешифрує адреси й визначає, чи призначено їй це повідомлення. Причому у абонентській ЕОМ відбувається зворотний процес — читання і відсікання заголовків рівнями моделі ВВС. Кожен рівень реагує лише на свій заголовок. Заголовки верхніх рівнів нижніми рівнями не сприймаються і не змінюються — вони прозорі для нижніх рівнів. Так, переміщуючись за рівнями моделі ВВС, інформація, нарешті, надходить до процесу (споживачеві), якому вона була адресована. У процесі розвитку й удосконалення будь-якої системи виникає потреба змінювати її окремі компоненти. Деколи це зумовлює необхідність змінювати інші компоненти, що ускладнює і утрудняє процес модернізації системи. У такому випадку виявляються переваги семирівневої моделі ВВС. Якщо між рівнями визначено однозначно інтерфейси, то зміна однієї з рівнів не тягне за собою необхідності внесення змін - у інші рівні. Отже, існує відносна незалежність рівнів один від одного. Функції, описувані рівнями моделі, мають бути реалізовані або у апаратурі, або у формі програм. Функції фізичного рівня завжди реалізуються в апаратурі. Це адаптери, мультиплексори передачі, мережні плати. Функції інших рівнів реалізуються як програмні модулі — драйвери.

6.2.2 Протоколи комп'ютерних мереж

При обміні інформацією у комп'ютерній мережі кожен рівень моделі ВВС реагує на свій заголовок. Інакше кажучи, відбувається взаємодія між однойменними рівнями моделі у різних абонентських ЕОМ. Така взаємодія має виконуватися за правилами — протоколам. Протокол — це програма. Правила і послідовність виконання дій під час обміну інформацією, встановлені протоколом, мають бути реалізовані у програмі. Зазвичай функції протоколів різних рівнів реалізуються в драйверах щодо різноманітних обчислювальних мереж. Відповідно до семирівневої структури моделі ВВС можна говорити про необхідність існування протоколів для кожного рівня. Концепція відкритих систем передбачає розробку стандартів для протоколів різних рівнів. Найлегше піддаються стандартизації протоколи трьох нижніх рівнів моделі архітектури відкритих систем, оскільки вони на сьогодні визначають дії і складні процедури, характерні для обчислювальних мереж будь-якого класу. Найважче стандартизуються протоколи верхніх рівнів, особливо прикладного, через множинності прикладних завдань та низці випадків їх унікальності. Якщо по типам структур, методам доступу до фізичного передавального середовища, що використовуються мережними технологіями й деяким іншим особливостям

можна нарахувати приблизно десяток різних моделей обчислювальних мереж, то по їх функціональному призначенню меж немає. Найпростіше уявити особливості мережеских протоколів з прикладу протоколів каналного рівня, які діляться на дві основні групи: байт-орієнтування і біт-орієнтування. Байт - орієнтований протокол забезпечує передачу повідомлення по інформаційному каналу у вигляді послідовності байтів. Крім інформаційних байтів в канал передаються також керуючі системи й службові байти. Такий тип протоколу зручний ЕОМ, оскільки він орієнтований на обробку даних, які у вигляді двійкових байтів. Для комунікаційного середовища байт-орієнтований протокол менш зручний, оскільки поділ інформаційного потоку в каналі на байти потребує додаткових сигналів, що в рахунок знижує пропускну спроможність каналу зв'язку. Біт - орієнтований протокол передбачає передачу інформацією у вигляді потоку бітів, не поділених на байти. Тож для поділу кадрів використовуються спеціальні послідовності — прапори. На початку кадру ставиться прапор який відкриває, а в кінці — прапор який закриває.

6.2.2 Фізичне передавальне середовище в ЛОМ

Фізичне середовище забезпечує перенесення інформації між абонентами обчислювальної мережі. Фізичне передавальне середовище в ЛОМ може бути представлене такими типами кабелів: одиночний провід, вита пара дротів, коаксіальний кабель, оптоволоконний кабель.

Однопровідні сполуки використовують у автомобільних мультиплексних системах зі швидкістю передачі нижче 10 Кбіт/с. Перешкодозахищеність низька.

Вита пара з двох ізольованих дротів, звитих між собою (рисунок 6.5). Скручування дротів зменшує вплив зовнішніх електромагнітних полів на передані сигнали. Найпростіший варіант крученої пари — телефонний кабель. Кручені пари мають різні характеристики, зумовлені розмірами, ізоляцією і кроком скручування. Невисока вартість цього виду передавального середовища робить його досить популярним для ЛОМ. Основна проблема крученої пари — погана перешкодозахищеність і низька швидкість передачі — трохи більше 1 Мбіт/с. Технологічні вдосконалення дозволяють підвищити швидкість передачі й перешкодозахищеність (екранована вита пара), але натомість зростає вартість цього передавального середовища. У автомобільних мережах кручені пари працюють при швидкостях обміну не вище 500 Кбіт/с. Проблеми з електромагнітною сумісністю виникають вже при швидкості обміну вище 100 Кбіт/с. Однопровідні кабелі і кручені пари зручно підключати до вузлів мережі. Коаксіальний кабель (рисунок 6.6) в порівнянні з крученою парою володіє більш високою механічною міцністю, перешкодозахищеністю і забезпечує швидкість передачі до 50 Мбіт/с.

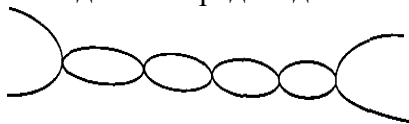


Рисунок 6.5 — Вита пара

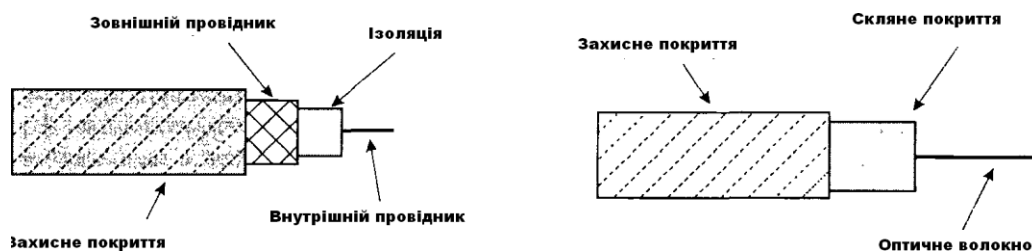


Рисунок 6.6 — Коаксіальний кабель Рисунок 6.7 — Оптичний кабель

Для промислового використання випускаються два типи коаксіальних кабелів: товстий і тонкий. Товстий кабель більш міцний і передає сигнали потрібної амплітуди на більшу відстань, ніж тонкий. У той самий час тонкий кабель набагато дешевше. Коаксіальний кабель як і вита пара, один із популярних типів передавального середовища для ЛОМ. На автомобілях екрановані кручені пари чи коаксіальний кабель працюють при швидкостях обміну даними трохи більше 10 Мбіт/с, мають хорошу електромагнітну сумісність, але підключати до вузлів їх незручно, потрібні спеціальні Т-подібні відгалужувачі. Оптичний кабель — ідеально передавальне середовище (рисунок 6.7). Він піддається дії електромагнітних полів і сам практично немає ніякого випромінювання. Остання властивість дозволяє вживати їх у мережах, які потребують укріття секретної інформації. Швидкість передачі по оптоволоконному кабелю понад 50 Мбіт/с. У порівнянні з попередніми типами передавального середовища він має вищу вартість, менш

технологічний в експлуатації.

6.2.4. Основні топології ЛОМ

Обчислювальні машини (контролери для автомобіля), що входять до складу ЛОМ, можуть бути розташовані випадково на об'єкті, де створюється обчислювальна мережа. Слід зазначити, що для способу звернення до передавального середовища і методів управління мережею небайдуже, як розташовані абонентські ЕОМ. Тому є сенс казати про топології ЛОМ. Топологія ЛОМ — це формалізована геометрична схема сполук вузлів мережі. Топології обчислювальних мереж можуть бути дуже різними, але для локальних обчислювальних мереж типовими є лише три: кільцева, шинна, зіркоподібна. Іноді для спрощення використовують терміни — кільце, шина і яскрава зоря. Не треба думати, що аналізовані типи топологій являють собою ідеальне кільце, ідеальну пряму чи зірку. Будь-яку комп'ютерну мережу можна розглядати сукупність вузлів. Вузол — будь-який пристрій, безпосередньо залучений до передавального середовища мережі. Топологія формалізує схему сполук вузлів мережі. Ось еліпс, і замкнута крива, і замкнута ламана лінія ставляться до кільцевої топології, а незамкнута ламана лінія — до шинної. Кільцева топологія передбачає з'єднання вузлів мережі в замкнутий контур кабелем передавального середовища (рисунок 6.8). Вихід одного вузла мережі з'єднується із входженням іншого. Інформація по кільце передається від вузла до вузла. Кожен проміжний вузол між передавачем і приймачем ретранслює надіслане повідомлення. Приймає вузол розпізнає і навіть отримує лише адресовані йому повідомлення. Кільцева топологія є ідеальною для мереж, котрі посідають порівняно невеличкий простір. У ній відсутній центральний вузол, що підвищує надійність мережі. Ретрансляція інформації дозволяє вживати, в якості передавального середовища, будь-які типи кабелів. Послідовний порядок обслуговування вузлів такої мережі знижує її швидкість, а вихід із ладу одного з вузлів порушує цілісність кільця і потребує застосування спеціальних заходів задля збереження тракту передачі.

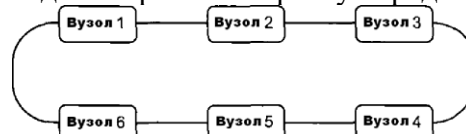


Рисунок 6.8 - Кільцева топологія

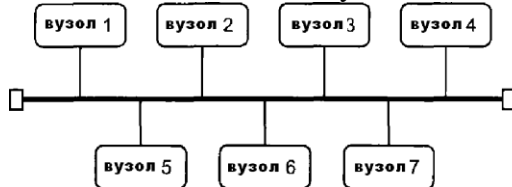


Рисунок 6.9 - Шинна топологія



Рисунок 6.10 - Зіркоподібна топологія

Шинна топологія — одна з найпростіших (рисунок 6.9). Дані від передавального вузла мережі поширюються по шині у обидва боки. Проміжні вузли не транслюють вступників повідомлень. Інформація надходить попри всі вузли, але приймає повідомлення лише те, якому воно адресовано. Порядок обслуговування — паралельний. Це забезпечує високу швидкість ЛОМ з шинною топологією. Мережу легко нарощувати і конфігурувати, і навіть адаптувати до різних систем. ЛОМ з шинною топологією стійка до можливих несправностей окремих вузлів. Такі ЛОМ найпоширеніші сьогодні. Слід зазначити, що вони теж мають протяжність і не дозволяють використовувати різні типи кабелю у межах однієї мережі. Зіркоподібна топологія (рисунок 6.10) виходить з концепції центрального вузла, до якого підключаються периферійні вузли. Кожен периферійний вузол має власну окрему лінію з'єднану з центральним вузлом.

6.2.5 Методи доступу до передавального середовища

Передавальне середовище є спільним ресурсом для всіх вузлів ЛОМ. Щоб отримати можливість доступу до цього ресурсу з вузла мережі, необхідні спеціальні механізми — методи доступу. Метод доступу до передавального середовища — це метод, який забезпечує виконання сукупності правил, за якими вузли мережі отримують доступ до ресурсу. Існують два основних класи методів доступу: детерміновані, недетерміновані.

6.2.6 Тимчасове і частотне ущільнення сигналів в мультикомплексних системах

За методами ущільнення сигналів локальні обчислювальні мережі (ЛОМ) можна розділити

на великі категорії — з тимчасовим і частотним ущільненням. Ці два методи ущільнення засновані різними принципами використання робочої смуги частот системи.

1. Тимчасове ущільнення. На рисунку 6.11, а показано, що у мережах із тимчасовим ущільненням (чи з передачею сигналу без модуляції) у будь-якій конкретний момент часу передачу даних через мережу веде один схожий пристрій, займаючи усю шпальту частот системи. Такий метод забезпечує дуже високу швидкість передачі у бітах в секунду. Щоб дати багатьом абонентам звертатися до неї, тривалість кожної передачі має обмежуватися заданим інтервалом часу. До кожного блоку даних приєднується адреса того вузла, яким повинні пересилатися ці дані. Кожен вузол постійно контролює адреси на шині, щоб виявити блоки даних, які надходять йому. Можливості ЛОМ з тимчасовим ущільненням сигналів обмежуються тим, що у конкретний час передавати дані через таку мережу може лише один абонент. Насправді загальна кількість абонентів ЛОМ залежить від середньої часової тривалості (довжини) повідомлень і кількості повідомлень, які потрібно передати за певний час.

2. Частотне ущільнення. З рисунку 6.11, б видно, що у мережах із частотним ущільненням сигналів (чи ширококутових мережах) смуга частот розбита на цілий ряд неперервних частотних піддіапазонів. Кожній парі взаємодіючих між собою вузлів виділяється один із цих піддіапазонів. Отже, будь-якої миті часу звертатися до мережі можуть одночасно багато абонентів, оскільки вони використовують різні піддіапазони частот.

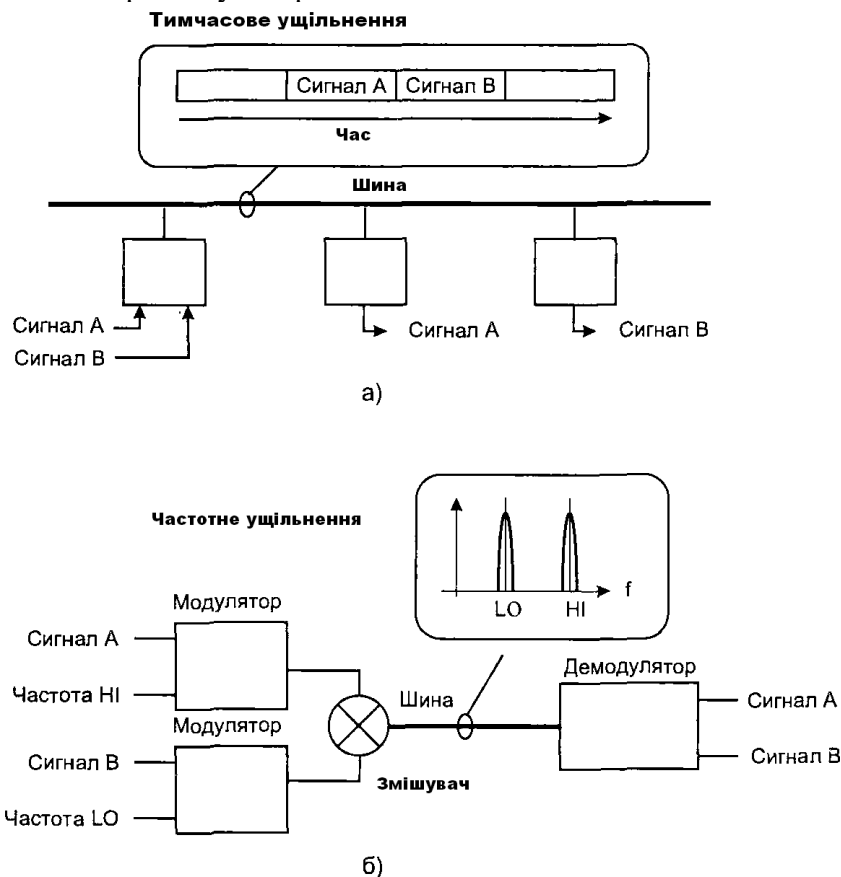


Рисунок 6.11 - Тимчасовий і частотний поділ каналів 6.3 Приклади автомобільних мультиплексних систем 6.3.1 Клас А

Системи класу А застосовуються переважно для спрощення і здешевлення електричних зв'язків між пристроями корпусної електроніки. Розглянемо приміром антивикрадальну систему зі структурою, показану на рисунку 6.12. Антивикрадальна система приводиться в черговий режим контактом 11, а вимикається — контактами замків дверей пасажира чи шофера або багажника. У робочому стані система включає клаксон 10 при спрацьовуванні одного з контактів: 1, 3, 4, 5, 7, 8. Датчики і виконавчі механізми у такому варіанті підключені безпосередньо до блоку управління через мультиплексори одним дротом. Поліпшені діагностичні можливості системи. Легше змінювати конфігурацію антивикрадальної системи, підключаючи лише її до тієї самої шини через мультиплексори додаткових датчиків і виконавчі механізми. Мультиплексори — відносно нескладні мікроелектронні пристрої, які містять до 300 напівпровідникових вентилів. Їх інтегрують з датчиками і виконавчими механізмами. Цей пристрій може бути реалізований в мультиплексному варіанті (рисунок 6.13).

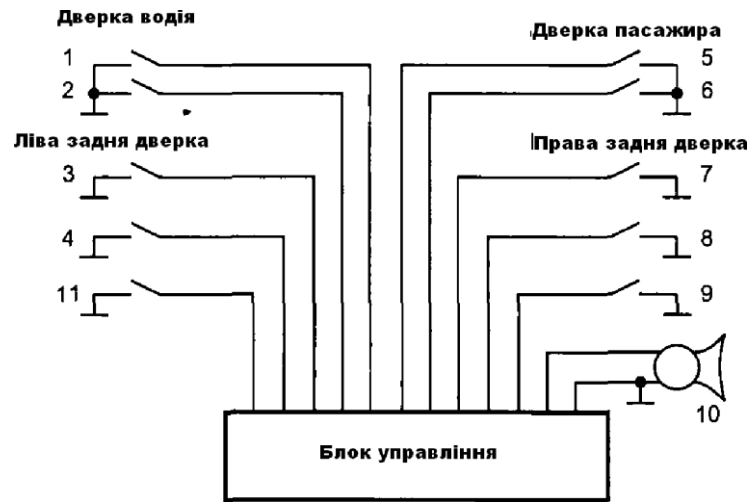


Рисунок 6.12 - Блок-схема антивикрадалної системи

1. — контакт дверки водія,
2. — контакт замку дверей водія,
3. — контакт лівої задньої дверки,
4. — контакт на капоті,
5. — контакт дверки пасажирів,
6. — контакт замку дверки пасажирів,
7. — контакт правої задньої дверки,
8. — контакт на кришці багажника,
9. — контакт замку багажника,
10. — клаксон,
11. — контакт на приладовій панелі

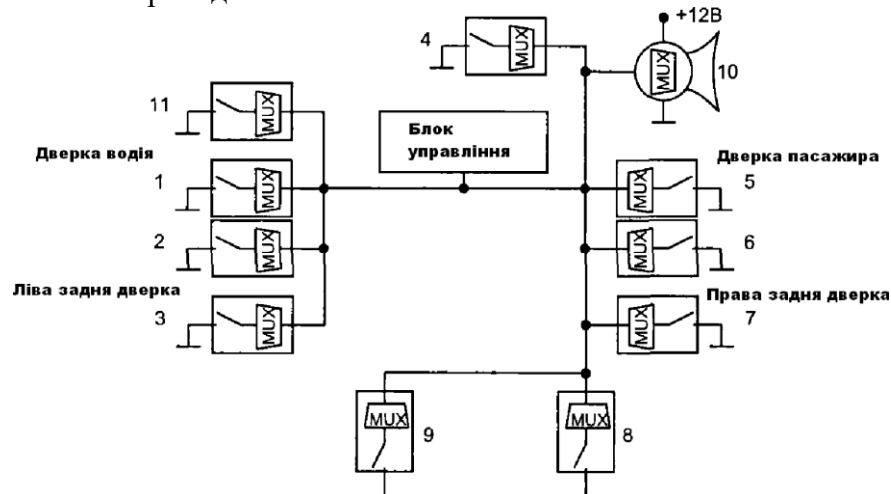


Рисунок 6.13 - Блок-схема мультиплексної антивикрадалної системи

6.3.2. Клас В

На рисунку 6.14 показана частина типової інформаційної системи водія (ІСВ). Тут сигнали з датчиків надходять на бортовий комп'ютер, до шини даних якого підключена комбінація приладів.

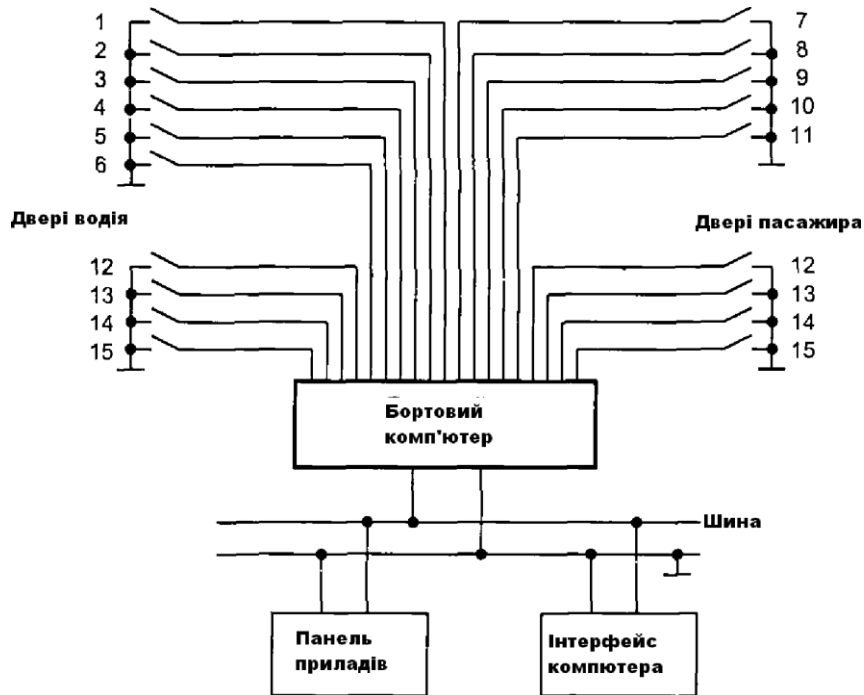


Рисунок 6.14 - Блок-схема інформаційної системи водія

У спрощеному варіанті ІСВ число дротів в джгуті дуже велике, що виправдовує цю схему з'єднання. Проте, принаймні ускладнення електронних приладів автомобіля і збільшення кількості функцій інформаційної системи, кількість з'єднувальних дротів різко зростає, ускладнюється діагностика несправностей.

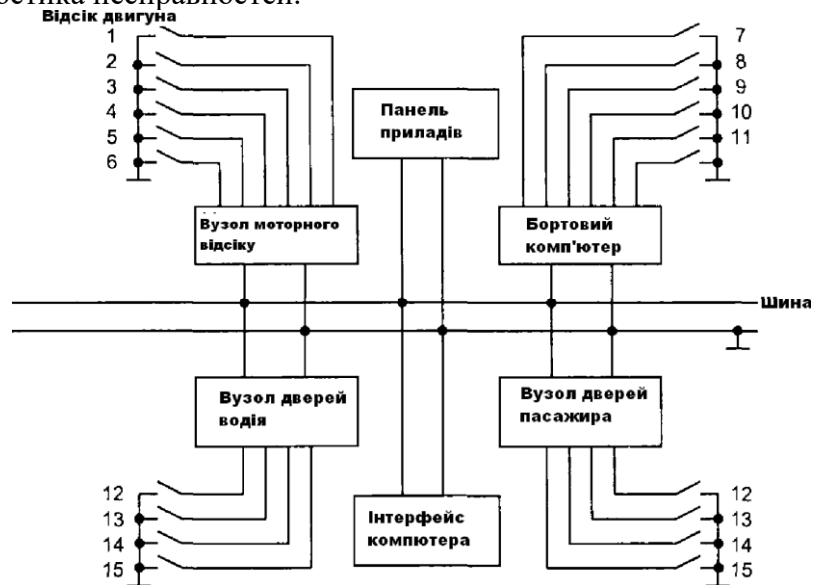


Рисунок 6.15 - Блок-схема інформаційної системи водія з шиною класу В

1. — рівень охолоджувача,
2. — тиск гальмівної рідини,
3. — рівень оливи,
4. — олива у коробці передач,
5. — омиваюча рідина,
6. — капот не закритий,
7. — фари включені,
8. — мало палива в баку,
9. — склоочисники включені,
10. — ключ в замку запалювання,
11. — прив'язні ремені,
12. — ручка дверки,
13. — замок,
14. — дверка закрита,
15. — дверка не зачинена

Можливим розв'язанням у такому випадку є введення кількох вузлів, поєднаних з шиною класу В, до яких підключаються відповідні датчики. При цьому намагаються зменшити розміри джгутів, які проходять через вузькі місця типу «дверцята — корпус». До вартості проводки додається вартість вузлів. На рисунку 6.15 приведена блок-схема ІСВ з шиною класу В, у якому цифрами позначені сигнали датчиків. Вузол моторного відсіку бажано інтегрувати з ЕБУ двигуна, куди вже підключена частина датчиків. Це здешевлює і спрощує схему, але не завжди можливо, та як зеднувач на ЕБУ зазвичай перевантажений.

Вузол дверки краще розташовувати у дверці, тоді джгут через проміжок спрощується, бажана також інтеграція електронних і механічних пристроїв у дверці. Структурна схема електронної частини пристроїв дверки показана на рисунку 6.16



Рисунок 6.16 - Підключення пристроїв дверки

Загальні зауваження до застосування вузлів.

1. Для зниження вартості вузли виготовляються з використанням спеціалізованих мікросхем.
2. Єдина конструкція можлива під час використання мікропроцесорів у вузлах.
3. Комбінація «звичайний датчик — мультиплексний вузол» не полегшує діагностику датчиків. Не можна визначити, що саме несправне — датчик чи проводка.

По мірі значного ускладнення бортової автомобільної електроніки мультиплексні системи, виконані за класами А і В, стають не оптимальними. Кращим технічним рішенням є використання гібридної локальної мережі, де датчики і виконавчі механізми через канал класу А під'єднані до бортового комп'ютера, а приладова панель і інтерфейс комп'ютера (дисплей і керівні органи) під'єднані до комп'ютера через канал класу В, мультиплексори інтегровані у датчики і виконавчі механізми. Обмін даними проходить по одному дроту, додаткових вузлів немає, поліпшена діагностика з допомогою запровадження компонентів електроніки. Така конфігурація системи дозволяє вводити додаткові датчики і виконавчі пристрої. Тепер у бортовому комп'ютері однією на виконавчий механізм можна підключати 7—14 датчиків.

6.3.3 Клас С

Дедалі більшу популярність завойовує протокол САК, із застосуванням якого мультиплексні системи класу С можуть реалізовуватися у таких формах:

1. Через одну і ту саму мережу класу С виконується обмін даними як додатків, що працюють у часі (управління двигуном, підвіскою, передачами), так додатків, обслуговуючих бортовий комп'ютер, контроль клімату салону, приладову панель. Швидкість обміну до 1 Мбіт/сек, лінія зв'язку — коаксіальний чи оптичний кабель.
2. Гібридна мережу класу В і С. Виконується обмін даними між вузлами швидкісної мережі класу С, та відносно повільної мережі класу В. Шлюзом зазвичай буває контролер двигуна.
3. Інтеграція функцій управління у часі в найменше число модулів. Наприклад, ЕБУ двигуна може керувати ще й трансмісією. Під час такої архітектури потреба у дорогих мережах класу С зводиться до мінімуму.

6.4 Протоколи високих рівнів

Термін «протоколи високих рівнів» зазвичай належать до рівнів 3—7 моделі ВОС. На цих рівнях вирішуються питання упаковки даних, повідомлень, стандартизації додатків тощо. Коли функції додатку розподілені між кількома електронними блоками управління, необхідна максимальна незалежність програмного забезпечення додатку від локалізації функцій. Вже сьогодні автомобільні засоби зв'язку з зовнішнім світом, пристрої для розваги, мультимедіа кошти виконують обмін пакетами даних між собою (радіоприймач, CD-програвач, мережевий телефон, бортовий комп'ютер, навігаційна система). Ці пакети значно перевищують розміри кадрів даних, які можна передавати по автомобільній комунікаційній шині. Розбирання і складання пакетів цих даних виконується під керівництвом протоколів високих рівнів.

Протоколи високих рівнів мають забезпечувати:

надійні й ефективні процедури обміну довгими послідовностями даних; • незалежність програмного забезпечення додатків від конфігурації мережі й зручність інтерфейсу для програміста.

Семирівнева модель ВОС добре підходить до великих комп'ютерів, і мереж, де не потрібні комунікації у часі. Для автомобілів ця модель спрощується до двох верхніх рівнів —прикладного й транспортного, як показано на рисунку 6.17. Прикладний рівень забезпечує інтерфейс для програміста, вирішує задачу по одержанні і посилці даних, необхідних при управлінні різними системами автомобіля. На транспортному рівні здійснюється розбирання і складання пакетів. Блок управління мережею і вузлами виконує контроль мережі й вузлів, виявляє несправності, активізує мережу чи переводить її у неактивний режим. Цей блок взаємодіє безпосередньо з усіма рівнями мережевої моделі і додатком.

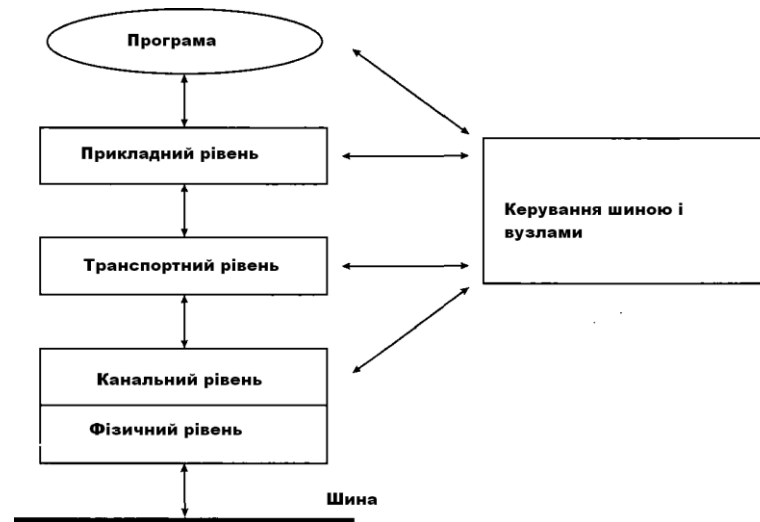


Рисунок 6.17 - Спрощена модель ВОС

6.4.2 Транспортний рівень

Транспортний рівень має забезпечити передачу довільно довгих повідомлень між об'єктами прикладних рівнів.

• Якщо довжина повідомлення перевищує розмір кадру, який передається по комунікаційній шині, повідомлення поділяється на кілька пакетів. Повідомлення передається з прикладного рівня на транспортний, де поділяється на сегменти, відповідні розміру одного кадру. До кожного кадру транспортний рівень додає свою управляючу інформацію протоколу (PCI) Керуюча інформація використовується транспортним рівнем на приймаючій стороні для відновлення вихідного повідомлення і передачі його приймаючому прикладному рівню. Керуюча інформація протоколу містить інформацію про число кадрів в вихідному повідомленні, номер поточного кадру у міжнародному сполученні, і необхідна щоб виявляти і виправляти помилки типу пропуску чи дублювання кадру.

• Керуюча інформація протоколів високого рівня зазвичай розміщується на полі даних кадру низького рівня (рисунок 6.18, а). У автомобільних мультимплексних системах іноді управляюча інформація протоколу розміщується в управляючому (арбітражному) полі кадру низького рівня (рисунок 6.18, б). Ця технологія робить мультимплексну систему більш швидкодіючою, але збільшує залежність від протоколів низького рівня життя та застосовуваної апаратури.

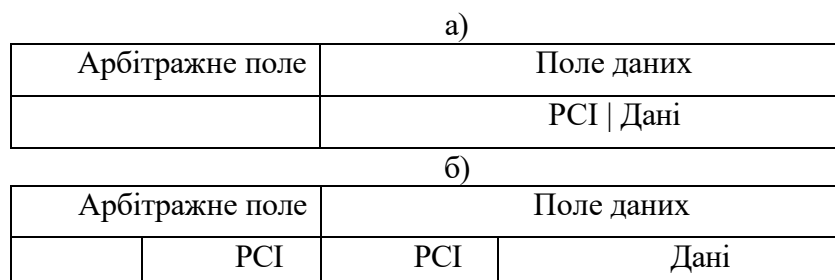


Рисунок 6.18 - Управляючі поля кадру

• Механізм управління потоком повідомлень (трафіком) включає використання двох видів підтверджень:

- позитивне підтвердження АСК. (скорочення від acknowledge);

негативне підтвердження КАСК (скорочення від педале acknowledge). Позитивне підтвердження сигналізує передавачу, що кадр було прийнято правильно і приймач готовий узяти наступний кадр. Позитивне підтвердження необхідно, коли передавачу невідома швидкість прийому повідомлень приймачем. Позитивне підтвердження може бути, наприклад, використано для синхронізації передачі між швидкодіючою і повільною шиною без буферування. В цьому випадку швидкість обміну визначається можливостями повільної шини. У мережі можуть бути реалізовані режими, коли приймач квитирує (підтверджує) кожен ухвалений кадр (рисунок 6.19)

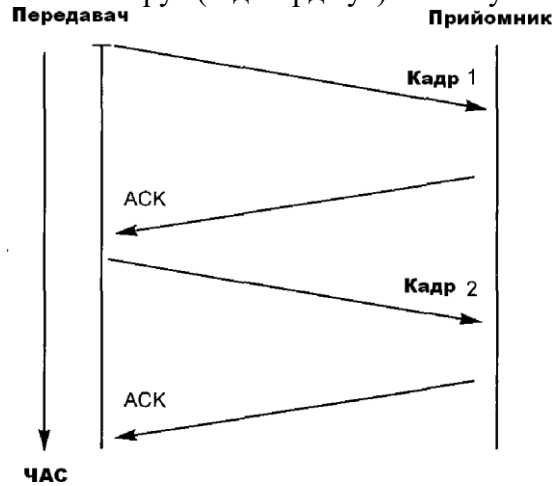


Рисунок 6.19 - Підтвердження приймачем кадру

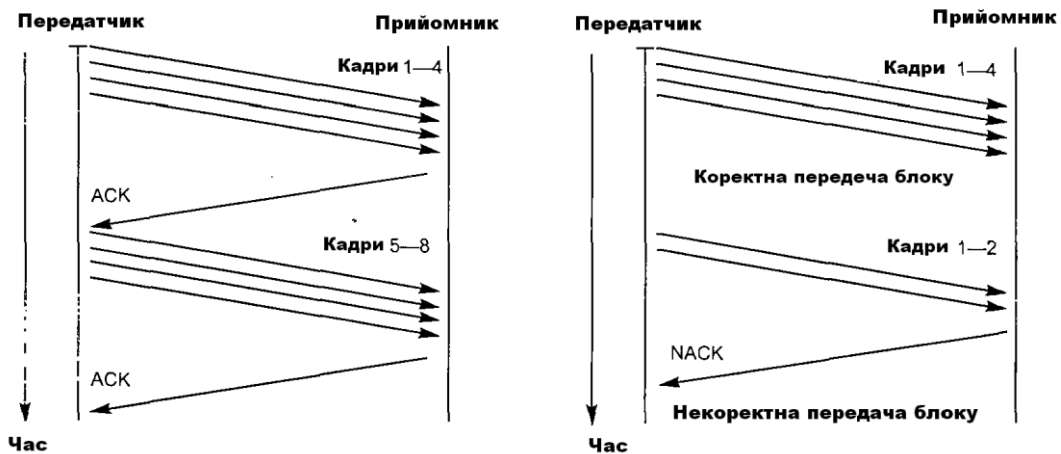


Рисунок 6.20 - Блоки кадрів Рисунок 6.21 - Блоки зменшення кадрів

- чи блок кадрів (рисунок 6.20), що більш ефективно в смислі швидкодії мультимплексної системи.

- Негативне підтвердження видається приймачем до мережі, коли щось відбувається неправильно. Режим роботи з негативним підтвердженням може збільшити швидкість мережі, бо за відсутності помилок число кадрів, переданих від передавача до приймача, а отже і час їх передачі зменшується (рисунок 6.21). Насправді можна використовувати різні комбінації механізмів керування передаванням даних у мережі.

• І приймач, і передавач може мати дані на виявлення й виправлення помилок. Приклади помилок, які можна виявити:

- приймач недоотримав кадр у встановлений час;
- приймач отримав некоректний кадр, наприклад, не з тим номером
- приймач не закінчив обробку отриманого кадру, але готовий отримати наступний кадр;
- передавач не отримав позитивне підтвердження у визначений час.

Коли передавальний об'єкт па транспортному рівні виявляє помилку, він може поступити так:

- повторити передачу кадру;
- повторити передачу всього повідомлення;

- припинити передачу і подати подальші дії додатку.

6.4.2 Прикладний рівень

Прикладний рівень являється необхідною платформою для створення додатків. Він приховує деталі апаратури і мережеві конфігурації. На прикладному рівні створення додатків для мультиплексних і централізованих систем мало чим відрізняється. Додаток використовує дані

вмежахприкладного рівня і для нього не має значення, локальні це дані чи отримані по комунікаційній шині.

На прикладному рівні форматується кадр з такими даними з додатку:

- ім'я кадру та його ідентифікатор;
- місце розташування змінних (параметрів) у кадрі;
- формат представлення параметрів;
- одиниця виміру параметра;
- припустимий діапазон значень;
- роздільна здатність;
- формула, яка перетворює числове значення у кадрі (K) в значення, яке має фізичний сенс

(E).

У таблиці 6.1 наведено приклад кадру

Ім'я кадру	Температура
Ідентифікатор	i 40Hex
Назва змінної	Забортна темпаратура
Розміщення	БАЙТИ 0 і 1
Формат	16-ти бітовий
Одиниця виміру	°C
Діапазон	-40...+50
Дозвіл	0,1
Формула	$N = (E + 40) - 10$

При декодуванні кадру даних потрібно визначити, чи допустиме отримане значення параметра чи ні (наприклад, при несправності датчика). Це робиться або додавання в кадр спеціального поля, яке фіксує достовірність/недостовірність значень параметрів, або безпосереднім аналізом поточних значень параметрів на приймаючій стороні.

На прикладному рівні визначається, коли повідомлення має бути відправлено чи прийнято. Відправлення проводиться по часу, чи внаслідок обробки події. Подією може бути: зміна стану датчика, значення, що вийшло друком за поставлені межі; запит від іншого вузла тощо. Передача за часом ведеться для параметрів, які повинні бути доступні всій мультиплексній системі. Такі перемінні ділять на групи з різноманітною необхідною швидкістю відновлення і передачі значень. Під час прийому повідомлень на прикладному рівні, повідомлення розпаковується відповідно до прийнятого формату кадру, і дані передаються активному додатку.

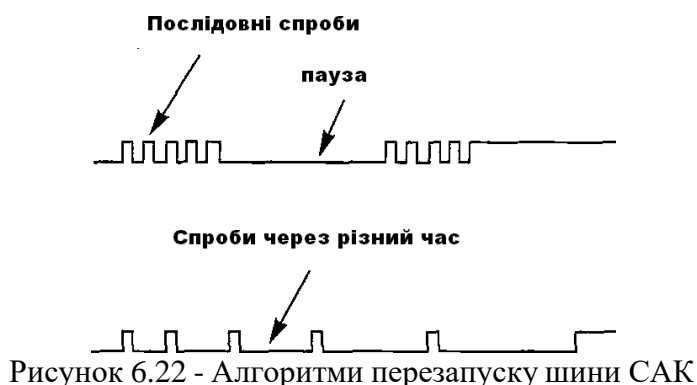
На прикладному рівні можна реалізувати кілька моделей взаємодії між вузлами. У моделі із загальною пам'яттю обмін інформацією виконується з допомогою операцій запису і читання. Дані відразу стають доступними для всіх процесів, які беруть участь. У мультиплексній системі ніякої спільної пам'яті фізично немає, її створюють програмним забезпеченням прикладного рівня.

У моделі «клієнт — сервер» взаємодія між процесами здійснюється способом, коли деякий процес (сервер) здатний виконувати операції з запиту іншого процесу (клієнта), розміщеного в іншому вузлі. Наприклад, при діагностиці сканер посилає через мережу запит ЕБУ і він отримує у відповідь значення параметрів чи коди помилок.

6.4.3 Управління мережею (диспетчеризація)

Призначення управління (диспетчеризації) мережі — підтримувати її коректну (штатну) роботу. При цьому мають здійснюватися обробка помилок, контроль конфігурації мережі й правильності її роботи, обмеження доступу й забезпечення збереження інформації у мережі. Для автомобільних систем найважливішими є обробка помилок, і контроль конфігурації. Від правильності реалізації диспетчерських функцій залежить здатність мережі протистояти відмовам. Диспетчеризація складається із локального і мережного рівнів.

Локальна диспетчеризація здійснюється на рівні вузлів. Виконується конфігурування і ініціалізація вузлів, управління рівнями лише на рівні вузла, виявлення несправностей і прямих помилок. Для локального диспетчера не потрібно посылати будь-які повідомлення через мережу. При включенні вузла локальний диспетчер конфігурує каналний рівень, наприклад, в мікросхемі САК. Після виявлення несправності диспетчер намагається перезапустити і реконфігурувати каналний рівень. Перезапуск проводиться по різним алгоритмам, як показано на рисунку 6.22.



Диспетчеризація на мережному рівні забезпечує:

- визначення та контроль конфігурації мережі;
- включення мережі;
- перехід від неактивного до активного режиму і навпаки.

Диспетчеризація виконується централізовано чи децентралізовано. При централізованому підході один вузол виконує функції диспетчера мережі. На підвищення надійності системи має бути передбачений механізму передачі диспетчерських функцій іншому вузлу при відмові першого. При централізованому підході потрібно менше ресурсів, аніж за децентралізованою.

При децентралізованому підході кожен вузол оснастили набором диспетчерських функцій. Вузли постійно обмінюються спеціалізованою диспетчерською інформацією. Мережа виявляється здатною продовжувати роботу, з меншими можливостями, навіть при відмові кількох вузлів.

6.5 Протоколи низького рівня (шинні)

Ці протоколи ставляться до двох нижніх рівнів моделі ВОС: каналного й фізичного (рисунок 6.23).

На каналному рівні визначаються функції, необхідні для надійної й ефективної передачі між вузлами в одній й тій самій мережі. Це адресація, організація кадрів, виявлення помилок під час обміну даними у мережі. На фізичному рівні визначають електричні, механічні й інші фізичні характеристики інтерфейсу для підключення вузла у мережі. Розглядаються питання специфікації шинних з'єднувачів, мережних адаптерів, кодування, синхронізації тощо. Різні додатки пред'являють різні вимоги на фізичному рівні, при цьому основними параметрами під час проектування є:

- швидкість і відстань від передачі даних по шині;
- надійність;
- електромагнітна сумісність;
- відповідність стандартам і рекомендованій практиці;

- шинна топологія.

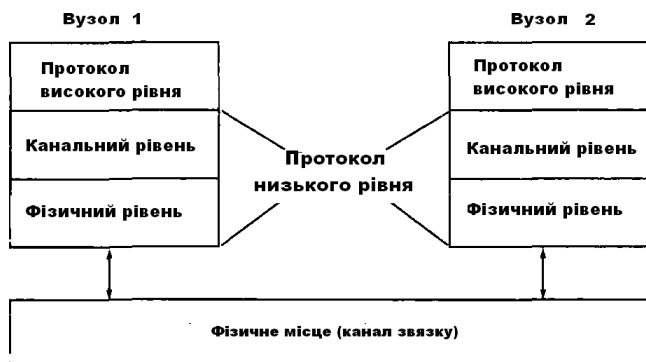


Рисунок 6.23 - Протокол низького рівня

Канал зв'язку (електричні дроти чи оптичні кабелі) перебуває нижче фізичного рівня життя і в модель ВОС не входить (рисунок 6.23). Прикладами протоколів низького рівня, розроблених спеціально для автомобільної промисловості, є: CAN (controller area network - Bosch, Intel), VAN (vehicle area network - Renault, Peugeot), VNP (vehiclenetwork protocol - Ford)

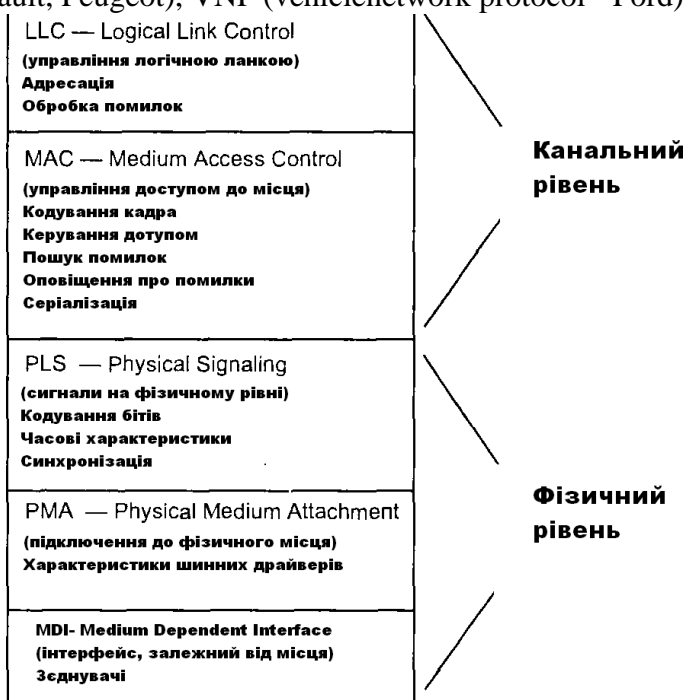


Рисунок 6.24 - Докладне уявлення нижніх рівнів

У локальних мережах персональних комп'ютерів часто застосовується протокол Ethernet, якого у автомобільних системах немає. При розгляді протоколів низького рівня канальний і фізичний рівні моделі ВОС додатково поділяються на підрівні, що дозволяє розглядати перебіг передвибірних процесів докладніше (рисунок 6.24).

6.5.1 Канал зв'язку

Канал зв'язку фізично з'єднує вузли, при обміні даними під час передачі сигналів електричним, оптичним або іншим методом. Нижче наводяться приклади реалізації каналів зв'язку в порядку зростання їх вартості:

- одиночний провід;
- два дроти;
- вита пара;
- екранована вита пара;
- коаксіальний кабель;
- оптичний кабель;
- інфрачервоне випромінювання;

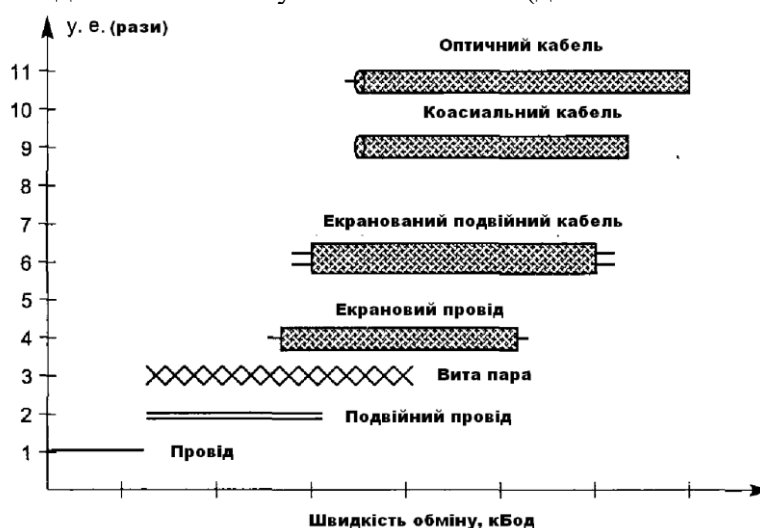
- радіоканал.

Інфрачервоне випромінювання і радіоканал передачі даних із шини всередині автомобіля сьогодні не застосовуються. Пристрої з цими передаючими каналами використовують для обміну даними між автомобілем і доквіллям, наприклад: дистанційне відмикання замків на дверях, включення охоронної сигналізації, отримання дорожньої інформації, попередження про зіткнення тощо. Оптичні лінії зв'язку також поки що не знаходять застосування в автомобільних мультиплексних системах. Оптичні кабелі, здатні експлуатуватися в температурному режимі, характерному для автомобіля, коштують дорого, ще, з їх допомогою важко реалізувати мережі з шинною топологією (зіркоподібна чи кільцева топологія реалізується простіше).

Зараз у автомобільних мультиплексних системах інформація передається, зазвичай, дротами.

Однопровідна схема використовується при низьких швидкостях обміну, трохи більше 10...20 Кбіт/сек. При більш високих швидкостях передачі застосовуються кручені пари і екранування, при цьому зменшується паразитне електромагнітне випромінювання. При високих швидкостях обміну й малій потужності сигналу доцільне використання коаксіального кабелю. У цьому важливо враховувати удільні електричні характеристики каналу зв'язку, такі як: опір (Ом/м), згасання (дБ/м), затримку поширення (нс/м), допустиму максимальну довжину лінії.

Враховується також маршрут прокладки лінії зв'язку в автомобілі та максимальна довжина відводів до вузлів (для шинної



топології).

Рисунок 6.25. Вартісні і експлуатаційні характеристики різних ліній зв'язку

6.5.2 Підрівні MDI і PMA

У автомобільних мультиплексних системах сигнали передаються на відносно високій частоті і мають малу потужність. З огляду на це для з'єднувачів важливими параметрами на підрівні MDI є перехідний опір контактів, максимальна частота каналізації, можливість підключення екрана. На підрівні PMA фізичного рівня визначаються характеристики шинних драйверів (формуваців) і приймачів. Ємність передавальної лінії і струмоформувальна здатність джерела сигналів обмежує довжину лінії, при якій можлива надійна передача. Так, TTL-формуваць може надійно працювати у лінії, довжина якої не перевищує 70см. Для розширення діапазону передачі використовуються спеціалізовані інтегральні мікросхеми — лінійні формуваць (драйвери) і лінійні приймачі (мережні адаптери). Ці пристрої підключаються до лінії.

6.5.3 Сигнали на фізичному рівні (підрівень PLS)

На підрівні PLS розглядаються питання представлення бітів, синхронізації, двійкове кодування. Коли комп'ютери і термінали розділені великими відстанями, є економічно вигіднішим запровадити тимчасове настроювання в сам сигнал, замість того щоб використовувати окремий канал синхронізації. Тобто ми домовилися до поняття так званого самосинхронізуючого коду. З використанням кодів, які є самосинхронізованими, виникає проблема, яка полягає у тому, що синхросигнал і дані можуть змінитися, коли поширюються по окремим каналам. Синхросигнал пришвидшується чи сповільнюється щодо інформаційного

сигналу, що означає, що у приймача виникають проблеми з настроюванням приймання інформаційного сигналу, його захопленням.

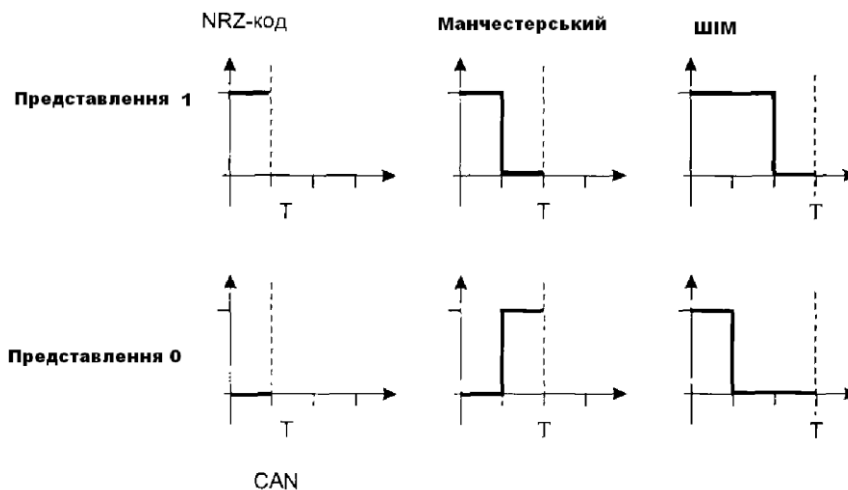


Рисунок 6.26 - Приклади кодування біта

Ідея у тому, щоб мати код до регулярних і частих змін (переходів) рівнів сигналу в каналі. Переходи здійснюють поділ двійкових елементів даних (одиниць і нулів) в приймальнику, а логічні схеми постійно відстежують зміни стану для того, що виділяти одиниці, і нулі з потоку бітів з метою настройки. Стробування зазвичай виробляється приймачем з вищою швидкістю, ніж швидкість зміни даних, щоб точніше визначити елементи даних.

На рисунку 6.26 показані способи уявлення бітів в системах кодування, що застосовуються у мультиплексних мережах. Тут T — час для подання одного біта. Зауважимо, що реальні сигнали не є такими прямокутними, з крутими фронтами, як показано на рисунку 6.26. Для коду без повернення до нуля (NRZ-код) рівень сигналу є постійним для кожної послідовності однойменних бітів. І тут рівень сигналу залишається низьким для біта 0 зростає до деякого високого рівня напруги для біта 1 (у багатьох пристроях для 0 і 1 використовуються протилежні по полярності значення напруги). Код NRZ, широко використовується для передачі даних внаслідок своєї відносної простоти і низької вартості. NRZ-код забезпечує дуже ефективне використання смуги частот, бо він може представляти біт для кожної зміни сигналу. Проте його недоліком є відсутність здібності самосинхронізації, оскільки довгі серії одиниць і нулів які йдуть підряд, не призводять до змін стану сигналу в каналі. У результаті може відбутися неузгодженість (дрейф) таймера приймача стосовно поступаючого сигналу і невчасне опитування лінії, передавач і приймач можуть фактично втратити взаємну синхронізацію. NRZ-код може бути полярним і біполярним залежно від конкретної реалізації. Код з поверненням до нуля (RZ-код) передбачає, що у поданні кожного біта сигнал змінюється по один раз. Оскільки RZ-коди забезпечують зміну стану для кожного біта, ці коди мають дуже хороші властивості синхронізації. Основний недолік RZ-кода у тому, що він потребує двох переходів (змін) сигналу для кожного біта. Отже, RZ-код зажадає вдвічі більшої швидкості (в бодах) у порівнянні з звичайним кодом. Як приклад RZ-кодів малюнку 6.26 показані манчестерський код і широтноімпульсна модуляція. У автомобільній мультиплексній шині CAN використовується NRZ-код.

6.5.4 Управління доступом до середовища (підрівень MAC)

Локальні мережі звичайно є рівноранговими, тобто статус всіх вузлів однаковий, вони теж мають рівні права на доступ до мережі. З іншого боку, лише один вузол може передавати дані до мережі у будь-який конкретний час. Необхідний механізм контролю за доступом до шини (середовища), що й реалізується на підрівні MAC. Метод доступу CSMA/CD (Carrier Sense, Multiple Accesswith CollisionDetection) — метод множинного доступу з контролем несучої і виявленням колізій. Коли той чи інший пристрій готовий до передачі даних в мережу, він видає на шину запит для перевірки того, чи не передаються вже через цю мережу будь-які дані. Якщо мережа зайнята, контролер чекає протягом деякого довільного інтервалу часу, щоб виконати ще одну спробу передати дані. Якщо лінія мережі досі зайнята, контролер чекатиме довше до

наступної спроби. Оскільки кожний контролер у мережі чекає протягом довільного, випадково обраного інтервалу часу, є можливість того, що всі пристрої приймуть з шини призначені їм повідомлення, зростає. Щоб виключити зіткнення, контролер, передаючи дані, неперервно контролює стан шини. Якщо контролер виявляє, що у шині вже є дані, передані не ним, він доходить висновку, що зіткнення, швидше за все, вже сталося, і призупиняє передачу. Оскільки і той контролер, що передає дані, які визвали зіткнення, постійно запитує шину, він також припиняє передачу. Обидва контролери після цього очікують протягом довільного інтервалу часу, щоб спробувати знову передати весь блок даних. Обрана у випадковому порядку тривалість періоду очікування підвищить ймовірність те, що обидва контролери можуть передати дані через мережу без повторного зіткнення. Якщо воно все-таки відбувається, середня тривалість періоду очікування збільшується. Метод доступу CSMA/CD-A відрізняється від CSMA/CD наявністю арбітражу при колізіях, що використовують у CAN, VAN, VNP та інших

автомобільних шинних протоколах. Кожен пакет даних, який рухається по мережі, постачається пріоритетом. Якщо декілька вузлів одночасно намагаються вести передачу даних, вузли, які передають дані з нижчими пріоритетами, знайдуть колізію і припинять передачу. Вузол, дані від якого мають найвищий пріоритет, продовжить передачу. Це обмежує максимальну довжину лінії для заданої швидкості передачі. Наприклад, максимальна довжина електричної лінії для реалізації CAN-протокола зі швидкістю передачі 1 Мбіт/сек трохи більше 40 метрів. Обмін даними в автомобільних мультиплексних системах може здійснюватися по різних протоколах, які зведені в таблиці 6.2.

	A-BUS	CAN	J1567	J1850	J2058	VAN	J2106
Класс SAE		B,C	B	B	A		C
Розробник	VW	ISO, Bosch	Chrysler	Ford, GM, Chrysler	Chrysler	ISO	GM
Лінія зв'язку	Провод	Витая пара, оптическая	Витая пара	Витая пара	Провод	Витая пара	Витая пара, оптическая
Код	NRZ	NRZ + вставка бита	NRZ	ШИМ	NRZ	MAN	NRZ + вставка бита
Доступ до місця	Недетерм.	Недетерм.	Недетерм.	Недетерм.	Детерм.	Недетерм.	Недетерм.
Швидкість обміну в секунду	500 кбит	1 Мбит	8 кбит	42 кбит	1 кбит	Визначає користувач	2 Мбит

ТЕМА 7 ПРОТОКОЛ CAN ДЛЯ АВТОМОБІЛЬНИХ МУЛЬТИПЛЕКСНИХ СИСТЕМ

Лекція 7. Протокол CAN для автомобільних мультиплексних систем

7.1 Протокол CAN

Протокол CAN розроблений інженерами фірми К.Возь ОтъН для застосування автомобілями. Протокол відповідає міжнародним стандартам 180 11898 і I8011519, практично використовується кількома виробниками електронних приладів. Протокол CAN визнаний автомобільними виробниками Європи, використовується на сучасних легкових автомобілях, вантажівках, автобусах, сільськогосподарському транспорті, в морському обладнанні, для автоматизації виробництва [14].

Протокол CAN підтримує метод доступу CSMA/CD-A до мережі із рівно- ранговими вузлами. Пакет даних має розмір не більше 8 байт і передається по послідовній шині. 15-бітовий циклічний контроль надмірності забезпечує високий рівень цілісності даних.

Нині виробляються декілька типів CAN-контролерів, які можна розділити на три групи залежно від підтримки ними розширеного формату кадру:

- контролери V2.0A. Підтримують лише стандартний формат, що неспроможні працювати у мережі, де передаються кадри розширеного формату;
- контролери V2.0B, пасивні. Підтримують лише стандартний формат, але можуть працювати у мережі, де передаються кадри розширеного формату;

- контролери V2.0B, активні. Підтримують операції з кадрами стандартного і розширеного форматів.

Контролери CAN класифікуються як і повні або базові залежно від організації буферизації даних.

Повний CAN-контролер має певну кількість (зазвичай 14) спеціалізованих буферів для тимчасового зберігання повідомлень. При ініціалізації САК-контролера можна сконфігурувати його, вказавши, який кадр буде надходити до якого буфера.

7.1 Архітектура протоколу CAN

У стандартах Міжнародної організації стандартизації для протоколів САК 180 11898 (висока швидкість обміну) і 180 11519 (низька швидкість обміну) регламентується рівнева структура відповідно з стандартами LAN (локальні мережі) 1808802-2 і 8802-3. Протокол CAN належить до двох нижніх рівнів моделі ВОС, як показано на рисунку 7.1.

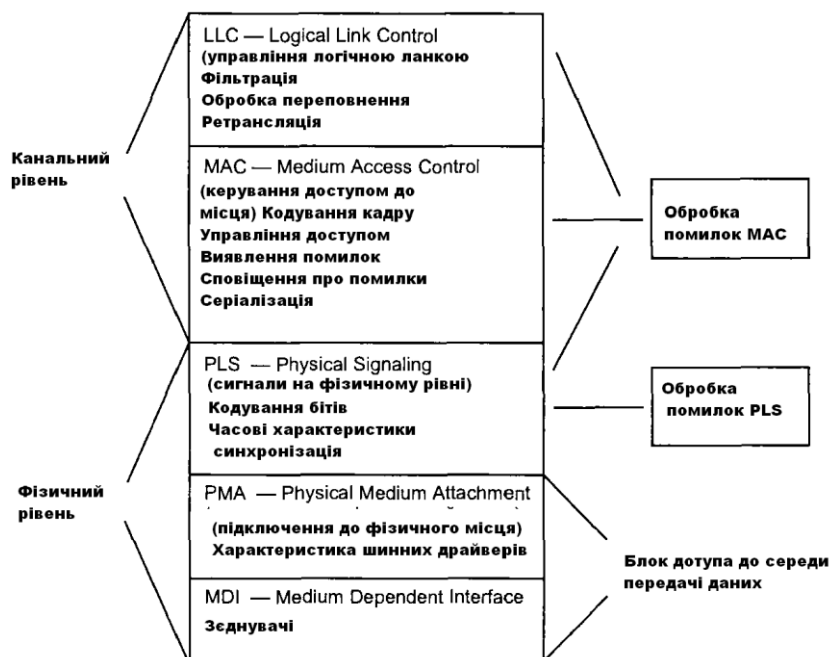


Рисунок 7.1 - Рівнева архітектура CAN

На фізичному рівні визначаються електричні характеристики з'єднувачів, шинних адаптерів, двійкове кодування, синхронізація.

Фізичний рівень розділений на три підрівні:

- MDI (медіум дерепденті interface) — підрівень інтерфейсу, що залежить від фізичного носія (передає середовище);
- PMA (physical medium attachment) — підрівень під'єднання до фізичного середовища;
- PLS (physical signaling) — сигнали на фізичному рівні.

На каналному рівні визначається формат кадру, виявлення і передача помилок під час трансляції, автоматична ретрансляція даних, фільтрація. Канальний рівень розділений на два підрівня:

- MAC (medium access control) — управління доступом до середовища;
- LLC (logic link control) — управління логічним каналом.
- Передає середовище й нижні підрівні протоколу CAN

Протокол CAN переважно призначений для мереж з шинної топологією і електричними проводами як каналу зв'язку (передавальної середовища). Можуть застосовуватися і інші передавачі середовища, здатні підтримувати стан високого/низького рівнів, що необхідне для здійснення побітового арбітражу.

Міжнародна організація стандартизації визначила стандарт ISO 11519-2 для шин САК зі швидкістю обміну до 125 Кбіт/сек і ISO 11898 для швидкості обміну вище 125 Кбіт/сек. Ці стандарти різняться лише специфікаціями нижніх підрівнів MDI і PMA фізичного рівня протоколу CAN у питаннях підключення до передавального середовища (шини).

Підрівні MDI і PMA іноді називають блоком MAD — medium access іпії (блоком доступу до середовища передачі даних). На рисунку 7.2 показано підключення до шини CAN відповідно до цих стандартів. Швидкісний канал зв'язку створений двох -провідною лінією (рисунок 7.2, я), до обох кінців якої підключені характеристичні опори подолання відображень. Це диференційна лінія з придушенням синфазних перешкод. За рахунок низького характеристичного опору лінія має хорошу стійкість до перешкод, якщо використана вита пара.

Повільний канал зв'язку також виконаний двох-провідним (рисунок 7.2,б)

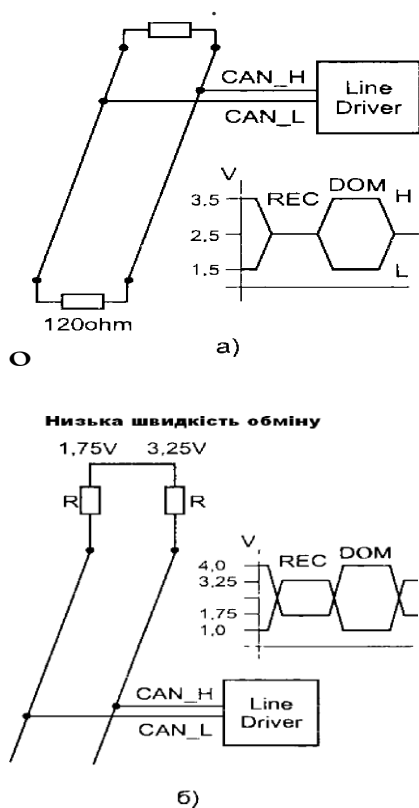


Рисунок 7.2

- Підрівень PMA (підключення до фізичного середовища) визначає характеристики шинних драйверів і приймачів.

У цьому, лінії шини CAN можуть міститися у одному з цих двох станів: домінуючого рівня (дотіпапі) і домінуючого рівня (recessive). Якщо один із вузлів встановлює шину в стан домінуючого рівня, вона буде встановлена, незалежно від станів інших вузлів.

На рисунок 7.4 схематично показано підключення лінійного драйвера до швидкісної шини.

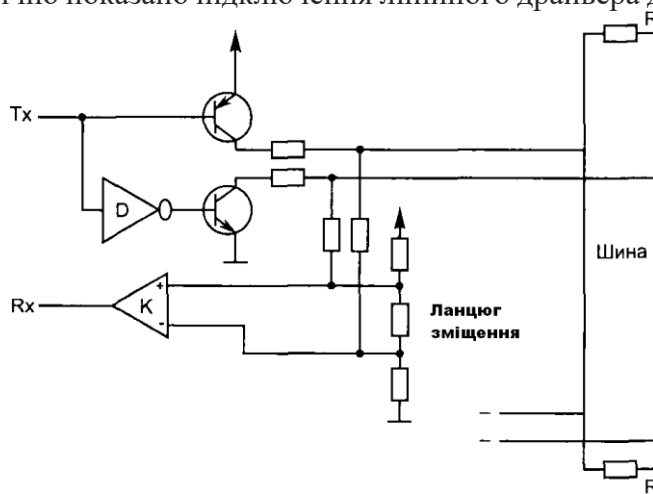


Рисунок 7.4 - Підключення драйвера до шині

Коли логічний рівень сигналу на вході Tx дорівнює «1», обидва транзистора в вихідному каскаді закриті і вихід драйвера перебуває у високодисперсному стані. Шина перебуває у стані

недомінуючого рівня, диференціальний напруга приблизно дорівнює нулю, напруга зміщення близько 2,5 В.

При подачі сигналу «0» на вхід Tx обидва транзистора відмикаються, диференціальна напруга стає рівним близько 2,5 В, шина перетворюється на стан домінуючого рівня.

Наявність ланцюга зміщеної напруги гарантує зміну полярності сигналів на входах компаратора «К» при переході шини від одного стану до іншого.

7.2 Підрівень PLS

На підрівні PLD реалізуються двійкове кодування і синхронізація, визначається час передачі біта.

- Протокол CAN використовує двійкове кодування (NRS-код), тобто в час передачі біта не може бути ніяких переключень рівнів, які б використовувалися для синхронізації (рисунок 6.26). Це пред'являє високі вимоги до стабільності частоти генераторів (використовуються кварцові). Доводиться вводити розділювальні сигнали в послідовності однойменних бітів для полегшення синхронізації.

- Час передачі одного біта схематично представлено на рисунку 7.5. Протягом цього часу виконуються функції по управлінню шиною, такі як синхронізація ЕБУ, компенсація запізнювання в лінії, позиціонування моменту опитування (стробування).

Тривалість окремих сегментів в квантах програмується часо-задавальною логікою адаптерів CAN. Тривалість кванта пов'язана з роздільною здатністю підрівня PLS.

Сегмент SINS SEG використовується для синхронізації різних ЕБУ, підключених до шини. Зміна рівня сигналу (наприклад, з «0» на «1») передбачається у цьому сегменті. Його тривалість завжди дорівнює одному кванту.

Сегмент PROP SEG служить для компенсації тимчасових затримок при розповсюдженні сигналу в лінії і проходженні його через адаптери.

Сегменти PHASE_SEG1 і PHASE_SEG2 компенсують помилки фази, вони можуть бути подовжені або вкорочені при ресинхронізації.

Момент опитування — точка часу, коли стан шини інтерпретується як значення відповідного біта.

- Синхронізація проходить у момент переходу шини зі стану недомінуючого рівня у стан домінуючого рівня.

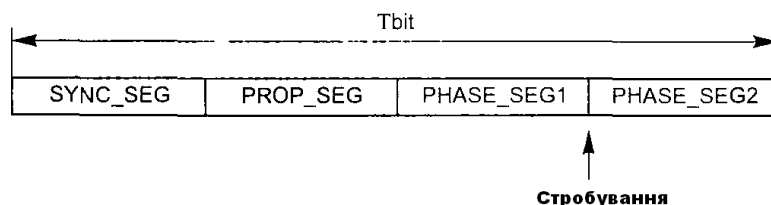


Рис. 7.5. Час передачі біта

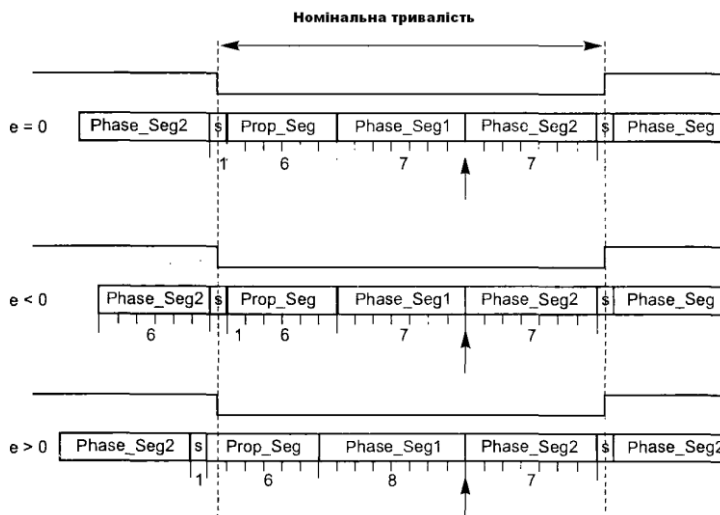


Рисунок 7.6 - Синхронізація передачі біта

Цей перехід завжди повинен відбуватися протягом сегмента 8ҰКС_8EO. Для компенсації різних збоїв або затримок в лінії використовується скорочення тривалості сегмента PHASE_SEG2 по відношенню до номінального значення або збільшення тривалості сегмента PHASE_SEG1. Зміна тривалості сегментів програмується в межах 1...4 кванта, але не більш ніж значення PHASE_8E01.

На рисунку 7.6 номінальні значення тривалості сегментів становлять: PKOP_8EO - квантів, PHA8E_8E01 і PHA8E_SEG2 по 7 квантів. При нульовій фазовій помилці ($\epsilon = 0$) фронт сигналу проходить упродовж сегмента SYNC SEG без жодної компенсації тривалості.

При негативній фазовій помилці ($\epsilon < 0$), у її накопиченні, фронт сигналу може з'явитися після стробіювання. Щоб запобігти цьому скороченню тривалість сегмента PHASE_SEG2 попереднього біта із 7 до 6 квантів.

При позитивній фазовій помилці ($\epsilon > 0$) фронт сигналу може пройти до моменту стробіювання при її накопиченні. Щоб запобігти цьому збільшена тривалість сегмента PHASE_SEG1 із 7 до 8 квантів.

- Підрівень MAC (Управління доступом до середовища в CAN)

На підрівні MAC здійснюється упаковка даних в кадри формату CAN з різними управляючими бітами, серіалізація, додавання розділювальних бітів, арбітраж, виявлення помилок, і перевантаження, перевірка підтверджень.

Передача інформацій в мережі CAN здійснюється кадрами чотирьох форматів:

- кадри даних, служать передачі інформації від вузла до вузла;
- кадри запиту, для запиті даних одним вузлом в іншого;
- кадри помилки, передаються вузлом, які виявили якусь помилку;
- кадри перевантаження (переповнення), використовуються передавачем для припинення передачі кадрів до мережі.

Між кадрами вводиться міжкадровий простір і при передачі кадрів використовуються п'ять процедур управління:

- вставка додаткових бітів для синхронізації;
- побітовий арбітраж;
- виявлення помилок;
- контроль циклічності надлишковим кодом;
- сигналізація помилок.
- Кадр даних служить передачі повідомлень по шині і складається з семи основних полів (рисунк 7.7).

1	SOF
1	Ідентифікатор
1	Індикатор запиту
6	Керуюче поле
0	Дані
1	CRC
1	CRC 'розділювач
1	Поле АСК
1	Розділювач АСК
7	Кінець кадра
3	Міжкадровий простір

Рисунок 7.7 Кадр стандартного формату

У полі даних можуть знаходитися від 0 до 8 байтів (64 біт).

1	SOF
1	Ідентифікатор
1	Додатковий біт запиту
1	Ознака розширення ідентифікатора
1	Розширення ідентифікатора
1	Індикатор запиту
6	Керуюче поле

0.	Дані
----	------

Рисунок 7.8 - Початкова частина кадру даних розширеного формату

За полем даних слідує 15-бітове поле контролю циклічно перебільшеним кодом (CRC), яке використовується для визначення помилок, і роздільник (СКС).

На рисунок 7.8 показана початкова частина кадру даних розширеного формату з 29-бітовим ідентифікатором. Біти індикатора запиту і індикатора розширеного формату знаходяться в стані недомінуючого рівня. Це означає, що кадр стандартного формату має як високий пріоритет стосовно кадру розширеного формату при однаковому змісті перших 11-бітів поля ідентифікатора

1	SOF
11	Ідентифікатор
1	Ідентифікатор запиту
6	Керуюче поле
0...64	Дані
15	CRC
1	СКС-розділювач
1	АСК
1	Розділювач АСК
7	Кінець кадра
3	Міжкадровий простір

Рисунок 7.9 - Кадр запиту

- Кадр запиту відрізняється від кадру даних відсутністю поля даних (рисунок 7.9). Біт поля запиту перебуває у стані недомінуючого рівня. Кадр запиту використовується для запиту даних одним вузлом від іншого. У відповідь вузол-адресат посилає кадр даних із настільки ж ідентифікатором.

- Кадр помилки передається вузлом, які виявили якусь несправність. Кадр помилки надходить у всі вузли і складається з двох полів — поля прапорця помилки і поля роздільника. Прапорець помилки може бути активним або пасивним. Активний прапорець складається з шести послідовних бітів в стані домінуючого рівня (рисунок 7.10), пасивний — з 6 бітів недомінуючого рівня. Роздільник помилок складається з восьми бітів недомінуючого рівня.

Прапорець помилки, пасивний або активний

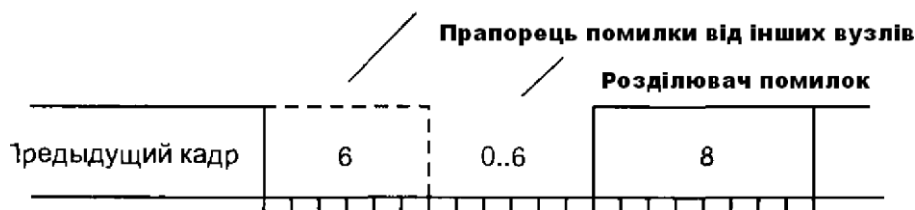
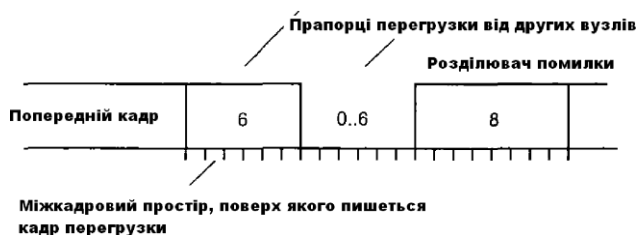
Рисунок 7.10 Кадр помилки
Прапор перегрузки, активний або пасивний

Рисунок 7.11 - Кадр перевантаження

- Кадр перевантаження (переповнення) посилається на шину підрівнями MAC або LLC-див. (рисунок 7.1) при виявленні перевантаження або деяких помилок. При отриманні кадру

перевантаження вузол затримує передачу чергового кадру даних на шину, даючи приймачу час виконати її завдання.

Кадр перевантаження (рисунок 7.11) містить два поля — прапорець перевантаження і роздільник. За структурою кадр перевантаження збігається з кадром помилки, але відрізняється часом передачі. Кадр помилки передається відразу після її виявлення одним з вузлів, а кадр перевантаження передається по закінченні поточного кадру, ігноруючи міжкадровий простір.

Поява кадру помилки у сучасних мережах CAN — подія малоімовірна. Ця опція збережена для сумісності з більш повільними CAN — контролерами колишніх розробок, наприклад, з піонером — Intel 80526.

Сучасніші контролери це Intel: 82527; Philips: SJA1000; Siemens: 81C90; Siemens.: 81C91.

- На підрівні MAC між закінченням попереднього та початком наступного кадру обов'язково проходить деякий час, що називається міжкадровим простором. Перед кадрами помилок, і перевантаження міжкадрового

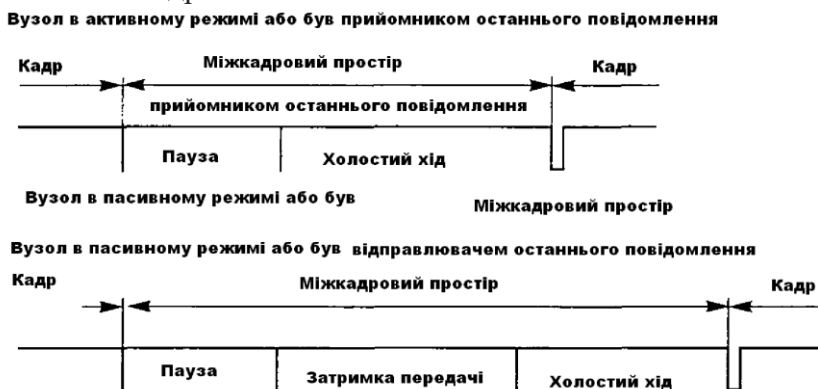


Рисунок 7.12 - Вузли в активному режимі

Простір між кадрами може містити поля: «міжкадровий простір», «холостий хід шини», «затримка передачі». Для вузлів в активному режимі (рисунок 7.12) міжкадровий простір містить паузу і холостий хід.

- У протоколі CAN використовується МК2-код (non-return-zero) ефективно використовується частотна смуга лінії зв'язку,але якщо в послідовності багато бітів одного значення,то можливі порушення синхронізації. Щоб запобігти цього, у послідовність, що складається з 5 і більше однакових бітів, вставляються додаткові синхронізуючі біти (рисунок 7.13). У приймальному ці допоміжні біти автоматично видаляються.

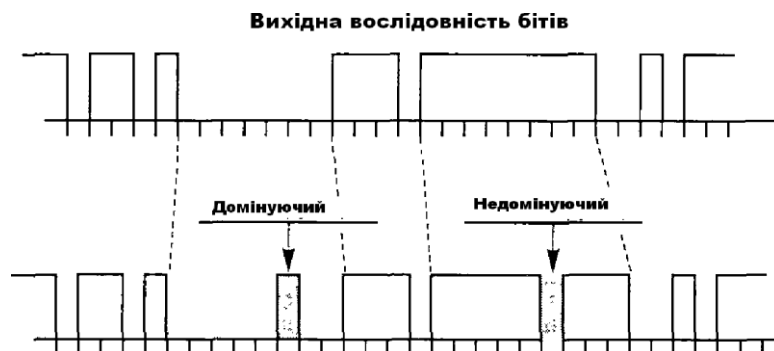


Рисунок 7.13 - Запровадження додаткових бітів для синхронізації

Кадр завжди передається починаючи з стартового біта (SOF) у межах поля першими йдуть біти, які мають найважливішу інформацію.

- Побітовий арбітраж є особливістю протоколу CAN.

Мультиплексна система, підпорядковується CAN-протоколу, і є рівноранговою. Будь-який вузол має право на доступ до шини, коли він вільний. Ознакою цього є виявлення вузлом міжкадрового простору.

На рисунку 7.14 показані три вузла, які намагаються одночасно одержати доступ до мережі CAN. Для першого вузла ідентифікатор 011111..., для другого — 0100110..., для третього — 0100111... Вузли 2 і 3 продовжують передачу до сьомого біта. В цей момент часу рухаючись вузлом 3 біт «1» не збігаються з станом шини «0» і вузол 3 відключиться, передачу продовжить лише вузол 2.

Нерозв'язні конфлікти можуть виникати на шині, якщо в кадрах запиту збігаються ідентифікатори, але зазначено різну кількість бітів в необхідних даних. Для запобігання конфліктів у межах системи ці числа повинні бути однаковими.

- Протокол CANна відміну інших не використовує квітуння повідомлень. Натомість CAN сигналізує про виявлення помилок. У протоколі є п'ять способів виявлення помилок:

- *контроль циклічно-надлишковим кодом (СКС)*. Передавач додає в кадр додаткові біти на полі СКС, використовуючи утворювач поліном і вміст кадру. На приймаючому боці визначається код СКС і порівнюється зі переданим. Відсутність збігів визначається як помилка CRC;

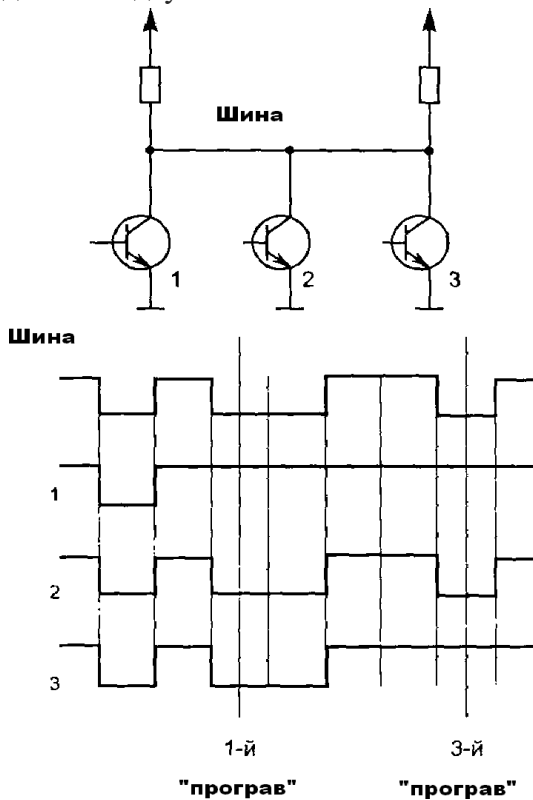


Рисунок 7.14 - Побітовий арбітраж

- *перевірка кадру*. Перевіряються формати полів кадру. Виявлені помилки називаються помилками кадру;

- *визначення помилки АСК*. Приймач, який одержав інформацію, встановлює біт АСК в домінуючий стан. Передавач, який не одержав підтвердження у такій формі, повідомляється про помилку у кадрі або відсутності приймачів.

У протоколі CAN є дві процедури виявлення помилок на бітовому рівні:

- *моніторинг шини*. Вузол може контролювати власним повідомленням під час передачі і може знайти невідповідність між тим, що він передає, і тим, що передає до приймача. Винятком є посилка недомінуючих бітів при арбітражі чи біта АСК. Це дозволяє відрізнити глобальні помилки від локальних помилок передавача;

- *визначення помилки при введенні додаткових бітів синхронізації*. Помилка визначається і при отриманні приймачем шести однакових послідовних бітів.

Перші із трьох перелічених способів реалізуються лише на рівні повідомлення (кадру), два останніх — на бітовому рівні.

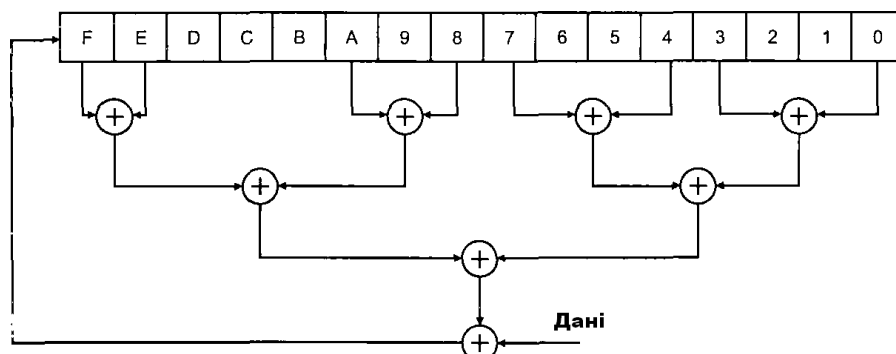


Рисунок 7.15 - Схема включення регістру

- У протоколі CAN застосовується контроль циклічно надлишковим кодом (СКС), для чого використовується поліном $x^{15} + x^{14} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^4 + x^3 + 1$, генеруючи двійкову псевдовипадкову послідовність максимальної довжини. Апаратно чи програмно організується зсуваючий 16-розрядний реєстр зі зворотними зв'язками через схеми «які виключають АБО» (сума по модулю два) відповідно до коефіцієнтів утворюваного полінома (рисунок 7.15). Реєстри на стороні приймача і передавача від початку встановлюються в однаковий стан. Через реєстр проходять біти повідомлення починаючи з старших. Після цього вміст реєстру стає циклічно надлишковим кодом (СКС). За відсутності помилок коди приймача і передавача збігаються. При помилці біт АСК залишається недомінантним. перерване повідомлення.

При виявленні помилки CRC, кадр помилки починає передаватися після роздільника СКС. Для інших видів помилок кадр помилки починає передаватися з наступного біта після виявленої помилки.

Після переривання помилкового повідомлення передавач намагається його повторити, щойно шина, звільниться.

- Підрівень LLC
- Можливості підрівня

Підрівень LLC відповідає верхній частині канального рівня моделі ВОО. Тут вирішуються питання незалежно від способів доступу до середовища, такі як: рішення про ухвалення повідомлення вузлом, визначення стану перевантаження, повторення передачі і т.д.

- Підрівень LLC забезпечує користувача інтерфейсом CAN можливістю виконувати такі завдання:

1. передавати дані без квітування;
2. передавати кадр запиту без квітування.

Взаємодія між підрівнем LLC і користувачем здійснюється з застосуванням двох типів кадрів: кадру даних LLC і кадру запиту LLC (рисунок 7.16).

Поле ідентифікатора містить 11 біт. Сім найвагомійших бітів неможуть бути одночасно у стані «1».

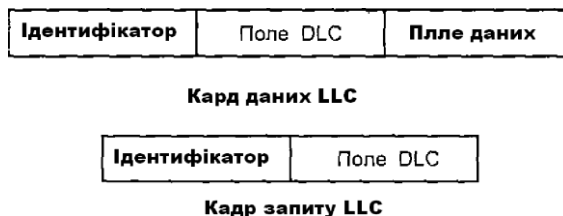


Рисунок 7.16 - Кадри даних і запиту

В поле DLC (data length code) входить 4 біта. Тут вказується розмірність поля даних в байтах. Допустимими значеннями можуть бути 0-8, комбінації цифр 9 і 5 заборонені.

У полі даних може бути до 8 байт, відповідно до значень DLC.

Кадр запиту ідентичний кадру даних, але не містить поля даних. Поле DLC повинна утримувати число байтів даних відповідно до ідентифікатора.

- Рішення про ухвалення повідомлення вузлом реалізується наступним способом. За необхідності послати повідомлення вузол передає дані і ідентифікатор своєму шинному драйверу САК. Тут повідомлення форматується в кадри і передається на шину драйвером, коли шина вільна чи відповідно з пріоритетом інформації. Всі інші вузли шини стають приймачами цих повідомлень. Кожен вузол визначає — йому призначена ця інформація чи ні. Якщо «так», інформація приймається, якщо «ні» — ігнорується. Процедуру такої фільтрації може виконати і ЕБУ, але для розвантаження ЕБУ у сучасних протоколах CAN для мультиплексних систем визначення призначення повідомлення покладено адаптери CAN.

Оповідження про перевантаження передається в шину CAN, коли внутрішні умови приймача вимагають затримки перед прийняттям наступного кадру. Кадрперевантаження ініціюється підрівнем LLC.

7.2.2 Обмеження поширення помилок

Найважливішими завданнями при обмеження поширення помилок є:

- розрізнення тимчасових і постійних відмов;

- відключення несправних вузлів від шини.

Для цього використовуються лічильники відмов вузла, один для режиму передачі, інший прийому. При виявленні помилки вміст відповідного лічильника збільшується на число в діапазоні 1...8 залежно від типу помилки. Після успішної передачі чи прийому значення у відповідному лічильнику зменшується на одиницю.

Вміст лічильників відповідає відносній частоті появи відмов в передісторії. Вважається, що вузол вийшов з ладу, якщо загалом одне з восьми повідомлень передається (приймається) з помилкою.

Функціонування вузлів модифікується залежно від вмісту лічильників. Вузли можуть мати один із трьох станів:

- *стан активного відпрацювання помилок (error active)*. Це нормальний режим роботи вузла. При виявленні відхилень вузол видає на шипу кадр активної помилки;

- *стан пасивного відпрацювання помилок (error passive)*. Вузол переключасться до цього стану, коли вміст одного з лічильників перевищить 127. При виявленні відхилень вузол посилає по шині кадр пасивної помилки;

- *відключення від шини (bus off)*. У цей режим вузол потрапляє, якщо вміст лічильника перевищив 255. Після відключення вузол на роботу шини не впливає. Вузлу може бути дозволено повернутися до активного стану після ініціалізації від протоколу вищого рівня (Normal Mode Request) і проході по шині 128 послідовностей з 11 недомінантних бітів.

У мультиплексних системах з дуже високою швидкістю обміну даними топологія шини мусить бути максимально наближено до лінійної для зменшення відображень в кабелі. Відгалуження від шини до вузлів повинні бути максимально короткими.

Для зменшення стоячих хвиль точки підключення вузлів до шини не повинні розташовуватися на рівній відстані один від одного, відводи повинні мати різну довжину. Наприклад, відповідно до стандарту 8AE J1939/11, для швидкості обміну 250 Кбіт/сек максимальна довжина відводу може бути 1 метр, мінімальна відстань між точками підключення вузлів до шини — 0,1 метра.

- Під час експлуатації можуть з'явитися різні несправності шини. Розглянемо опис цих несправностей та їх наслідків.

1. Обрив лінії CANH. Мережа розбивається на дві, які не пов'язані одна з одною підмережі. Обмін даними між вузлами різних підмереж неможливий. У межах одної підмережі обмін зберігається, але з гіршим співвідношенням сигнал/шум.

2. Обрив лінії CAN L. Аналогічно випадку 1

3. Замикання лінії CANH на напругу джерела живлення (акумулятор). Обмін даними зазвичай неможливий.

4. Замикання лінії CAN L на масу. Обмін даними зберігається, оскільки напруга у лінії залишається у припустимих межах, але з гіршим співвідношенням сигнал/шум і великим паразитним випромінюванням.

5. Замикання лінії на масу. Обмін даними рисунок неможливи

6. Замикання лінії CAN L на напругу джерела живлення (акумулятор). Обмін даними зазвичай неможливий.

7. Замикання ліній CAN_H і CAN_L між собою. Обмін даними неможливий.

8. Розрив обох ліній в одному місці. Аналогічно випадку 1.

9 - Відключення кінцевого резистора. Обмін даними може бути, але з гіршим співвідношенням сигнал/шум за рахунок збільшення стоячих хвиль.

10 - Обрив з'єднувача від вузла до лінії CAN_H. Цей вузол неспроможний брати участь у роботі мережі.

11 - Обрив з'єднувача від вузла до CAN_L лінії. Цей вузол неспроможний брати участь у роботі мережі.

З сказаного ясно, що після появи одної з несправностей процес обміну даними по шині стає неможливим, після появи інших — обміну може бути, але з гіршим співвідношенням сигнал/шум.

Загальні вимоги такі:

- електричне полі з напругою 200 В/м в безпосередній близькості від автомобіля на повинен викликати збоїв у роботі автомобільних автотронних систем;
- напруга на передавальній автомобільній антені має бути менш 1 мкВ в діапазоні частот 20... 1000 МГц.

Основною проблемою під час використання мультиплексних систем з великою швидкістю обміну даними є випромінювання електромагнітних перешкод завдяки чому, шинні драйвери вузлів працюють у ключовому режимі на високій частоті. Для зменшення паразитного випромінювання використовують екранування кабелю, кручені пари, включають послідовно дроселі у відводи до вузлів. Має значення і маршрут прокладки кабелю шини, вона мусить проходити подалі від устаткування, чутливого до електромагнітних перешкод, ближче до заземлених об'єктів.

Іноді в мультиплексних системах зменшують швидкість наростання фронтів сигналів. Це спричиняє деяке зменшення паразитного електромагнітного випромінювання. З іншого боку, зменшення крутизни фронтів викликає втрату швидкості передачі, рівень сигналу на шині більш тривало перебуватиме у невизначеному стані між 0 і 1, що може дати, навпаки, підвищення рівня випромінюваних шумів. Для швидкісних мультиплексних систем зменшення крутизни фронтів навряд чи доцільно.

Автомобіль є джерелом підвищеної небезпеки, і повинен працювати надійно протягом усього терміну експлуатації. Сучасні мультиплексні системи таким вимогам відповідають. Наприклад, шина CAN, працююча зі швидкістю передачі 1 Мбіт/сек при середньому завантаженні шини 50%, середньої довжині повідомлення 80 біт, повним термін експлуатації 4000 годин пропустить 9×10^{10} повідомлень. Статистична оцінка для числа невпізнаних неправильних повідомлень під час експлуатації складе менше 10.

ТЕМА 8 МЕХАТРОНІЧНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ КУРСОВОЮ СТІЙКІСТЮ АВТОМОБІЛЯ

Лекція 8. Системи управління курсовою стійкістю автомобіля

8.1 Управління рухом автомобіля

Управління рухом автомобіля на кривій дорозі з ухилами і підйомами, наприклад на гірському серпантині, є не лише важкою і небезпечною роботою для середньостатистичного водія. Завдання управління ще більше ускладнюється за зміни погодних умов, при дощі, снігопаді і особливо на заледенілому шосе. Рух гірськими дорогамм в таких випадках забороняється. Але й на висококласних рівнинних автомагістралях бувають досить круті повороти і ожеледь, що з практично необмеженою швидкістю руху часто призводить до дорожньо-транспортним подій (ДТП). Причиною усіх таких аварій є практично неконтрольоване падіння зчеплення колісних шин автомобіля з дорожнім покриттям, яке (зчеплення) ще більше слабшає у разі подовжнього чи бічного ковзання. При русі юзом автомобіль погано піддається управлінню і вивести його з такого стану при великій швидкості може не кожен водій. Вина за ДТП що сталося, завжди покладається на водія. Так, по статистичних даних американської дорожньої поліції, які мало розходяться з даними ДАІ, близько 95% всіх ДТП, що мають місце на рівнинних швидкісних дорогах в дощ, завірюхи, ожеледиці, відбуваються з вини водіїв, внаслідок вчинених ними помилок в управлінні. Ряд американських, німецьких і японських дослідників незгідні з таким трактуванням причин ДТП. Так, Kippelg [26] і Brown [27] провели більш уважну обробку поліцейської інформації про ДТП і зазначили, що у 19% всіх випадків винні недосвідченість, неухважність чи безтурботність водія; 31% ДТП посідає «тупість» (недосконалість) автомобіля, коли навіть майстерний водій неспроможний справитися з автомобілем й не допустити аварію; решта 50% ДТП мали місце через різкої, несподіваної для водія зміни дорожньої ситуації (наприклад, масляна пляма чи лід на дорожньому покритті), коли водій просто не встигав зреагувати. За даними Rompe та інших. [28], які досліджували дії водіїв при різкій зміні дорожньої ситуації ще до скоєння ними аварії, лише у 50% випадків водії намагались запобігти ДТП. Edwards та інші [29] уточнюють, що дії водіїв по запобіганню сутичок мають місце у 52%, а, по запобіганню з'їзду з автомагістралі за огороження чи з запобіганню перекидання автомобіля в 64-х% випадків. Отже ясно, що майже завжди у половині ДТП шовідбулись, винні не безтурботність чи неухважність водія, а природна інерційність сприйняття, яка веде до запізнення реакції за необхідності виконання миттєвої дії у сучасних умовах руху.

Дослідженнями Fuchs показано, що електронна автоматика нових розроблюваних моделей автомобілів, які обов'язково оснащуються системою курсової стійкості, має відповідати наступним вимогам:

- у разі порушення штатних (звичайних) умов руху, коли зчеплення колісних шин автомобілі з дорогою наближається до своєї фізичної межі, автомобіль не повинен поводитися непередбачено, динаміка його руху має змінюватися не різко, не повинні з'явитися заноси, різкі розвороти, з'їзди з дороги чи перекидання;
- навіть на слизких чи зледенілих дорогах відхилення від заданого водіям напрямку руху повинно залишатися мінімальним;
- ступінь завантаженості автомобіля не більше продиктованої норми не має впливати на стійкість його руху;
- бічний вітер, неприбраний від незначних піщаних чи сніжних наносів стан автомагістралі не повинні сильно впливати на рух автомобіля;
- параметри і характеристики автомобіля, відповідальні за безпеці руху, повинні залишатися у оптимальних нормах для суб'єктивного сприйняття водієм.

Гіроскоп — це свого роду вестибулярний апарат системи VDC, реагує на найменші флуктуації напрямку руху. Проте слід зазначити, що система VDC не являється системою безпілотного управління, а лише доповнює дії водія, залишаючи його відповідальність за вибір напрямку руху, не втручаючись у його управляючі маніпуляції до того часу, поки рух автомобіля протікає штатно (без юза коліс і заносу автомобіля) [34]. З 1995 року система VDC вийшла із стадії експериментальних досліджень, і стала встановлюватися на ексклюзивних легкових автомобілях.

8.2 Концепція і варіаційні параметри системи VDC

У штатних умовах руху траєкторія переміщення автомобіля по дорожньому полотну задається управляючими маніпуляціями водія. Ці маніпуляції, з допомогою відповідних датчиків, перетворюються на електричні сигнали кута повороту рульового колеса, крутного моменту двигуна (по розі повороту осі дросельної заслінки) і тиску рідини у гальмівній системі. Проте цих сигналів для автоматичної стабілізації стійкості руху в критичних ситуаціях недостатньо, і додатково потрібна інформація про величини, такі як: кут бічного відведення передніх коліс (а), кут бічного знесення автомобіля (b), бічне ковзання (S) коліс щодо дорожнього покриття і його напрямку (кут у), коефіцієнт (ню) зчеплення коліс з дорогою. Всі ці величини є вхідними варіаційними параметрами системи VDC і впливають на траєкторію руху автомобіля, щойно під колесами з'являється юз. На рисунку 8.1 показано, яку траєкторію буде описувати автомобіль, який входить зі швидкістю 80 км/год в крутий поворот за одного й того самого незмінного становища керма, постійному газі без гальмування, але при різноманітному стані дорожнього покриття. Крива «А» відповідає траєкторії повороту автомобіля з радіусом 40 м на сухому асфальті, коли бічне ковзання коліс щодо дорожнього покриття немає місця (ню>0,95). Фактичний напрямку руху відповідає напрямку, обраному водієм у вигляді відповідного повороту рульового колеса. Крива «В» відображає траєкторію руху автомобіля при повороті на мокрій дорозі відразу після дощу, коли асфальтне покриття особливо слизьке (ню < 0,65). покриття

Бічне ковзання, яке зявилося, передніх коліс призводить до бічного зносу автомобіля від заданого кермом напрямку руху, і радіус повороту залежить не тільки від становища керма, а й від сили бічного відведення. На зимовій дорозі при голольоді (ню<0,15) бічний знос автомобіля на повороті може бути настільки великим, що втрачається контроль над управлінням і автомобіль незалежно від дій водія піде на переміщення по автодорозі бічним юзом (крива «С» на рисунку 8.1) чи, більше того, може розпочати обертатися навколо вертикальної осі. З розгляду траєкторій, показаних на рисунку 8.1, очевидно, що при повороті автомобіля на слизкій дорозі кут бічного відведення (знесення) автомобіля повинен бути обмежений значенням, у якому коефіцієнт зчеплення "ню" коліс з дорогою не повинен ставати менше критичного для даних станів еластичності протектора колісних шин й дорожнього покриття. Однією з способів підвищення коефіцієнта зчеплення "ню" є використання у зимовий період жорсткішої шипованої колісної гуми. На рисунку 8.2, а приведена векторна діаграма сил, прикладених до переднього колеса під

час руху автомобіля на повороті, що відображає фізичну картину втрати стійкості у разі юза під колесами. На рис. 8.2, б показані точки докладання векторних зусиль і моменту розвороту навколо вертикальної осі, і навіть лінійні координати а, Б, с, цих точок щодо центру мас у системі координат x, y, z.

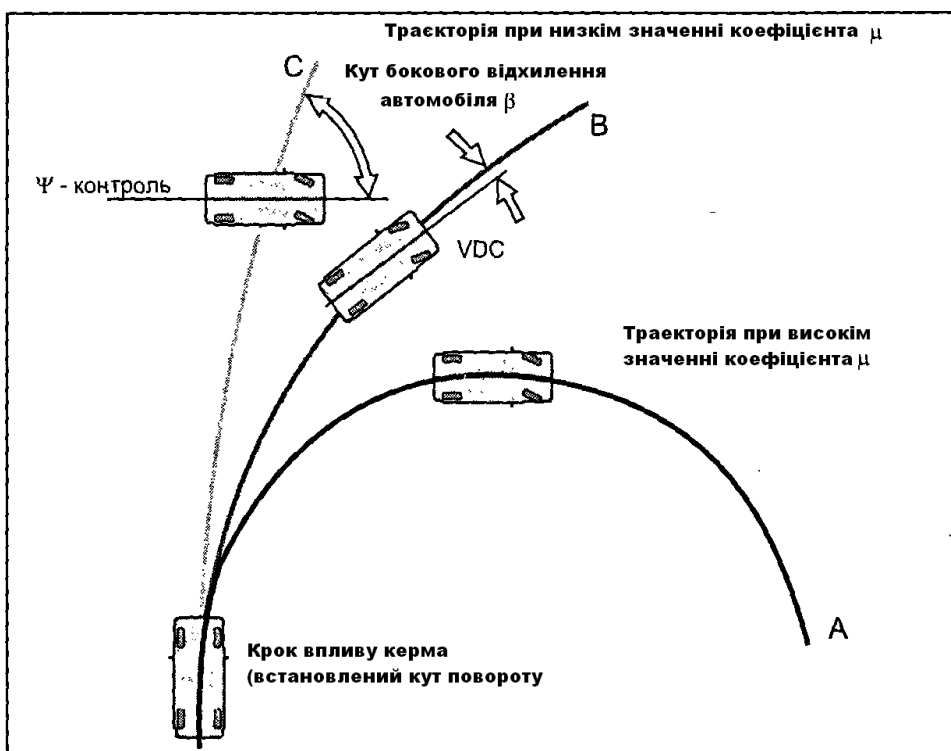


Рисунок 8.1 - Залежність траєкторії руху автомобіля від стану дорожнього

Кут а бічного відведення колеса виникає під впливом бічної сили P , коли еластична шина деформується в бічному напрямі, у результаті вектор швидкості V автомобіля відклоняється від площини обертання колеса [22]. Збільшення бічної сили F_s є причиною збільшення кута а. Відношення F_s/a називається коефіцієнтом опору відведення. $K = F_s/a$ (Н/град). Якщо кут а сягає значень $12...20^\circ$, то бічна сила F_s на сухому асфальті стає рівною силі F_r , зчеплення шини колеса з дорогою ($F_s = F_r$) і відведення колеса перетворюється на його бічне ковзання (юз). При впливі на колесо поздовжньої тягової сили F_l чи гальмівній сили F_g , коефіцієнт опору відведення (K) знижується. Якщо колесо нахиляється за вертикаллю, убик дії бічної сили, то кут відведення колеса збільшується, при напрямку сили F_s кут а зменшується. Якщо при повороті передні колеса обертаються вільно (без бічного юза і гальмування), то $F = 0$ й $\lambda = 0$, а результуюча сила $F_R = F_s \cdot 0$. Коли під передніми колесами з'являється юз, кут λ , який визначає напрям ковзання, зростає й, залежно від зміни коефіцієнта ковзання S в межах $0 < S < 1$, змінює свою величину від 0° до 90° . За рахунок юза починає збільшуватися сила F_g , гальмування колеса (без спрацьовування гальмівної системи), а бічна сила F відповідно до векторної діаграми (рисунок 8.2, а) зменшується. Зміна напрямку ковзання при бічному юзі призводить до обертання результуючої сили F_R навколо вертикальної осі повороту колеса, що викликає перерозподіл сил F_L , F_{g1} , F_s й створення моменту M обертання кузова автомобіля щодо центру мас під впливом ковзання даного колеса. Зрозуміло, що при бічному ковзанні S , близький до одиниці ($S \approx 1$), бічне відведення автомобіля перевищує критичне значення і автомобіль стає некерованим. Сумарний момент M_E обертання кузова навколо вертикальної осі дорівнює сумі моментів від кожного колеса окремо: $M_E = M_1 + M_2 + M_3 + M_4$.

Управляючи тяговими силами F_D головних коліс ($F_{D3} + F_{D4}$) і гальмовими силами F_g , всіх чотирьох коліс ($F_{B1}, F_{B2}, F_{B3}, F_{B4}$), можливо домогтися такої міри руху автомобіля на поворотах чи слизькій дорозі, у якому $M_E \ll M_K$. M_K — критичне значення сумарного моменту M_E , у якому кути бічного відведення центрів переднього і заднього мостів з'являються не під впливом бічного юза, а в результаті еластичного прогину шин всіх чотирьох коліс. У разі колеса не зриваються в юз і автомобіль залишається керованим. (Відповідно до ОСТ 37.001.05186, керованість автомобіля — це його здатність точно слідувати повороту передніх коліс [22].) Функції автоматичного управління підторможування і тягової сили коліс при повороті автомобіля на

великій швидкості або при русі по слизькій дорозі виконує система управління курсовою сталістю (система VDC).

8.3 Функціональна блок-схема системи VDC

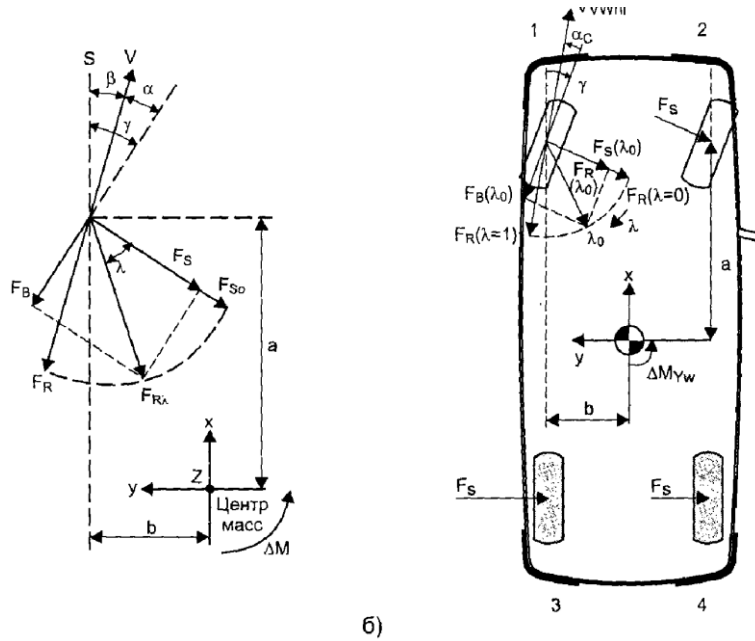


Рисунок 8.2 - СИЛИ, які діють на колеса автомобіля під час повороту

- V — вектор швидкості руху автомобіля;
- S — поздовжня вісь автомобіля; γ — кут повороту колеса щодо осі S ;
- a — кут бічного відведення колеса від фактичного напрямку руху (від вектора V); $p = (y - a)$ — кут бічного відведення автомобіля ("кут шастання»);
- F_s — бічна сила діюча на вісь колеса;
- F_g — гальмівна сила колеса за його ковзання дорогою;
- F_R — результуюча сила бічного відведення колеса, рівна векторній сумі гальмівній (F_B) і бічний (F_s) сил. ($F_R = F_s + F_B$);
- X — кут між віссю колеса і напрямом його ковзання

Раніше на рисунку 1.1 була показана система VDC як частина системи "дорога - водій-автомобіль". Функціональна блок-схема системи VDC, як відповідає рішенням фундаментальної задачі управління курсовою стійкістю автомобіля показана на рисунку

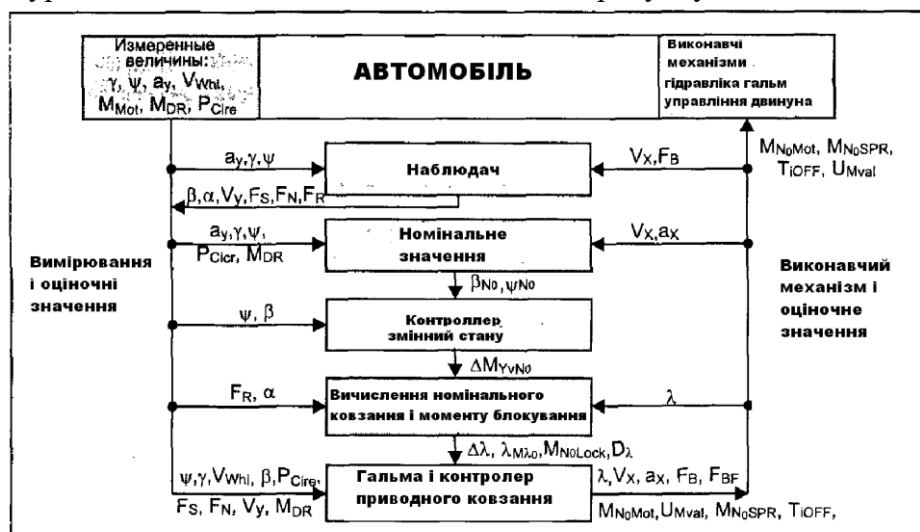


Рисунок 8.3 - Функціональна блок-схема системи VDC

Така схема описує функціональний взаємозв'язок параметрів системи VDC і порядок їх опрацювання. По-перше, по вхідним параметрам (впливам водія на керівні органи), які з допомогою датчика кута повороту рульового колеса, датчика дросельної заслінки і датчика тиску у гальмівній системі перетворюються на електричні сигнали, визначається номінальна (штатна) поведінка автомобіля, описана номінальними значеннями регульованих змінних. Це

найважливіше і найскладніше завдання для контролера системи $V^{\wedge}C$, оскільки поведінка автомобіля залежить не тільки від впливів водія, а й від невідомих впливів довкілля, наприклад, від тертя між колесами та дорогою, від температури повітря тощо. З іншого боку, значення регульованих змінних мали бути обрані такими, щоб поведінка автомобіля в критичних ситуаціях була подібна руху в нормальних умовах. По-друге, за отриманими значенням від датчиків швидкості коліс, датчика шаштання і датчика бічних прискорень визначається фактична поведінка автомобіля, яка відповідає фактичним значенням регульованих змінних. Далі обчислюється і використовується різниця між номінальними і фактичними значеннями змінних величин як набір управляючих сигналів в контролері системи $V^{\wedge}C$. Задля реалізації завдання управління бічним відведенням кожного колеса окремо, під час основної функції системи VDC, необхідно, щоб гальмівний тиск в кожному колесі міг модулюватися незалежно від водія і як цього вимагає закладена в пам'ять ЕБУ—VDC програма управління. Звідси очевидна істотна різниця між системами ABC і $V^{\wedge}C$. Для системи ABC колесо являється об'єктом управління швидкістю його обертання, щоб уникнути блокування і зберегти ковзання колеса малим (не більше допустимої норми). При цьому запобігається можливість появи і деякого впливу поперечної сили. Для системи VDC автомобіль являється об'єктом управління із єдиною метою стабілізації руху на критичних ситуаціях, коли пробуксовкою коліс можна й потрібно управляти, щоб отримати необхідні поперечні і подовжні сили на рухомий автомобіль.

У критичній ситуації, коли автомобіль починає зриватися в рух бічним юзом, ширина смуги ковзання між передніми і задніми колесами більше ширини автомобіля. Це дозволяє вибрати каскадну структуру системи управління, у якій внутрішній контур управління із зворотнім зв'язком управляє пробуксовкою коліс, а зовнішній — рухом автомобіля. Така структура системи управління показано на рисунку 8.4 фактичне значення кута бічного відведення автомобіля та інших не вимірюваних величин, наприклад, сил дії на колеса, спрямованих по нормалі. Як і системі ABC, алгоритм управління запрограмований і зберігається в ПЗП—VDC. Коли система VDC активована, контролер ковзання реалізує вибірку даних із пам'яті, порівнює його з поточними значеннями, виробляє коригувальні сигнали і передає їх у виконавчі пристрої. Система керування двигуном реалізована як внутрішній контур управління із зворотнім зв'язком. Номінальні значення сигналів, що передаються до системи управління двигуном по шині CAN-інтерфейсу, визначають межі регулювання крутного моменту.

8.4 Технічна реалізація системи VD

8.4.1 Основні компоненти

На рисунку 8.5 показано основні компоненти системи VDC. Датчик швидкості шаштання, акселерометр бічного прискорення, датчик кута повороту рульового колеса і електронний блок управління встановлюються в салоні або у багажнику автомобіля. Під час розробки системи VDC було використано складові компоненти раніше освоєних систем ABC і ASR, такі як гідро прилади, нагнітальні насоси, датчики швидкості коліс, акселерометр бічних прискорень, блок автоматичного управління дросельною заслінкою, електронний блок управління. Тому дослідно-конструкторські розробки системи VDC були зведені до мінімуму а її вартість виявилася прийнятною для установки на ексклюзивні автомобілі.

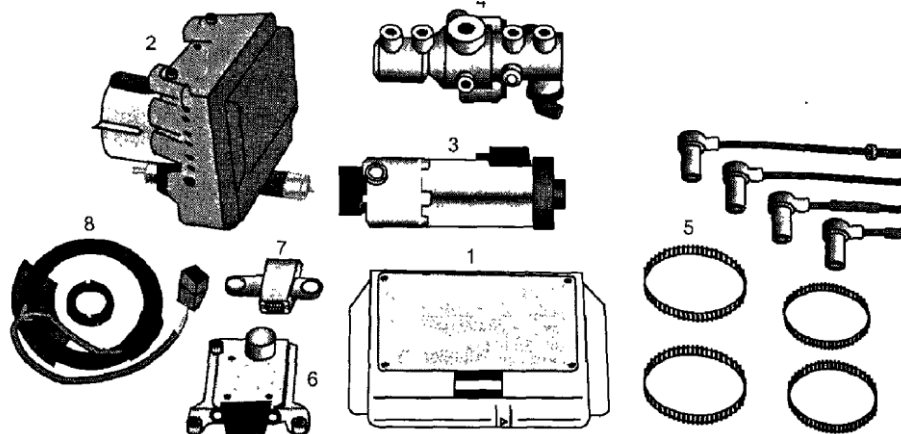


Рисунок 8.5 - Основні компоненти системи VDC

1. електронний блок управління;
2. гідравлічний блок;
3. гідронагнітач насос з електроприводом;
4. диференційний гідропідсилювач з датчиком тиску;
5. колісні датчики;
6. гіроскопічний датчик швидкості шасання;
7. акселерометр бічного прискорення;
8. датчик кута повороту керма

На рис. 8.6. показано розташування компонентів системи VDC на автомобілі Mercedes.

- ❶ Електронний блок управління
- ❷ Гідравлічний блок
- ❸ Нагнітальний насос
- ❹ Збірний генератор тиску, вилучаючи датчик тиску
- ❺ Датчик швидкості колеса
- ❻ Датчик швидкості рискання
- ❼ Датчик бокового прискорення
- ❽ Датчик кута повороту керма

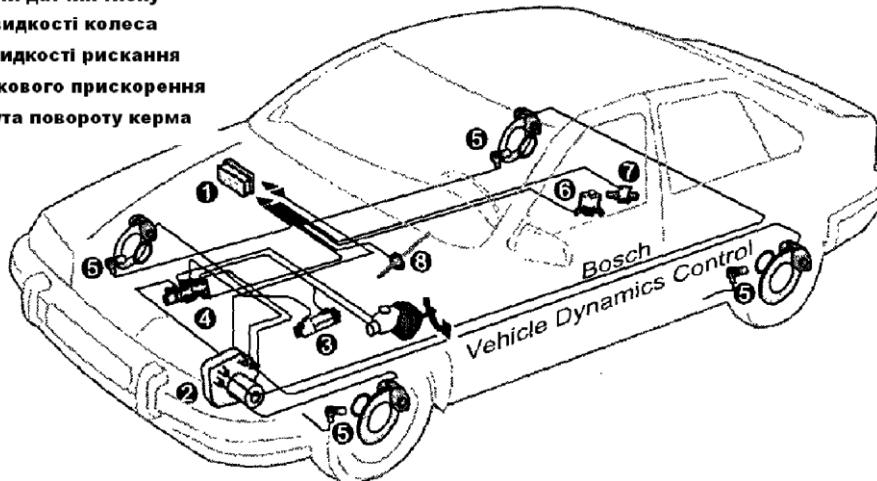


Рисунок 8.6 - Розташування компонентів системи VDC на автомобілі Mercedes

8.4.2. Датчики системи VDC

Технічні вимоги до датчиків системи VDC отримано з аналізу результатів численних випробувань автомобіля і проведених теоретичних досліджень. Використовуючи отримані результати, було визначено додаткові вимоги до безпечної експлуатації бортової електронної автоматики управління, що тепер мала містити елементи резервування основних функцій системи VDC і володіти відповідною аналітичною надмірністю. Це спричинило модернізації вже наявних на автомобілі датчиків і доробки бортової підсистеми інтерфейсу. До датчиків швидкості коліс ніяких спеціальних вимог не пред'являлося. У системі VDC вони такі ж, як й у системі AB8, — індуктивного типу. Знову розробили датчик швидкості шасання (y_a -зешог) і датчик повороту керма. Датчик швидкості шасання належить до класу вібруючих гіроскопів. Основний елемент гіроскопа — металевий циліндр, чия оправа коливається в еліптичних формах. Сигнал гіроскопа виникає під впливом прискорення Коріоліса, що є наслідком обертання циліндра відносно своєї осі та її вібрацій, пропорційних обертальній швидкості автомобіля навколо вертикальної осі і щодо осі циліндра. Для надійної роботи системи VDC дуже важливо, щоб слабкий вихідний сигнал датчика шасання виявився досить стійким, на виході датчика встановлюється інтегруючий пристрій, який виключає випадкові "обурення" вихідного сигналу. У датчику кута повороту рульового колеса використовується оптико-електронний перетворювач, виконаний із застосуванням світло-діодів і фото-транзисторів (дивись рисунок 2.25 і 2.28). Оптиелектронні пари з'єднані з ЕБУ цифровим інтерфейсом. Датчик встановлено на рульовому колесі і вимірює абсолютний кут його повороту.

Для отримання високої точності застосовується поетапне кодування з допомогою каліброваного набору фототранзисторів, встановлених за світломодулюючим диском. Ця конструкція призводить до винятково високої надійності і точності датчика, на який можна покладатися як на еталонний при калібровці інших датчиків системи VDC. Демпфірування амортизаторів у системі керування активною підвіскою використовують у акселерометрі датчика бічних прискорень. Такий датчик виробляє електричний сигнал, пропорційний зміщенню центра мас, а зміщення центра мас пропорційно бічному відведенню (зносу) автомобіля. Помилки за умови встановлення датчика і кренність автомобіля призводять до похибки у показаннях датчика, що компенсується програмою управління, яка закладена в ПЗП системи

Датчики системи VDC

Технічні вимоги до датчиків системи VDC отримано з аналізу результатів численних випробувань автомобіля і проведених теоретичних досліджень. Використовуючи отримані результати, було визначено додаткові вимоги до безпечної експлуатації бортової електронної автоматики управління, що тепер мала містити елементи резервування основних функцій системи VDC і володіти відповідною аналітичною надмірністю. Це спричинило модернізації вже наявних на автомобілі датчиків і доробки бортової підсистеми інтерфейсу. До датчиків швидкості коліс ніяких спеціальних вимог не пред'являлося. У системі VDC вони такі ж, як й у системі AB8, — індуктивного типу. Знову розробили датчик швидкості шастання (y_a^z -зешог) і датчик повороту керма. Датчик швидкості шастання належить до класу вібруючих гіроскопів. Основний елемент гіроскопа — металевий циліндр, чия оправа коливається в еліптичних формах. Сигнал гіроскопа виникає під впливом прискорення Коріоліса, що є наслідком обертання циліндра відносно своєї осі та її вібрацій, пропорційних обертальній швидкості автомобіля навколо вертикальної осі і щодо осі циліндра. Для надійної роботи системи VDC дуже важливо, щоб слабкий вихідний сигнал датчика шастання виявився досить стійким, на виході датчика встановлюється інтегруючий пристрій, який виключає випадкові "обурення" вихідного сигналу. У датчику кута повороту рульового колеса використовується оптико-електронний перетворювач, виконаний із застосуванням світло-діодів і фото-транзисторів (дивись рисунок 2.25 і 2.28). Оптиелектронні пари з'єднані з ЕБУ цифровим інтерфейсом. Датчик встановлено на рульовому колесі і вимірює абсолютний кут його повороту.

Для отримання високої точності застосовується поетапне кодування з допомогою каліброваного набору фототранзисторів, встановлених за світломодулюючим диском. Ця конструкція призводить до винятково високої надійності і точності датчика, на який можна покладатися як на еталонний при калібровці інших датчиків системи VDC. Демпфірування амортизаторів у системі керування активною підвіскою використовують у акселерометрі датчика бічних прискорень. Такий датчик виробляє. Датчик тиску встановлений у гальмовому контурі передніх коліс і призначений для вимірювань тиску у гальмівній системі, який нагнітається водієм у вигляді педалі гальма. Основний елемент датчика — мікроелектронний чіп, виконаний із застосуванням кремнієвої діафрагми. Вихідний сигнал чіпа заземлений на корпус датчика. Та як у гідросистемі тиск може досягати високих значень (до 350 бар), то датчик повинен мати високу конструктивну міцність і надійне кріплення. Як зазначалося, при оснащенні автомобіля системою VDC знадобилося деяке ускладнення інтерфейсу бортових систем. Це пов'язано з тим, що кількість інформаційних сигналів і функціональних перетинів поміж компонентами системи управління помітно збільшилася, а вимоги до функціональної надійності автоматики управління зросли.

8.4.3 Гідросистема

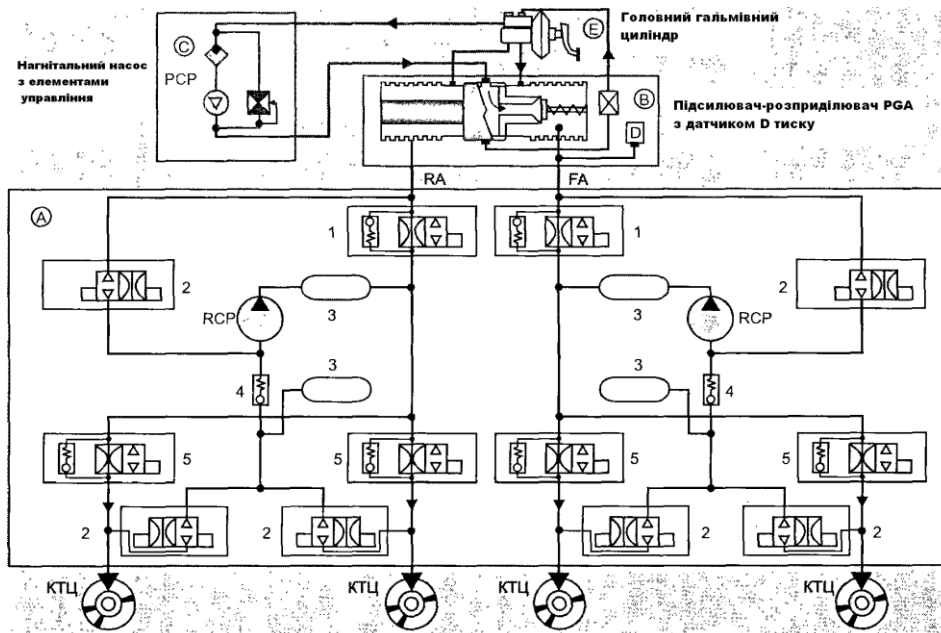


Рисунок 8.7 - Гідравлічна частина системи VDC

Одною з найбільш важливих експлуатаційних особливостей автомобільних гідросистем — є надійність функціонування при низьких температурах. Бо за температури нижчій за $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ вязкість гальмівної рідини помітно зменшується, це призводить до уповільнення швидкості рідинних потоків у гальмівній системі, що неприпустимо при застосуванні системи VDC. На рисунку 8.7 показана гідравлічна частина системи VDC, яка стійко працює при низьких температурах..

У цьому два плунжера в PGA починають розгортатися і нагнітають гальмівну рідину в насоси рециркуляції KCP під заданим тиском, яке флонується пружинними (1 і 4) і електричними (2) клапанами і підтримується ресиверами (3). Це призводить до того що потік рідини, що йде від KCP, подається в робочі контури RA і KA під тиском, що є нормальним для стійкого функціонування системи УБС при низьких температурах. Із міркувань функціональної надійності і експлуатаційної безпеки системи VDC головний нагнітальний насос KCP постачає гальмівною рідиною насоси рециркуляції RCP через буферні камери диференціального гідро підсилювача POA. Електричні гідроклапани 2 і 5 можуть відпрацьовувати дві програми автоматичного управління тиском в колісних гальмівних циліндрах (КТЦ) — програму АВ8 (гальмування без блокування коліс) і програму УБС (курсова стійкість руху автомобіля виборчим приторможуванням коліс з одночасним регулюванням крутного моменту двигуна). Ці програми зберігаються у постійному запам'ятовувальному пристрої (в ПЗП) електронного блоку управління.

8.4.4 Електронний блок управління

Електронний блок управління (ЕБУ) містить стандартну чотирьохшарову друковану плату з двома частково резервними мікроконтролерами 83С196КБ. Кожен контролер оснастили блоком постійної пам'яті обсягом 48 кілобайтів. На платі також встановлено всі запускаючі і комутуючі пристрої для включення каналів управління і контрольних ламп, напівпровідникове реле для подання живлення на потужні електроспоживачі (гідро клапани і нагнітальні насоси), ланцюга CAN інтерфейсу. У зв'язку з збільшенням кількості управляючих сигналів CAN інтерфейс інтегрований в мікрочіпи контролерів і забезпечує керований (по заданій програмі) обмін інформацією між ЕБУ двигуна, ЕБУ ABS, ЕБУ активної підвіски і функціональними блоками системи VDC. Зв'язок здійснюється з допомогою модифікованої інтерфейсної шини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мехатроніка автомобілів [Текст] : навч. посіб. / Б. І. Кіндрацький, В. М. Бритковський, Р. Г. Літвін ; - Львів : КІНПАТРИ ЛТД, 2023. - 328 с. : рис., табл. - Бібліогр.: с. 322-323. - ISBN 978-966-7585-20-4
2. Семенюк В.Ф., Михайлов Є.П. Мехатроніка. Навчальний посібник. – Одеса: ОП, 2021. 130с.
3. Робототехніка та мехатроніка: навч. посіб. / Л.І. Цвіркун, Г. Грулер ; під заг. ред. Цвіркуна Л. І.; М-во світи і науки України, Нац. гірн. ун-т. – 3-тє вид. – Дніпро: НГУ, 2017. 224 с.
4. Кіндрацький Б.І., Бритковський В.М., Літвін Р.Г. Мехатроніка автомобілів. Навчальний посібник. – Львів: Львівська політехніка, 2023. – 185с.
5. Паламар М.І., Стрембіцький М.О. Системи прецизійного управління мехатронних систем. Конспект лекцій. – Тернопіль, 2023. – 94с.
6. Філяшкін М.К. Мікроелектромеханічні системи. Навчальний посібник – К.: НАУ, 2019. 276 с.
7. Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., Крушельницький В.В. Мехатроніка. Підручник. – К.: Вища шк., 2020. 404 с.
8. Сучасні електромехатронні комплекси і системи: навч. посібник / Т. П. Павленко, В. М. Шавкун, О. С. Козлова, Н. П. Лукашова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 116 с.
9. Павленко І.І., Мажара В.А. Роботизовані технологічні комплекси. Монографія – Кропивницький: Видавництво ТОВ «КОД». 2019. – 382 с
10. Павленко І.І., Годунко М.О. Захватні пристрої роботів. Монографія – Кропивницький: Видавництво ТОВ «КОД». 2020. – 386 с.
11. Робототехніка та мехатроніка: навч. посіб. / л.і. цвіркун, г. грулер ; під заг. ред. л.і. цвіркуна ; м-во освіти і науки україни, нац. гірн. ун-т. 3-тє вид., переробл. і доповн.– дніпро: нгу, 2017. – 224 с.
12. Кашканов А. А. Інформаційні комп'ютерні системи автомобільно-го транспорту. Вінниця : ВНТУ, 2010. 230 с.
13. Поліщук М. М., Ткач М. М. Робототехнічні системи : проектування і моделювання : навч. посіб. для студ. спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології». Київ : КПП ім. Ігоря Сікорського, 2021. 112 с.
14. Іванов В. О., Дегтярьов І. М. Технологічні основи гнучких автоматизованих виробництв : навчальний посібник. Суми : Сумський державний університет, 2022. 203 с.
15. Хорольський В. П., Коренець Ю. М. Мехатроніка (мехатроніка та інтелектуальна автоматика) : навчальний посібник. Кривий Ріг : ДонНУЕТ, 2023. 342 с.
16. Павленко Т. П., Шавкун В. М., Козлова О. С., Лукашова Н. П. Сучасні електромехатронні комплекси і системи : навч. посібник. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 116 с.

Конспект лекцій з дисципліни «МЕХАТРОНІКА» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт» галузь знань 27 «Транспорт» очної та заочної форм навчання / Укладач. д.т.н., професор Серета Б.П., Кам'янське, ДДТУ, 2023 р., - 123 с.

51918, м. Кам'янське, вул.Дніпробудівська,2 Підписано до друку 29.06.2023 р.

Формат A5 Обсяг 2,5 д.а.

Тираж 100екз. Замовлення 165