

Лекція 8-9 Датчики сучасних електронних систем АТЗ та виконуючі пристрої

2.1 Передумови створення датчиків АЕС.

2.2 Датчики тиску.

2.2.1 Датчики барометричного тиску і абсолютного тиску у впускному колекторі.

2.2.2 Датчики тиску в рідинних середовищах.

2.2.3 Нові застосування датчиків тиску.

2.2.4 Нові конструкції датчиків тиску.

2.3 Датчики температури і вологості.

2.3.1 Вузли автомобіля, в яких проводиться вимірювання температури.

2.3.2 Термістори.

2.3.3 Термопари.

2.3.4 Інші типи датчиків температури.

2.3.5 Датчики вологості.

2.4 Датчики витрати рідини і газів.

2.4.1 Загальні відомості про датчики витрати рідини і газів.

2.4.2 Витратоміри і масметри.

2.4.3 Датчик Кармана.

2.5 Датчики складу вихлопних газів.

2.5.1 Цирконієві й титанові датчики концентрації кисню у вихлопних газах.

2.5.2 Датчики кисню для двигунів, що працюють на збіднених сумішах.

2.5.3 Вплив різних факторів на характеристики датчиків кисню.

2.5.4 Газоаналізатори.

2.6 Датчики кутових і лінійних переміщень і положень.

2.6.1 Загальні відомості про датчики кутових і лінійних переміщень і положень.

2.6.2 Контактні датчики.

2.6.3 Безконтактні датчики.

2.7 Радарні та інші спеціальні датчики.

2.7.1 Радарні і ультразвукові датчики.

2.7.2 Датчики прискорення (акселерометри).

2.7.3 Датчик детонації.

2.7.4 Датчик змісту метанолу в паливі.

2.7.5 Датчики стану електричних ланцюгів.

2.7.6 Інтеграція датчиків.

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. 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 анти блокувальна 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, магніострикційні, 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.

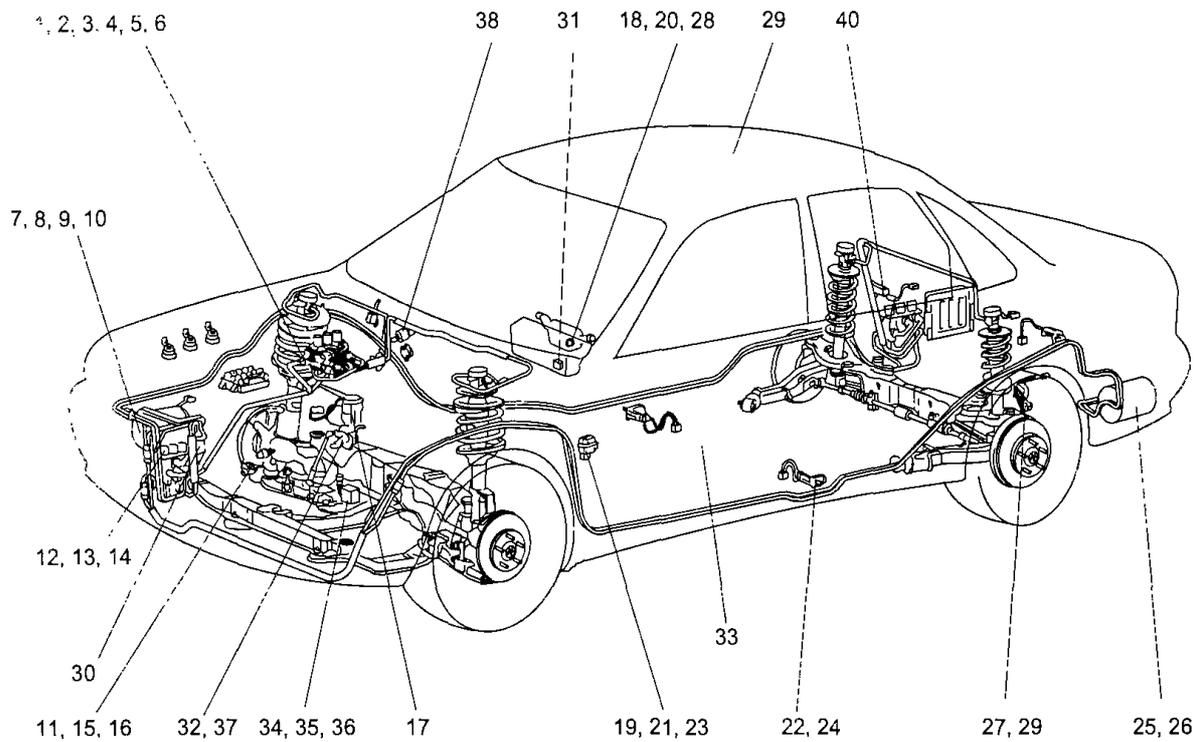


Рисунок 2.1 - Розташування датчиків на автомобілі

- 1 — датчик конфігурації впускного колектора з керованою геометрією,
- 2 — датчик тахометра,
- 3 — датчик становища розподільного валу,
- 4 — датчик навантаження двигуна,
- 5 — датчик становища колінчастого валу,
- 6 — датчик крутного моменту двигуна,
- 7 — датчик кількості оливи,
- 8 — датчик температури охолоджувальної рідини,
- 9 — датчик швидкості автомобіля,
- 10 — датчик тиску оливи,
- 11 — датчик рівня охолоджувальної рідини,
- 12 — радарний датчик системи гальмування,
- 13 — датчик атмосферного тиску,
- 14 — радарний датчик системи запобігання зіткнень,
- 15 — датчик швидкості обертання ведучого валу коробки передач,
- 16 — датчик обраної передачі у коробці передач,
- 17 — датчик тиску палива на рампі форсунок,
- 18 — датчик швидкості обертання керма,
- 19 — датчик положення педалі,
- 20 — датчик швидкості обертання автомобіля щодо вертикальної осі,
- 21 — датчик протикрадіжної системи,
- 22 — датчик положення сидіння,
- 23 — датчик прискорення при фронтальному зіткненні,
- 24 — датчик прискорення при бічному зіткненні,
- 25 — датчик тиску палива в баку,
- 26 — 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 пасажира,
- 32 — датчик кисню,
- 33 — датчик наявності пасажира 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.

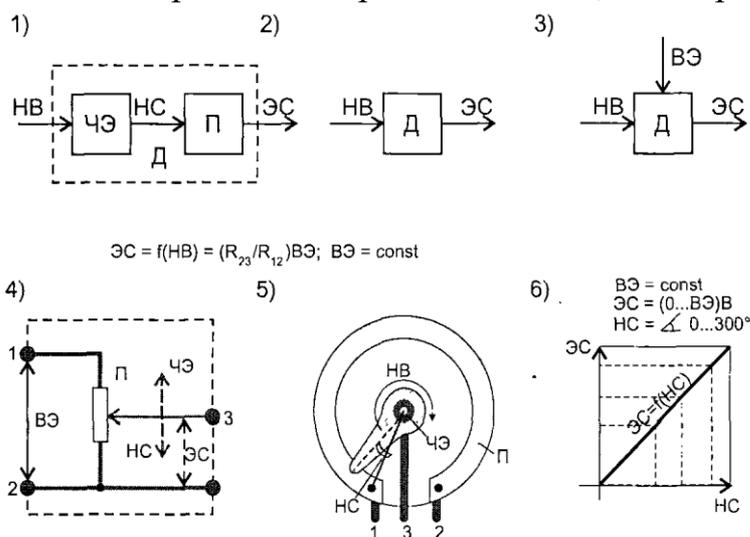


Рисунок 2.2 - Моделі датчиків

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]	[Мм рт. ст]	[кПа]
[psi]	1,0	51,715	6,8947
[Мм рт. ст]	0,0193	1,0	0,133332
[кПа]	0,1450	7,5006	1,0

Таблиця 2.2

Система	Параметр	Діапазон
Керування двигуном	Абсолютний тиск в впускному колекторі (кПа)	100
	Абсолютний тиск в впускному колекторі двигуна наддувом (кПа)	200
	Барометричний тиск (кПа)	100
	Тиск в системі рециркуляції вихлопних газів (кПа)	51,7
	Тиск палива (кПа)	450
Коробка перемикачів передач	Тиск оливи (кПа)	550
Антиблокувальна система гальм	Тиск оливи (кПа)	3447
Повітряні подушки безпеки	Тиск газу (кПа)	51,7
Підвіска	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 англійських 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.

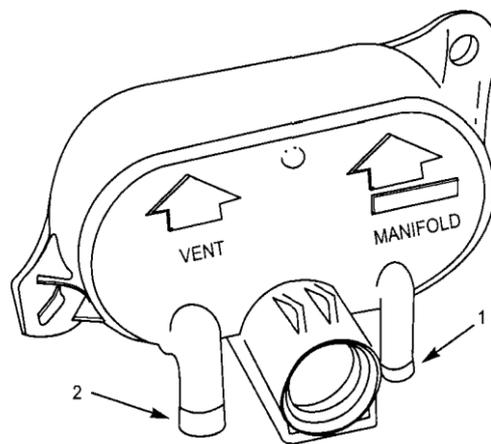


Рисунок 2.2 - Комбінований датчик барометричного тиску і розрідження (Porel):

1 - вакуумний шланг, 2 - шланг у повітря

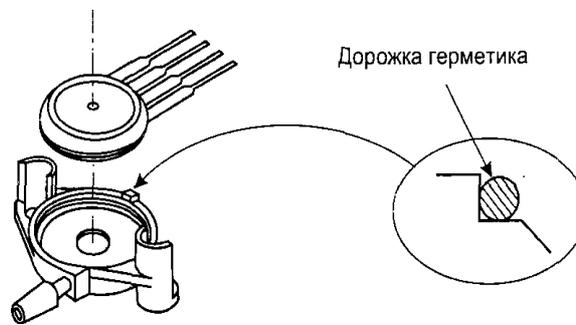


Рисунок 2.3 - Сучасний інтегральний датчик тиску в захисному корпусі

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.

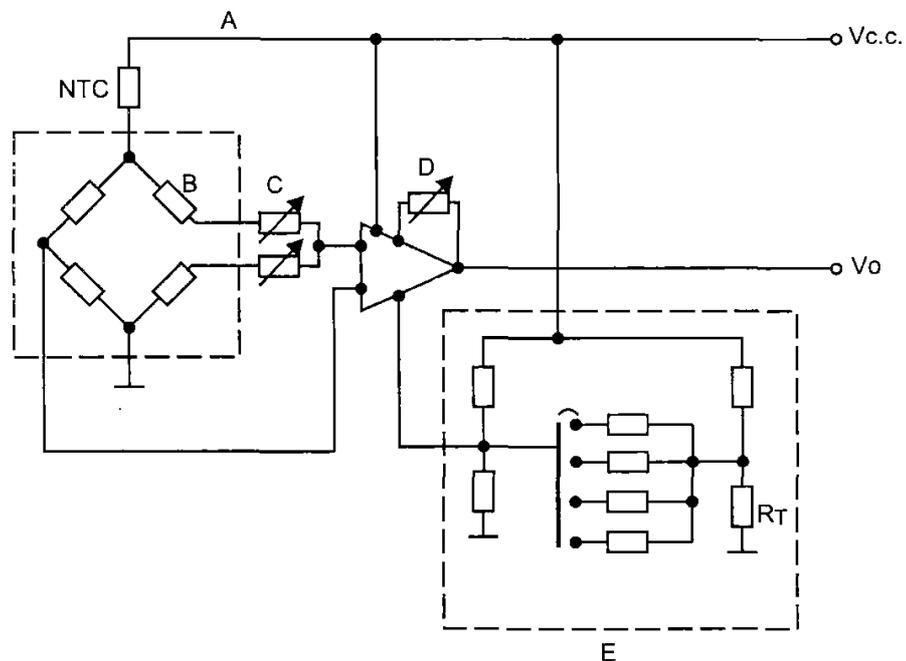


Рисунок 2.4 . Спрощена електрична схема датчика абсолютного (атмосферного) тиску з ланцюгами компенсації:

- А — ланцюг температурної компенсації,
- В — вимірювальний міст,
- С — підстроювання нуля,

D — коефіцієнт посилення,

E — 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.

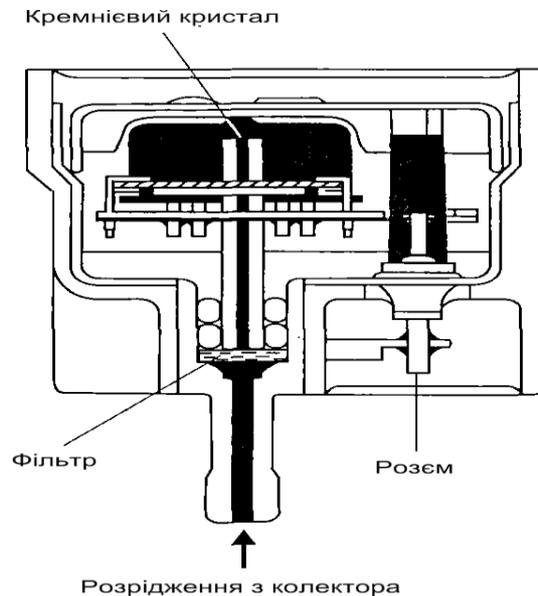


Рисунок 2.5 - Датчик розрідження у впускному трубопроводі

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. стовпчика	GM, вольти	Ford, Гц	Розрідження, мм рт. стовпчика	GM, вольти	Ford, Гц
0	4,8	156...159	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...117
102,8	4,06		411,2	1,80	
128,5	3,88	141...143	436,9	1,62	
154,2	3,66		462,6	1,42	108...109
179,9	3,50		488,3	1,20	
205,6	3,30		514	1,10	102...104
231,3	3,10		539,7	0,88	
257	2,94	127...130	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 перемикачів передач використовується контролером, який управляє перемикачем 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.

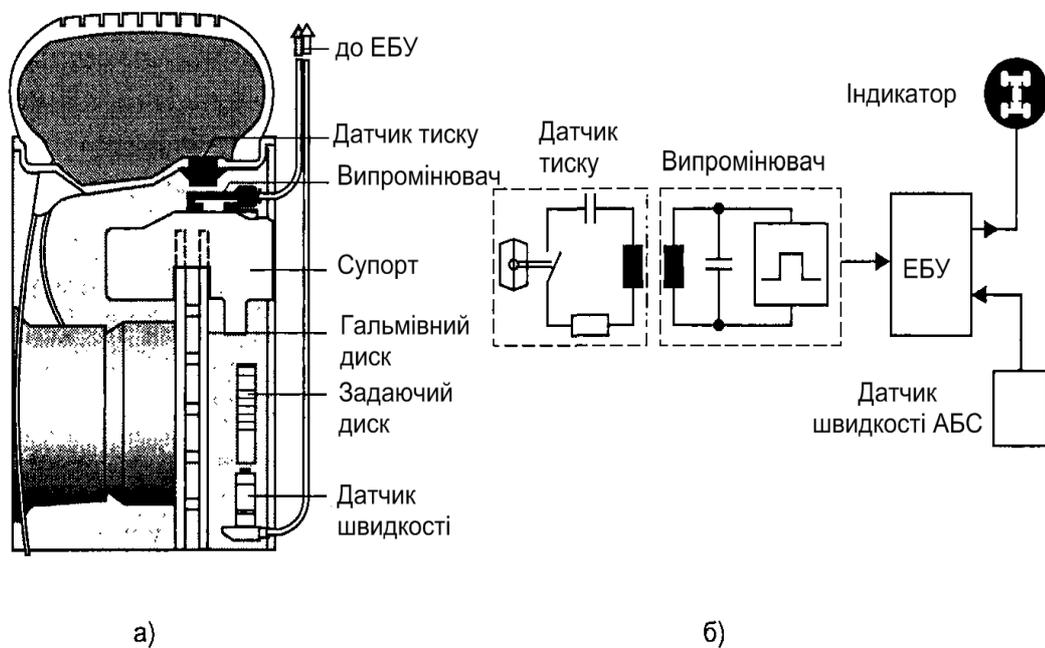


Рисунок 2.6 - Система контролю тиску в шинах:

- а — розміщення на колесі;
- б — блок схема

Тиск у системі рециркуляції вихлопних газів

Система рециркуляції вихлопних газів (exhaust gas recirculation — EGR) призначена для зменшення змісту окислів азоту (NO₂) в вихлопних газах. У присутність сонячного світла (NO₂) вступає у реакцію з вуглеводнем, створюючи канцерогенний фотохімічний смог.

Вперше система EGR була застосована на автомобілях Chrysler 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 OBD-II, систему управління двигуном постійно контролює справність клапана EGR, оскільки вихід його з експлуатації призводить до збільшення забруднення довікля 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 ±0,5 psi (3,5 кПа).

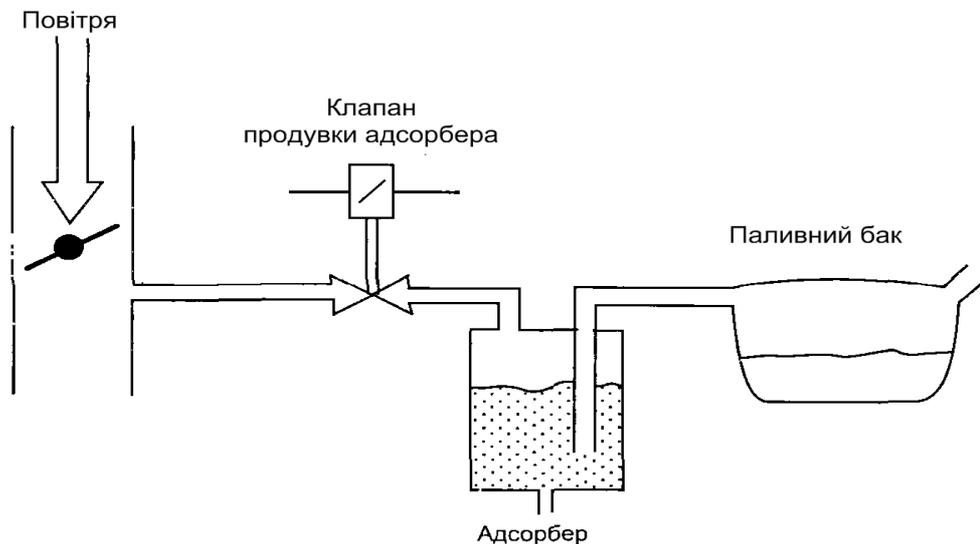


Рисунок 2.7 - Система уловлювання парів бензину

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 *10(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 перемежованих 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 намотанного 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.

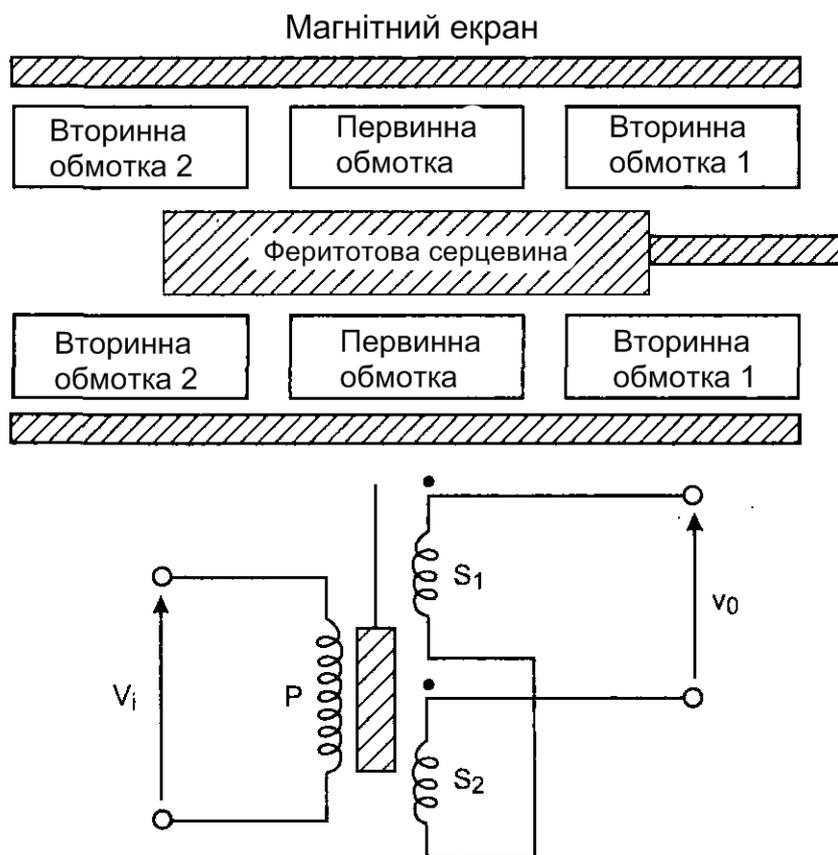


Рисунок 2.8 Лінійний диференціальний трансформатор та його принципова схема

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 2...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 $C = A \cdot k \cdot \epsilon / d$, 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.

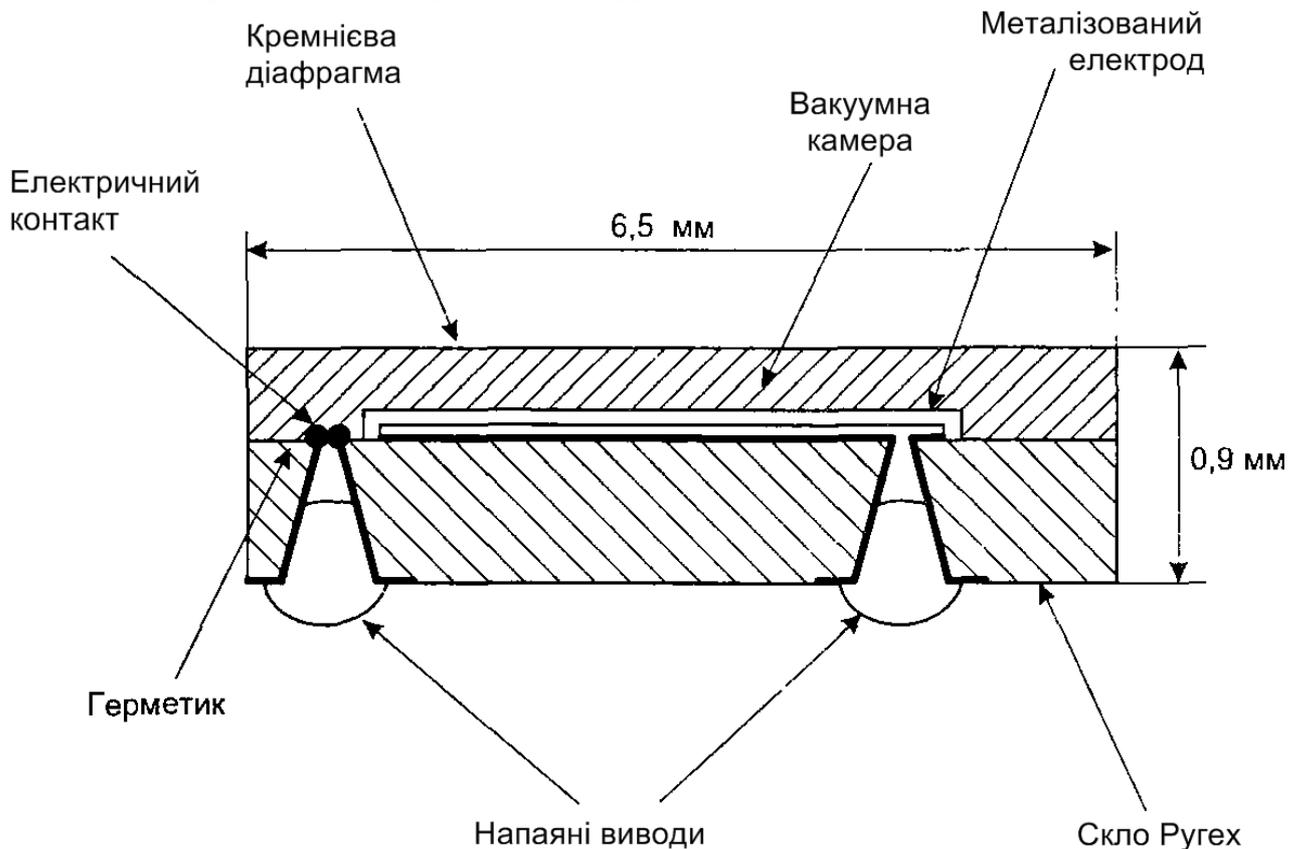


Рисунок 2.9 - Ємнісний датчик з кремнієвим чутливим елементом для виміру розрідження (Ford).

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 — $(30...80) \cdot 10^{-6}$ (степені) на °С, 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 °С (більше, ніж п'єзоелектричний), робочий діапазон тисків 0...1000 psi (7000 кПа) з переважаннями до 3000 psi. 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 D 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 °С), причому у підкапотному просторі температура може змінюватися буде в діапазоні -40...+125 °С; в салоні —40...+85 °С. Температура і вологість у різних куточках автомобіля може мати значення, величини якого зведені в таблиці 2.4.

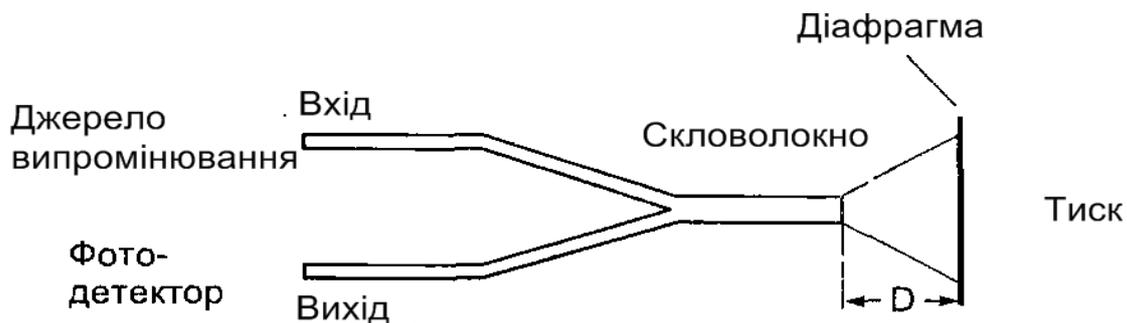


Рисунок 2.10 - Скловолокний датчик тиску

Таблиця 2.4

Вузол	Температура, [°С]	Вологість (відносна)	Іній
Випускний колектор	-40...+649	95% при 38 °С...0	+
Впускний колектор	-40...+121	95% при 38 °С...0	+
Панель приладів	-40...+141	95% при 38 °С...0	-
Шасі, корпус	-40...+177	98% при 38 °С...0	+

Таблиця 2.4

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
Система керування двигуном	Температура повітря в впускному колекторі
	Температура охолоджувальної рідини в двигуні
	Вологість повітря в впускному колекторі
	Температура повітря за бортом
	Температура палива
Система керування кліматом в салоні	Вологість повітря в салоні
	Температура повітря в салоні
	Температура повітря за бортом
Інформаційна система водія	Температура охолоджувальної рідини в двигуні
	Температура гальмівної рідини в колісних гальмівних циліндрах
	Температура повітря за бортом
	Температура повітря в салоні
	Температура повітря в шинах
	Температура електроліту
	Наявність дощу (опадів)
	Інтенсивність сонячної радіації

Таблиця 2.5

Джерело	Примітка	Макс. температура, °С
Двигун	Процес згорання	>1000
Каталітичний 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 салона 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 відрізнитись 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 - 40...+200 °С.

► Температура електроліту в акумуляторах повинна враховуватися 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 поблизу 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	P
Термопара	-200...+3000	D
Біметалева пластина	-50...+450	P
Потенціометричний	-40...+125	P
Резистор (платиновий)	-200...+850	P
p-n-перехід	-40...+200	P
Термостат	-50...+500	P
Волоконна оптика	0...+1800	D/F
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°C до сотень Ом при 100 °С.

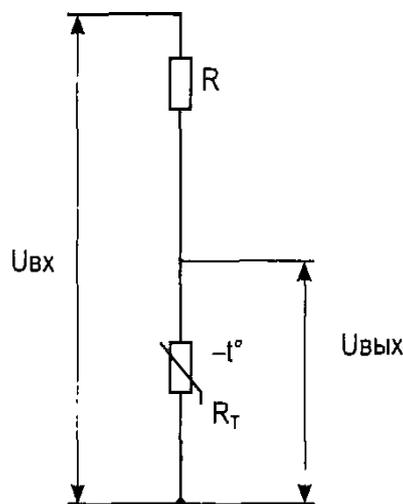


Рисунок 2.11 - Схема ввімкнення термістора R_T

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.

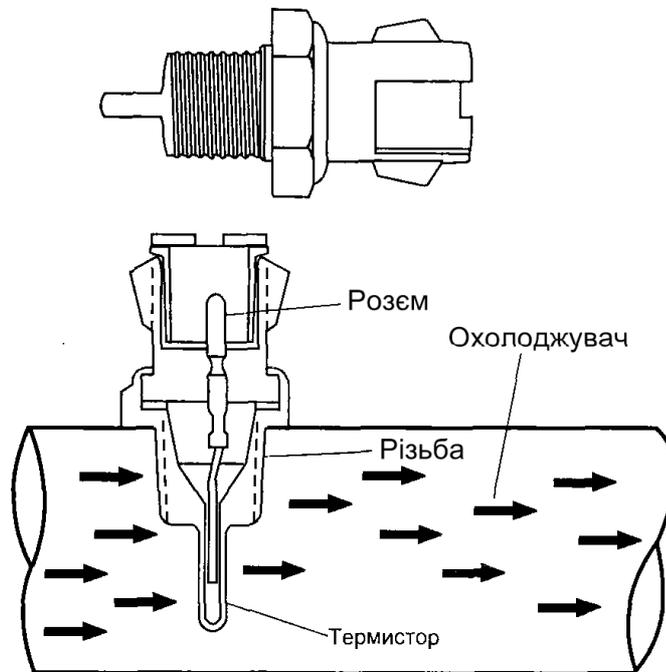


Рисунок 2.12 - Датчик температури охолоджувальної рідини

► Термісторний датчик температури повітря має аналогічну конструкцію. Розташований у системі подачі й очищення повітря. Робочий діапазон температур -40... 120 °С. 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, °С	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 ввімкнений	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 замкнений 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 замкнений 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.

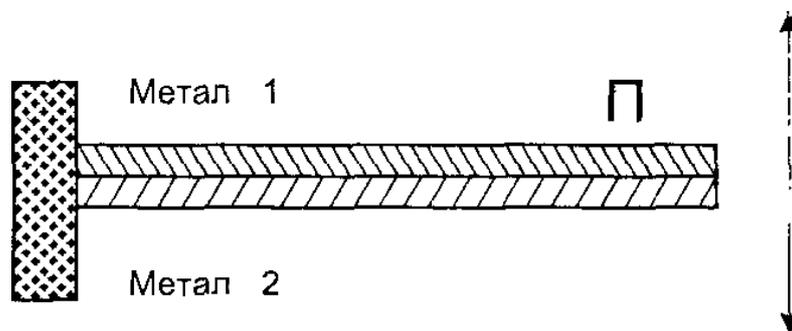


Рисунок 2.13 - Біметалічний чутливий елемент

► 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 (пірометри) 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)... $2 \cdot 10^9$ (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:

$$M_A = N \cdot V \cdot \eta \cdot P / R_A \cdot T_A$$

N — число оборотів, V — обсяг двигуна (літраж), η — коефіцієнт використання обсягу двигуна ($\eta = f(N)$), P — розрідження у впускному колекторі, R_A — конструктивна стала, T_A — температура повітря у впускному колекторі. При непряму вимірі маси M повітря треба враховувати залежність об'єму (V) 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.

Найменування	Що вимірюється	Діапазон, [кг/год]	Допустима похибка, [%]
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	50 м ³ /год	±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 масметром. Масметри, на відміну витратомірів, видають якіснішу метрологічну інформацію. Особливо це стосується повітряних масметрів, 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. Масметри в системах впорскування працюють без таких датчиків. Основний принцип дії повітряних масметрів 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 Струхаля) 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.

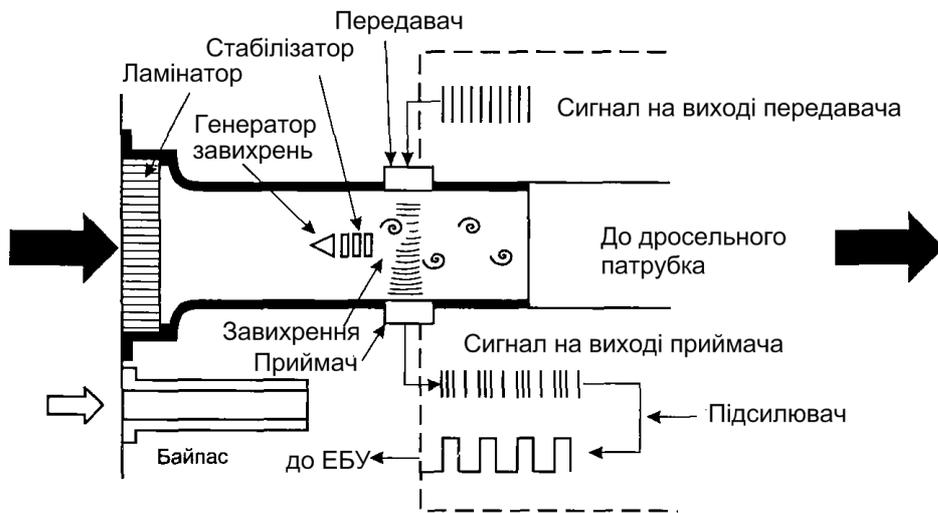


Рисунок 2.14 - Ультразвуковий датчик Кермана

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

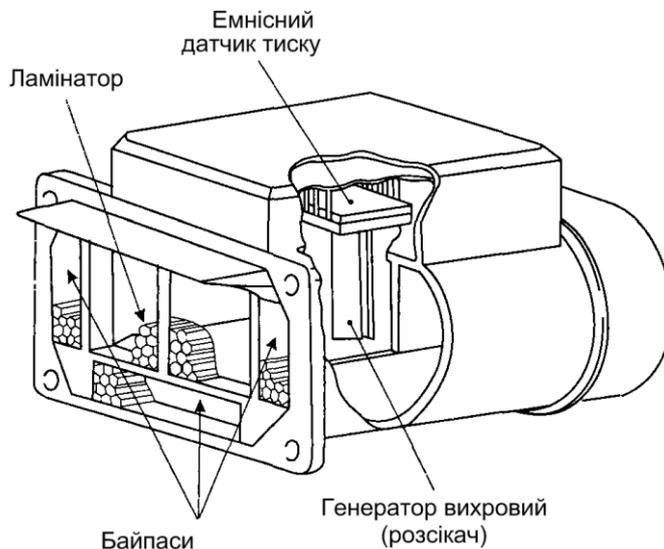
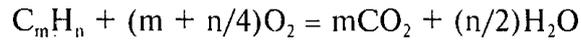


Рисунок 2.15 - Датчик Кармана з виміром варіацій тиску

► Датчики Кармана з урахуванням підрахунку числа вихорів по варіаціям тиску набагато дешевші. В них напівпровідниковий, чутливий до змін тиску елемент розташований безпосередньо за вихоровим 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 ($\lambda = 1$), 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 ($\lambda < 1$) призводить до появи надлишкової кількості CO, H₂ і CH, бідні суміші ($\lambda > 1$) 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 англомовної літературі називається лямбда-зондом (λ -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 кисню дивись в [3] і [4].

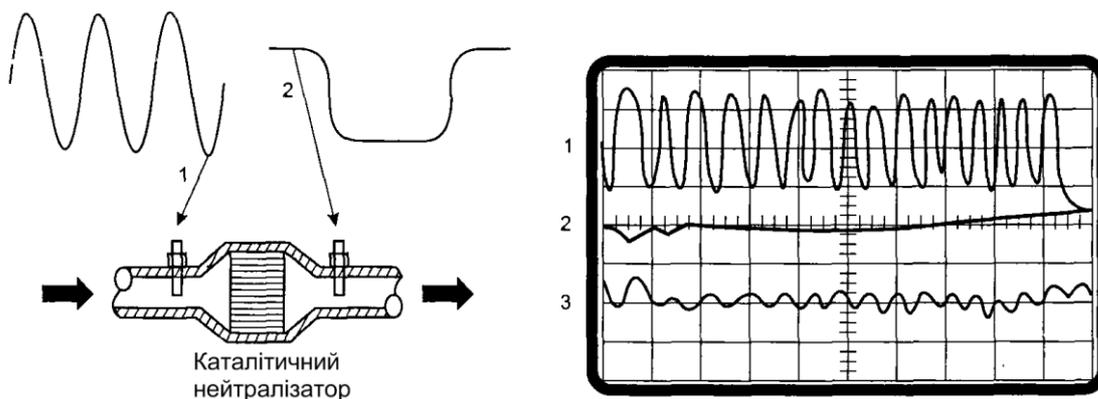


Рисунок 2.16. Датчики кисню на вході (1) і виході (2) каталітичного нейтралізатора з відповідними вихідними сигналами

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

Підвищення вимог до зменшення кількості токсичних речовин, що викидаються у повітря з вихлопними газами автомобіля, зокрема можливе нормування найближчим часом змісту CO_2 , 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 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).

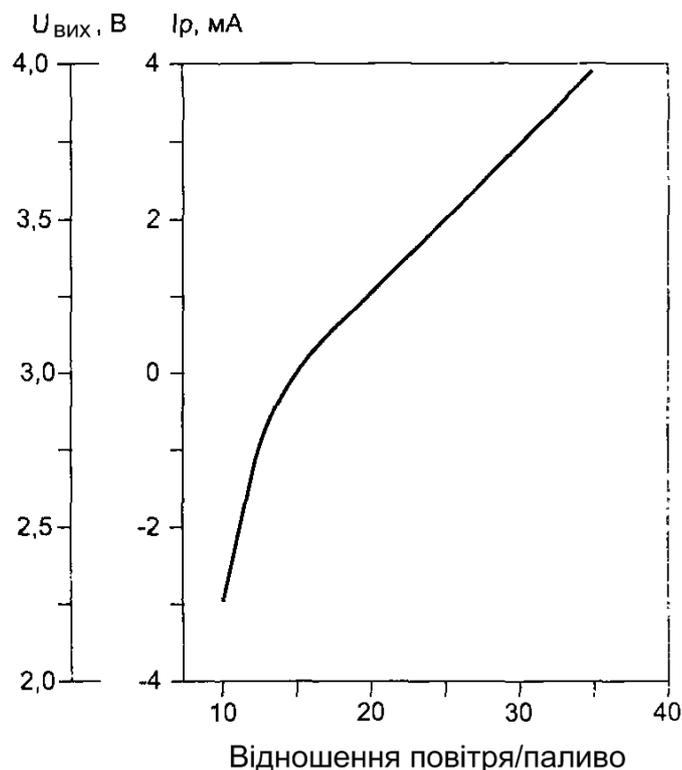


Рисунок 2.18 Сигнал аналогово датчика кисню

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 осередка V, де виявляються іони кисню.

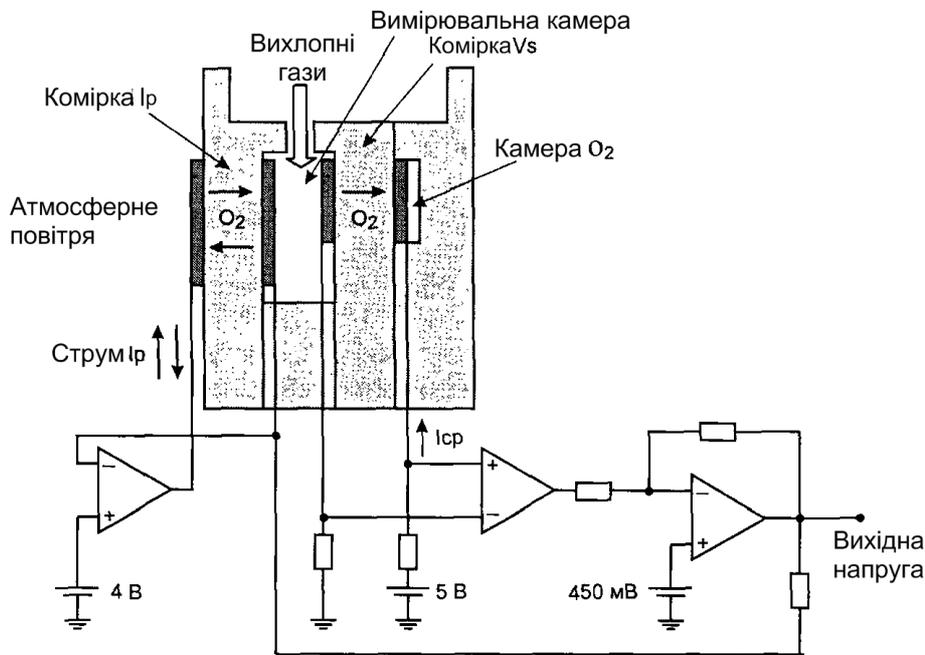


Рисунок 2.19 - Конструкція і електронна схема датчика кисню для ДВЗ, працюючого на збіднених ТВ-сумішах

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 вихлопному 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).

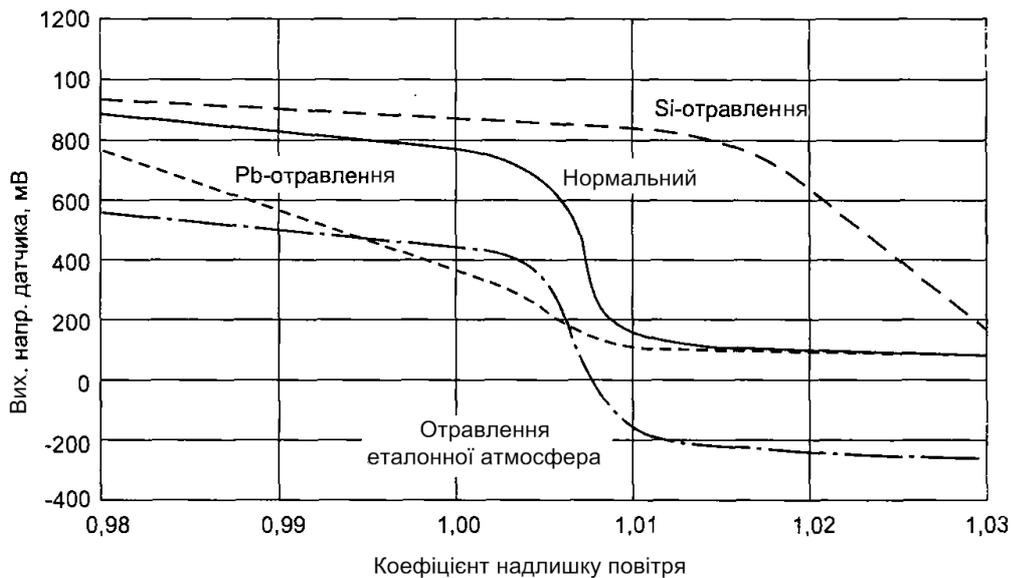


Рисунок 2.20 - Вплив різних чинників на характеристики датчика кисню

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 CH₄, 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, CH₄, O₂ газоаналізатор може визначати коефіцієнт надлишку повітря λ і співвідношення повітря/паливо. Показання можуть зніматися до і після каталітичного нейтралізатора. У таблиці 2.10 значення, отримані з допомогою 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
Після нейтралізатора	0,2	12	0,1	15,3	1,0	14,7

Вміст окису вуглецю, двоокису вуглецю, вуглеводів 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 зеднуються між собою по сполучному каналі, міститься певна концентрація газу CO.

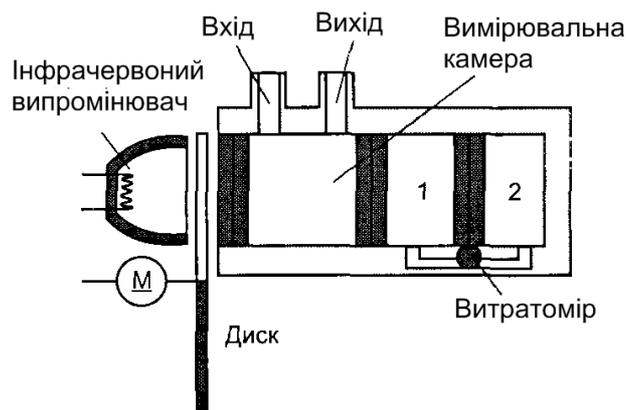


Рисунок 2.21 - Вимірювання концентрації CO

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 підвісці. 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 (мікрореле)

Мікрореле — це найпростіші контактні датчики для фіксації певного крайового становища механічного об'єкта, наприклад дверей, скла в стклопідіймачі тощо. При спрацьовуванні мікрореле 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.

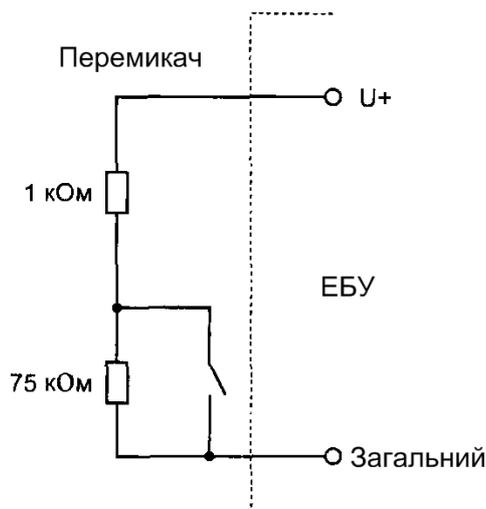


Рисунок 2.22 - Мікрореле з можливістю діагностування

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 двигла зі швидкістю до 1000 обертів на хвилину протягом 1000 годин. Дротові потенціометри характеризуються числом витків намотки на один градус: від 1 до 8. Опір дровяних потенціометрів лежить у межах 10... 10000 Ом, і задається з похибкою 5%. Перевага дровяних 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 двигла демпфуються для опірності вібраціям. Опір автомобільних не дровяних потенціометричних датчиків положення лежать у межах 50...20000 Ом, з похибкою 10...20%. Потенціометри використовують у режимі дільника напруги, похибка їх номіналу немає великого значення. Лінійність і роздільна здатність висока. При вимірі лінійних переміщень двигла 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.

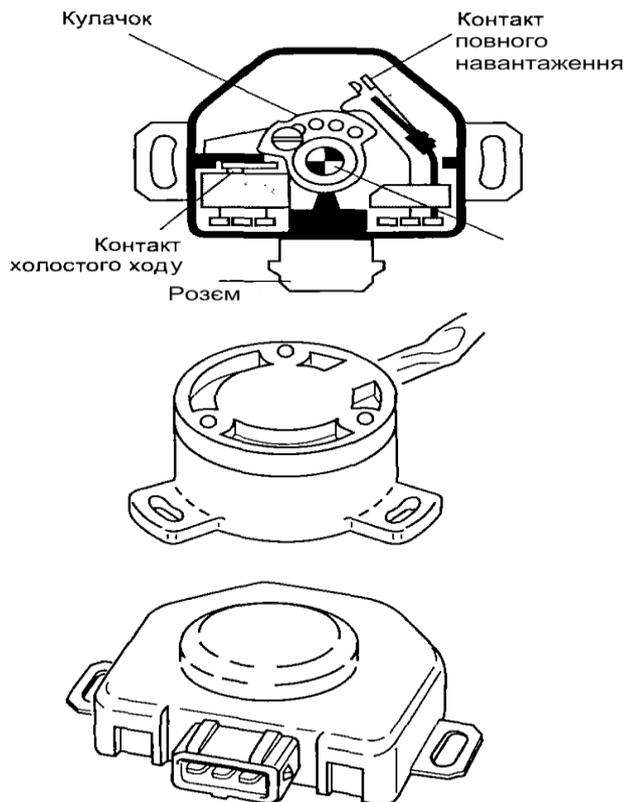


Рисунок 2.23 - Датчик становища дросельної заслінки

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.

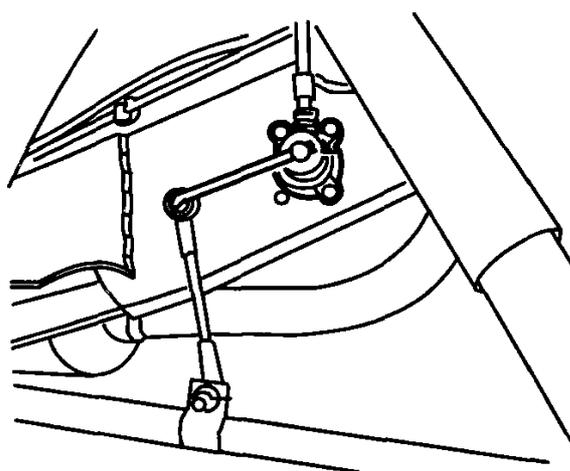


Рисунок 2.24 - Датчик висоти кузова

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 трамплер ST-N фіксує центральне становище рульового колеса.

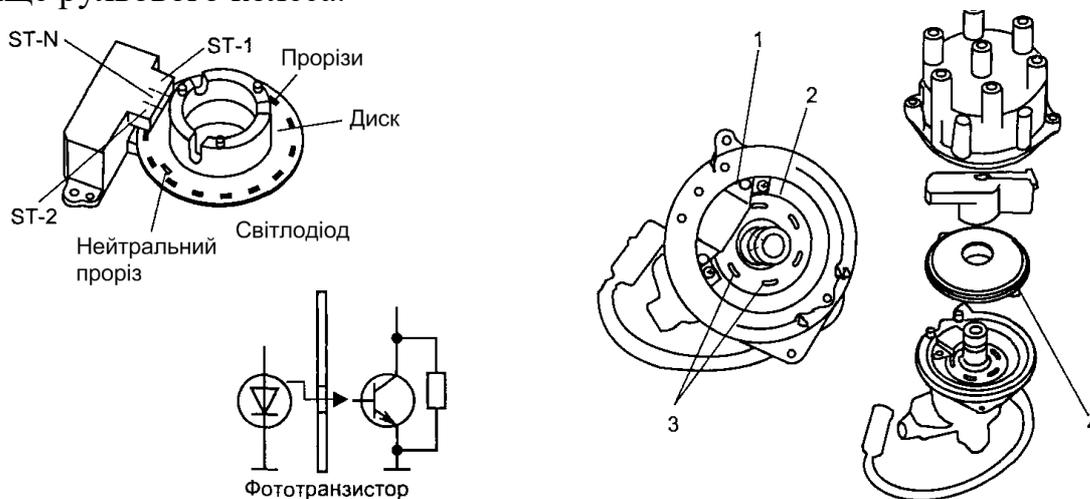


Рисунок 2.25 - Датчик становища рульового колеса

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 років автомобілях Chrysler (США) та деяких японських автомобілях у системі запалювання використовувалися оптичні датчики кутового

становища колінчатого вата 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 валу шести циліндрового ДВЗ, з внутрішнього про ВМТ. Світлодіоди і фототранзистори доводиться періодично очищати від забруднення.

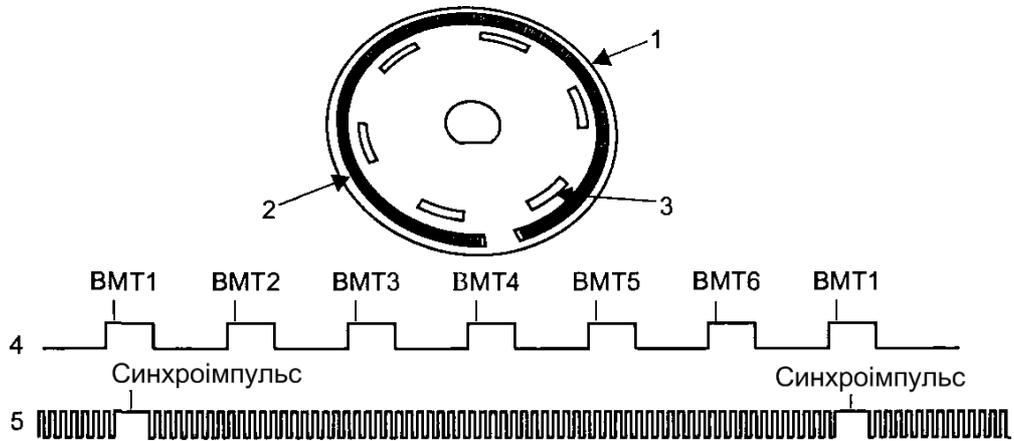
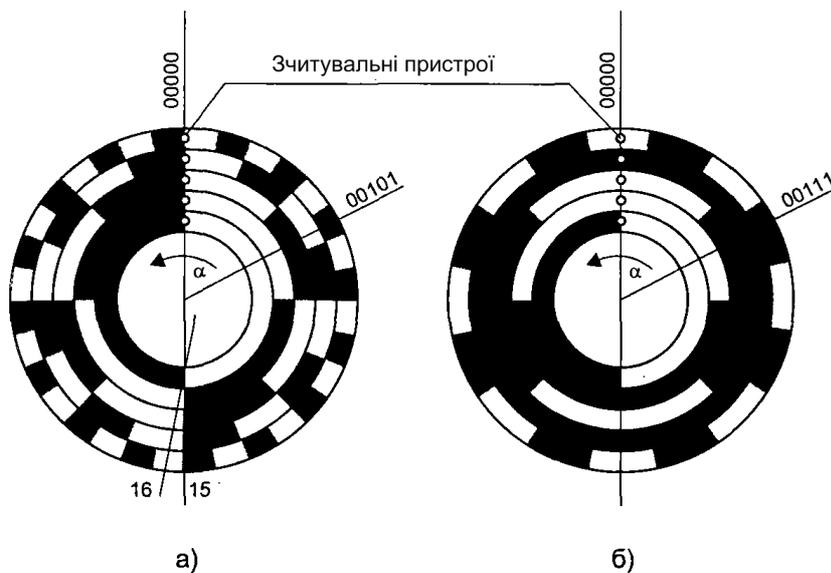


Рисунок 2.27 - Диск оптичного датчика в розподільнику:

- 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 відносно 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 кодуєчі 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.

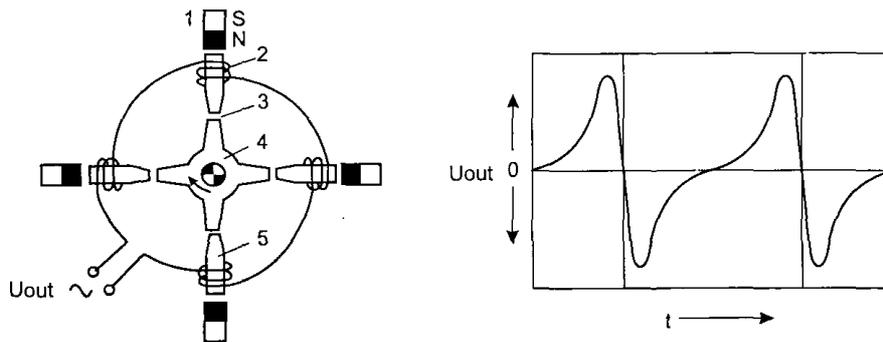


Рисунок 2.29 - Принципова схема комутаторного датчика і осцилограма вихідного сигналу

Напруга визначається за такою формулою:

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

де k — коефіцієнт, залежить від характеристик магнітного ланцюга; w — кількість витків обмотки; n — частота обертання зубчастого ротора;

$d\Phi/d\alpha$ — зміна потоку Φ залежно від кута повороту α . 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, внесеній в магнітне поле, при пропусканні 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 Голла, m^2/A . Чутливість елемента Холла залежить від співвідношень між довжиною і шириною пластини і підвищується при зменшенні її товщини. Для плівки товщина h сягає $10(-6)$ тепені м, для пластини з напівпровідникового кристала — $10(-4)$ тепені м. Для виготовлення елементів Холла використовуються германій, кремній, арсенід галію (GaAs), арсенід індію (InAs), антимонід індію (InSb).

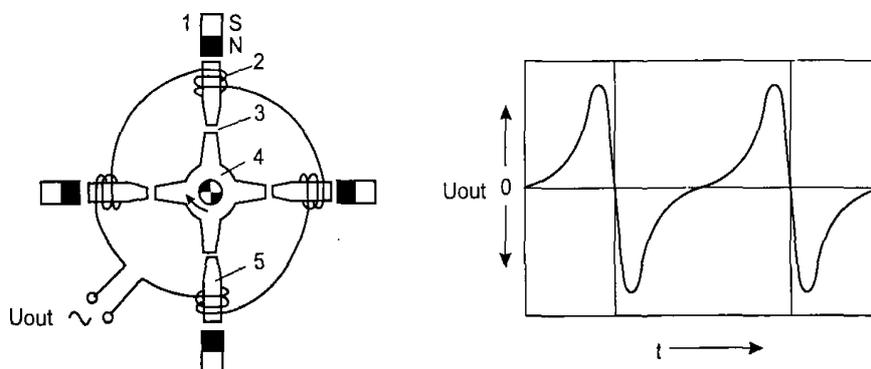


Рисунок 2.29 - Принципова схема комутаторного датчика і осцилограма вихідного сигналу

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 тертьових частин, крім підшипників, вони безінерційні і мають високу надійність.



Рисунок 2.30 - Датчик абсолютного кутового положення з чутливим елементом Холла

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

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 Zodiac 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 радірадарних 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 3x9(рисунок 2.31)

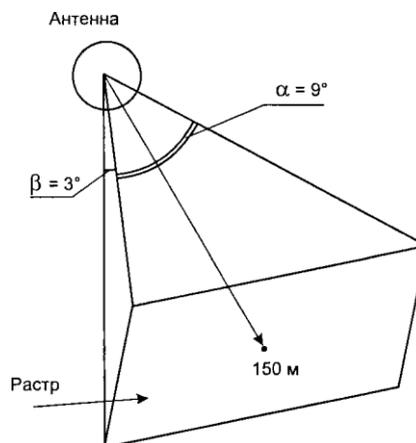


Рисунок 2.31 Растр Радіовипромінювача

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) пьезокристалла 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 похибок не гірше 0,5% в температурному діапазоні -40...+ 110 °С.

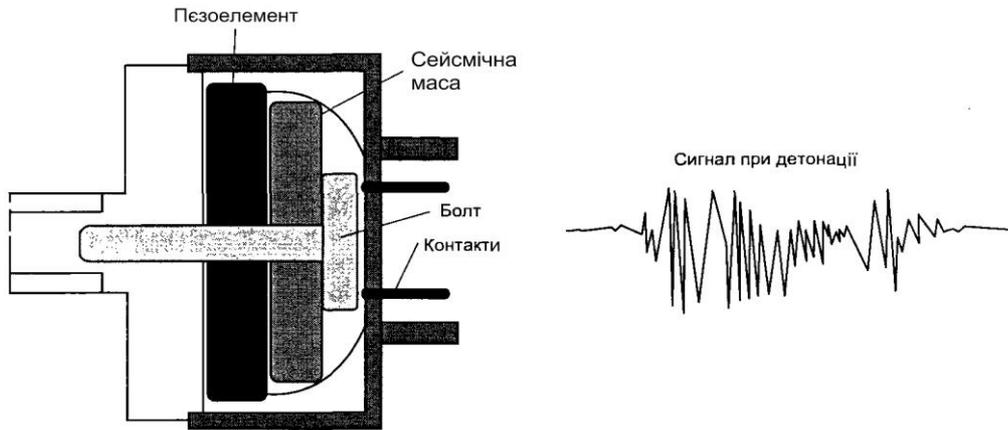


Рис. 2.33. Базова конструкція акселерометра

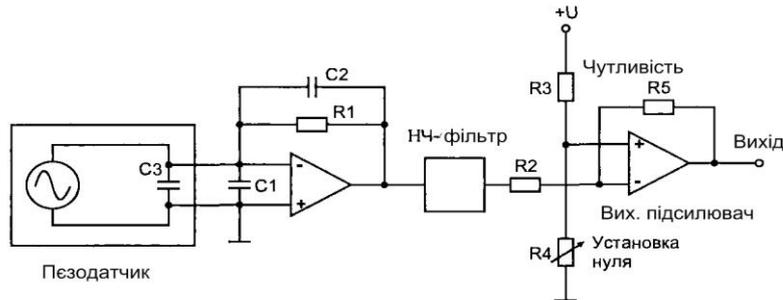
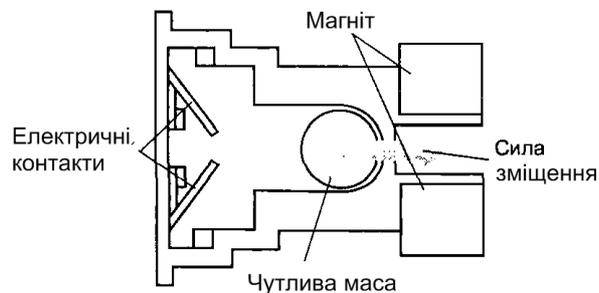


Рисунок 2.34 - Схема підсилювача-формуваача для обробки сигналу п'єзоелектричного акселерометра

Акселерометри для повітряних мішків безпеки

Напрямок руху



До зіткнення контакти розімкнуті

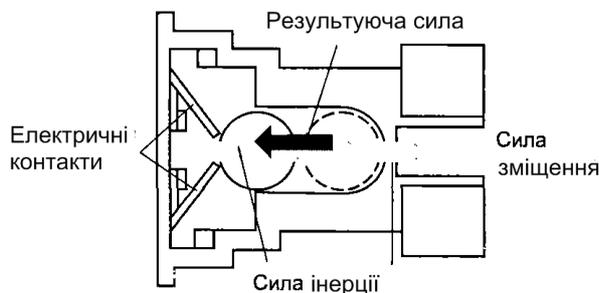


Рисунок 2.35 - Акселерометр з їх постійним магнітом

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.

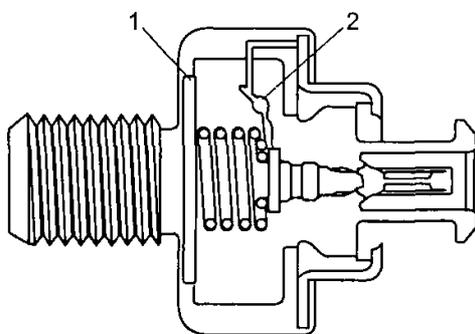
Зіткнувшись сила інерції металевої кулі долає тяжіння магніту, куля котиться по циліндру уперед і замикає контакти, сигнал вступає у ЕБУ. Динамічні характеристики механічних акселерометрів описуються диференційним рівнянням 2-го порядку. Такі параметри, як жорсткість пружини, маса кульки, сила тяжіння 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 проскользявання 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 — п'єзоелемент,
- 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 безпечне 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 поломки і виходу з експлуатації.



Рисунок 2.37 Вихідний сигнал датчика детонації

Рисунок 2.38 Визначення детонації

2.7.4 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.

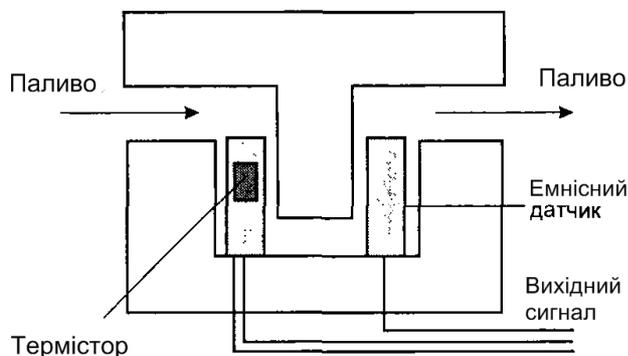


Рисунок 2.39 Датчик метанолу

2.7.5 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 замкнутому. 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 фарі.

Справності лампи в фарі.

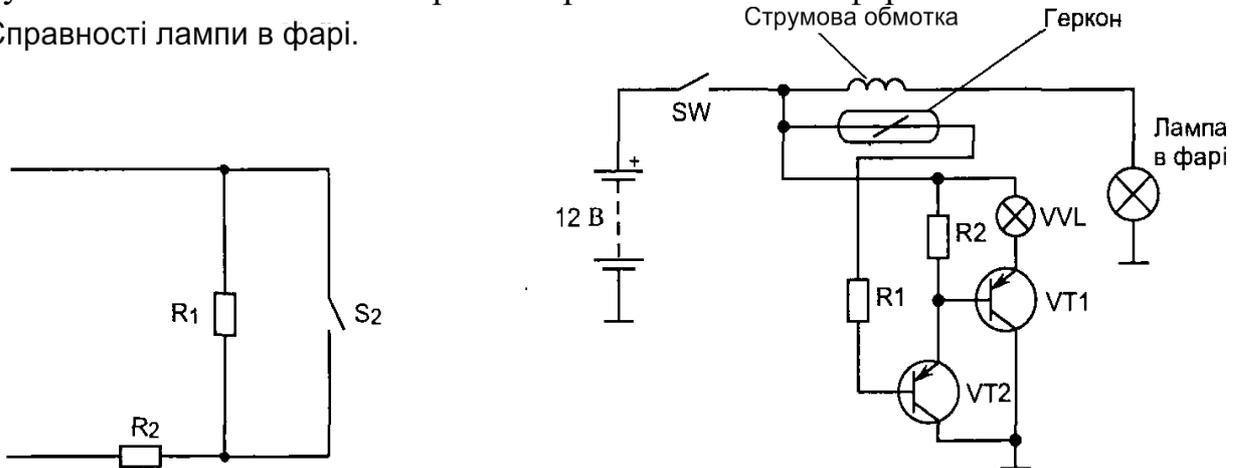


Рисунок 2.40 - Схема контролю стану електричного ланцюга

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 локальній мережі контролерів.

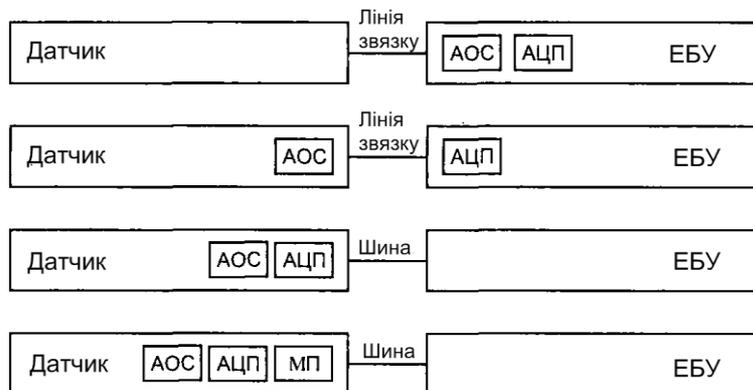


Рисунок 2.42 - Інтеграція датчиків.