

## ТЕМА 1 ЕЛЕКТРОННІ БЛОКИ КЕРУВАННЯ

### 1.1 Загальні відомості про електронні блоки керування

З розвитком цифрової технології виникають різноманітні можливості керування і регулювання електронних систем в автомобілі. Можна одночасно використовуватися безліч параметрів для забезпечення оптимальної роботи різних систем. Електронний блок управління (БУ) приймає електричні сигнали від датчиків, обробляє їх і генерує керуючі сигнали, які поступають на виконавчі механізми. Програми для замкнутого контуру керування закладені в пам'ять блоку керування. Реалізація програм здійснюється мікроконтролером. Компоненти блоку керування називаються апаратними засобами. Блок керування містить всі алгоритми замкнутого і розімкненого контурів керування, необхідні для реалізації процесів керування (наприклад, для двигуна це - керування запаленням, сумішоутворенням, впуском і так далі).

До блоку керування висувають вельми жорсткі вимоги. Він піддається великим навантаженням під дією:

- екстремальних температур навколишнього середовища (при нормальному режимі роботи від -40 до +60 .... + 125 °С);
- сильних перепадів температури;
- агресивних експлуатаційних матеріалів (масло, паливо і т.д.);
- вологості;
- механічних навантажень, наприклад, вібрації двигуна.

Блок керування при пуску двигуна повинен надійно працювати навіть при недостатньо зарядженій акумуляторній батареї (наприклад, при пуску холодного двигуна) і при високій зарядній напрузі (коливання напруги в бортовій мережі).

Інші вимоги базуються на необхідності дотримання електромагнітної сумісності. Дуже високі вимоги відносно чутливості до електромагнітних перешкод і обмеженню вироблення високочастотних сигналів.

## 1.2 Характеристики блоків керування

Характеристики блоків керування поліпшуються у міру прогресу в галузі мікроелектроніки. У перших системах впорскування палива використовувалася аналогова технологія - з обмеженою гнучкістю при реалізації функцій керування. Функції цих блоків управління визначалися апаратними засобами.

Прогрес принесла цифрова технологія і появою мікроконтролера. Все керування двигуном перейшло в цей універсальний напівпровідниковий мікрочіп. Логічні схеми керування реалізуються в системах програмованим напівпровідниковим чіпом.

На базі систем, які спочатку просто керували впорскуванням палива, були розроблені комплексні системи керування двигуном. Вони дозволяють керувати не тільки впорскуванням палива, але також і системою запалення з контролем детонації, рециркуляцією ВГ і безліччю інших систем. Цей розвиток продовжуватиметься і далі в найближче десятиріччя. Інтеграція функцій і, перш за все, їх комплексність зростатиме.

Довгий час в автомобільній промисловості використовувалися мікроконтролери сімейства 8051 Intel, поки в кінці 80-х років їм на зміну не прийшла модифікація 80515, що володіє додатковими можливостями по прийому і видачі сигналів керування, а також інтегрованим аналого-цифровим перетворювачем. З їх допомогою могли бути реалізовані відносно ефективні системи. На рис. 1.1 наведений графік, що ілюструє: продуктивність систем керування двигуном; кількість виводів в роз'ємі блоків керування; об'єм постійної пам'яті (ROM); об'єм оперативної пам'яті (RAM).

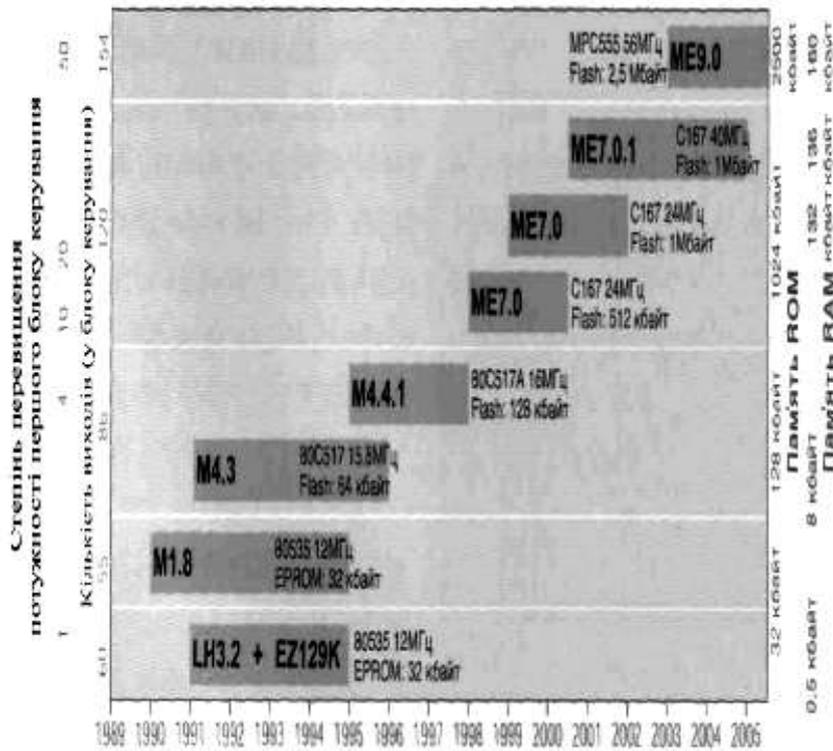


Рисунок 1.1 – Розвиток електронних блоків керування

Для порівняння показано характеристики системи впрыскування (LH3.2) і системи запалення (EZ129K), обладнаних контролерами 80C515 з новими системами Motronic. Продуктивність системи ME7 при тактовій частоті 40 МГц в 40 разів перевищує продуктивність комбінованої системи LH/EZ. Продуктивність системи ME9 з новим поколінням мікроконтролерів і подальшим підвищенням тактової частоти була збільшена більш ніж в 50 разів.

У досяжному майбутньому в автомобільній промисловості мікроконтролери інтегруватимуться з процесорами обробки сигналів. Ємність чіпів пам'яті на початку 80-х років складала 8 кб. У 2005 році в системах ME9 використовувалися чіпи на 2,5 Мбайт, а в найближчому майбутньому в автомобільній промисловості будуть потрібні чіпи вже на 10-20 Мбайт.

## **1.3 Конструкція електронних блоків керування**

### **1.3.1 Загальні відомості**

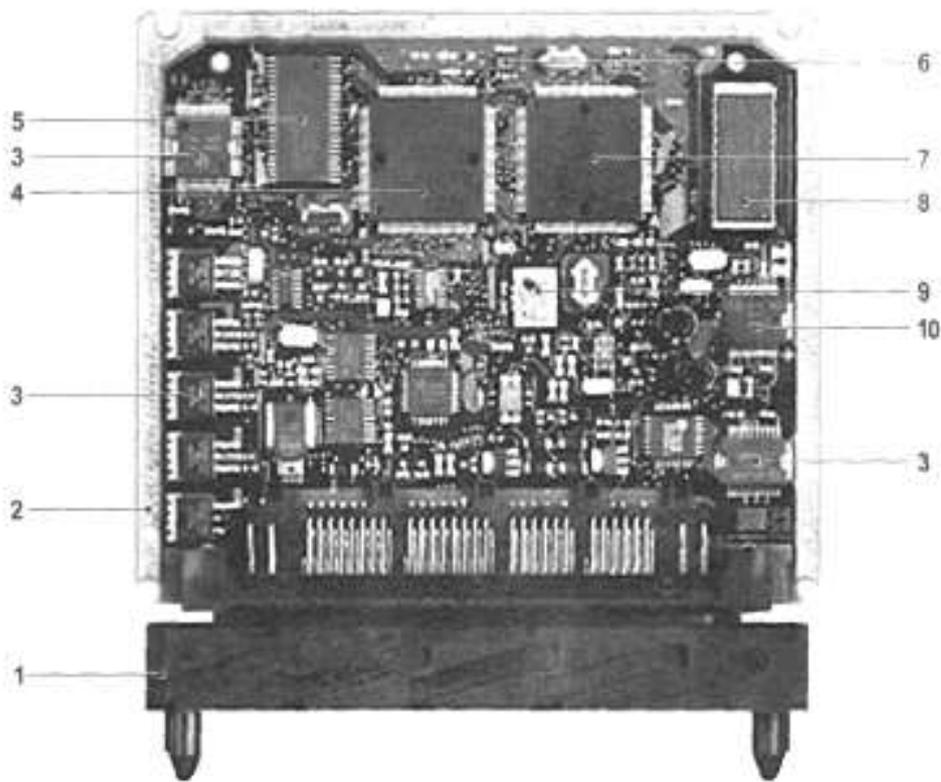
Друкарська плата з електричними компонентами (рис. 1.2) розташовується в корпусі з металу або синтетичного матеріалу. Датчики, виконавчі механізми і електроживлення підключені до блоку керування за допомогою багатополюсного штекерного роз'єму 1. Задаючи каскади 3 великої потужності, які забезпечують безпосередню дію на виконавчі механізми, вмонтовані в корпус блоку керування таким чином, що забезпечується дуже добре тепловідведення на корпус і в навколишнє середовище. Більшість електронних компонентів виконано за технологією поверхневого монтажу. Це дозволило отримати особливо компактні і легкі конструкції. Тільки деякі потужні компоненти виконані на платі по роз'ємній схемі.

Для установки блоків керування безпосередньо під капотом автомобіля біля двигуна існують також гібридні варіанти, що поєднують в собі компактність і високу термостійкість.

### **1.3.2 Мікроконтролер**

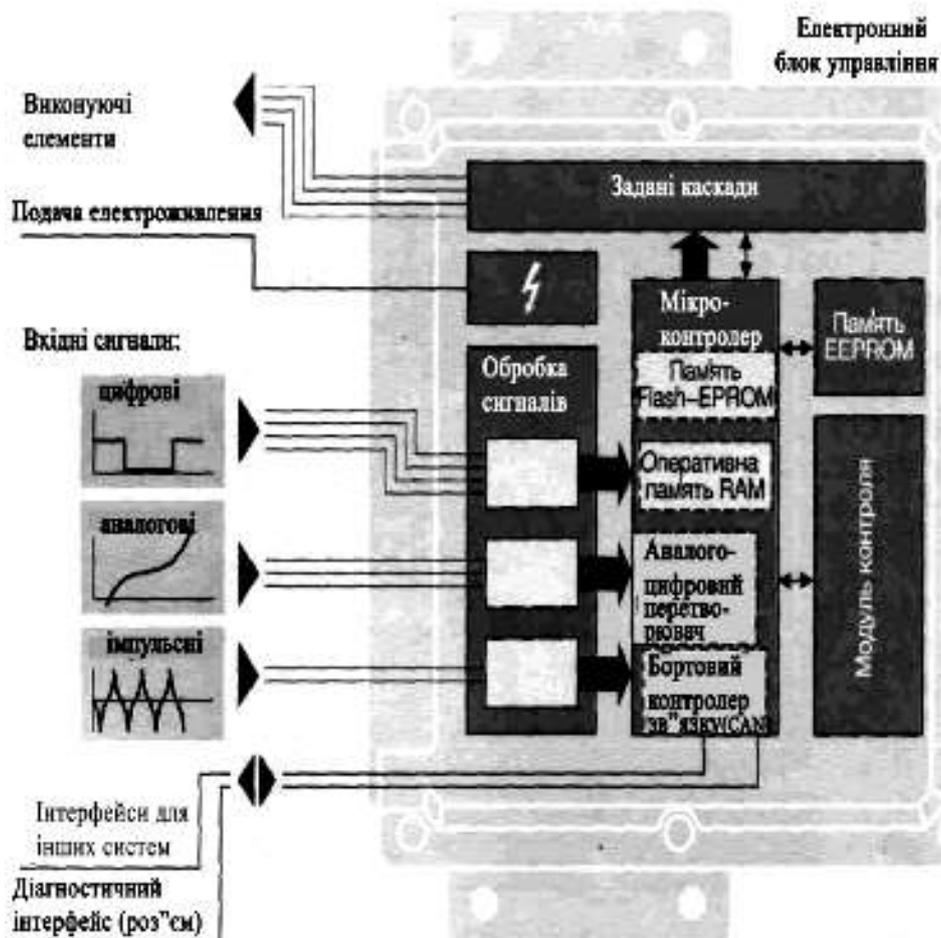
Мікроконтролер. будучи центральним компонентом блоку керування (рис. 1.3). керує послідовністю процесів. Окрім центрального процесора, мікроконтролер містить канали входу і виходу, таймери, модулі пам'яті ROM і RAM, серійні інтерфейси і інші периферійні пристрої, розташовані на мікрочіпі. Тактові імпульси для мікроконтролера створює кварц.

Мікроконтролер для розрахункових операцій потребує програмного забезпечення. Програма завантажується в програмний пристрій у вигляді двійкових числових значень, які розділені на набори даних. Центральний процесор зчитує ці дані, інтерпретує їх як команди і послідовно виконує.



**Рисунок 1.2 - Блок керування системи ME-Motronic:**

- 1 - багатополісний штекерний роз'єм; 2 - друкарська плата;  
3 - задаючі каскади; 4 - мікроконтролер (функціональний процесор) з пам'яттю ROM; 5 - пам'ять Flash-EPROM; 6 - пам'ять EEPROM;  
7 - мікроконтролер (процесор з розширеними можливостями) з пам'яттю ROM; 8 - пам'ять Flash-EPROM для процесора з розширеними можливостями; 9 - датчик атмосферного тиску;  
10 - периферійний модуль (інтегрована подача напруги 5 В)



**Рисунок 1.3 - Схема обробки сигналів в електронному блоці керування**

Програма закладена в постійну пам'ять (ROM, EPROM або Flash-EPROM), яка також містить особливі дані (окремі значення, характеристичні криві і діаграми). При цьому мова йде про постійні дані, які не можуть змінюватися в процесі експлуатації автомобіля.

Ці дані впливають на процес програмованого керування (замкнуті і розімкнені контури керування). Програмний запам'ятовуючий пристрій може інтегруватися в мікроконтролер і, залежно від застосування, ще додатково розширюватися її окремим компонентом, наприклад, за рахунок зовнішнього модуля пам'яті EPROM або модуля пам'яті Flash-EPROM.

### **1.3.3 Постійна пам'ять (ROM)**

Програмовані пристрої, що запам'ятовують, можуть бути виконані постійними (ROM). Зміст цього ПЗП визначається при виготовленні і потім вже не може змінюватися. Ємність пам'яті ROM, інтегрованої в мікроконтролер, обмежена. Для комплексного використання потрібний додатковий запам'ятовуючий пристрій.

### **1.3.4 Постійна пам'ять з можливістю стирання (EPROM)**

Пам'ять EPROM може стиратися шляхом опромінювання ультрафіолетовими променями і наново записуватися програмуючим пристроєм. Найчастіше пам'ять EPROM виконується як окремий компонент. Центральний процесор запрошує пам'ять EPROM через адресну шину і шину даних.

### **1.3.5 Програмована пам'ять з груповим електричним стиранням (Flash-EPROM або EEPROM)**

Пам'ять Flash-EPROM стирається електричним шляхом. Завдяки цьому блок керування з цією пам'яттю може бути перепрограмований в центрі обслуговування без його розбирання. При цьому блок керування з'єднується з центром перепрограмування через інтерфейс. Якщо мікроконтролер додатково забезпечений постійною пам'яттю (ROM), то в нього закладається комплект програм для флеш-програмування. Пам'ять Flash-EPROM може бути інтегрована разом з мікроконтролером на мікрочіпі. Пам'ять Flash-EPROM за рахунок своїх переваг значною мірою витіснила традиційну пам'ять EPROM.

### **1.3.6 Оперативна пам'ять**

Така пам'ять з оперативним записом і зчитуванням необхідна для зберігання таких змінних, як, наприклад, дані розрахунків і значення сигналів.

### **1.3.7 Оперативна пам'ять з довільною вибіркою (RAM)**

Всі поточні значення зберігаються в пам'яті RAM (пристрої оперативною запису і зчитування). Обсягу пам'яті, інтегрованої в мікроконтролер, недостатньо для комплексного застосування, тому необхідне використання додаткового модуля RAM. Він підключається до мікроконтролера за допомогою адресної шини і шини даних. При відключенні блоку керування від електроживлення, пам'ять RAM втрачає весь масив даних. Проте після пуску двигуна блок керування знову повинен мати доступ до даних, що коректують (відповідним технічному стану двигуна і умовам його роботи). Вони не повинні стиратися з пам'яті при виключенні запалення. Щоб цього не допустити, пам'ять RAM постійно підключається до джерела струму (постійна подача електроживлення). Але при відключенні акумуляторної батареї втрачаються і ці дані.

### **1.3.8 Постійна пам'ять, що електрично перепрограмується (EEPROM або E2PROM)**

Дані, які не повинні втрачатися навіть при відключеній акумуляторній батареї (наприклад, важливі корегуючі параметри, коди блокування руху автомобіля), повинні постійно зберігатися в незалежному довготривалому запам'ятовуючому пристрої. Пам'ять EEPROM є постійною пам'яттю з електричним стиранням, в якій, на відміну від пам'яті Flash-EPROM, інформація в кожному елементі пам'яті може стиратися окремо. Завдяки цьому пам'ять EEPROM може застосовуватися як незалежний запам'ятовуючий пристрій з оперативним записом і зчитуванням.

У деяких варіантах блоків керування як енергонезалежна пам'ять використовуються також роздільно перепрограмовані області пам'яті Flash-EPROM.

### **1.3.9 Адаптивна інтегральна схема (модуль ASIC)**

Через постійне зростання функціональної складності блоку керування вже недостатньо стандартних мікроконтролерів, що є на ринку. В цьому випадку допомагають модулі ASIC. Ці інтегральні схеми, що розробляються і виготовляються згідно вимогам розробників блоків керування, містять додаткову пам'ять RAM, а також вхідні і вихідні канали, завдяки чому здатні генерувати і передавати сигнали широтно-імпульсної модуляції (ШІМ).

### **1.3.10 Модуль контролю**

Мікроконтролер і модуль контролю в блоці керування контролюють один одного в режимі «запит-відповідь». Якщо розпізнається збій в роботі, то один з цих елементів (незалежно від іншого) запускає відповідну компенсуючу функцію.

## **1.4 Функціонування та обробка сигналів блоками керування**

### **1.4.1 Вхідні сигнали**

Датчики разом з виконавчими механізмами, утворюють периферію блоку керування, то сполучає автомобіль і центральний процесор. Електричні сигнали датчиків надходять в блок керування по кабельній розводці і штекерному роз'єму 1. Ці сигнали можуть мати різні форми: аналогову, цифрову або імпульсну.

Аналогові вхідні сигнали можуть мати будь-яку величину напруги в межах певного діапазону. Прикладами фізичних величин, які передаються у вигляді аналогових сигналів, є масова витрата повітря, напруга акумуляторної батареї, тиск у впускному трубопроводі і тиск наддування, температура охолоджуючої рідини і всмоктуваного повітря.

Ці сигнали перетворюються в мікроконтролері блоку керування аналого-цифровим перетворювачем в цифрову форму, якою може оперувати центральний процесор мікроконтролера. Максимальне розширення цих аналогових сигналів рівне 5 мВ. В загальному вимірювальному діапазоні від 0 до 5 мВ є приблизно 1000 ступенів приростів.

Цифрові вхідні сигнали володіють тільки двома станами: «High» (логічна одиниця) і «Low» (логічний нуль). Прикладами цифрових вхідних сигналів є сигнали включення (вкл./викл.) або цифрові сигнали від датчиків, наприклад, імпульси частоти обертання колінчастого валу, датчика Холла або магніторезисторного датчика. Цифрові сигнали можуть оброблятися безпосередньо в мікроконтролері.

Імпульсні вхідні сигнали від індуктивних датчиків з інформацією про частоту обертання колінчастого валу і положення контрольних міток обробляються за допомогою спеціальної схеми в блоці управління. При цьому імпульсні перешкоди видаляються, а імпульсні сигнали перетворюються в цифрові прямокутні сигнали.

Напруга вхідних сигналів обмежується в схемах захисту до рівнів, що забезпечують їх обробку. Корисний сигнал шляхом фільтрації в значній мірі звільняється від перешкод і, якщо необхідно, шляхом посилення адаптується до допустимої напруги на вході мікроконтролера (0-5 В). Залежно від ступеня інтеграції обробка сигналів може частково або навіть повністю здійснюватися в самому датчику.

Блок керування представляє собою центр управління, контролюючий всі функції і послідовність роботи систем керування двигуном. Алгоритми керування реалізуються в мікроконтролері. Вхідними параметрами служать вхідні сигнали від датчиків і інтерфейсів зв'язку з іншими системами, наприклад, шиною бортового контролера зв'язку (CAN). Під час поступлення на процесор вони ще раз перевіряються на достовірність. За допомогою програмного забезпечення блоку керування розраховуються вихідні сигнали для керування виконавчими механізмами.

## 1.4.2 Вихідні сигнали

За допомогою вихідних сигналів мікроконтролер включає задаючі каскади, потужність яких зазвичай достатня для безпосереднього управління виконавчими механізмами. Для окремих споживачів високої потужності (наприклад, вентилятор двигуна) деякі задаючі каскади управляють реле.

Задаючі каскади захищені від коротких замикань на масу або стрибків напруги, а також від руйнування унаслідок електричного або теплового перевантажень. Інтегральні схеми задаючих каскадів розпізнають ці нештатні ситуації, а також вихід з ладу датчиків як помилки і передають про це сигнал в мікроконтролер.

Цифрові вихідні сигнали можуть вироблятися як сигнали широтно-імпульсної модуляції (ШИМ). Ці сигнали є послідовними прямокутними імпульсами постійної частоти і змінної тривалості. За допомогою цих сигналів різні виконавчі механізми можуть переводитися в будь-яке робоче положення (наприклад, клапан в системі рециркуляції ВГ, регулятор тиску наддування).

### **1.4.3 Передача даних всередині блоку керування**

Периферійні пристрої, що підтримують роботу мікроконтролера, повинні мати можливість зв'язку з ним. Це здійснюється за допомогою адресної шини і шини даних. Мікроконтролер видає через адресну шину, наприклад, адресу пам'яті RAM, зміст якої повинен зчитуватися. Шина даних потім використовується для передачі тих даних, що відносяться до цієї адреси.

Раніше на автомобілях обходилися 8-бітовою шиною з восьми провідників, по яких одночасно можна передавати 256 значень. За допомогою звичайної для цих систем адресної шини на 16 біт можна запрошувати 65536 адресів. Сьогодні складніші системи вимагають використання шин даних на 16 біт або навіть 32 біт.

Для того, щоб зменшити кількість електричних імпульсів, адресна шина і шина даних можуть об'єднуватися в одну мультиплексну систему, тобто адреси і дані передаються із зрушенням за часом і з використанням одних і тих же провідників.

Для даних, які не повинні передаватися швидко (наприклад, дані пам'яті про несправності), застосовуються послідовні інтерфейси тільки з однією лінією передачі даних.

### **1.4.4 Програмування EoL**

Різноманіття моделей автомобілів, що потребують різних програм керування і баз даних, вимагає обов'язкового зменшення типажу блоків керування, необхідних для конкретного виробника автомобілів. Для цього весь діапазон пам'яті Flash-EPROM з програмами і специфічним для конкретного варіанту набором даних може програмуватися на кінцевій стадії виробництва автомобіля за допомогою так званого програмування EoL (End of Line — кінець потокової лінії складання).

Іншою можливістю зменшення різноманіття цих варіантів є занесення в пам'яті декількох варіантів даних (наприклад, модифікацій коробок передач), які потім

можуть вибиратися шляхом введення відповідного коду в кінці складального конвеєра. Це кодування вводиться в пам'ять EEPROM.

## **1.5 Програмне забезпечення блоків керування**

Коли перші мікроконтролери почали застосовуватися в блоках керування, то у використовуваних ними програмах був об'єм від 4 Кбайт або навіть ще менше. У мікросхем пам'яті (чіпів) у той час ємність була не більша. З цієї причини програми повинні були розроблятися за допомогою кодів, що економлять пам'ять. Найбільш часто вживаною мовою програмування був «асемблер». Команді в цій мові мнемонічні і вони в цілому відповідають машинному коду мікроконтролера. Проте, як правило, програми на мові «асемблер» важко читати і інтерпретувати.

З часом ємність чіпів пам'яті все збільшувалася, а діапазон функцій, що реалізуються системою керування двигуном, ставав все складнішим. Кількість функцій, що зростали, зробила неминучим створення модулів програмного забезпечення. Програмне забезпечення блоку керування двигуном структуроване на модулі, кожен з яких містить певну групу функцій (наприклад, замкнений контур лямбда - керування, регулювання частоти обертання колінчастого валу на холостому ході та ін.). Ці модулі мають, звичайно, застосовуватися не в одному проекті, а в багатьох подібних проектах. Тому необхідне використання стандартних інтерфейсів для вхідних і вихідних змінних. У зв'язку з цим мова програмування «асемблер» досягла меж своїх можливостей стосовно автомобільної електроніки.

При сучасних вимогах до розроблення програмного забезпечення неминучим стало застосування мов програмування високого рівня. Тепер все програмне забезпечення системи керування двигуном створюється на мові високого рівня - головним чином на мові програмування Сі. Програмування на мові високого рівня забезпечує:

- можливість коректування програмного забезпечення;
- модульність;

- взаємозамінність пакетів програм:
- незалежність програмного забезпечення від мікроконтролера, що використовується в блоці управління.

Велика частина інновацій у автомобільну техніку здійснюється за рахунок використання електроніки. Раніше програмне забезпечення розглядалося як «додаток» до апаратної частини. З часом програмному забезпеченню почало приділятися все більше значення. Разом зі складністю електронних систем, керованих мікроконтролерами, якість програмного забезпечення стала головним чинником при його розробці, оскільки проблеми, що виникають із-за недосконалості програмного забезпечення, шкодять репутації фірми-виробника і збільшують вартість гарантій.

## **ТЕМА 2 ОБМІН ДАНИМИ МІЖ ДІАГНОСТИЧНИМ ОБЛАДНАННЯМ ТА ЕЛЕКТРОННИМИ СИСТЕМАМИ АВТОМОБІЛЯ**

### **2.1 Огляд електронних систем зв'язку**

В даний час автомобілі оснащені великою кількістю електронних систем, число яких постійно росте. Для їх діагностики та забезпечення їх ефективної роботи необхідний інтенсивний обмін даними і інформацією, при цьому вимоги до кількості і швидкості даних, то передаються, стають все вищими. Наприклад, для забезпечення необхідної стійкості руху автомобіля електронна програма курсової стійкості (ESP) повинна обмінюватися даними з системами керування двигуном і трансмісією.

До електронних систем зв'язку і електронних замкнутих і розімкнених контурів керування, які використовуються на автомобілях, відносяться, наприклад, такі як:

- електронне управління двигуном;
- електронне управління вибором передавального відношення в трансмісії (EGS);
- антиблокувальна гальмівна система (ABS);
- протибуксувальна система (ASR);
- електронна програма курсової стійкості (ESP);
- адаптивне регулювання швидкості руху (ACC);
- мобільні мультимедійні системи і їх індикаторні прилади на приладовій панелі.

Дані від системи бортової діагностики на діагностичний тестер поступають через інтерфейси зв'язку, обов'язкові характеристики якого регламентуються стандартом ISO 9141 (діагностичний COM-інтерфейс). Цей послідовний інтерфейс працює з швидкістю передачі даних від 10 байт до 10 Кбайт. Він виконаний у вигляді однопровідного інтерфейсу із загальним каналом передачі і прийому даних (К-лінія) або двопровідного інтерфейсу із розділеними каналами передачі даних (К-лінія) і включення (L-лінія).

До одного діагностичного роз'єму може бути підключено декілька блоків керування. Тестер посилає адресний сигнал включення блокам керування, один із яких розпізнає ці координати і передає код розпізнавання в зворотному напрямку.

Зростаюче їх впровадження і пов'язані з цим необхідність їх діагностики та потреба в обміні даними між системами вимагають об'єднання цих окремих блоків управління в єдину мережу. Традиційний метод забезпечення цього обміну даними через окремі канали передачі даних від діагностичного обладнання до електронних систем або від однієї системи до іншої досяг меж своїх можливостей (рис. 2.1), а складність кабельної розводки і розміри електророз'ємів не дозволяють здійснювати ефективний контроль. Крім того, обмеження числа контактів в роз'ємах ускладнює розробку блоків управління.

Для прикладу: джгути проводів загальною протяжністю 1600 м для автомобіля середнього класу мають сьогодні в середньому приблизно 300 роз'ємів із загальним числом контактів 2000. Єдиним вирішенням цієї проблеми є застосування спеціальних і сумісних з автомобілем послідовних систем шин передачі даних, серед яких як стандарт була вибрана шина CAN. З 2004 року зв'язок між блоками керування і тестерами здійснюється за допомогою шини бортового контролера зв'язку (CAN).

## **2.2 Послідовна передача даних за допомогою лінії CAN**

### **2.2.1 Області застосування шини CAN в автомобілі**

Шина CAN (бортовий контролер зв'язку) є лінійною системною шиною, розробленою спеціально для використання на автомобілі (рис. 2.2), хоча вона знайшла і інші області застосування (наприклад, в побутовій техніці). Дані послідовно передаються по загальній шині. Всі інтерфейси CAN мають доступ до цієї шини. Через Інтерфейси CAN блоки керування можуть обмінюватися даними. За рахунок об'єднання в єдину мережу потрібно менше проводів, оскільки по одному каналу шини можна обмінюватися безліччю даних і багато разів зчитувати ці дані. У автомобілі є чотири області застосування лінії CAN, до кожної з яких висувають різні вимоги.

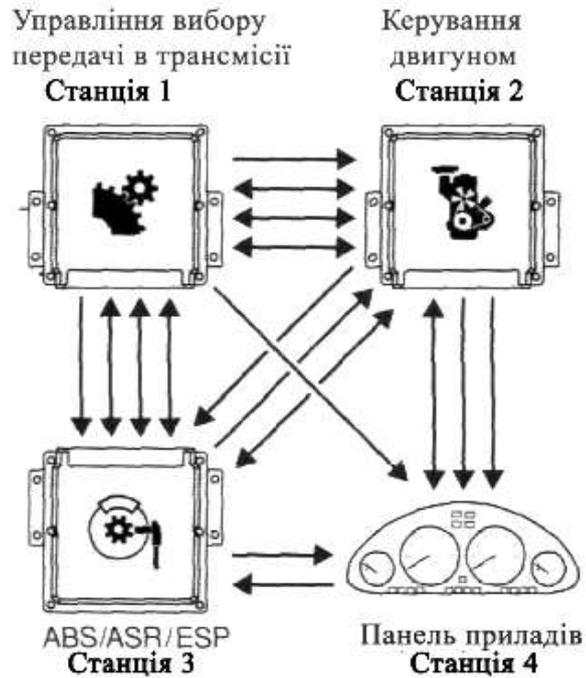


Рисунок 2.1 - Схема традиційної передачі даних

### Застосування шини CAN в діагностиці

Діагностика з використанням шини CAN націлена на застосування вже наявної мережі для діагностики підключених до неї блоків керування. В цьому випадку звичайна сьогодні діагностика за допомогою спеціальної лінії K (стандарт ISO 9141) виявляється непотрібною. При застосуванні шини CAN в діагностиці планується також передача великих масивів даних із швидкістю 250 і 500 Кбіт/с.



Рисунок 2.2 - Лінійна структура шини CAN

### ***Застосування умовах реального часу***

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

### ***Мультиплексна система***

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

### ***Застосування мобільного зв'язку***

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

## **2.2.2 Конфігурація шини CAN**

Під конфігурацією шини CAN розуміються розташування елементів системи і взаємодія між ними. Шина CAN має лінійну структуру (рис. 2.2). В порівнянні з іншими логічними структурами (кільцева або зіркоподібна шина), така система відрізняється мінімальною можливістю виходу з ладу. Якщо одна із станцій системи відключається, шина як і раніше продовжує повністю обслуговувати інші станції. Станціями, підключеними до шини, можуть бути як

блоки керування, так і індикаторні прилади, датчики або виконавчі механізми. Вони працюють за принципом Multi-Master (мультимайстер). При цьому всі підключені до шини CAN станції мають рівний пріоритет доступу до неї. Вищестояще керування не є необхідним.

### **2.2.3 Адресація за змістом**

Система шини CAN адресує повідомлення не окремо до кожної станції (відповідно до її характеристик), а за змістом цих повідомлень. До кожного повідомлення приєднується фіксований «ідентифікатор» (ім'я повідомлення), яким ідентифікує зміст цього повідомлення (наприклад, частоту обертання колінчастого валу двигуна).

Цей ідентифікатор містить 11 бітів (стандартним формат) або 29 бітів (розширений формат). За рахунок адресації за змістом (рис. 2.3) кожна станція повинна сама вирішувати, чи потрібна їй послана по шині інформація чи ні («фільтрація повідомлення»). Ця функція може виконуватися спеціальним модулем CAN (повна шина CAN).

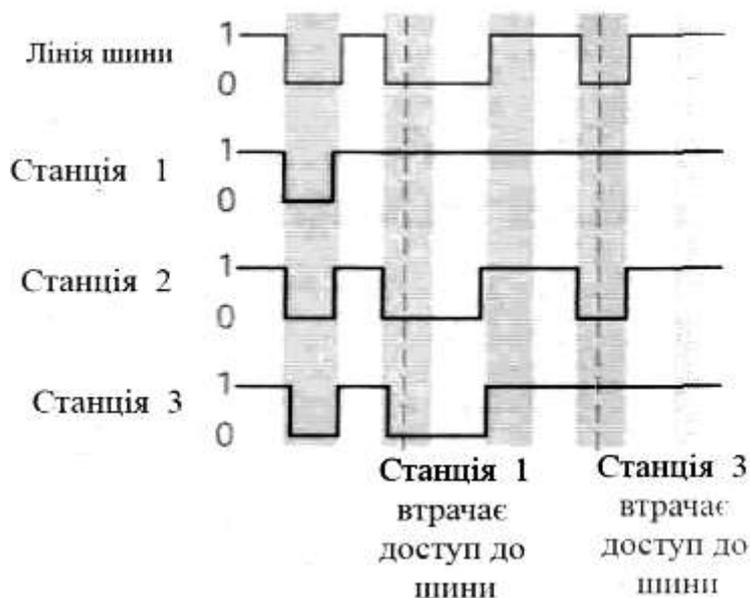
За цей рахунок розвантажується центральний мікропроцесор блоку керування. Базові модулі CAN прочитують всі повідомлення. Відмова від адресації станцій і вибрана замість цього адресація за змістом дозволяють отримати високу гнучкість всієї системи, за допомогою чого спрощується установка різних варіантів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

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

## 2.2.4 Надання права доступу до загальної шини

Ідентифікатор, разом із змістом даних, також визначає пріоритет повідомлення. Ідентифікатор, який відповідає короткому двійковому коду, володіє вищим пріоритетом і навпаки. Пріоритети повідомлень с, наприклад, функцією швидкості зміни їх змісту або їх значення по чиннику безпеки. По шині ніколи не передаються два і більше повідомлення з рівними пріоритетами.

Відразу ж після звільнення шини кожна станція може починати передачу повідомлення. Конфлікт, що можливо при цьому виникає, в доступі до шини усувається побітовим «арбітражем» кожного ідентифікатора (рис. 2.4).

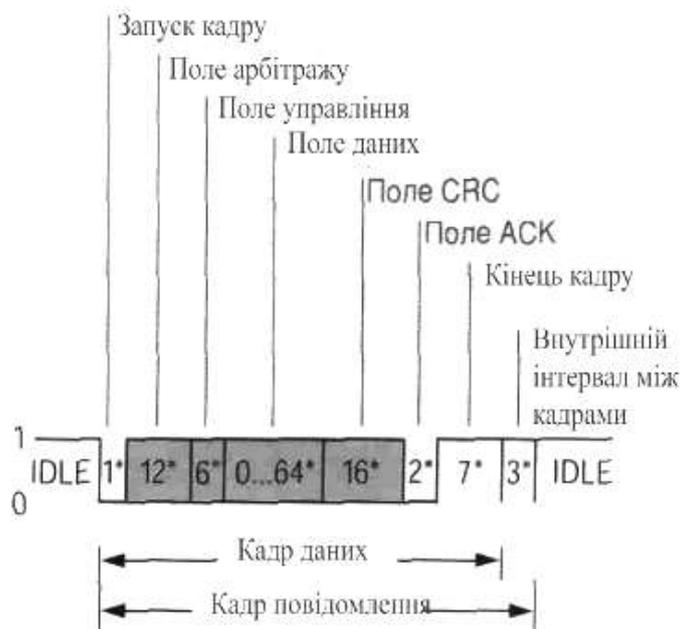


**Рисунок 2.3 - Адресація і фільтрація повідомлень по шині CAN:**

0 - домінуючий рівень, 1 - рецесивний рівень

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

При цьому без втрат часу і інформації спочатку передається повідомлення з вищим пріоритетом (не руйнуючий протокол). Протокол CAN базується на двох логічних станах: домінуючому (логічний нуль) і рецесивному (логічна одиниця).



**Рисунок 2.4 - Формат повідомлень CAN:**

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

Принцип керування доступом до загальної шини (арбітраж) дозволяє здійснювати перезапис рецесивних бітів інших станцій за допомогою переданих даною станцією домінуючих бітів. Станція з найкоротшим ідентифікатором (тобто з найвищим пріоритетом) має доступ до шини першою.

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

### 2.2.5 Формат повідомлення

Шина CAN підтримує два різних формати, які відрізняються тільки довжиною ідентифікатора. Ідентифікатор в стандартному форматі містить 11 бітів, в розширеному — 29 бітів. Обидва формати сумісні один з одним і разом можуть застосовуватися в загальній мережі. Кадр інформації складається з семи послідовних полів (рис. 2.4) і містить 130 бітів (стандартний формат) або 150 бітів

(розширений формат). В стані спокою шина рецесивна (IDLE), тобто не активна. Запуск кадру з доміантним бітом указує на початок передачі повідомлення і синхронізує роботу всіх станцій.

Поле арбітражу (Arbitration Field) складається із вже описаного ідентифікатора повідомлень і додаткового контрольного біта. При передачі цього поля передавач перевіряє кожен біт на наявність у нього права на передачу або на належність до іншої станції з вищим пріоритетом передачі повідомлень. Контрольний біт, наступний за ідентифікатором, позначається як RTR-біт (Remote Transmission Request — дистанційна передача запиту), визначаючи вид повідомлення: кадр даних (повідомлення з даними) для приймальної станції або дистанційний кадр дія приймальної станції. Поле керування (Control Field) включає IDE-біт (Identifier Extension Bit), за допомогою якого робиться відмінність між стандартним форматом (IDE = 0) і розширеним форматом (IDE = 1) і супроводжується зарезервованим бітом для майбутніх розширень. Останні 4 біта цього поля описують кількість байтів даних в подальшому полі даних. За рахунок цього одержувач може визначити, чи отримав він всю інформацію.

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

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

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

Внутрішній інтервал між кадрами (Inter-Frame Space) складається з трьох бітів, які розділяють між собою послідовні повідомлення. Після цього шина залишається вільною в рецесивному стані (IDLE) до тих пір, поки яка-небудь інша станція не запитає до неї доступ.

Як правило, станція-передавач ініціює передачу повідомлень шляхом відправки кадру даних. Але можливий також варіант, коли приймач запрошує у передавача дані, посилаючи дистанційний кадр.

## **2.2.6 Розпізнавання помилок**

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

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

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

Якщо одна із станцій визначає помилку, то вона перериває поточну передачу шляхом відправлення кадру помилки (Error Frame), який складається з шести послідовних домінуючих бітів. Їх дія базується на цілеспрямованому порушенні правила заповнення бітами. За рахунок цього не допускається прийом

іншими станціями помилкових повідомлень. Дефектні станції можуть істотно порушити функціонування шини CAN за рахунок відправки кадру помилки і переривання повідомлень, що не містять помилок. Для усунення цього шина CAN має функцію, за допомогою якої можна розрізнити випадково виникаючі збої від постійних помилок і забезпечувати ідентифікацію дефектних станцій. Це здійснюється за допомогою методу статистичної оцінки помилкових ситуацій.

### **2.2.7 Стандартизація**

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

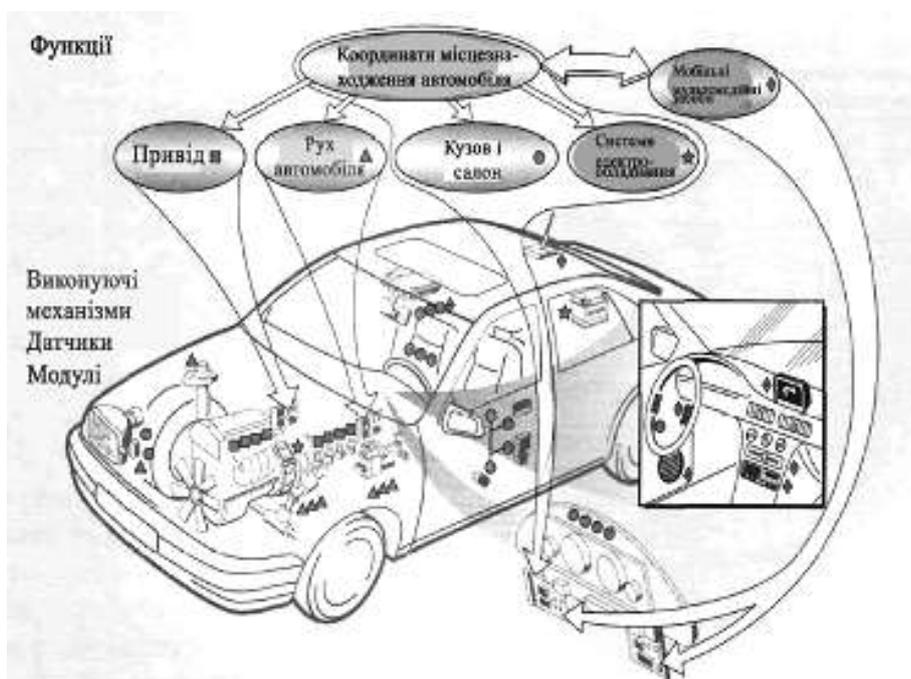
- для низькошвидкісного обміну даними < 125 Кбіт/с в ISO 11519-2;
- для високошвидкісного обміну даними > 125 Кбіт/с в ISO 11898 і SAE J 22584 (пасажирські автомобілі) або SAE ) 939 (вантажні автомобілі і автобуси);
- для діагностики через шину CAN в стандарті ISO 15765-1 (з2004 р.).

### **2.3 Перспективи автомобільних систем зв'язку**

Паралельно із збільшенням продуктивності системних компонентів і зростаючою інтеграцією функцій підвищуються також вимоги до автомобільної системи зв'язку. Крім того, починають використовуватися нові системи, наприклад, з області розважальної електроніки. В цілому очікується, що на автомобілях застосовуватиметься декілька систем шин обміну даними, кожна з яких характеризуватиметься своєю відповідною областю застосування. Разом з електронною передачею даних використовуються також оптичні системи передачі, які знаходять застосування в мультимедійних системах. Це шини з дуже високою швидкістю передачі даних, здатні передавати великі масиви даних, що необхідне для роботи аудіо- і відеосистем.

За рахунок об'єднання в мережу окремі функції можуть утворювати комплексну систему, що охоплює весь автомобіль, в якому здійснюється обмін даними за допомогою шини даних. Реалізація таких розширених функцій вимагає обов'язкового узгодження єдиних інтерфейсів і змісту функцій. На основі цих вимог фірма Bosch розробила програмний продукт Cartronic® — концепцію систематизації і опису всіх систем управління і регулювання автомобіля. На рис. 2.5 показаний можливий розподіл функцій, кожна з яких управляється одним центральним координатором. Окремі функції можуть реалізовуватися в різних блоках керування.

За рахунок комбінацій компонентів і систем можуть виникати абсолютно нові функції. Наприклад, завдяки обміну даними між блоком керування, трансмісією і системою навігації, може забезпечуватися своєчасний перехід на нижчу передачу перед початком руху автомобіля па підйом. Фари можуть адаптувати свій світловий конус даних системи навігації відповідно до різних ситуацій руху і напрямку дороги (наприклад, в зоні перехрестя). Радіоприймач в автомобілі, програвач компакт-дисків, телевізор, телефон, електронна пошта, інтернет, а також система навігації і крайові пристрої транспортної телематики можуть під'єднуватися до мультимедійної мережі.



**Рисунок 2.5 - Схема структури Cartronic**

## **ТЕМА 3 ФУНКЦІОНУВАННЯ ПІДСИСТЕМ САМОДІАГНОСТИКИ**

### **3.1 Загальна інформація про підсистеми самодіагностики**

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

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

### **3.2 Функціонування підсистем самодіагностики**

#### **3.2.1 Контроль вхідних сигналів**

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

- контролю подачі напруги до датчиків;
- аналізу зареєстрованих даних на відповідність встановленому діапазону значень (наприклад, температура двигуна від -40 до +150 С);

- проведення перевірки на достовірність зареєстрованих даних при наявності додаткової інформації (наприклад, порівняння частоти обертання колінчастого і розподільного валів);
- дублювання особливо важливих датчиків (наприклад, датчик переміщення педалі газу) у зв'язку з чим їхні сигнали можуть корелювати один з одним і порівнюватись між собою.

### **3.2.2 Контроль вихідних сигналів**

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

- контролю вихідного сигналу з допомогою задаючого каскаду (електричний ланцюг контролюється на наявність коротких замикань на акумуляторну батарею і на "масу" або на розрив ланцюга);
- кореляції системних даних з командними сигналами виконавчих механізмів з метою визначення достовірності їх дій. Наприклад, система рециркуляції ВГ перевіряється на відповідність визначеного перепаду тиску на дроселю чому пристрої включенню виконавчого механізму.

### **3.2.3 Контроль за передачею даних між блоками керування**

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

### **3.2.4 Контролі. внутрішніх робочих функцій блоків керування**

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

## **3.3 Обробка сигналів про несправності при роботі**

### **3.3.1 Розпізнавання несправностей**

Ланцюг сигналу класифікується як дефектний, якщо похибка в показах зберігається протягом визначеного часу. До остаточної класифікації виду дефекту в системі використовуються останні зафіксовані дані. Одночасно з класифікацією дефекту, як правило, запускається функція заміщення (наприклад, величина заміщення температури двигуна для більшості автомобілів - 90 °С).

Для більшості помилок проводиться їх повторна перевірка БУ за допомогою спеціального сигналу, для чого ланцюг того сигналу повинен протягом визначеного часу рахуватись справним.

### **3.3.2 Зберігання інформації про несправності**

Кожний збій в роботі системи у виді коду несправності реєструється в енергонезалежній пам'яті. При кожному записі цього збою її роботі в пам'ять вноситься разом з кодом похибки додаткова інформація, наприклад, у виді умов оточуючого середовища та “стоп-кадру” робочого режиму на момент збою в роботі (наприклад, частота обертання колінчастого валу, температура двигуна та ін.). В якості іншої інформації в пам'ять вносяться вид несправності (наприклад, коротке замикання, розрив проводу) і статус несправності (наприклад, постійний дефект або одиничний збій в роботі).

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

### **3.3.3 Доступ до кодів несправностей**

Зчитування кодів несправностей, які зберігаються в пам'яті, може проводитись за допомогою спеціального сканера (наприклад, КТ8 500 фірми Bosch) або приладу для зчитування кодів. Тестер також може стирати коди несправностей після їх зчитування і усунення відповідної несправності.

### **3.4 Система бортової діагностики (OBD)**

#### **3.4.1 Загальні відомості**

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

Спочатку самодіагностика обмежувалась тільки перевіркою працездатності електричних компонентів. Зростаюча складність діагностичних функцій, що реалізуються за допомогою нових методів тестування (наприклад, перевірка на достовірність), в поєднанні з вимогами необхідності діагностики систем і компонентів, що впливають на токсичність ВГ, змусила перейти до використання однієї стандартизованої діагностичної системи. У результаті цього на базі методів самодіагностики була розроблена система бортової діагностики (OBD).

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

#### **3.4.2 Система OBD I**

У 1988 р. у штаті Каліфорнія (США) почала застосовуватися система бортової діагностики OBD I, яка задовольняла стандарту Каліфорнійського управління по охороні повітряного басейну (CARB). Всі нові автомобілі, зареєстровані в штаті Каліфорнія, повинні були відповідати вимогам цього стандарту. У решті штатів США з 1994 р. діють норми, розроблені агентством по охороні навколишнього середовища (EPA).

Система OBD, гармонізована у відповідності з європейськими вимогами, отримала назву EOBD і почала використовуватися, переважно, з 2000 р. Ця система, в основному, схожа з системою EPC-OBD. Вимоги до системи EOBD, однак, пом'якшені в порівнянні з системою EPC-OBD.

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

### **3.4.3 Система OBD II**

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

Система OBD II вимагає, щоб контролювались всі системи і їх елементи, які у випадку їх несправності, можуть призвести до значного підвищення емісії шкідливих речовин у ВГ. Додатково повніші контролюватись також всі елементи, які потенційно впливають на результати діагностики. Інформація про кожен розпізнаний дефект повніша зберігатись в запам'ятовуючому пристрої. Індикаторна лампа, розташована на панелі приладів, повинна інформувати про будь-яку або всі несправності. Коди несправностей, які зберігаються в запам'ятовуючому пристрої зчитуються діагностичними тестерами.

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

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

#### **3.4.4 Нормативне регулювання системи OBD**

Вимоги, що пред'являються до системи OBD розповсюджуються на всі легкові автомобілі (для перевезення до 12 пасажирів), а також вантажні автомобілі малої вантажопідйомності до 6,35 т. Європейська система діагностики (EOBD) розповсюджуються з 1 січня 2000 р. на всі легкові автомобілі і вантажні автомобілі малої вантажопідйомності з бензиновими двигунами до 3.5 т і до 9 місць. З 2003 р. система EOBD) розповсюджується також на легкові автомобілі і вантажні автомобілі малої вантажопідйомності з дизельними двигунами.

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

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

- каталітичний нейтралізатор (E), каталітичний нейтралізатор, що обігрівається;

- порушення процесу згорання (E);
- система зменшення випаровування палива і уловлювання парів палива (діагностика витоків з паливного бака);
- подача додаткових порцій повітря;
- паливна система;
- датчики концентрації кисню (лямбда-зонди) (E);
- рециркуляція ВГ;
- вентиляція картера;
- охолодження двигуна;
- система зниження токсичності при пуску холодного двигуна;
- система кондиюнування повітря (елементи);
- зміна фаз клапанного газорозподілу;
- система прямої дії зниження емісії озону;
- інші компоненти, що мають відношення до емісії ВГ (E).

До інших компонентів, що мають відношення до емісії ВГ. відносяться наступні компоненти і підсистеми стандартів EOVP і EPA:

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

### **3.4.5 Вимоги до функціональності системи OBD**

Однією з вимог до системи OBD є перевірка всіх електричних проводів, підключених до блоку керування. Це означає, що «складні елементи» (наприклад, датчик масової витрати повітря) перевіряються на достовірність створюваних ними сигналів (OBD її) і наявність дефектів в електросхемі (HOBD) Комплексна

функція OBD служить для перевірки системи діагностики на її функціональні можливості.

Залежно від наслідків несправності реалізуються різні заходи її усунення. У системах CARB-OBD і EOBD для цього використовуються різні критерії. Концентрація токсичних речовин у ВГ, яка очікується в результаті несправності даного елемента системи (емпіричні лані) визначає вид діагностичних операцій. Простий тест на функціональність (чорно-біла перевірка) перевіряє тільки працездатність системи або її елементів (наприклад, відкрите або закрите положення клапана подачі додаткових порцій повітря). Перевірка якісних параметрів функціонування (перевірка потоку) дає точнішу Інформацію про функціональні характеристики системи. Так, наприклад, при перевірці каталітичного нейтралізатора на базі заміряних значень розраховується степінь старіння каталітичного елемента нейтралізатора. Відповідні дані доступні для зчитування через інтерфейс системи діагностики.

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

### **3.4.6 Функціонування індикаторної лампи несправностей**

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

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

нейтралізатора (перебої в процесі згорання), індикаторна лампа включається і працює в проблісковому режимі.

### **3.4.7 Функції аварійного режиму роботи**

При впізнанні БЕУ дефекту запускаються заміщаючі параметри (наприклад, заміщаючий параметр температури двигуна) або спосіб аварійного режиму роботи (наприклад, обмеження вихідної потужності двигуна). Ці заходи служать для:

- підтримки безпечних умов експлуатації автомобіля;
- недопущення пошкоджень, які є наслідком даного конкретного дефекту (наприклад, перегрів каталітичного нейтралізатора);
- мінімізації токсичності ВГ.

### **3.4.8 Умови вмикання діагностичних функцій**

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

- порогові значення крутого моменту;
- порогові значення температури двигуна;
- граничні значення частоти обертання колінчастого вала.

### **3.4.9 Умови блокування діагностичних функцій**

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

### **3.4.10 Тимчасове відключення діагностичних функцій**

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

- експлуатація автомобіля на великій висоті над рівнем моря (понад 2400 м для CARB-OBD або понад 2500 м для EOBD);
  - рівень палива в паливному баку 15 % для CARB-OBD або < 20 % для EOBD) від номінального об'єму (на відміну від CARB-OBD в EOBD не потрібна перевірка на достовірність сигналу про рівень палива);
  - низька температура навколишнього середовища при холодному пуску двигуна ( $T < 7^{\circ}\text{C}$ );
  - мала напруга акумуляторної батареї.

### **3.4.11 Код готовності**

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

## **3.5 Керування системою діагностики (DSM)**

Керування системою діагностики (DSM), що визначає послідовність операцій з бортової діагностики, складається з трьох функціональних компонентів: DFPM (управління діагностикою ланцюга несправностей); DSCHEД (планувальник діагностичних функцій); DVAL, (підтвердження достовірності діагностики).

### **3.5.1 Керування діагностикою ланцюга несправностей (DFPM)**

Функція DFPM (керування діагностикою ланцюга несправностей), в основному призначена для запам'ятовування даних у відповідь на детектування дефектів в системі. Ланцюги несправностей також містять дані про умови оточуючого середовища і іншу інформацію, важливу для фахівців з ремонту, забезпечуючи локалізацію цих несправностей.

Іншими функціями DFPM є включення індикаторної лампи несправностей і контроль за функціонуванням каналів зв'язку, за допомогою чого скануючі засоби мають доступ до пам'яті несправностей.

### **3.5.2 Плапувальник діагностичних функцій (DSCHEM)**

Планувальник діагностичних функцій (DSCHEM) несе відповідальність за координацію виділених функцій блоком керування (двигуна, ABS та ін. систем) і діагностики. Для цього він отримує інформацію від функцій DVAL і DFPM. Далі про свою готовність до роботи повідомляють функції, які потребують деблокування за допомогою DSCHEM після чого перевіряється стан системи в даний момент.

Планувальник містить декілька допоміжних елементів:

- програму заборони, яка блокує реалізацію певної функції, якщо один з елементів, який важливий для правильної реалізації цієї функції, виявиться дефектним;
- програму пріоритетів», то розраховує, на основі діапазону параметрів поточний пріоритет для кожної функції;
- планувальник пріоритетів, що має доступ до таблиці виключень, в якій показано, які функції не можуть реалізовуватися одночасно.

### 3.5.3 Підтвердження достовірності діагностики (DVAL)

Функція підтвердження достовірності діагностики (DVAL) аналізує поточні коди несправностей, що зберігаються в пам'яті, а також різні додаткові дані, що стосуються кожного дефекту, що детектується. Це служить базою для визначення, чи є цей дефект дійсною причиною збою в роботі, чи він - тільки наслідок. В діагностичний тестер, що використовується для оцінки зареєстрованої несправності, поступає інформація, яка зберігалася в пам'яті достовірності даних. Це дозволяє здійснювати діагностичні функції в будь-якій послідовності, незалежно від побічних впливів дефектів на ці функції. Потім всі деблоковані функції діагностики і їх результати проходять оцінку. У системах без DVAL кожен алгоритм діагностики повинен чекати повідомлення «без погрешностей» від інших діагностик і, отже, дуже специфічних умов експлуатації.

Програма підтвердження достовірності є ключовою для швидкої локалізації дефекту і, завдяки цьому, успішного ремонту, у тому числі і складних систем.

## **ТЕМА 4 ТЕХНОЛОГІЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ ДІАГНОСТИКИ НА СТО ТА АТП**

### **4.1 Загальний огляд технологій діагностики**

Якщо механічні системи автомобіля можуть діагностуватися за допомогою відносного простого загальноприйнятого устаткування, то зростаюча складність електронних систем в сучасному автомобілі привела до необхідності використання нових методів діагностики на базі пристроїв електронної обробки даних (EDV).

Для проведення необхідних діагностичних перевірок та випробувань були розроблені спеціальні технології діагностики і спеціалізований інструмент, відповідне випробувальне і діагностичне устаткування (від елементарних тестерів акумуляторів до комплексних діагностичних ліній). В даний час все більше при діагностиці використовується інтегрована мережа (рис. 4.1), в яку сполучені між собою всі пристрої EDV, що є на підприємствах автосервісу.

Відразу при отриманні заявки на діагностику автомобіля система EDV робить негайний запит в базу даних про всю наявну в ній інформацію про автомобіль. Завдяки цьому при прийманні автомобіля є в розпорядженні вся історія, зі всіма проведеними у минулому роботами по його технічному обслуговуванню і ремонту.

Окремі діагностичні прилади дозволяють отримати відомості, необхідні для прямого порівняння отриманих даних зі встановленими параметрами. Всі проведені роботи і перелік заміненних деталей реєструються для видачі рахунку. Система додатково роздруковує результати діагностики автомобіля. У результаті СТО і клієнт отримують повний протокол про всі проведені роботи і витрати на матеріали при ремонтних операціях.

## 4.2 Електронна сервісна інформація

Велика кількість марок і типів автомобілів потребувала створення спеціалізованих баз даних (наприклад, електричних та функціональних схем, контрольних параметрів, номерів запасних частин і т. д.).



Рисунок 4.1 - Інтегрована діагностична мережа

Великі масиви таких даних спочатку (до 90-х років) були згруповані на мікрофішах. До них можна було дістати доступ за допомогою пристроїв для зчитування мікрофіш. Ці пристрої були стандартним устаткуванням кожного підприємства автосервісу.

В 1991 р. була створена перша електронна сервісна база даних на компакт-дисках (CD-ROM) для застосування на персональних комп'ютерах (фірмою Bosch система ESI(tronic) - Electronic Service Information). Бази даних в порівнянні з мікрофішами забезпечують значно розширені можливості застосування. Вони можуть бути також включені в схему електронної обробки даних.

Сьогодні баз даних є вже сотні і вони використовуються персоналом підприємства автосервісу при виконанні всієї номенклатури ремонтних робіт для отримання наступної інформації:

- ідентифікація запасних частин (наприклад, відповідність між кодовим числом запасної частини і даною моделлю автомобіля);
- робочі параметри:
- інструкції по ремонт)';
- електричні схеми автомобіля;
- умови перевірок;
- послідовність діагностики автомобіля.

#### **4.3 Застосування діагностичного обладнання**

Для діагностики і виявлення несправності персонал автосервісу повинен мати мобільну високопродуктивну діагностичну систему або сканер, пов'язаний зі встановленим на підприємстві автосервісу персональним комп'ютером. Останній повинен мати плату адаптера персонального комп'ютера, змінну карту і модуль вимірювання напруги, сили струму і опору. За допомогою інтерфейсу діагностична система з'єднується з електронними системами автомобіля, наприклад, з блоком управління двигуном. Працюючи на персональному комп'ютері фахівець автосервісу може запустити діагностику бортових пристроїв керування і мати доступ до пристрою пам'яті, щоб дізнатись про несправності записані в блоці керування системою. Крім того, за необхідності діагност може одержати і іншу інформацію, наприклад, місце розташування окремих елементів, зображення деталей та вузлів, схеми електричних, пневматичних і гідравлічних систем і так лані. За допомогою персонального комп'ютера фахівець може потім на основі списку запасних частин, виведеного на дисплей, замовити потрібну для заміни деталь.

Для проведення ефективної перевірки функціонування електронних систем необхідне спеціалізоване діагностичне устаткування. Якщо раніше електронні системи ще можна було перевірити простими вимірювальними приладами

(наприклад, мультиметром), то сьогодні через постійне вдосконалення електронних систем, необхідне застосування комплексних діагностичних приладів. Це устаткування надає різноманітні можливості для застосування в автосервісі за рахунок використання діагностичної і вимірювальної систем з графічними відображеннями, наприклад, результатів вимірювання.

Перерахуємо найважливіші функції, які має в своєму розпорядженні сучасна діагностична система (сканер):

- зчитування кодів несправностей: сканер може використовуватися для зчитування кодів, що зберігаються в пам'яті блоку керування, при проведенні діагностики несправності коди несправностей показуються на екрані монітора у вигляді звичайного розшифрованого тексту;

- зчитування фактичних значень параметрів: контрольовані дані та результати процесу обробки інформації у блоці керування перетворюються у фізичні одиниці (наприклад, частоту обертання колінчастого валу):

- функції мультиметра можуть вимірюватися сила струму, напруга і опір;

- криві зміни контрольованих даних: ці дані (наприклад, напруга лямбла-зонда) можуть зображатися графічно у вигляді кривої зміни сигналу, що порівнюється з тією, яка може бути отримана на осцилографі;

- додаткова інформація, спеціальна інформація, що відноситься до окремих елементів і виявлених несправностей, також може бути вибрана для виводу на дисплей (наприклад, розміщення елементів, контрольні параметри, електричні та комутаційні схеми);

- друк: всі дані можуть роздруковуватися на принтері з переліком результатів випробувань, що є документом для клієнта.

Можливості діагностичних сканерів, що використовуються на підприємствах автосервісу, є різні в залежно від моделі і виробника сканера та системи автомобіля, що перевіряється. При цьому не всі сканери і системи автомобіля можуть забезпечувати повну функціональність діагностичної системи.

#### 4.4 Типова методика проведення діагностики

Основні методи діагностики всіх електронних систем однакові. Найбільш важливим устаткуванням є системний сканер, який за допомогою діагностичного інтерфейсу підключається до електронних блоків керування в автомобілі.

Спочатку повинна бути вибрана модель автомобіля (проведена ідентифікація автомобіля). Ця інформація вводиться в системний сканер, що дає можливість доступу до даних, потрібних для проведення випробувань конкретного автомобіля.

Більшість систем в автомобілі забезпечені діагностикою блоку керування, що дозволяє перевіряти електричні схеми на відсутність збоїв в роботі. Розпізнана несправність постійно зберігається в запам'ятовуючому пристрої разом з даними у вигляді коду:

- про контур з несправністю (наприклад, датчик температури двигуна):
- про вил несправності (наприклад, коротке замикання на «масу», недостовірний сигнал):
- про статус несправності (наприклад, постійно реєстрований або періодично виникаючий дефект);
- про зовнішні умови (дані про частоту обертання колінчастого валу, температуру і т. д., які контролюють при зберіганні коду несправності).

Інформація про несправності виводиться на дисплей у вигляді розшифрованого тексту паралельно з вказівкою контуру з піно несправністю, місцеположення, статусу несправності і тому подібне

Не всі збої в роботі електронної системи можуть бути встановлені діагностикою її блоку керування. В таких випадках фахівці автосервісу також повніші швидко і надійно діагностувати і усувати несправність. Для таких ситуацій існують спеціальні інструкції з діагностиці, охоплюючи всі специфічні дефекти та можливі проблеми (наприклад, нерівномірна робота двигуна).

Після локалізації причин несправності виконується робота по усуненню цієї несправності. Після усунення несправності, відповідний її код повніший були

стертий з пам'яті. Це виконується за рахунок запуску функції «Стирання кодів несправності з пам'яті» в системному тестері.

На наступній стадії здійснюються дорожні випробування, необхідні для підтвердження усунення несправності. Під час цих випробувань система діагностики блоку керування перевіряє знов систему. Після дорожнього випробування пам'ять в запам'ятовуючому пристрої перевіряється ще раз. Вона повинна бути тепер порожньою, що вказує на успішне усунення дефекту.

При установці нового блоку керування двигуном в нього повинні бути введені необхідні налаштування. Наприклад, після заміни блоку керування двигуном або усунення несправності в ньому іммобілайзер повинний бути наново настроєний для роботи з новим блоком керування або в автомобілях з автоматичною трансмісією момент перемикання передачі повинний бути визначений і відрегульований.

#### **4.5 Технології діагностики виконавчих механізмів**

Багато функцій блоків керування (наприклад, вентиляція паливного бака) діють тільки за певних режимів роботи автомобіля. Це означає, то неможливо включити в дію (без використання допоміжних засобів) кожен виконавчий механізм (сервопристрій) для індивідуальної перевірки його працездатності (наприклад, продувальний клапан резервуару з активованим вугіллям).

За допомогою системного тестера можна включити виконавчі механізми для перевірки їх функціонування в умовах майстерні.

Ефективна робота виконавчих механізмів може бути підтверджена за рахунок акустичної або візуальної зворотної інформації. За допомогою діагностики виконавчих механізмів перевіряється весь електричний ланцюг від блоку керування двигуном через пучок проводів до виконавчого механізму, а також функціональність самою виконавчою механізму.

Діагностика виконавчих механізмів, як правило, проводиться на автомобілі, що стоїть, в певні обмежені періоди часу. Це обмеження за часом служить для усунення пошкоджень виконавчих механізмів і привідних електродвигунів.

Наприклад, форсунки включаються па мінімальний час для тою, щоб не викликати пошкодження каталітичного нейтралізатора впорскнутим паливом.

При виникненні несправності фахівець може використовувати осцилограф для перевірки характеристики сигналів па включення. Це, перш за все, відноситься до тих механізмів, які не включені в систему діагностики сканером виконавчих механізмів.

Виконавчі механізми повинні перевірятися на наявність електричних дефектів і (якщо це технічно можливо) на правильну функціональність. В даному випадку контроль функціональності означає контроль за командними сигналами і реагуванням на них відповідним чином виконавчого механізму. Це означає, що, в порівнянні з діагностикою достовірності сигналів датчиків, для оцінки функції механізму повніша були отримана додаткова інформація, узята з системи.

До виконавчих механізмів відносяться:

- всі заливальні каскади управління (форсунки та ін.);
- електронна система управління дросельною заслінкою (EGAS);
- продувальний клапан абсорбера з активованим вугіллям;
- запірний клапан а системі керування парами палива з баку.

### ***Приклад діагностики***

Дросельна заслінка призначена для регулювання кількості повітря дія змішування його з наливом при впорскуванні палива. У системі EGAS вона керується електронним шляхом. У системі EGAS вже не застосовується механічний зв'язок між педаллю газу і дросельною заслінкою. Замість цього за допомогою двох однакових потенціометрів (дія контролю) встановлюється бажання водія (натиснення на педаль газу) і передається в блок управління двигуном.

Кут повороту дросельної заслінки (кут відкриття) дія подачі повітря регулюється цифровим контролером положення. При діагностиці дросельної заслінки контролером перевіряється на наявність відхилення між встановленим і дійсним кутом повороту дросельної заслінки. Якщо це відхилення дуже велике, реєструється дефект в приводі дросельної заслінки. Цей дефект також реєструється при недостатній потужності приводу дросельної заслінки.

## 4.6 Технологія діагностування датчиків

Датчики повинні перевірятися:

- на наявність електричних дефектів:
- на відхилення від діапазону вимірюваних даних (де це можливо):
- на порушення достовірності.

### *Електричні дефекти*

Під електричним дефектом в нормативах мається на увазі коротке замикання на «масу», коротке замикання в ланцюгах живлення або обриви в електроланцюгах.

### *Перевірка порушень діапазону вимірювань*

Зазвичай датчики мають встановлені вихідні характеристики, часто з нижнім і верхнім граничними значеннями: тобто фізичний вимірювальний діапазон відповідає вихідній напрузі, наприклад, складає 0,5-4,5 В. Якщо створювана датчиком вихідна напруга знаходиться поза межами цього діапазону, то це вказує на порушення цього діапазону. Це означає, то дані, які отримуються при такому випробуванні, повинні знаходитися у встановленому діапазоні значень для цього датчика і не залежати від поточних умов роботи двигуна.

Нормативні вимоги враховують відсутність відмінностей між електричними дефектами і порушеннями діапазону вимірювань в певних типах датчиків.

### *Порушення достовірності*

Як спосіб підвищення чутливості діагностики несправностей нормативи вимагають, окрім перевірки порушень діапазону вимірювань, також перевірку на достовірність. Особливістю таких перевірок на достовірність є те, що реєстрована в даний момент вихідна напруга порівнюється не зі встановленими межами, як при перевірці порушень діапазону вимірювань, а з більш звуженими межами, які визначаються умовами роботи двигуна на даний момент. Це означає, що для цієї перевірки повинна використовуватися актуальна інформація з системи управління двигуном.

Такі перевірки можуть бути реалізовані шляхом порівняння, наприклад, вихідної напруги датчика з моделлю на основі даних про роботу іншого датчика.

При цьому модель визначає очікуваний діапазон моделюючих змінних для всіх умов роботи двигуна.

Для того, щоб при виявленні дефекту мати можливість провести ремонтні операції якомога ефективніше, необхідно якомога точніше ідентифікувати несправний вузол. Крім того, названі типи дефектів повинні відрізнятися один від одного і (у разі виявлення порушень діапазону вимірювань і достовірності) також по перевищенню нижньої або верхньої своїх меж. При виявленні електричних дефектів їх причиною в основному можуть бути несправності в електропровідниках, а порушення достовірності вказує швидше за все на несправність самого датчика.

Тоді як перевірки на наявність електричних дефектів і порушення діапазону вимірювань повинні здійснюватися безперервно, то перевірки на порушення достовірності в умовах нормальної роботи повинні виконуватися з психною мінімальною частотою.

До датчиків, які повинні проходити такого роду перевірки, відносяться:

- датчик масової витрати повітря:
- різні датчики тиску (у впускному трубопроводі, атмосферного тиску, в паливному баку);
  - датчик частоти обертання колінчастого валу;
  - фазовий датчик;
  - датчик температури всмоктуваною повітря;
- датчик температури ВГ.

### ***Приклад діагностики***

Нижче описана діагностика на прикладі датчика масової витрати повітря NFM. Цей датчик, який служить для визначення кількості всмоктуваного в двигун повітря і, отже, для розрахунку належного впорскуванню палива, вимірює масову витрату повітря і передає цю інформацію в систему Motronic у формі сигналу вихідної напруги. Масова витрата повітря змінюється залежно від положення дросельної заслінки або частоти обертання колінчастого валу.

Діагностична функція перевіряє чи перевищує вихідна напруга датчика певні (строго встановлені) нижні і верхні межі значення і у разі цих перевищень повідомляє про порушення діапазону вимірювань.

Шляхом порівняння масової витрати повітря, отриманої за допомогою датчика HFМ, з положенням дросельної заслінки можна (залежно від режиму роботи двигуна в даний момент) зробити висновок про порушення достовірності сигналу датчика, якщо відмінність між обома сигналами перевищує певне допустиме значення. Наприклад: дросельна заслінка повністю відкрита, але масова витрата повітря, яка визначається датчиком витрати повітря, відповідає режиму холостого ходу.

#### **4.7 Приклад технології діагностики**

Розглянемо як здійснюється діагностика електронної системи на прикладі діагностики автомобіля Mitsubishi.

Скажімо, для проведення діагностики системи керування двигуном до автомобіля був підключений дилерський сканер (в даному випадку Mitsubishi – MUT-II). За його допомогою була зчитана помилка з пам'яті блоку управління двигуном:

«P0-125 C/L time (Зворотний зв'язок)».

Що ж робити далі?

За методикою Mitsubishi відкриваємо керівництво по ремонту Mitsubishi - Chassis. Як і в будь-якому іншому джерелі, в керівництві з ремонту Mitsubishi - Chassis є зміст розділів по всьому автомобілю. Нам потрібний той розділ, який відноситься до системи, в якій виявлена помилка. Це розділ „ 13 (Паливна система) ”. Кожен розділ може включати декілька підрозділів. Так і розділ „ 13 (Паливна система) ” включає такі підрозділи як:

- багатоточкове уприскування бензину (MPI);
- уприскування дизельного палива системою з електронним регулюванням:
- безпосереднє уприскування палива (GDI) і т.д.

Необхідно вибрати той, який нас цікавить. Скажімо, у нас автомобіль Mitsubishi Carisma 1.8 GDI 2002 року випуску. Тому відкриваємо розділ **“13J - Система безпосереднього уприскування палива (GDI)”**. Цей підрозділ також містить зміст з великою кількістю маленьких розділів. Нас цікавить розділ **„Пошук несправностей (Troubleshooting)”** стор. 8. Стор. 8 в цьому підрозділі матиме нумерацію розділу 13J-8.

Розділ «Пошук несправностей» містить інформацію з процедурами пошуку несправностей по кодах, про відмови і ознаки несправностей, інформацію про те, в яких випадках спалахує контрольна лампа системи управління двигуном і аварійні режимні роботи.

Нас цікавить помилка № P0125. Ми знаходимо її в таблиці «Діагностичний код несправності». Процедура діагностики починається з опису того, яким чином блок управління двигуном може виявити конкретну несправність і вірогідні її причини (рис. 4.2).

**GDI – Пошук несправностей**

**13J-23**

Код номер P01205 Система зворотнього зв'язку	Імовірні причини несправності
<p>Режим перевірки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Температура охолоджуючої рідини 80 С і більше;</li> <li>- Під час керування з зворотнім зв'язком по підтриманню складу суміші;</li> <li>- Автомобіль не сповільню свого руху.</li> </ul> <p>Умови перевірки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- На протязі 30 секунд вихідний струм переднього кисневого датчика дещо вище або нижче 0,5 В.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Несправність переднього кисневого датчика;</li> <li>- Обрив кола, коротке замикання в колі переднього кисневого датчика або поганий контакт в роз'ємі;</li> <li>- Несправність електронного блока керування двигуном в автомобілях з МКПП;</li> <li>- Несправність електронного блока керування двигуном і АКПП в автомобілях з АКПП;</li> </ul>

**Рисунок 4.2 - Інструкція з ремонту Mitsubishi Carisma розділ (13J - 8), вірогідні причини несправності**

Крок перший. Необхідно перевірити роз'єм А-126. Що це означає і де цей роз'єм? Де його шукати? Який він? На ці питання зможе дати відповідь керівництво по електричних схемах (Electrical Wiring) Також як і керівництво по ремонту, воно містить зміст. Але організовано його по іншому. Тут є такі розділи:

- як користуватися електричними схемами;
- розводка дротів і розташування роз'ємів;
- місце розташування одиничних компонентів;
- електричні схеми.

У розділі «Розводка дротів і розташування роз'ємів» по номеру роз'єму (А-126) знайти його не складе труднощів. Буква «А» в номері роз'єму позначає групу, де його треба шукати, «126» - порядковий номер роз'єму в цій групі.

Отже, допустимо, що роз'єм перевірили і він був у порядку. Тоді наступним кроком буде перевірка сигнального ланцюга від кисневого датчика до блоку управління двигуном. Для цього, спочатку необхідно з'ясувати, де саме в роз'ємі А-126 вивід 4. Якого кольору дріт? І змову мам допоможе керівництво з електричними схемами. Звертаємося до розділу «Електричні схеми», знаходимо необхідний розділ «GDI» і сам кисневий датчик.

Ланцюг» що нас цікавить - це діж від виводу 4 роз'єму А-126 до внутрішніх ланцюгів блоку управління. Перевіряємо опір, торкнувшись одним з пробників тестера контакту 4 (білий дріт) від'єданого роз'єму А-126 (з боку дроту), а другим пробником від'єданого роз'єму з боку БУ (рис. 4.3).

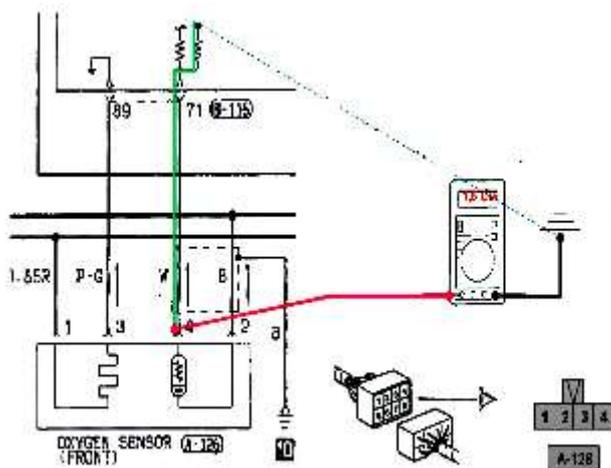


Рисунок 4.3 - Перевірка опору дротів в джгутах

Опір ланцюга відповідає нормі (1,5 Ома при нормі до 2 Ом). Переходимо до наступного кроку. Це перевірка сигналу з датчика кисню. Для цього необхідно використати перехідник, оскільки перевірка проводиться з приєднаним роз'ємом і працюючим двигуном.

В результаті перевірки (таблиця 4.1). ми можемо отримати два негативні результати або негативний і позитивний. Від цього залежить подальший шлях діагностики.

Таблиця 4.1 - Перевірка сигналу з датчика кисню

Вимірювання на роз'ємі А-126 передньою кисневого датчика.
- Використовуйте джгут тестових проводів (M0998464) для під'єднання роз'єму, вимірювання проводите на пробниках джгута тестових проводів.
- Прогрітий двигун: 2500 об/хв.
1) Напруга між виводом 2 і "масою". Норма: до 0.5 В.
2) Напруга між виводом 4 і "масою". Норма: поперемінно змінюється від 0.1 В до 0,9 В і навпаки.

Скажімо, обидва вимірювання показали корму. Тоді переходимо до наступного кроку. Це перевірка того, що сигнал з датчика кисню доходить до блоку управління. Для цього, точно так як і в попередньому кроці перевірявся сигнал на роз'ємі самого датчика, перевіряється цей же сигнал, але вже на роз'ємі блоку управління.

Тут необхідно знайти сам блок управління, роз'єм В-116 і контакт 71 в цьому роз'ємі (білий дріт). Для цього звертаємося до керівництва по електросхемах.

Де знайти блок управління? Відкриваємо розділ в керівництві по електросхемах «Розташування одиничних компонентів». Знаходимо розділ ECU і блок керування двигуном.

Судячи з електросхем, роз'єм В-116 під'єднується безпосередньо до блоку керування. Тому, залишається побачити його форму і знайти в нім контакт 71 (білий дріт). Для цього звертаємося до розділу «Електричні схеми».

Внизу кожної сторінки намальовані роз'єми, які використовуються в даному розділі. Знаходимо роз'єм В-116 і контакт 71.

І знову все гаразд. Тобто проводка ціла, датчик працює і сигнал доходить до блоку управління (принаймні па момент перевірки). Тобто якщо сигнал до блоку керування двигуном доходить, а на MUT-II ми його не бачимо - проблема з самим блоком керування.

## ТЕМА 5 ДІАГНОСТИКА ОКРЕМИХ СИСТЕМ ТА ВУЗЛІВ АВТОМОБІЛІВ

Для засвоєння теоретичних положень попередніх розділів та поглиблення знань щодо практичного застосування методів діагностики в даному розділі будуть розглянуті конкретні методики діагностики окремих систем, їх елементів та вузлів. Необхідно зазначити, що для економії місця деякі методики діагностики будуть освітлюватися детальніше, а відносно інших методик розглядаються тільки основні їх цілі.

### 5.1 Діагностика нейтралізаторів

#### 5.1.1 Загальні положення

Перед трикомпонентним каталітичним нейтралізатором стоїть завдання перетворення в безпечні речовини шкідливих складових ВГ — оксиду вуглецю (CO), оксидів азоту (NO) і вуглеводнів (CH), що утворюються при згоранні робочої суміші. В результаті старіння або пошкодження нейтралізатора ефективність його роботи знижується. Тому необхідний контроль за ефективністю роботи каталітичного нейтралізатора.

Мірою ефективності дії каталітичного нейтралізатора є його здатність до накопичення кисню. На даний час для всіх типів шарів трикомпонентних каталітичних нейтралізаторів (несучий шар з оксидами цирконію в якості компонента, що накопичує кисень, і благородними металами в якості безпосереднього каталітичного матеріалу) була можлива демонстрація існуючої кореляції між здатністю накопичення кисню і ефективністю дії нейтралізатора.

Залежно від жорсткості вимог до зниження шкідливих речовин у ВГ використовуються один або декілька роздільних каталітичних нейтралізаторів, найчастіше розташованих під днищем кузова, поодиноці або поєднанні з одним або декількома каталітичними нейтралізаторами попереднього очищення, встановленими поблизу двигуна. Первинне регулювання складу робочої суміші здійснюється за допомогою лямбда-зонда перед першим каталітичним

нейтралізатором після двигуна. У сучасних конструкціях прийнято використовувати додаткові лямбда-зонди, розташовані за первинним та/або головним каталітичними нейтралізаторами, які служать, по-перше, як додаткова настройка основного лямбда-зонда (основних лямбда-зондів), а по-друге, використовуються для реалізації функцій системи ОВО. Основний принцип діагностики каталітичного нейтралізатора полягає в порівнянні сигналів від лямбда-зондів, встановлених до і після каталітичного нейтралізатора.

### **5.1.2 Діагностика первинною каталітичною нейтралізатора**

У системах, в яких додатковим лямбда-зонд розташовується безпосередньо за первинним каталітичним нейтралізатором, цей нейтралізатор можна діагностувати окремо. Діагностика здійснюється таким чином:

- встановлена величина для замкнутої системи лямбда-керування модулюється з певною частотою і амплітудою (рис. 5.1). Зміни вмісту кисню у ВГ, що виникають в результаті цих коливань в процесі управління, демпфіруються в каталітичному нейтралізаторі за рахунок поглинання кисню в шарі, що накопичується, або його звільнення, тобто задній зонд посиляє сигнал з дуже незначною амплітудою (рис. 5.2, верхня крива сигналу).

В протилежність цьому первинний каталітичний нейтралізатор, що втратив здібність до накопичення кисню в результаті пошкодження або старіння, генерує сигнал з великою амплітудою зміни напруги, оскільки в цьому випадку майже відсутнє демпфірування. На базі даних про амплітуду сигналу, шляхом фільтрації сигналу (у спеціальному процесі) можна розрахувати втрату здатності нейтралізатора до накопичення кисню і, отже, зробити висновок про ефективність його дії.

### 5.1.3 Діагностика основного каталітичного нейтралізатора

У системах, в яких додатковий лямбда-зонд розташовується за основним каталітичним нейтралізатором, контролюється вся система, то складаються з первинного і основного каталітичних нейтралізаторів.

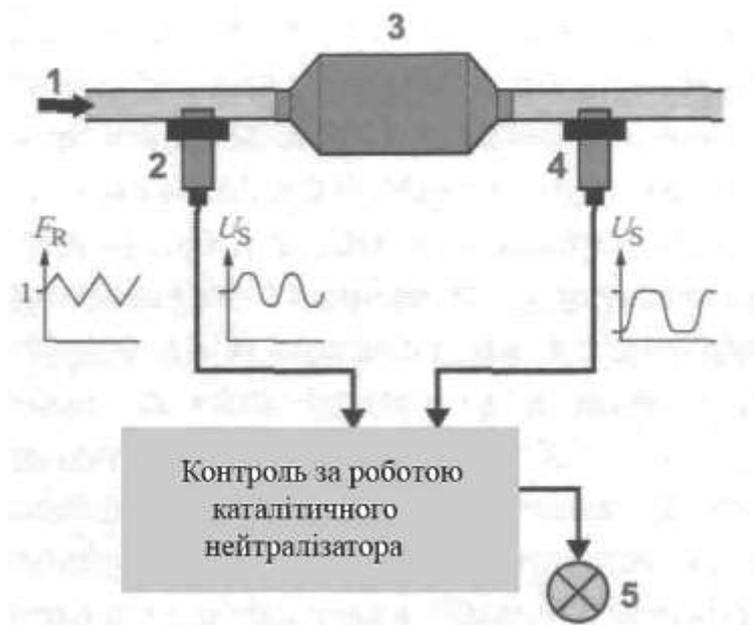


Рисунок 5.1 - Діагностика первинного каталітичного нейтралізатора

При цьому в основному каталітичному нейтралізаторі здібність до накопичення кисню набагато вища, ніж в меншому первинному каталітичному нейтралізаторі. За рахунок цього регулювання вихідної величини дуже сильно демпфірується навіть у разі пошкодження каталітичного нейтралізатора.

Тому зміна концентрації кисню у ВГ за основним каталітичним нейтралізатором дуже мала для пасивної оцінки за описаним вище методом, тому потрібне застосування методу діагностики несправностей з активним втручанням в систему замкнутого контуру лямбда-керування.

Діагностика основного каталітичного нейтралізатора базується на безпосередньому вимірюванні накопичення кисню при переході від збагаченої до збідненої паливоповітряної суміші.

Перед каталітичним нейтралізатором встановлений постійний широкопсмужний лямбда-зонд, який вимірює вміст кисню у ВГ. За каталітичним

нейтралізатором знаходиться двоточковий лямбда-зонд, який перевіряє стан накопичувана кисню. Вимірювання здійснюється, коли двигун працює в сталому режимі в діапазоні неповного навантаження.

На першому етапі накопичувач кисню повністю спорожняється при роботі двигуна на збагаченій суміші (лямбда < 1). Сигнал від заднього лямбда-зонда інформує про це величиною напруги 650 мВ. На наступному етапі, коли двигун працює на бідній суміші (лямбда > 1), проводиться розрахунок маси кисню (за допомогою даних про масову витрату повітря і сигналу лямбда-зонда), що поглинається накопичувачем до моменту його повного заповнення. Переповнювання накопичувана характеризується зниженням напруги лямбда-зонда за каталітичним нейтралізатором до значень 200 мВ. Розрахований інтегральний параметр маси кисню вказує на здібність каталітичного нейтралізатора до накопичення кисню. Цей параметр повинен перевищувати контрольну величину, в іншому випадку фіксується несправність. В принципі можлива також оцінка шляхом вимірювання звільнення кисню при переході від збідненої до збагаченої суміші. Вимірювання кількості накопиченого кисню при переході від збагаченої до збідненої суміші забезпечує меншу залежність від температури сульфатації. Тому за допомогою цього методу можливе точніше визначення здатності нейтралізатора до накопичення кисню.

#### **5.1.4 Діагностика накопичувального каталітичного нейтралізатора NO<sub>x</sub>**

Як і три компонентний каталітичний нейтралізатор, накопичувальний каталітичний нейтралізатор NO<sub>x</sub>, що встановлюється на бензинових двигунах з безпосереднім вприскуванням палива, повинний забезпечувати тимчасове накопичення оксидів азоту, які не можуть бути нейтралізовані при роботі двигуна на гомогенній бідній робочій суміші (лямбда >> 1). Ці оксиди азоту нейтралізуються, коли двигун переходить на роботу на гомогенній збагаченій суміші (лямбда < 1). Здібність цього каталітичного нейтралізатора до накопичення NO<sub>x</sub>, що позначається показником якості каталітичного

нейтралізатора, знижується у міру старіння і отруєння (наприклад, за рахунок відкладень сірки). Тому необхідний контроль його функціональної здатності. Для цієї мети можуть використовуватися два лямбда-зонда перед і за каталітичним нейтралізатором або на місці другого лямбда-зонда встановлюється датчик  $\text{NO}_x$ .

Для визначення показника якості каталітичного нейтралізатора порівнюється дійсний вміст  $\text{NO}_x$ , в накопичувані з розрахунковою величиною змісту  $\text{NO}_x$  в накопичувані нового каталітичного нейтралізатора  $\text{NO}_x$ . Дійсний вміст  $\text{NO}_x$  в накопичувані відповідає вимірній витраті відновного агента (СН і СО) під час регенерації каталітичного нейтралізатора. Кількість відновного агента визначається шляхом інтеграції його масової витрати на стадії регенерації при лямбда < 1. Кінець стадії регенерації визначається по стрибку напруги, то реєструється додатковим лямбда-зондом.

### **5.1.5 Контроль за функціями нагрівання каталітичного нейтралізатора**

Для того, щоб досягти високої ефективності нейтралізації ВГ, каталітичний нейтралізатор повинен мати робочу температуру порядку 400 - 800 °С. Проте вищі робочі температури можуть привести до пошкодження каталітичного шару.

Каталітичний нейтралізатор при оптимальній робочій температурі знижує емісію токсичних компонентів ВГ двигуна більш ніж на 99%. При низьких температурах ступінь його ефективності знижується, а холодний каталітичний нейтралізатор майже не працює. Тому для дотримання встановлених норм по граничній токсичності ВГ необхідно щонайшвидше нагрівати каталітичний нейтралізатор за допомогою використання спеціальної стратегії прогрівання. При температурі каталітичного нейтралізатора 200-250 °С (температура відключення нагріву, відповідає приблизно 50% коефіцієнта перетворення ВГ) ця фаза нагрівання закінчується. Далі каталітичний нейтралізатор сам нагрівається за рахунок екзотермічних реакцій перетворення.

Для швидкого нагрівання каталітичного нейтралізатора при пуску двигуна можуть застосовуватися два методи:

- установка пізнішого моменту запалення для збільшення температури ВГ;
- до самонагрівання каталітичного нейтралізатора приводять каталітичні реакції в цьому нейтралізаторі за рахунок неповного згорання палива.

Реалізація цих методів забезпечує швидше прогрівання каталітичного нейтралізатора до робочої температури і, таким чином, токсичність ВГ знижується інтенсивніше.

Для забезпечення оптимального процесу нейтралізації регламентується необхідність контролю температури безпосередньо перед каталітичним нейтралізатором і контролю фази нагрівання. Нагрівання може контролюватися шляхом перевірки і оцінки таких чинників, як, наприклад, кут випередження запалення, частота обертання колінчастого валу або маса заряду свіжого повітря. Крім того, в для сучасних автомобілів контролюються й інші чинники, що впливають на процес нагрівання нейтралізатора, наприклад, положення розподільного валу або фіксація фаз газорозподілу.

## **5.2 Діагностика порушень процесу згорання**

В даний час законодавчо встановлене визначення порушень процесу згорання, які можуть виникати, наприклад, за рахунок зносу свічок запалення. Ці порушення виникають, коли свічка запалення не створює іскрового розряду, що перешкоджає займанню робочої суміші в двигуні, і незгорівше паливо поступає в систему випуску двигуна. Потім відбувається подальше догорання незгорілого палива в каталітичному нейтралізаторі, що в результаті викликає підйом його температури.

Наслідком цього може стати швидке старіння або навіть повне руйнування каталітичного нейтралізатора. Крім того, перебої в запаленні приводять до підвищення токсичності ВГ, особливо СН і СО. Тому необхідне виявлення порушень процесу згорання.

При визначенні цих порушень оцінюється час, що пройшов від одного згорання до наступного в кожному циліндрі, тобто час циклу. Це час що

розраховується па підставі сигналу датчика частоти обертання колінчастого валу, відповідає числу зубів, на яке повертається вимірювальне колесо датчика на колінчастому валу. При перебоях в згоранні двигун не створює того круглого моменту, який зазвичай проводиться за рахунок згорання, що приводить до уповільнення частоти обертання колінчастого валу.

В результаті цього суттєво подовжується тривалість робочого циклу, що свідчить про порушення процесу згорання (рис. 5.2).

При високій частоті обертання колінчастого валу і малому навантаженню двигуна це збільшення тривалості циклу складає всього біля 0,2 %. Тому необхідний точніший контроль і дорогий метод розрахунків для того, щоб можна було відрізнити порушення згорання від інших обурюючих дій (наприклад, струсів через погану дорогу). При неприпустимо високій частці таких порушень згорання у відповідному циліндрі відключається впорскування палива, для того, щоб захистити каталітичний нейтралізатор від пошкодження.



**Рисунок 5.2 - Принцип діагностики порушені, процесу згорання**

## **5.3 Електронна діагностика герметичності автомобільних систем**

### **5.3.1 Загальні положення**

У сучасних автомобілів є велика кількість систем, для яких періодично необхідно перевіряти їх герметичність. Розглянемо діагностику герметичності на прикладі елементів паливної системи.

Негативний вплив на навколишнє середовище дає не тільки емісія ВГ, але і пари палива, що виходять з системи подачі палива, особливо з паливного бака (емісія випаровування), тому для цього виду емісії також діють нормовані обмеження. Для обмеження емісії парів палива, вони накопичуються в абсорбері з активованим вугіллям, що входить в систему уловлювання паливної пари, а потім через продувальний клапан прямують у впускний трубопровід і камери згорання движка, контроль герметичності паливної системи є частиною сучасної діагностики.

Для старих автомобілів вимоги законодавства обмежуються простою перевіркою електричного ланцюга датчика тиску в паливному баці і продувального клапана абсорбера. У сучасних автомобілів обов'язково виконується і діагностика негерметичності паливної системи. Для цього існують два різних діагностичних підходів, за допомогою яких можна виявити великий отвір діаметром до 1,0 мм і невеликий - діаметром до 0,5 мм.

### **5.3.2 Діагностичний метод, заснований на аналізі розрідження в паливному баку**

При нерухомому автомобілі і роботі двигуна на холостому ході закривається продувальний клапан абсорбера. Оскільки при цьому відкривається запірний клапан, то за рахунок розрідження в паливному баці в нього входить повітря і, відповідно, зростає тиск. Якщо цей тиск, що вимірюється датчиком тиску не досягає за певний час атмосферного, то це означає, що клапан відкритий недостатньо або взагалі не відкритий (тобто не справний).

Якщо в запірному клапані дефект не виявлений, він закривається. Пари палива, що утворюються, можуть приводити до зростання тиску, який не повинен перевищувати або бути нижче встановлених граничних значені,.

Якщо величина зміряного тиску нижче наказаного мінімального значення, то причиною цього є несправність продувального клапана. Іншими словами, знижений тиск - це наслідок негерметичності продувального клапана, коли пари палива підсмоктуються у впускний трубопровід за рахунок наявного в ньому розрідження.

Якщо величина зміряного тиску перевищує вказане максимальне значення, то випаровується дуже багато палива (наприклад» через дуже високу зовнішню температуру), для того, щоб можна було здійснити діагностику.

Якщо величина тиску, створюваного випаровуваннями палива, знаходиться у встановленому діапазоні, то це зростання тиску зберігається в пам'яті як градієнт компенсації для діагностики невеликих витікань.

Діагностику герметичності паливного бака можна продовжити лише після того, як проведена перевірка запірних і продувальних клапанів.

### **5.3.3 Діагностика великих витоків**

При роботі двигуна на оборотах холостого ходу відкривається продувальний клапан абсорбера і зниження тиску у впускному трубопроводі розповсюджується на паливний бак автомобіля. Якщо при цьому датчик тиску в наливному баці реєструє мінімальну зміну тиску (оскільки через негерметичність входить повітря, компенсуючи створюване паління тиску), то в цьому випадку детектується велика негерметичність і процес послідовної діагностики закінчується.

### **5.3.4 Детектування малих витоків**

Діагностику малих витоків можна починати після не виявлення великих витоків. Для цього знову закривається продувальний клапан. При цьому зростання тиску в паливному баці повинне відповідати кількості накопичених у абсорбері парів палива, оскільки замковий клапан все ще закритий. Але якщо цей тиск підніметься вище, то це буде наслідком наявності невеликої негерметичності, яка дозволить повітрю входити в паливний бак.

### **5.3.5 Діагностика паливного бака опресовуванням**

За викопаних вище умов детектування далі починаються випробування паливного бака методом опресовування як частина послідовної діагностики за допомогою блоку управління. При визначенні малої негерметичності лопатевий насос з електроприводом, інтегрований в діагностичний модуль, нагнітає повітря через контрольний отвір діаметром близько 0,5 мм. За рахунок протитиску, що виникає в цьому звуженні, зростає навантаження на насос, що призводить до зниження частоти обертання колінчастою валу і збільшення електричного струму насоса. Величина цього заміряного струму зберігається в пам'яті діагностичного модуля.

Потім після перемикання електромагнітного клапана насос нагнітає повітря в наливний бак. Якщо наливний бак герметичний то тиск в ньому росте і відповідно струм електродвигуна насоса збільшується до рівня, що перевищує контрольне значення. У разі малої негерметичності струм досягає контрольного значення, але не перевищує його. Але якщо після певною часу значення контрольного струму не досягнуте після тривалого накачування, це говорить про наявність великої негерметичності паливною бака.

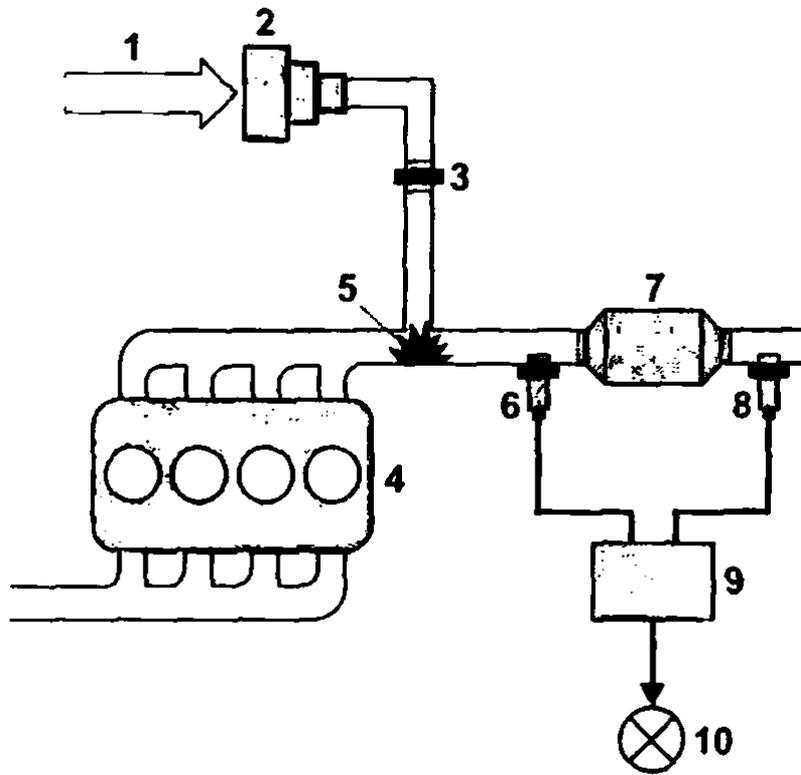
### 5.3.6 Діагностика пристрою подачі додаткових порцій повітря

Робота двигуна на збагаченій суміші ( $\alpha < 1$ ) як це, наприклад, може бути необхідно при низьких температурах — приводить до дуже високого вмісту вуглеводнів і оксиду вуглецю у ВГ.

Ці токсичні речовини повинні піддаватися в тракті випуску додатковому оксидуванню, тобто допалюватися. Тому прямо за випускним колектором розміщується пристрій подачі додаткових порцій повітря, що вдуває у ВГ кисень, необхідний для процесу каталітичного допалювання вуглеводнів (рис. 5.3). При виході з ладу цього пристрою токсичність ВГ підвищується при пуску холодного двигуна або при не розігрітому каталітичному нейтралізаторі. Тому необхідна періодична діагностика цього пристрою.

Діагностика пристрою подачі додаткових порцій повітря є функціональною перевіркою, при якій перевіряється працездатність насоса і відсутність порушень в подачі повітря в тракт випуску. Перевірка може здійснюватися двома способами: пасивним і активним.

При пасивному способі перевірки пристрою подачі додаткових порцій повітря безпосередньо після пуску двигуна і під час нагрівання каталітичного нейтралізатора проводиться вимірювання маси додаткових порцій повітря за допомогою активного замкнутого контуру лямбда-керування.



**Рисунок 5.3 - Принципова схема роботи пристрою подачі додаткових порцій повітря:**

1 - свіже повітря; 2 - насос подачі додаткових порцій повітря; 3 - клапан подачі додаткових порцій повітря; 4 - двигун; 5 - місце подачі додаткових порцій повітря у випускний колектор; 6 - лямбда-зонд перед каталітичним нейтралізатором; 7 - каталітичний нейтралізатор; 8 - лямбда-зонд за каталітичним нейтралізатором; 9 - блок керування двигуном; 10 - діагностична лампа

Ця маса повітря порівнюється з контрольною величиною. Якщо розрахована маса повітря відрізняється від контрольної величини, то це означає наявність несправності в даному пристрої.

Активний спосіб перевірки здійснюється на холостих оборотах і при подачі додаткових порцій повітря з діагностичною метою. При цьому сигнали від лямбда-зондів використовуються безпосередньо для розрахунку маси цього повітря. Тут так само, як і при пасивному способі перевірки, порівнюється розрахована маса додаткових порцій повітря з контрольною величиною.

Спосіб пасивної перевірки, хоча він і менш точний, необхідний з тієї причини, що він забезпечує достатню точність під час короткого періоду після

пуску двигуна, коли здійснюється подача додаткових порцій повітря і забезпечується оптимальна робота пристрою подачі цього повітря.

## **5.4 Діагностика лямбда-зондів**

### **5.4.1 Загальні положення**

Система лямбда-зондів, як правило, складається з двох зондів (перед каталітичним нейтралізатором і після нього) і замкнутого контуру лямбда-керування. Перед каталітичним нейтралізатором найчастіше розташовується широкосмуговий лямбда-зонд, який вимірює величину коефіцієнта надлишку повітря  $\alpha$  (тобто склад робочої суміші по всьому діапазону від збагаченої до збідненої) за допомогою кривої зміни напруги. Лямбда-зонд також регулює цю напругу. У старіших конструкціях перед каталітичним нейтралізатором використовувався двоточковий лямбда-зонд. За рахунок стрибка напруги сигналу такий лямбда-зонд показував тільки відмінність між збідненою ( $\alpha > 1$ ) і збагаченою ( $\alpha < 1$ ) робочими сумішами.

У сучасних конструкціях додатковий лямбда-зонд - найчастіше двоточковий - розташовується після первинного або основного каталітичного нейтралізатора і служить, по-перше, для додаткового регулювання основного лямбда-зонда, по-друге, використовується для функціонування системи OBD. Лямбда-зонди вимірюють не тільки склад паливо-повітряної суміші у ВГ в системах керування двигуном, але також контролюють функціональну здатність каталітичного нейтралізатора.

У роботі лямбда-зондів на автомобілі можливі наступні несправності:

- старіння зонда (термічне, отруєння), що призводить до зниження динаміки сигналу зонда;
- коротке замикання в електричному ланцюзі;
- спотворені значення вимірів через холодний зонд (не досягається робоча температура).

### 5.4.2 Діагностика основних зондів

Основним називається зонд, встановлений перед каталітичним нейтралізатором. У нього перевіряються:

- достовірність даних вимірів (внутрішній опір, напруга на виході, дійсний сигнал і інші параметри);

- динаміка (швидкість зміни сигналу при переходах від збагаченої суміші на збіднену і назад, а також тривалість періоду подачі сигналів). Якщо зонд забезпечений нагрівачем, останній також повинен перевірятися на функціональну здатність. Випробування проводяться під час руху автомобіля при відносно постійних режимах роботи двигуна.

Для широкосмугового лямбда-зонда потрібні інші методи діагностики (в порівнянні з двоточковим лямбда-зондом). оскільки цей зонд може реєструвати також рівні, відмінні від  $\alpha = 1$ .

### 5.4.3 Діагностика додаткових зондів

Додаткові зонди, що встановлюються за каталітичним нейтралізатором, використовуються, крім іншого, для контролю його стану. Вони перевіряють здатність каталітичного нейтралізатора окисляти токсичні компоненти ВГ і поставляти дані, важливі для діагностики нього нейтралізатора. За допомогою цих сигналів можна також перевіряти працездатність основного зонда. Крім того, за допомогою додаткового зонда забезпечується довгострокова тривалість стабілізації рівня емісії ВГ за рахунок коректування сигналів основного зонда.

Окрім тривалості періоду подачі сигналу, всі характеристики і параметри, що відносяться до основного зонда, також перевіряються в додатковому зонді.

## **5.5 Діагностика системи рециркуляції ВГ**

Система рециркуляції ВГ (EGR) є ефективним засобом зниження емісії оксидів азоту у ВГ. За рахунок підмішування ВГ до робочої суміші знижується пікова температура згорання і, отже, зменшується утворення оксидів азоту.

Тому функціональна здатність системи рециркуляції ВГ повинна контролюватися. Для цього використовуються два альтернативні методи.

При діагностиці на основі визначення тиску у впускному трубопроводі при режимі роботи двигуна на середній потужності клапан рециркуляції ВГ на короткий час закривається і заміряється зміна тиску в цьому трубопроводі. Порівняння заміряного тиску з розрахованим за методом моделювання дозволяє провести діагностику функції закриття клапана рециркуляції ВГ.

Діагностика на основі нерівномірного обертання колінчастого валу використовується в системах без датчика масової витрати повітря або без додаткового датчика тиску у впускному трубопроводі. При роботі двигуна на холостому ході клапан рециркуляції ВГ злегка відкривається. При працездатній системі рециркуляції ВГ дещо збільшується маса залишкових газів, то призводить до більш нерівномірного обертання колінчастого валу двигуна, яке використовується для діагностики системи рециркуляції ВГ.

## **5.6 Діагностика системи примусової вентиляції картера**

Горючі гази, що проникають в картер двигуна за рахунок наявності зазорів між поршнями, поршневыми кільцями і циліндрами, повинні з картера відводитися. Цю функцію виконує система примусової вентиляції картера (PCV). Повітря, збагачене ВГ, очищається від частинок сажі в циклонному сепараторі і через клапан системи примусової вентиляції картера прямує у впускний трубопровід, завдяки чому вуглеводні знову повертаються в камеру згорання.

Можливий метод діагностики базується на вимірюванні частоти обертання колінчастого валу на холостих оборотах, яка повинна змінюватися певним чином

при відкритті клапана системи примусової вентиляції картера, що також розраховується за допомогою моделі. При дуже великій зміні спостережуваної частоти обертання колінчастого пала на холостому ходу від модельованого значення робиться висновок про наявність витікання.

### **5.7 Система безпосереднього зниження концентрації озону**

Для функціонування системи безпосереднього зниження концентрації озону (DOR) служить каталітичний шар, який наноситься на радіатор автомобіля. Зниження кількості озону розраховується за площею поверхні цього шару і потоку повітря, що проходить через радіатор.

При цьому визначається та кількість озону, яка враховується при розрахунку загального зниження емісії токсичних компонентів ВГ і паливних парів (тільки вуглеводнів). Тому радіатор з каталітичним шаром є конструктивним вузлом, що знижує цю емісію, і повинен контролюватися системою OBD з 2006 р.

При цьому проводиться діагностика наступних вузлів:

- датчиків тиску (при забрудненні радіатора через нього проходить менше озону і датчик тиску може реєструвати це падіння тиску);
- каталітичного шару (нанесений каталітичний шар має певний електричний опір і в результаті корозії каталітичного шару змінюється також і опір);
- фотодетекторів (каталітичне покриття виконане світлонепроникним і за допомогою детекторів можуть бути встановлені розриви в нанесеному шарі);
- датчиків озону (вони вимірюють рінні концентрації озону до і після радіатора).

## **5.8 Електронна діагностика системи охолодження двигуна**

Система охолодження двигуна складається з одного великого і одного малого контурів, що з'єднуються між собою через термостат. Малий контур використовується на стадії пуску двигуна для швидкого його прогрівання і включається шляхом закриття клапана термостата. При дефектному або заклиненому у відкритому положенні клапані термостата зростання температури рідини охолодження сповільнюється (особливо при низькій температурі навколишнього середовища) і приводить до підвищення токсичності ВГ. Таким чином при контролі роботи термостата повинно визначатися уповільнення нагрівання охолоджуючої рідини в двигуні. Для цього перевіряється спочатку датчик температури в системі охолодження, а потім, на базі цього, і клапан термостата.

## **5.9 Діагностика системи запалення**

Якщо виникають порушення в роботі бензинового двигуна, то локалізувати несправність і пов'язати її причину з системою запалення не завжди просто. Система запалення повинна запалювати робочу суміш, що характеризується максимально можливою гомогенізацією. Тому всередині всієї цієї системи можуть виникати функціональні несправності, які є наслідком невідповідності між процесами сумішоутворення і займання в результаті роботи системи запалення.

Система запалення на всьому діапазоні робочих режимів бензинового двигуна піддається дуже динамічним діям. Залежно від кута випередження запалення, частоти обертання колінчастого валу, коефіцієнта наповнення циліндрів, тиску наддування, складу робочої суміші і т. д. потрібна різна напруга для створення іскри на свічці запалення. У результаті цього діагностика спорадично виникаючих несправностей сильно ускладнена.

Система запалення бензинового двигуна новинка завжди розглядатися як єдина система, що складається з управління запаленням, задаючого каскаду запалення, свічок запалення, котушок запалення і всіх сполучних елементів.

Перевірка основних функцій системи запалення (наприклад, базової установки куга випередження запалення) проводиться за допомогою тестерів (віл портативних тестерів до комплексних діагностичних систем) з безліччю функцій, що включають, наприклад, аналіз ВГ, перевірку за допомогою осцилографа та ін. Стационарні тестери обладнані моніторами аналізу сигналів, що поступають від первинної і вторинної електричних ланцюгів декількох котушок запалення одночасно. Для контролю роботи окремого циліндра осцилограф може бути перемкнутий на відповідний режим.

Іншу допомогу при пошуку несправностей надає функція визначення погрішностей по характеру сигналів, що поступають від первинної і вторинної електричних ланцюгів. При цьому вивчається характеристика сигналу, записуваного за декілька останніх секунд перед натисненням клав'їші запам'ятовуючого пристрою. В результаті цього можна, наприклад, порівнювати безпосередньо між собою напругу запалення і дію іскрового розряду в окремих циліндрах, що може допомогти при локалізації несправності.

Котушка запалення є компонентом системи запалення, що не обслуговується, який зазвичай надійно працює впродовж всього терміну служби автомобіля і рідко виходить з ладу. Виникаючі збої в роботі котушки запалення можуть викликати перебої в згоранні, що приводить до нерівномірної роботи двигуна. У цьому випадку повинні бути перевірені дроти, що підводяться до котушки запалення і високовольтні дроти, що йдуть від котушки запалення до свічок запалення, на надійність контактів (візуальна перевірка).

Розпізнати наявність несправності усередині котушки запалення бортова діагностика системи управління двигуном здатна не завжди. Дефект у внутрішній ізоляції котушки запалення може, наприклад, при дуже високій погрібній напрузі запалення привести до перенесення іскрового розряду зі свічки затишся

всерединою самої котушки запалення. Такі дефекти не розпізнаються ні за допомогою діагностики, ні візуальним оглядом.

Дефекти котушки запалення можна підрозділити на різні категорії: повний вихід з ладу, погіршення працездатності, спорадичне виникнення несправностей. При роторному контактному розподільнику запалення вихід з ладу котушки запалення призводить до повної зупинки автомобіля. У системах без розподільника запалення при дефектній котушці запалення одного циліндра переміщення поршня здійснюватиметься за рахунок роботи решти циліндрів.

## ТЕМА 6 ПРИНЦИПИ ПОБУДУВАННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ ПРИЛАДІВ

### 6.1 Загальні зауваження

Електрообладнання АТЗ являє комплекс електромеханічних пристроїв, електричних апаратів, електронних блоків, датчиків та виконавчих пристроїв, поєднаних в електричні системи (електромеханічні, електронні, мікропроцесорні). Таким чином перелік діагностичних параметрів електрообладнання АТЗ складається з параметрів електричних сигналів (сила струму, значення напруги, частота, шпаруватість та тривалість періодичних сигналів), електричних кіл (опір, ємність, індуктивність) та параметрів неелектричних величин (зазори між контактними парами, пружність притискних пружин, щільність електроліту, частота обертання).

Електричні вимірювання електричних величин (апаратні методи) виконують контактним (гальванічним) або безконтактним способом, за допомогою перетворювачів електромагнітної енергії (датчиків електричних величин) та електричних вимірювальних приладів (вольтметрів, амперметрів, частотомірів, осцилографів, омметрів).

Електричні вимірювання неелектричних величин (апаратні методи) виконують тільки за допомогою перетворювачів неелектричної величини (впливу) до електричної (сигналу, параметру). Такі перетворювачі називають датчиками неелектричних величин (датчики температури, тиску, переміщення). Реєстрація неелектричної величини, в такому разі, здійснюється непрямо на підставі показань електричних індикаторів (вимірювальних приладів).

Неелектричні вимірювання неелектричних величин (інструментальні методи) виконують за допомогою вимірювального інструменту та вимірювальних пристроїв безпосередньої оцінки (щупи, динамометри, термометри, манометри, ореометри).

Неелектричні (механічні, гідравлічні, пневматичні, оптичні) пристрої та системи, в більшості випадків, діагностуються за допомогою електричних вимірювальних систем з використанням датчиків неелектричних величин.

Більшість приладів діагностування електрообладнання АТЗ будуються на базі електричних вимірювальних приладів загального застосування. Для тестування електронних блоків та систем, у якості імітаторів періодичних сигналів використовуються електронні релаксатори, які будуються на базі вимірювальних генераторів.

Адоптація універсальних вимірювальних приладів загального застосування до діагностування електрообладнання АТЗ з одного боку спрощує конструкцію (схемне рішення) приладу (за рахунок обмежених діапазонів вимірюваних параметрів), з іншого - підвищує витрати на їх реалізацію (за рахунок специфіки зняття і аналізу діагностичних параметрів).

Приклад. Універсальний комбінований вимірювальний прилад (тестер, мультиметр) має значні діапазони вимірювань опору, напруги (постійної і змінної) та обмежений діапазон вимірювання струму (постійного і змінного). Авто-тестером (автомобільним мультиметром) навпаки, достатньо вимірювати невелику напругу живлення борта та порівняно малі опори обмоток. При цьому в авто-тестері надана можливість вимірювати значні струми стартерної мережі. Крім того, в авто-тестері з'являються шкали вимірювань характерних параметрів (кута замкнутого стану контактів переривника, швидкості обертання ДВЗ, температури рідини). Універсальний багатоканальний осцилограф має Автомобільний осцилограф на відзнаку від універсального багатоканального осцилографа звужений діапазон вхідного атенюатора та специфічні види розгортки для спостереження растрових, послідовних та суміщених зображень електричних процесів по колах системи запалювання. Слід додати, що для підключення автомобільних вимірювальних приладів, в ряді випадків, застосовуються спеціальні вимірювальні адаптери (зонди, термопари, безконтактні датчики струму, високовольтні подільники напруги).

## 6.2 Класифікаційні ознаки засобів діагностування

Засоби діагностування можна розрізняти за декількома класифікаційними ознаками (рис. 6.1).

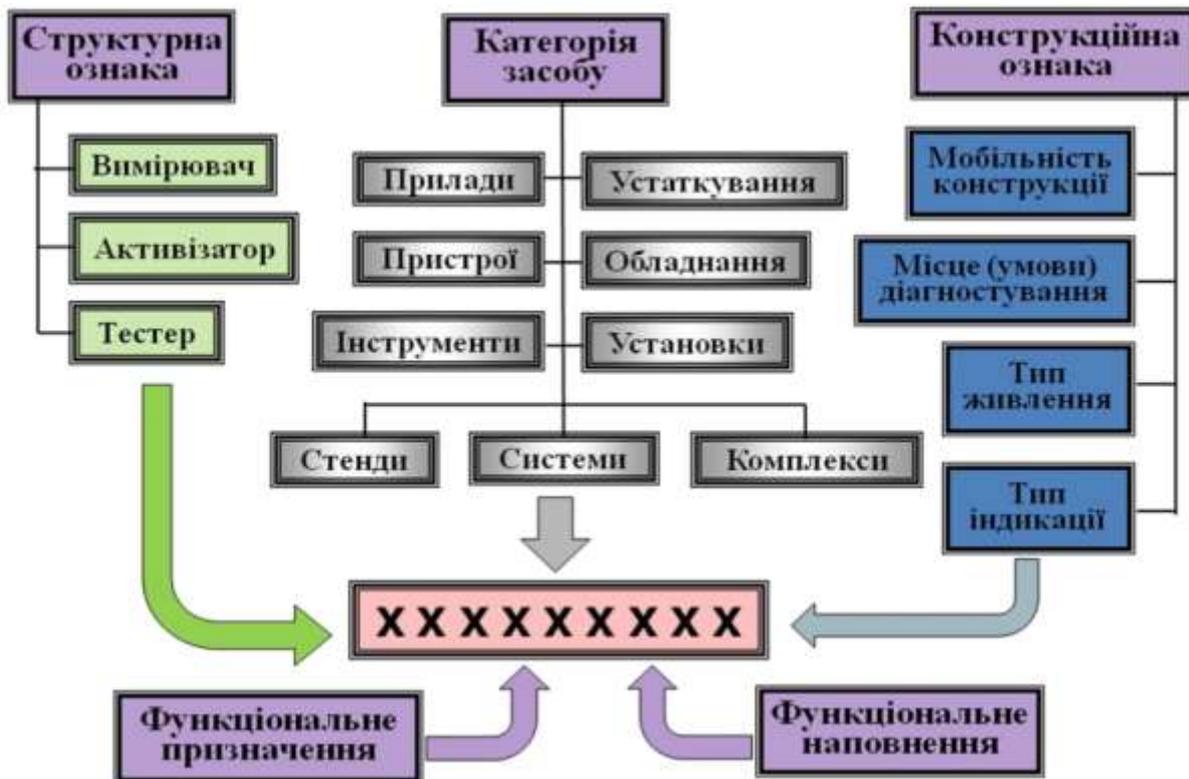


Рисунок 6.1 - Класифікаційні ознаки засобів діагностування

В технічному завданні на розробку, спочатку визначають функціональне призначення діагностичного засобу та його категорію, що комплексно характеризує конструкцію або композицію і прив'язку засобу до об'єкту діагностики. Потім уточнюють конструктивні атрибути та функціональне наповнення засобу діагностики. Далі розглядається клас (марки) транспортних засобів або їх складових (систем, агрегатів) для визначення переліку діагностичних параметрів, які підлягають аналізу, діапазонів та умов їх вимірювання (реєстрації). Перелічені ознаки є підставою для складання ідентифікаційних кодів в каталогах продукції, що реалізується. За першою ознакою розрізняють наступні категорії діагностичного засобу.

Діагностичний прилад - засіб діагностики, в якому вимірювання та реєстрація (індикація) діагностичного параметру (електричного або неелектричного) реалізується електричним способом.

Діагностичний пристрій - Засіб діагностики, який входить до складу діагностичного приладу (стенду, комплексу), виконує певні функції перетворення, але не має операторської периферії (органів керування та індикаторів).

Діагностичне обладнання - засоби діагностики, які встановлюються на борту транспортного засобу або інтегроване в його агрегати чи системи (входить до складу транспортного засобу).

Діагностичне устаткування - засоби діагностики, які використовуються за межами борту транспортного засобу (не входить до складу транспортного засобу).

Діагностична установка - засіб діагностики, за допомогою якого активізується (стимулюється) об'єкт діагностики з метою проведення перевірок.

Діагностичний стенд - стаціонарне конструктивне (в стаціонарному виконанні) та функціональне поєднання діагностичної установки з діагностичними приладами.

Діагностична система - засіб діагностики в якому реалізоване поєднання діагностичного обладнання та устаткування на функціональному (програмному) та апаратному рівні.

Діагностичний інструмент - простий неелектричний засіб діагностики, який призначено для вимірювання (реєстрації) неелектричного діагностичного параметру або налаштування вузлів та агрегатів.

Діагностичний комплекс - функціонально пов'язане діагностичне устаткування до складу якого входять діагностичні стенди та прилади різного призначення. (діагностичні пости, лінії).

Підпорядкованість наведених визначень проілюстровано на рис. 6.2.



Рисунок 6.2 - Категорійна підпорядкованість засобів діагностування

За функціональним призначенням прилади та діагностичне устаткування для АТЗ можна поділити на функціональні групи (рис. 6.3).

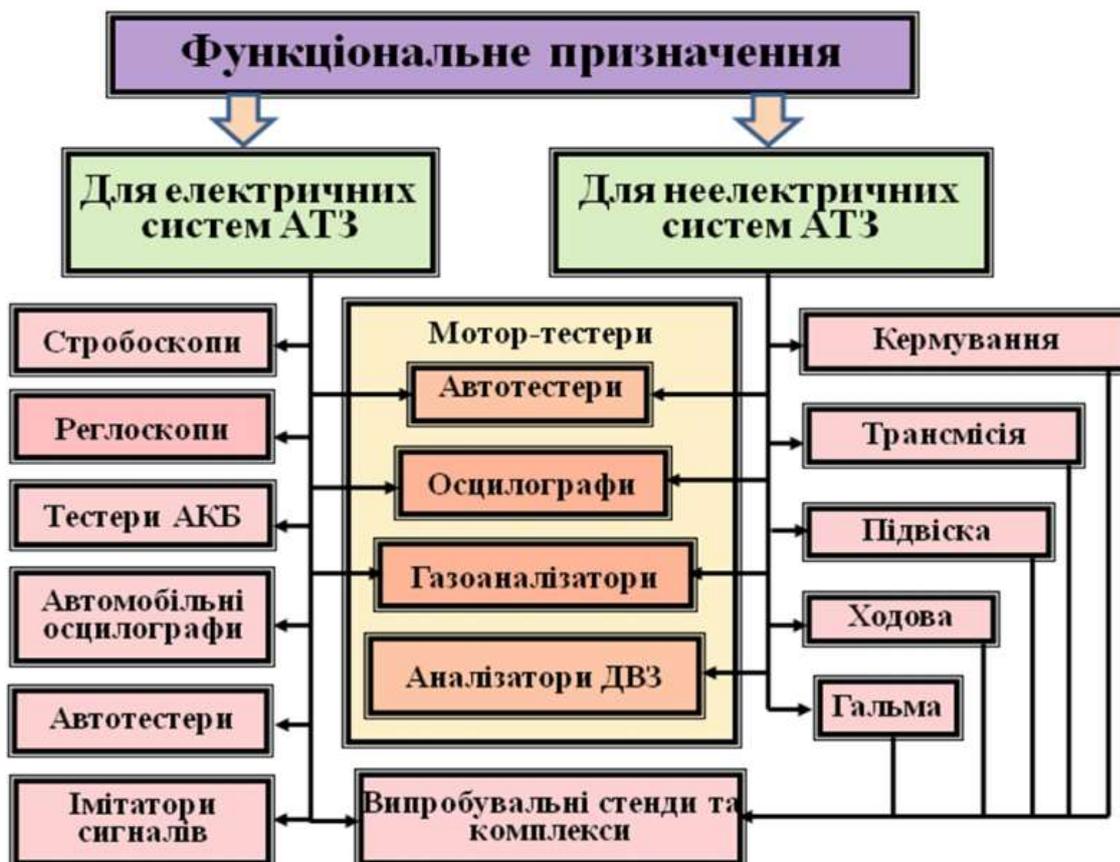


Рисунок 6.3 - Класифікація електричних засобів діагностування АТЗ за призначенням

Стосовно традиційних (основних) систем електрообладнання АТЗ можна визначити прилади, які використовуються для діагностування певних пристроїв та систем електрообладнання і універсальні діагностичні прилади. До певної групи належать прилади спеціального призначення: стробоскопи для діагностування автоматів випередження запалювання; реглоскопи - для контролю та регулювання світлових потоків фар головного освітлення; тестери АКБ - для визначення технічного стану АКБ. До універсальних приладів, які можуть застосовуватися для діагностування будь-якої електричної системи, слід віднести комбіновані вимірювальні прилади (автотестери) та автомобільні сцилографи. До цієї ж групи можна віднести імітатори сигналів датчиків електронних систем автомобіля. Якщо діагностування електромеханічних агрегатів проводиться в знятому з автомобіля стані, можуть застосовуватися спеціальні випробувальні стенди для імітації механічних впливів на пристрій.

Процес діагностування механічних систем автомобіля зазвичай потребує використання випробувальних стендів для імітації дорожніх умов автомобіля та вимірювальних комплексів для реєстрації неелектричних діагностичних параметрів.

Слід зазначити, що ДВЗ за функціональним складом являє сукупність механічних та електричних систем і тому прилади для діагностування ДВЗ (мотор-тестери) розглядаються, як комплекс вимірювальних приладів електричних та неелектричних параметрів систем ДВЗ. При цьому передбачається вимірювання діагностичних параметрів на робочих режимах ДВЗ.

### 6.3 Структура та конструкція діагностичних приладів

За структурною ознакою діагностичні прилади можна поділити на вимірювачі, активізатори і тестери (рис. 6.4).

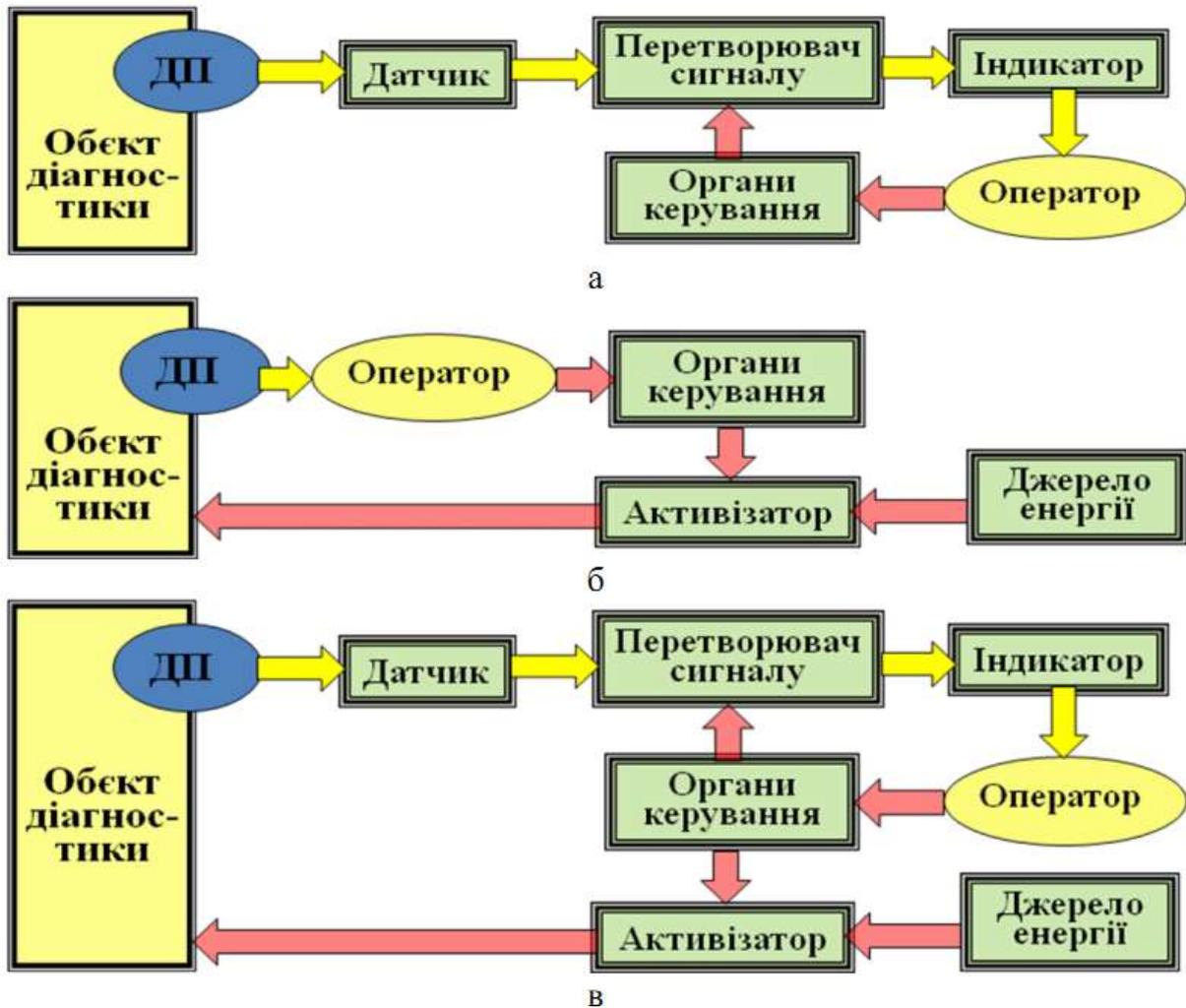


Рисунок 6.4 - Структурна схема діагностичного приладу:

а - вимірювача; б - активізатора; в - тестера

Вимірювач (рис. 6.6, а) - діагностичний прилад, в якому інформаційний сигнал про діагностичний параметр формується за рахунок енергії об'єкту діагностики. При вимірюваннях електричних параметрів (напруги, частоти, струму), використовується енергія електричного кола об'єкту діагностики (амперметр, вольтметр, частотомір). При цьому може здійснюватися контактний (без датчика) або безконтактний (з датчиком електричної величини) спосіб відбору енергії. Якщо вимірюється неелектричний параметр (температура),

використовується енергія його величини (теплота). В цьому випадку інформаційний сигнал формується датчиком відповідної неелектричної величини (датчиком температури). Слід додати, що прилад з структурою вимірювача, може мати додаткове джерело енергії для живлення датчика, перетворювача чи індикатора (цифрові вольтметри, амперметри).

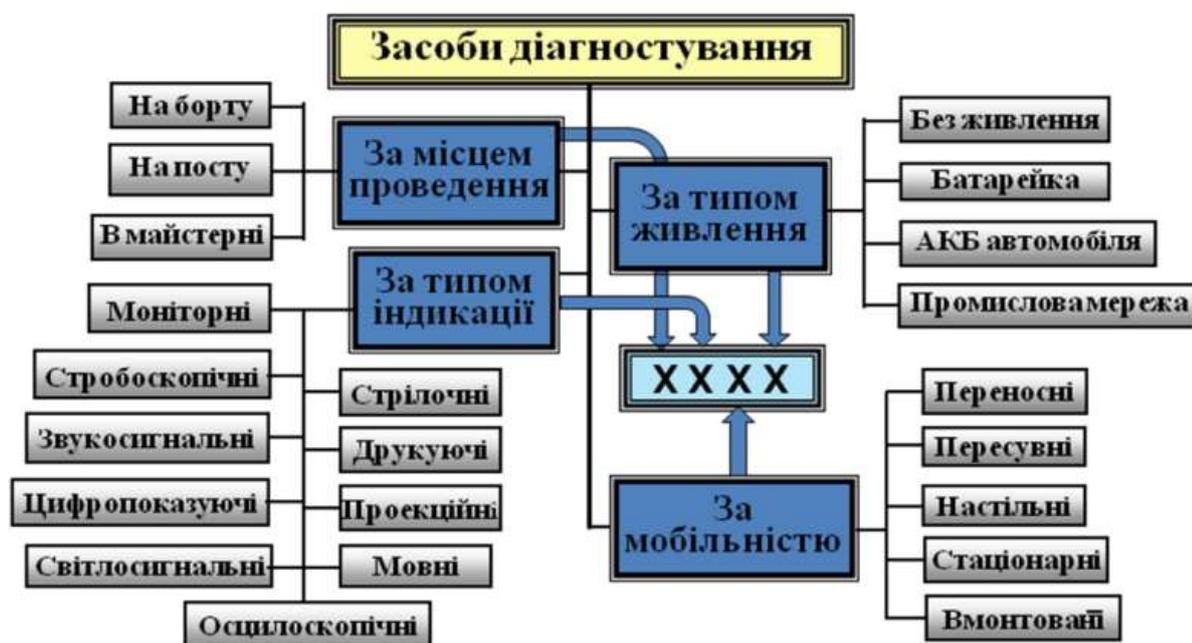
Активізатор (рис. 6.6, б) - діагностичний прилад, в якому діагностичний параметр формується об'єктом діагностики за рахунок впливу джерела енергії діагностичного приладу, а сприйняття (якісна та кількісна оцінка) діагностичного параметра здійснюється суб'єктивно оператором (без індикатора). Наприклад, назва приладу «стробоскоп» розуміється як слово складене з двох коренів «строб» - імпульсне підсвічування, «скоп» - спостерігати.

Тестер (рис. 6.6, в) - діагностичний прилад структура якого поєднує елементи (функції) вимірювача та активізатора (індукційний дефектоскоп, омметр).

На етапі розробки конструкції засобу діагностики обраної категорії, визначають та узгоджують конструкційні атрибути майбутнього виробу або обирають конструктивний прототип (аналог, попередню модифікацію чи базовий зразок). Синтез конструкції та схемного рішення засобу діагностики починають з вибору типу живлення, класу мобільності та виду індикації з урахуванням умов (місця) проведення діагностичних операцій (рис. 6.5).

В першу чергу з'ясовують місце проведення діагностичних робіт. За цим атрибутом розрізняють засоби, що використовуються: на борту автомобіля в стаціонарних умовах (діагностика за вихідними параметрами систем автомобіля) або в русі транспортного засобу (за структурними параметрами систем) ; в умовах діагностичного поста або лінії (за вихідними параметри автомобіля); в умовах електровідділення (за структурними параметрами агрегатів) або дільниці відновлення електронних блоків (за структурними параметри електронних блоків). Таке угруповання дозволяє проводити цілеспрямований підбір аналогів засобів діагностики по каталогам і довідникам з діагностичного устаткування. Крім того, перелічені умови експлуатації діагностичного засобу визначають

наявність джерел живлення, потрібну мобільність та зручність користування засобом на робочому місці.



**Рисунок 6.5 - Класифікація засобів діагностики за конструкційними ознаками**

За класом мобільності розрізняють переносні, пересувні, стаціонарні, настільні й вмонтовані засоби діагностики.

До переносних конструкцій відносять портативні прилади та прилади у вигляді «діагностичної валізи». Другий варіант дозволяє розширити функціональні можливості (достачити додатковими пристроями) та діапазони вимірювань параметрів.

Пересувні стенди мають роликові візки і комплектуються автономними АКБ, підключаються до промислової мережі. Пересувні стенди надають необмежений діапазон вимірювань діагностичних параметрів, і можливість діагностування силових елементів (АКБ, стартер, генератор) безпосередньо на борту автомобіля.

Настільні прилади та стенди діагностування розраховані на живлення від промислової електромережі. Дозволяють використовувати різні типи індикаторів. Використовуються для випробувань елементів систем автомобіля середньої потужності.

Стационарні стенди живляться від промислової електромережі і магістралі стисненого повітря. Не мають обмежень за споживаною потужністю та типом індикації. Використовуються для випробувань силових агрегатів автомобіля.

До вмонтованих засобів відносять системи вмонтованих датчиків (СВД) і бортові діагностичні системи (БДС). Застосування перших дозволяє скоротити час постановки діагнозу за рахунок скорочення часу підготовчих операцій (установка датчиків, підключення та налаштування приладів). Використання других - проводити моніторинг технічного стану систем автомобіля під час транспортного процесу та виключати аварійні ситуації в автоматичному режимі.

У засобах діагностування використовуються прилади з різним типом індикації (див. рис. 6.5).

Стрілочні індикатори (електромеханічні вимірювальні прилади) зручні для спостережень (вимірювань) діагностичних параметрів при стаціонарних змінах їх значень. До недоліків таких приладів слід віднести порівняно невисоку точність, слабку стійкість до перешкод, певну орієнтацію при вимірюваннях, недостатню надійність і вібростійкість.

Цифропоказуючі індикатори дозволяють досягти високої точності та роздільної здатності, не вимагають певної орієнтації під час вимірювань, не чуттєві до зовнішніх впливів. Однак спостереження та аналіз показань при динамічних змінах параметра ускладнено через дискретизацію вимірювального такту.

Осцилографи дозволяють одержувати найбільш детальну (у ряді випадків надлишкову) інформацію про електричний сигнал. До експлуатаційних обмежень осцилографів (особливо запам'ятовуючих) можна віднести їх порівняно високу вартість.

За допомогою стробоскопічних приладів вимірюються параметри, пов'язані з обертанням колінчастого валу ДВЗ. Простий метод (засіб) спостереження (вимірювання) фазових зсувів у робочих процесах теплових двигунів.

Іноді для локалізації несправності достатньо лише визначення факту наявності сигналу (напруги живлення). В такому разі найбільш доцільно застосовувати звичайні сигнальні індикатори.

Моніторні засоби індикації використовуються в комп'ютерних інформаційно-вимірювальних системах. Такі системи дозволяють модифікувати вимірювальну інформацію до зручного вигляду (таблиць, графіків, діаграм, діагностичних повідомлень).

Комп'ютерна база засобів діагностування дозволяє використовувати цифрові периферійні пристрої виводу інформації, зокрема друкуючі принтери. Застосування принтерів дозволяє документувати діагностичну інформацію безпосередньо в процесі діагностування, що значно підвищує оперативність і продуктивність процесів діагностування в умовах діагностичних постів і ліній.

Концептуальні системи індикації проєкційного типу використовуються під час транспортного процесу. Поточна експлуатаційна, діагностична і сервісна інформація, а також інформація про дорожню ситуацію виводиться на лобове скло автомобіля у вигляді напівпрозорого, різнобарвного, асоціативного зображення. Причому інформація чергується у визначеній послідовності та з різними інтервалами відображення. Порядок та інтенсивність висвічування тієї чи іншої інформації визначається комп'ютером залежно від важливості повідомлення. Така інтелектуальна система відображення дозволяє використовувати переваги і виключити недоліки всіх розглянутих індикаторів зорової інформації.

Використання на борту інформаційних приладів зі звуко-мовною індикацією дозволяє зменшити навантаження зору оператора-водія під час руху автомобіля і підвищити безпеку руху.

## 6.4 Функціональність діагностичних приладів

За функціональним наповненням засоби діагностики можна поділити на окремі групи: найпростіші, спеціалізовані, спеціальні, універсальні, комбіновані, комплексні (рис. 6.6).



**Рисунок 6.6 - Класифікація засобів діагностики електричних пристроїв та систем за функціональним наповненням**

До найпростіших засобів відносять вимірювальні прилади безпосередньої оцінки (амперметр, вольтметр, омметр), пристрої (індикатор, пробник) і підручні засоби (перемичка, клемник).

Спеціалізовані прилади та установки призначені для діагностування і регулювання окремих елементів систем електрообладнання. Такі прилади мають цілком визначену функцію за призначенням (реглюскоп, навантажувальна вилка, дефектоскоп обмоток).

Більш широкі функціональні можливості мають спеціальні стенди та прилади, що використовуються для діагностування елементів та агрегатів окремих систем в майстернях (стенд перевірки елементів системи запалювання СПЗ, прилад перевірки елементів системи контрольно-вимірювальних приладів).

Для діагностування будь-якої електричної системи за параметрами електричних сигналів та кіл використовуються універсальні вимірювальні прилади загального призначення (осцилографи, мультиметри, генератори) та

автомобільні універсальні прилади (автомобільні осцилографи, авто тестери, імітатори сигналів).

Комбіновані засоби діагностики - прилади та стенди, які виконують функції декількох спеціальних приладів (мотор-тестери).

Комплексні засоби діагностики (діагностичні комплекси) - програмно-апаратні засоби та діагностичне устаткування, що призначені для контролю комплексу діагностичних параметрів автомобіля (пости і лінії діагностики).

З огляду на сказане, можна визначити переважні конструкційні атрибути засобу діагностики для визначених умов (місця) проведення діагностичних робіт.

На борту автомобіля в стаціонарних умовах перевага надається переносним універсальним приладам з цифровими індикаторами, які мають автономне живлення чи підключаються до АКБ автомобіля.

На борту в русі автомобіля використовуються універсальні та комбіновані прилади комп'ютерної периферії, що «спілкуються» з бортовою діагностичною системою. В таких приладах на відзнаку від попередньої групи виправдано застосування моніторних засобів індикації.

В умовах діагностичного поста є можливість використання діагностичних комплексів стаціонарного або пересувного базування прилади яких мають широку функціональність і операторську периферію (індикатори та органи керування). Живлення діагностичних комплексів передбачається від промислових мереж напруги та стисненого повітря.

В умовах електровідділення, зазвичай, використовуються спеціальні діагностичні стенди в стаціонарному та настільному виконанні та спеціалізовані прилади, які живляться від напруги промислової мережі. В такому діагностичному устаткуванні достатньо обмежитись використанням стрілочних та світлосигнальних індикаторів.

В умовах дільниці відновлення електронних блоків виправдано використання універсальних вимірювальних приладів з штатними індикаторами, які живляться від напруги промислової мережі.

## 6.5 Особливості діагностування електрообладнання АТЗ

При проектуванні нових або модернізованих засобів діагностики слід враховувати особливості процесу діагностування електрообладнання АТЗ, пов'язані з альтернативністю методів і засобів діагностики, передбачених умов і місця проведення діагностичних операцій та необхідного ступеню локалізації несправності.

Під назвою методу діагностики, в загальному випадку, розуміють декілька ознак (аспектів), які можуть визначати: вид перевірок технічної системи; вид діагностичного параметра на підставі якого ставиться діагноз; принцип побудови вимірювальної системи; місце та умови проведення діагностичних операцій; засіб діагностики, який використовується.

Методи діагностування технічних систем за видом перевірок можна класифікувати за декількома загальними ознаками (див. рис. 5.3). Очевидно, що вид діагностичного параметра визначає можливі методи та відповідно і засоби його вимірювання. Зазначимо, що для контролю визначеного виду діагностичного параметру можуть використовуватися декілька різних приладів або методів вимірювання (варіантів побудови вимірювальної системи діагностичного приладу).

За глибиною локалізації або деталізації діагностичні перевірки розподіляють на елементні, модульні, групові і комплексні. Реалізація перевірок за цією ознакою в основному визначається конструкцією засобу діагностики, метою і місцем проведення діагностичних операцій.

Необхідна ступінь локалізації несправності визначає місце та умови проведення діагностичних операцій. І навпаки обране місце (умови) проведення діагностичних операцій визначає можливу ступінь локалізації несправності (рис. 6.7).



**Рисунок 6.7 - Структура локалізації несправностей**

Зазвичай на борту автомобіля несправність локалізують до рівня агрегату (модульні перевірки), а в електровідділенні - до рівня структурних елементів агрегату (елементні перевірки). В умовах поста в першу чергу перевіряються вихідні характеристики автомобіля за якими оцінюють працездатність всіх систем автомобіля (комплексні перевірки). За допомогою газоаналізатора (на посту або на борту) локалізуються несправності систем ДВЗ. Більш детально розглянемо діагностичні параметри та методи діагностування електричних систем автомобіля (рис. 6.8).



**Рисунок 6.8 - Класифікація методів діагностування електричних систем автомобіля**

Діагностичні параметри електричних та електронних пристроїв можна поділити умовно на декілька груп: параметри постійних значень, параметри діючих значень, часові параметри, параметри форми.

До приладів оцінки параметрів постійних значень можна віднести вимірювачі електричного опору  $R$  (омметри), постійної напруги  $U$  (вольтметри) та струму  $I$  (амперметри). Омметри використовуються для «холодної» перевірки кіл та дискретних елементів схеми (прилад, що перевіряється, вимкнено). Вольтметри та амперметри використовують для оцінки діагностичних параметрів при ввімкненому об'єкті діагностування («гаряча» перевірка кіл).

Діагностичні параметри діючих значень, до яких відносять напругу змінного струму та змінний струм, вимірюються амперметрами та вольтметрами змінного струму (генератори змінного струму, сигнальні кола електронних блоків).

Часові параметри електричних сигналів (частота  $f$  тривалість імпульсу та їх шпаруватість  $q$ ) дозволяють оцінювати роботу час задавальних, формувальних та релаксаційних кіл і каскадів електронних пристроїв систем керування, вимірюються за допомогою частотомірів та осцилографів.

Параметри форми сигналу (амплітуда, крутизна фронтів, нерівність вершини імпульсу), використовуються для оцінити значень розподілених реактивних параметрів імпульсних кіл (електронні блоки, система запалювання), вимірюються за допомогою осцилографів.

Фазовий зсув між періодичними гармонійними сигналами однакової частоти (напруги та струму) характеризує реактивну складову опору кола змінного струму, вимірюється за допомогою осцилографів. В імпульсних пристроях фазовий зсув періодичних сигналів взагалі розглядається як функціональний параметр. Інформація про фазові зсуви у робочих процесах ДВЗ (кути випередження а запалювання, подачі палива, випуску газів) дозволяє оцінити оптимальність функціонування його систем (вимірюються за допомогою стробоскопів).

В електричних системах АТЗ застосовуються перетворювачі електричної енергії різного призначення (прилади освітлювання, нагрівачі, актуатори та т. і.), тому до переліку діагностичних параметрів можна додати параметри світлового пучка головних фар, температуру нагрівальних елементів, робочі зазори та т. і.; до переліку методів вимірювання - оптоелектричні, термоелектричні, тензометричні та т.і.; до переліку діагностичних приладів - реглюскоп, стробоскоп, термометр, динамометр ореометр, та т. і.

При виборі методу вимірювання визначеного діагностичного параметру та розробці відповідного діагностичного приладу прагнуть отримати найбільш ефективне рішення. При цьому слід враховувати, що вартість діагностичного приладу є складовою вартості постановки діагнозу. З цих позицій розглядають альтернативні та безальтернативні прилади (методи) діагностування.

Альтернативні прилади (універсальні) - певна несправність може бути локалізована за допомогою різних діагностичних приладів (при різних витратах на постановку діагнозу та різній інформативності параметру).

Приклад. Напругу живлення можна контролювати за допомогою індикатора напруги (наявність) або мультметра (середнього рівня напруги) або осцилографа

(рівні напруг спрацьовування та повернення регулятора, пульсацій випрямляча та пульсації регулювання).

Безальтернативні прилади (спеціалізовані) - певна несправність може бути локалізована тільки за допомогою певного діагностичного приладу.

Приклад. Орієнтацію світлових пучків головних фар перевіряють тільки за допомогою регласкопу.

Слід додати, що при діагностуванні транспортного засобу, його систем і агрегатів, поряд із застосуванням інструментальних методів діагностики (апаратної діагностики), використовуються органолептичні методи діагностики на підставі симптомів несправностей (суб'єктивна діагностика).

# ТЕМА 7 ЗАСОБИ ТА МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ДІАГНОСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ

## 7.1 Вимірювання напруги та струму

Величина напруги, що вимірюється в різних точках електричних кіл електрообладнання автомобіля, розглядається як діагностичний параметр. Для вимірювання напруги застосовуються вольтметри різних типів. Класифікація вольтметрів за різними ознаками наведена на рис. 7.1.

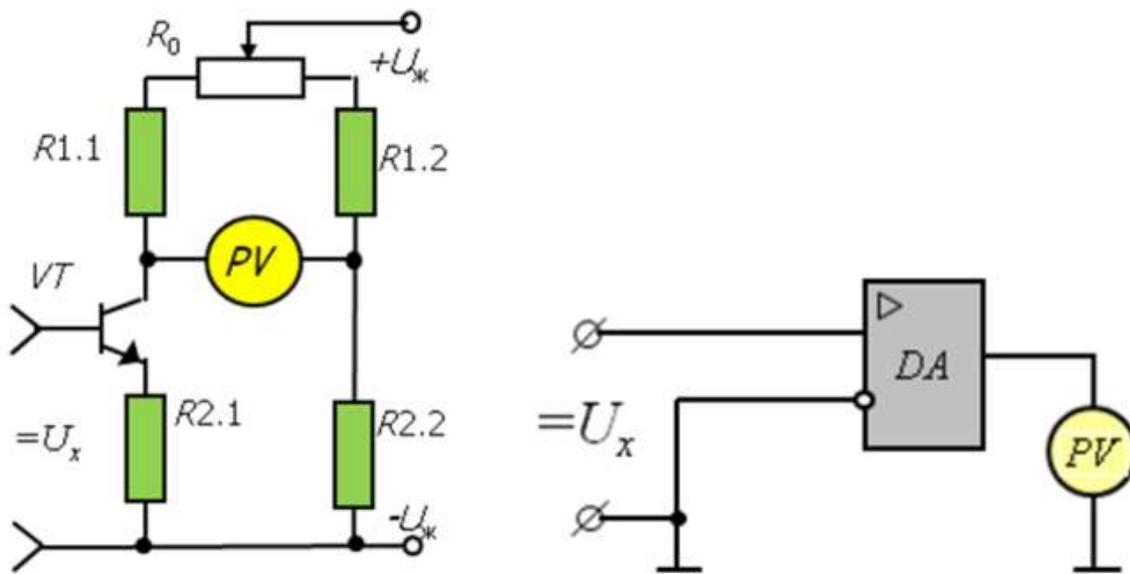


Рисунок 7.1 - Класифікація вольтметрів

Вольтметри безпосередньої оцінки - електромеханічні стрілочні прилади різних вимірювальних систем (електромагнітні, магнітоелектричні, електродинамічні, електростатичні, термоелектричні, індукційні). До недоліків стрілочних вольтметрів слід віднести низький вхідний опір, обмежений діапазон рівня і частоти вимірюваної напруги, малу роздільну здатність, невисоку точність. Для розширення діапазону вимірювань вольтметрів безпосередньої оцінки використовуються багатограничні прилади за побудовані за потенціометричною схемою.

Електронні вольтметри мають електронну вимірювальну частину, що дозволяє значно підвищити вхідний опір приладу ( $R_{вх}=10 - 100$  МОм), а як

індикатор в них використовується аналоговий прилад безпосередньої оцінки (рис. 7.2).



**Рисунок 7.2 - Схемні рішення електронних вольтметрів:**

а - на дискретних елементах; б - з використанням операційного підсилювача

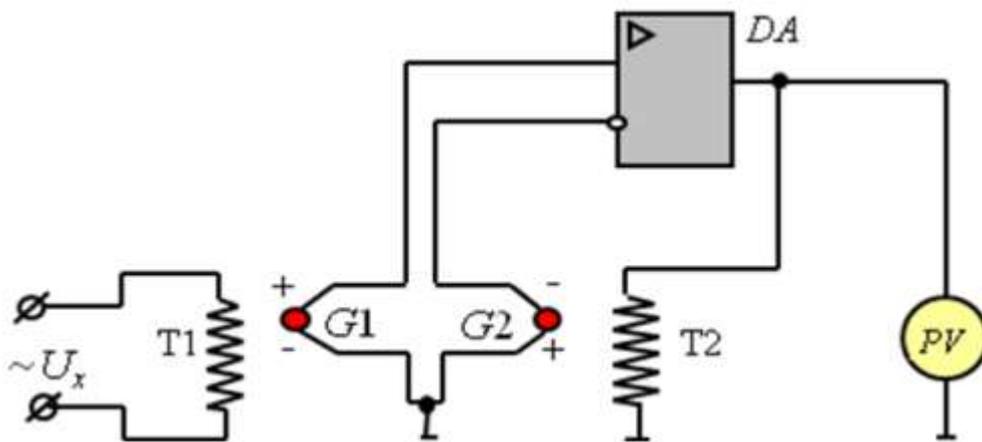
Для усунення дрейфу нуля й одержання лінійних функцій перетворення сигналу вольтметри електронного типу будують за мостовою схемою з одним чи двома активними плечима (рис. 7.2, а).

У цифрових вольтметрах як вимірювальна частина використовується аналогово-цифровий пристрій (АЦП), а як індикатор - цифропоказуючий пристрій. Мають високий вхідний опір  $R_{ex} > 10$  мОм і високу роздільну здатність, яка визначається числом знаків після коми на пристрої індикації. Цифрові вольтметри можуть бути реалізовані за схемою прямого перетворення (час-імпульсний АЦП), врівноважуючого перетворення або за схемою інтегруючого вольтметра. Клас точності складає 0,01 - 0,05, а швидкість вимірювань до 10000 вим./с.

Компенсаційні вольтметри - вольтметри постійного струму, процес вимірювання якими полягає у порівнянні напруги, що вимірюється,  $U_x$  з відомою напругою компенсації  $U_k$ . До складу вольтметра не входять електронні прилади, що обумовлює їх малу вартість. Компенсаційні вольтметри забезпечують

порівняно високий клас точності - 0,5 - 0,05, однак мають недостатній вхідний опір  $R_{вх} = 500 \dots 1500$  Ом, придатні для вимірювання тільки постійної напруги.

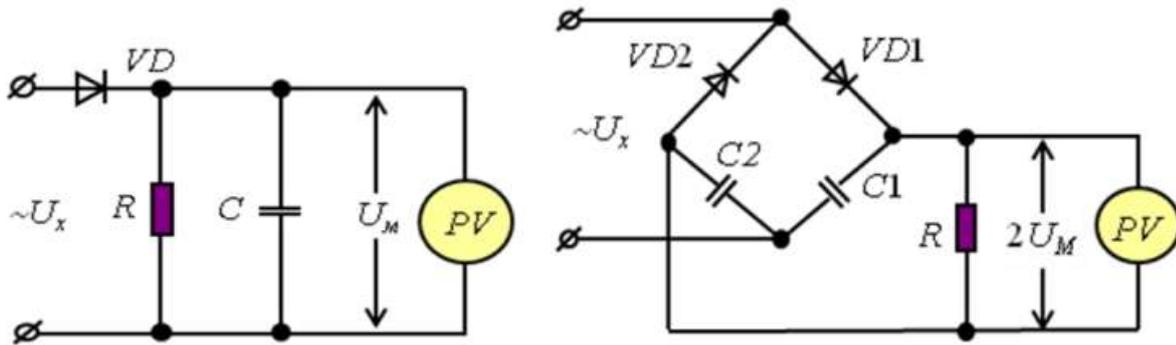
Зазвичай, всі стрілочні електромеханічні й інтегруючі цифрові вимірювальні прилади розраховані на вимірювання діючого чи середньоквадратичного значення напруги. Для несинусоїдальної напруги середньоквадратичне значення визначається через сукупність складових гармонік розкладу по рядах Фур'є. Якщо напруга носить імпульсний характер і до того ж шпаруватість проходження імпульсів значна, виникають складнощі щодо визначення діючого значення напруги за допомогою вимірювальних приладів. Збільшення періоду інтегрування миттєвих значень у таких випадках досягають застосуванням детекторів середньоквадратичних значень з термоперетворювачами (рис. 7.3).



**Рисунок 7.3 - Принципова схема детектора середньоквадратичних значень з термоперетворювачами**

Напруга, що вимірюється, подається на нагрівальний елемент  $T1$  і через термопару  $G1$  перетворюється в електричний сигнал постійного струму. Цей струм, пропорційний середньоквадратичному значенню напруги, що вимірюється. Другий термоперетворювач  $T2$ ,  $G2$ , включений у коло від'ємного зворотного зв'язку підсилювача  $DA$ , стабілізує процес вимірювання і лініарізує функцію перетворення. Поряд із простотою перетворення сигналу вольтметр такого типу має малий вхідний опір і значний час вимірювання  $t_{вим} = 1 \dots 3$  с.

Пікові вольтметри мають пікові детектори (рис. 7.5, а)



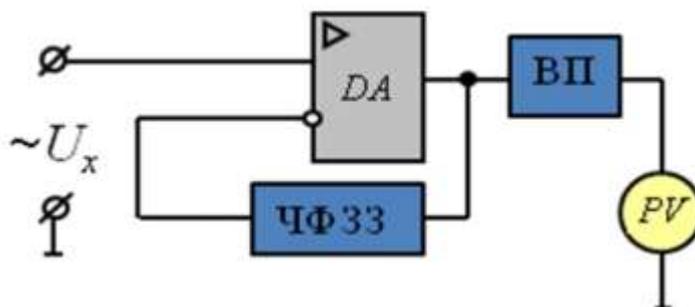
**Рисунок 7.5 - Принципові схема пікових вольтметрів:**

а - вимірювач амплітуди; б - вимірювач розмаху

Піковий детектор містить однонапівперіодний випрямляч на діоді VD та інтегруючу ємність C. Інколи необхідно вимірювати розмах змінної напруги. Для цього використовуються вимірювачі розмаху (рис. 7.5, б).

Такі прилади дозволяють вимірювати напругу в діапазоні  $U_x=0,2 - 300$  В, з частотою до  $f=1000$  мГц. Похибка вимірювань при цьому не перевищує 5%, а вхідний опір зазвичай складає  $R_{вх}=50$  кОм.

Селективні вольтметри призначені для вимірювання рівня напруг окремих складових гармонічного ряду сигналу і визначення коефіцієнта гармонік. У діапазоні низьких частот вибіркова частина реалізується за рахунок включення смугового фільтру в коло від'ємного зворотного зв'язку підсилювального каскаду (рис. 2.2.6).



**Рисунок 7.6 - Принципова схема селективного вольметра**

На низьких частотах вибірковість забезпечується гетеродинним способом. Селективні вольтметри застосовуються при аналізі електромагнітної сумісності

АТЗ в радіочастотному діапазоні і характеризуються діапазоном перетину і смугою пропускання сигналу.

Амперметри безпосередньої оцінки - електромеханічні стрілочні прилади різних вимірювальних систем (електромагнітні, магнітоелектричні, електродинамічні, термоелектричні). До недоліків стрілочних амперметрів слід віднести високий вхідний опір, обмежений діапазон сили і частоти вимірюваного струму, малу роздільну здатність, невисоку точність.

Для розширення діапазону вимірювань, підвищення вхідного опору вольтметрів та зниження вхідного опору амперметрів безпосередньої оцінки використовуються багатограничні прилади за схемами дільника напруги та реостатного навантаження (рис. 7.7).

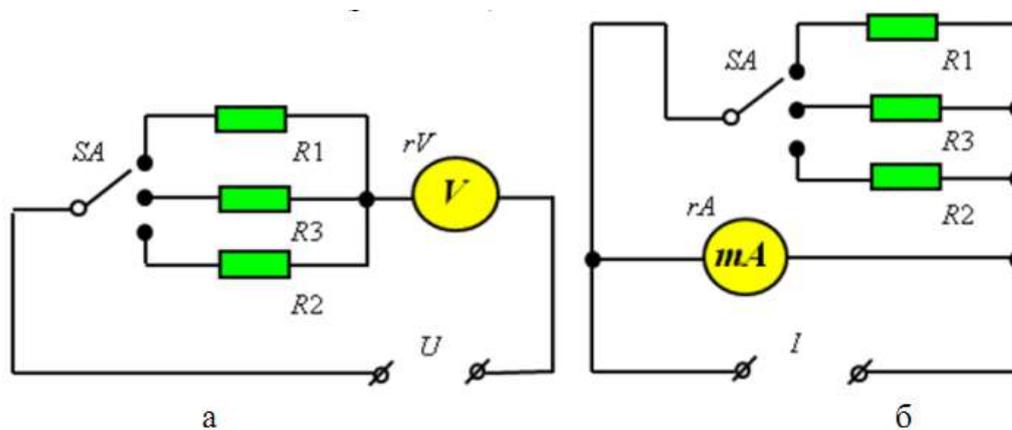


Рисунок 7.7 - Схеми багатограничних вимірювальних приладів:

а - вольтметра; б - амперметра

В таких вольтметрах послідовно з вимірювальною голівкою, що має границю вимірювання  $V_{1.max}$ , включається додатковий резистор  $R_{доб}$  (рис. 7.7, а), величина опору якого разом з власним опором голівки  $r_V$ , визначає вхідний опір  $R_{V_{ex}}$  та границю вимірювання вольтметра  $V_{2.max}$ .

$$R_{V_{\hat{a}o}} = r_V + R_{\hat{a}}, \quad V_{2.max} = V_{1.max} \frac{r_V + R_{\hat{a}}}{r_V}, \quad R_{\hat{a}} = r_V \left( \frac{V_{2.max}}{V_{1.max}} - 1 \right).$$

Для розширення діапазонів вимірювань амперметрів (від границі  $A_{1.max}$ , до границі  $A_{2.max}$ ) паралельно з вимірювальною голівкою підключається шунтуючий

резистор  $R_{ш}$  (рис. 7.7, б). В такому разі параметри приладу визначаються за формулами.

$$R_{A.ш} = \frac{r_A \cdot R_{\phi}}{r_A + R_{\phi}}, \quad A_{2.max} = A_{1.max} \frac{r_A + R_{\phi}}{R_{\phi}}, \quad R_{\phi} = r_A \frac{A_{1.max}}{A_{2.max} - A_{1.max}}$$

Слід зауважити, що в реальних односторонніх вольтметрах безпосередньої оцінки для розширення границі вимірювання, зазвичай, використовуються вимірювальні голівки мікроамперметрів (опір голівки  $r_A=50..100$  Ом) з каліброваним добавочним резистором.

В деяких випадках підключення амперметра в розрив кола гальванічним способом утруднено або не можливо (наприклад стартерна мережа). В такому разі застосовуються безконтактні амперметри, вимірювальна частина яких являє магнітну систему, що активізує лінійний датчик (пластину) Холла (рис. 7.8).



Рисунок 7.8 - Зовнішній вигляд вимірювачів струму:

а - датчик струму; б - кліщовий амперметр

Для підвищення чутливості в безконтактних амперметрах використовують підсилювач ЕДС, яку отримують від пластини Холла.

## 7.2 Використання вимірювальних генераторів і вимірювання частоти сигналу

У системах автоматичного керування робочими процесами і руху автомобіля як інформаційний використовується періодичний сигнал, частота

якого пропорційна частоті обертання колінчастого вала ДВЗ, осі коліс чи швидкості руху автомобіля. До таких систем можна віднести системи керування інжекторними ДВЗ, системи круїз-контролю, антиблокувальні системи, системи запалювання, системи контролю швидкості автомобіля і частоти обертання колінчастого вала, системи автоматичного відключення стартера й ін..

При діагностуванні перелічених систем на борту або окремих їх блоків в умовах електровідділення іноді необхідно відтворювати сигнали, що імітують реакцію датчиків обертання. В іншому разі потрібно вимірювати частоти сигналів, які надходять з первинних датчиків системи. Як імітатори сигналів датчиків можуть використовуватися універсальні вимірювальні генератори низькочастотного діапазону й імпульсні генератори. Основними параметрами, що характеризують вихідний сигнал генератора є амплітуда, частота, форма, шпаруватість, вихідний опір (потужність) генератора. Останній параметр може бути визначений експериментально при підключенні до генератора навантаження з відомим опором  $R_H$

$$R_{\text{в.в.}} = R_i \frac{E}{U} - 1$$

де  $E$  - величина напруги (ЕДС) на виході не навантаженого генератора;

$U$  - падіння напруги на навантаженні при визначеній ЕДС.

В універсальних вимірювальних генераторах передбачено оперативне регулювання і контроль параметрів сигналу. Генератори імпульсів широкого застосування класифікуються за декількома ознаками (рис. 7.9).



Рисунок 7.8 - Параметри реального імпульсу

Час-амплітудні параметри, якими регламентується реальний прямокутний імпульс, показані на рис. 7.9, де  $A$  - амплітуда;  $b_1, b_2$  - викиди відповідно на вершині і зрізі;  $b_3$  - нерівномірність вершини;  $\tau_i, \tau_\phi, \tau_3$  - тривалість відповідно імпульсу, фронту і зрізу.

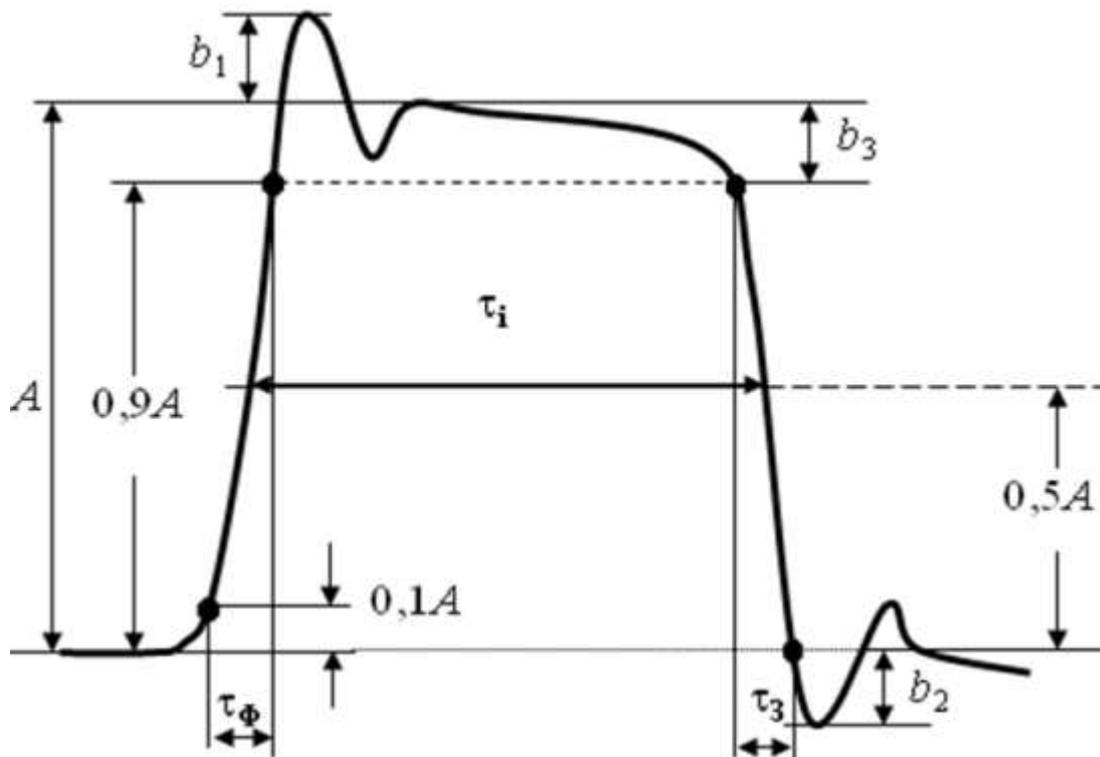
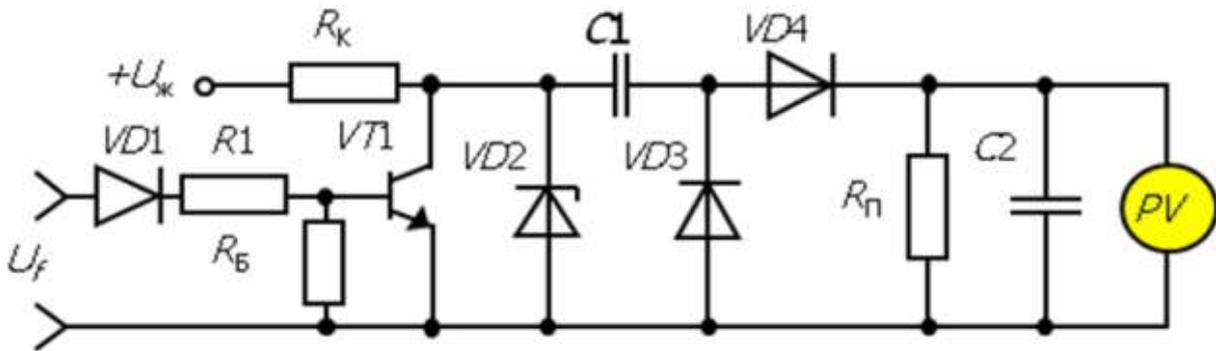


Рисунок 7.9 - Параметри реального імпульсу

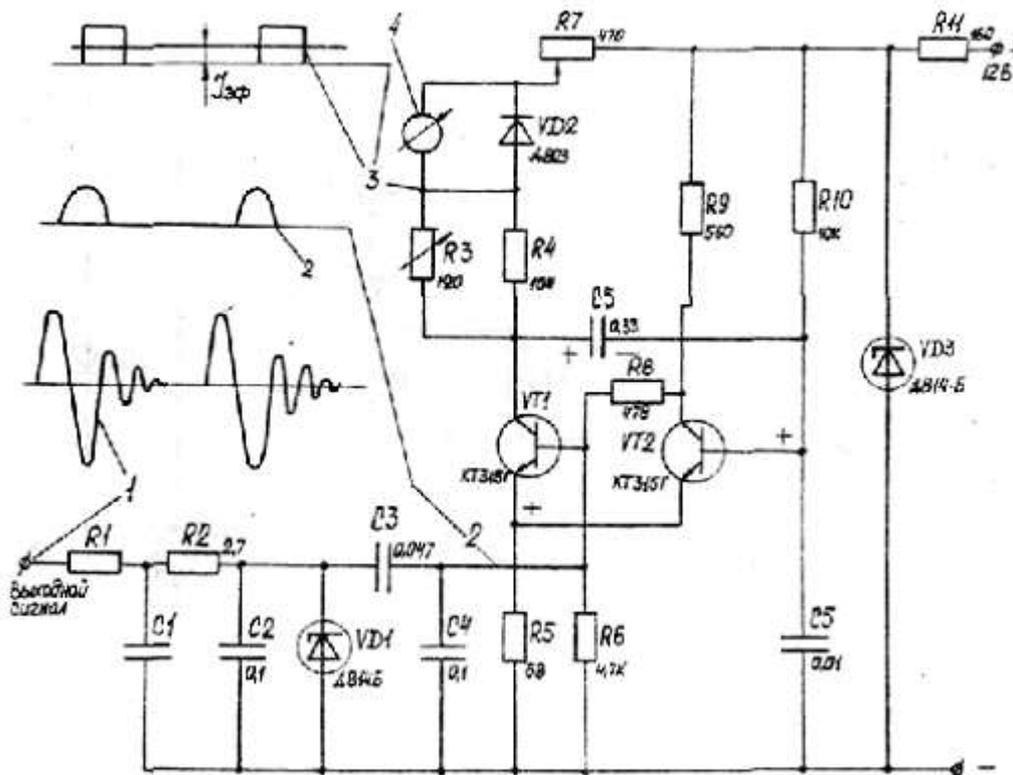
Для вимірювання частоти сигналу використовуються електронні частотоміри різного типу і принципу дії. За схемним рішенням розрізняють

частотоміри з перетворювачем частота - рівень напруги з використанням очікуючого мультивібратора, електронно-рахункові (цифрові), стробоскопічні. Найбільш простими і дешевими є частотоміри, що використовують диференціюючі та інтегруючі RC-кола.



В таких частотомірах сигнал, що часто змінюється, перетворюється до рівня постійної напруги. Амплітуда і шпаруватість імпульсів в такому разі мають бути незмінними. Вихідна напруга таких частотомірів вимірюється, як правило, стрілочним індикатором, проградуєваним в одиницях частоти. Основним недоліком частотомірів такого типу є нелінійність функції перетворення, викликана експонентним характером заряду ємності. Знаходять застосування в пристроях граничного вимірювання (реле блокування стартера, реле обмеження частоти обертання ДВЗ, сигналізатор перевищення швидкості руху і т.ін.).

Частотоміри побудовані на базі очікуючого мультивібратора, мають порівняно лінійну передаточну функцію у діапазоні робочих частот обертання ДВЗ.



Сигнал, що вимірюється, запускає очікуючий мультивібратор, який формує у свою чергу імпульс фіксованої тривалості. При зміні частоти управляючих імпульсів змінюється і частота вихідного сигналу мультивібратора при постійній тривалості вихідних імпульсів. Отже, зміна частоти входного сигналу приводить до зміни частоти і шпаруватості вихідного сигналу, а відповідно і до зміни середнього за період струму в колі навантаження мультивібратора. Навантаженням та одночасно індикатором у таких частотомірах є стрілочний електромеханічний вимірюваний прилад. Частотоміри такого типу характеризуються порівняно невисокою точністю вимірювань і знайшли застосування в штатних тахометрах автомобіля.

Найбільша перевага віддається електронно-рахунковим частотомірам, які можуть вимірювати на цифровому рівні частоту, період проходження імпульсів, відношення двох порівнюваних частот, кількість імпульсів за заданий період часу. Обов'язковими блоками цифрових частотомірів є формувач вимірюваного сигналу, база часу, що генерує часовий інтервал вимірювання; схема співпадання, що пропускає імпульси вимірюваної частоти за час вимірювального інтервалу; цифровий рахунковий пристрій, що підраховує імпульси у двійковому коді і

декодування в код цифро-показуючого індикатора (рис. 2.13). Згідно з рисунком: ВП - вхідний підсилювач; ТШ - тригер Шмідта; ЛТ - лічильник тригерний; ДШ - дешифратор; ЦІ - цифровий індикатор; КГ - кварцовий генератор; ДЧ - подільник частоти; ТР - тригер рахунковий.

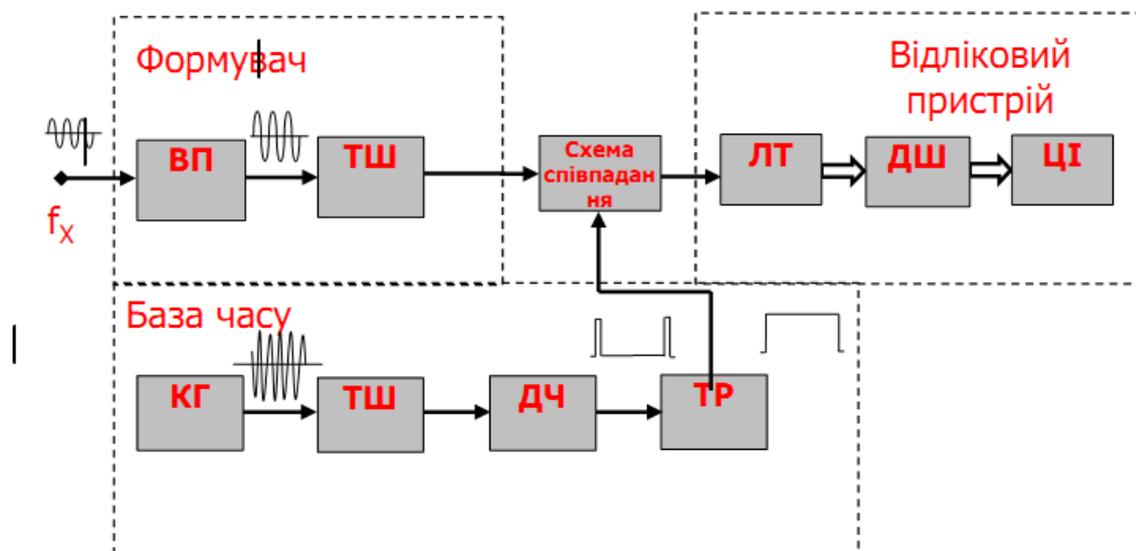


Рисунок 7.12 - Схема функціональна електронно-рахункового частотоміра

Частоту обертання колінчастого валу (КВ) ДВЗ можна вимірювати за допомогою стробоскопічного пристрою. В цьому разі підсвічуючий спалах стробоскопу формується вимірювальним генератором з відомою частотою. В разі співпадання частоти обертання колінчастого валу і частоти спалахів стробоскопа, рухлива риска, що розташована на колінчастому валу, буде спостерігатися як нерухома. Цього досягають шляхом підбору частоти вимірювального генератора. Коли ефект нерухомості досягнутий, знімають показання частоти з покажчиків (лімбів) генератора.

### 7.3 Осцилоскопічні вимірювання

Дослідження періодичних сигналів за допомогою осцилографа дозволяє отримати найбільш детальну інформацію про стан пристрою або системи в процесі їх діагностування.

Багато проміневі осцилографи мають декілька проміневих та відхилюючих систем, що дозволяє спостерігати одночасно на спільному екрані приладу відповідну кількість електричних процесів, зображення яких незалежно параметрується за чутливістю, розгорткою та яркістю (окремі атенюатори, системи розгорток, модулятори промінів).

Багато каналні осцилографи мають одну проміневу та відхилюючу системи. Щоб одночасно спостерігати зображення декількох сигналів, в осцилографах такого типу передбачено спеціальні режими часових розгорток, які забезпечуються комутатором проміню (модулятором проміню).

Щодо використання у електрообладнанні автомобіля, осцилографи знайшли широке застосування при діагностуванні систем запалювання та електрозабезпечення. Вихідні діагностичні параметри цих систем є періодичними коливаннями напруги. Крім цього, осцилографи можуть застосуватися при діагностуванні електронних блоків автомобіля циклічної дії (реле поворотів, реле очисників скла та ін.) та частотно-параметричних блоків (електронних спідометрів, реле блокування стартера, реле обмеження обертів колінчастого вала та ін.) в умовах електровідділення. В цьому випадку проводиться оцінка параметрів періодичних сигналів вмонтованих релаксаційних генераторів або сигналів, що подаються на вхід пристрою як стимули (сигнали імітаторів).

Осцилографи, адаптовані до діагностування систем запалювання, мають спеціально форматований екран і дозволяють одержувати послідовне, накладене, і растрове зображення осцилограм. Такі функції можуть виконуватись багатоканальними універсальними осцилографами.

Послідовне зображення (парад циліндрів) дозволяє перевірити роботу кожного циліндра окремо, спостерігаючи за всіма циліндрами одночасно. Така розгортка сигналів системи запалювання (рис. 7.14) переважна при порівнянні амплітудних значень осцилограм окремих циліндрів.

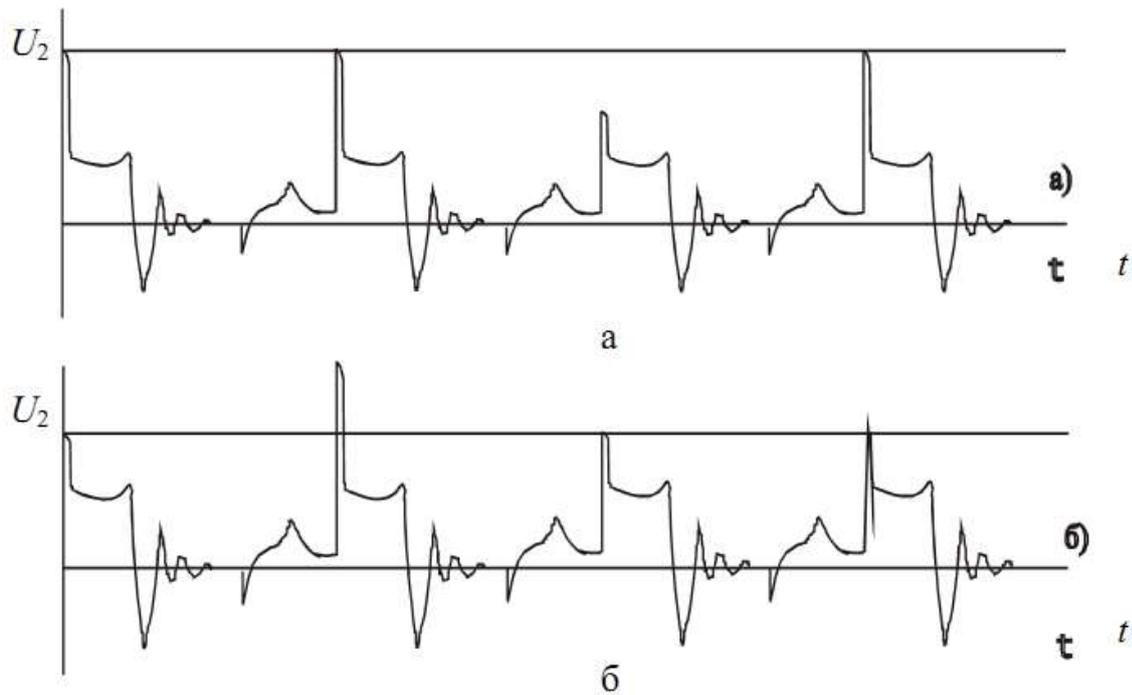


Рисунок 7.14 - Осцилограми вторинної напруги послідовного зображення:  
 а - зменшений зазор третьої свічки; б - збільшений зазор другої свічки

Суміщене зображення сигналів вторинної напруги системи запалювання (рис. 7.15) дозволяє оцінювати ідентичність електричних процесів у колах свічок та спостерігати за викривленням форми осцилограми. Ступінь викривлення осцилограми щодо форми сигналу справної системи дозволяє локалізувати несправність до рівня елемента системи, а в ряді випадків і установити причину несправності без демонтажу системи.

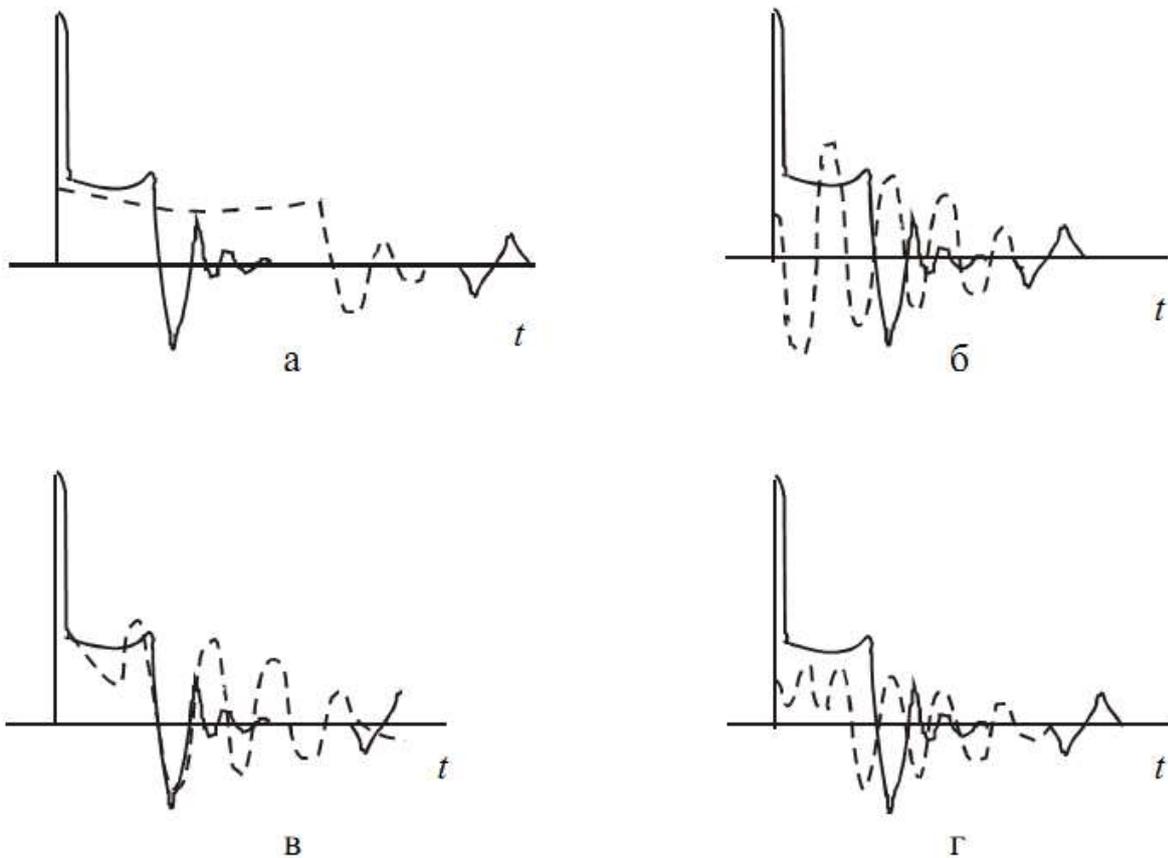


Рисунок 7.15 - Осцилограми вторинної напруги накладеного зображення:

а - пробій високовольтного проводу свічки; б - обрив центрального високовольтного проводу; в - витік (пробій ізоляції) котушки запалювання; г - тріщини в корпусі свічки

Растрове зображення (рис. 7.16) дає змогу найбільш ефективно визначати і порівнювати фазові (часові) параметри сигналів.

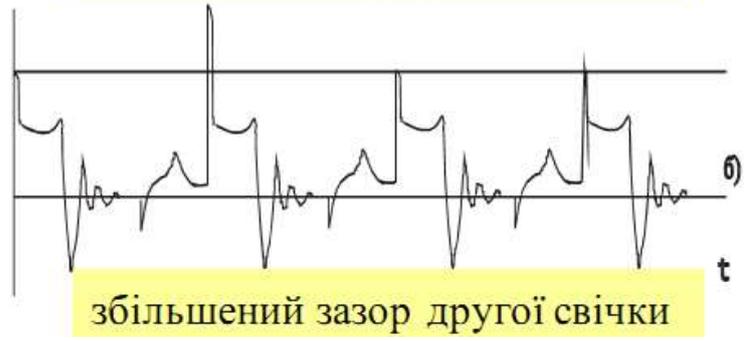




Рисунок 7.16 - Осцилограми електричних процесів у колах справної системи запалювання: а - струм первинного кола; б - напруга первинного кола; в - напруга вторинного кола; г - струм іскрового розряду

Основними вихідними параметрами системи запалювання є напруга  $u_{ip}$ , енергія і тривалість  $\tau_{ip}$  іскрового розряду. Пробивна напруга і тривалість іскри

вимірюються безпосередньо по осцилограмі (рис. 7.16). Енергія індуктивної фази іскрового розряду  $W_i$  визначається на підставі осцилограм іскрового розряду напруги  $u_{ip}$  і струму  $i_2$  вторинного кола розрахунком згідно з формулою

$$W_L = \int_0^{\tau_{3\delta}} u_{3\delta}(t) i_2(t) dt \approx 0.5 U_{3,\text{н\delta}} \cdot I_{L3} \cdot \tau_{3\delta},$$

де  $U_{i,cp}$  - середнє значення напруги іскрового розряду, В;

$I_{Li}$  - максимальне значення струму індуктивної фази іскрового розряду, А.

Слід зазначити, що підключення осцилографа до первинного кола системи здійснюється гальванічним способом через штатні подільники напруги. Для підключення вторинного кола застосовуються накладні безконтактні датчики високої напруги ємнісного чи індуктивного типу або спеціальні ємнісні подільники. До датчиків (вимірювальних адаптерів) високої напруги висуваються особливі вимоги щодо електробезпеки, а також до якості передачі форми досліджуваного сигналу. Схема вимірювання параметрів вторинного кола з використанням ємнісного подільника наведена на рис. 7.17.

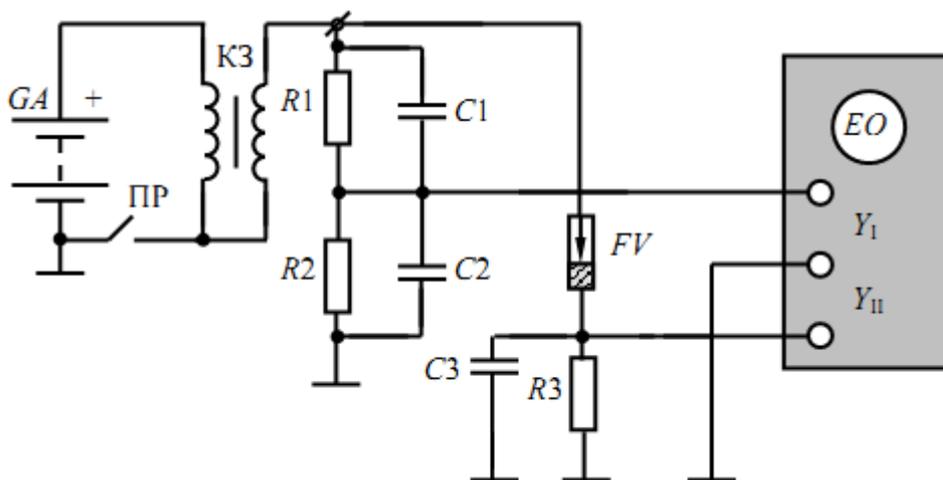


Рисунок 7.17 - Схема виміру параметрів вторинного кола

Згідно з рисунком: PP - контакти переривача; K3 - котушка запалювання; EO - електронно-променевий двоканальний осцилограф; C3 - свіча запалювання; R1, R2, C1, C2 - елементи високовольтного подільника напруги; R3, C3 - елементи датчика струму вторинного кола. Мінімальні викривлення форми сигналу

індуктивної фази високовольтного розряду будуть спостерігатися за умови  $C1R1=C2R2$ .

Поряд з вимірюванням вихідних діагностичних параметрів при діагностуванні систем запалювання виконується оцінка структурних параметрів системи. До них належать сигнали датчиків системи запалювання (рис. 7.18), сигнали моменту запалювання і вибору каналу на виході контролера цифрової системи запалювання, сигнали з діагностичних рознімань системи вмонтованих датчиків і т.ін.

Крім вимірювання час-амплітудних параметрів цих сигналів, у робочих швидкісних і навантажувальних діапазонах порівнюються фазові вхідних і вихідних сигналів по растрових зображеннях осцилограм. Такий метод дозволяє робити діагностику автоматів випередження запалювання безконтактних систем і перевіряти характеристичні карти, «зашиті» у контролер цифрових систем запалювання.

При використанні універсальних осцилографів поблизу борта автомобіля їх необхідно заземлювати на зовнішній контур, забезпечуючи електромагнітну сумісність його роботи з роботою системи запалювання за радіочастотними перешкодами.

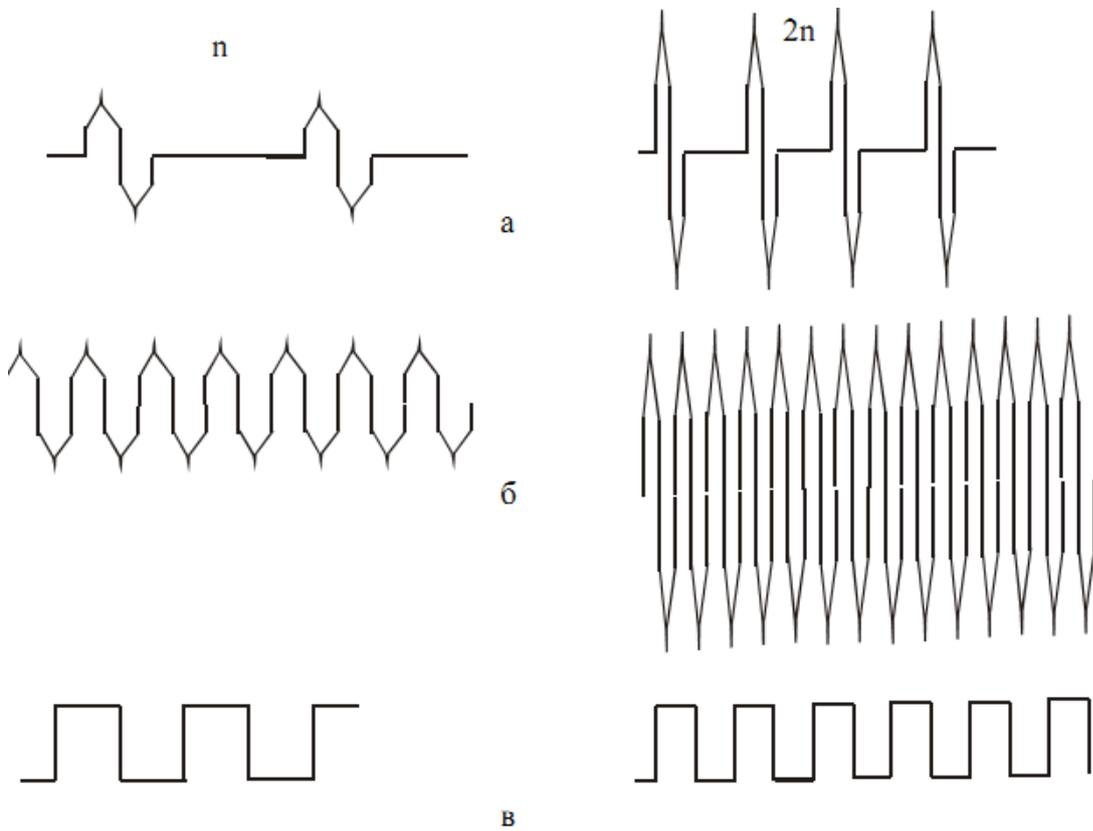


Рисунок 7.18 - Сигнали датчиків систем запалювання: а - початку відліку;  
 б - кутових імпульсів; в - датчика Холла

При діагностуванні системи електропостачання за допомогою осцилографа як діагностичні параметри вимірюються: рівень  $\delta U$  і період  $\tau_{\epsilon}$  пульсацій випрямлення; амплітуда  $\Delta U$  і період  $T_p$  пульсації регулювання; напруга спрацьовування  $U$  і повернення  $U'$  (рис. 7.19).

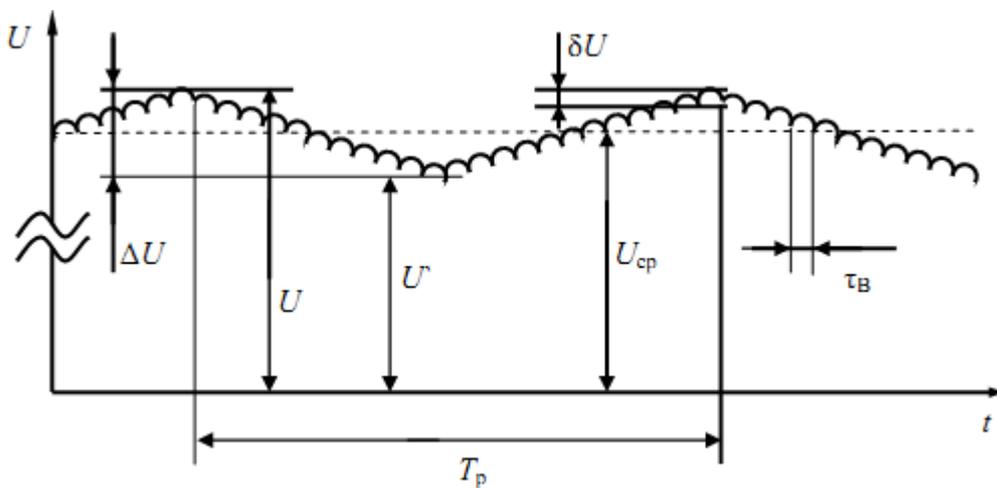


Рисунок 7.19 - Осцилограма напруги бортової мережі

Крім бортових вимірювань, осцилограф використовується при діагностуванні елементів системи, знятих з автомобіля (в умовах електровідділення). Так, наприклад, для діагностування автомобільного генератора в електровідділенні використовуються моторний і безмоторний осцилоскопичні методи.

Моторний метод безрозбірної діагностики припускає обертання ротора генератора стороннім приводом (імітатором ДВЗ) і зняття осцилограм напруги, що виробляється під навантаженням. При цьому з кола виключається регулятор напруги і живлення кола збудження генератора здійснюється безпосередньо від АКБ. Аналіз зміни форми осцилограми щодо форми справного стану генератора дозволяє локалізувати несправність без його розбирання (рис. 7.20, табл. 7.1).

При безмоторному методі генератор досліджується у стаціонарному стані як понижуючий трансформатор із змінним (у залежності від кутового положення ротора) коефіцієнтом трансформації. Як первинна обмотка трансформатора розглядається обмотка збудження ОЗ генератора, а в якості вторинних - трифазна якірна обмотка статора -  $W_A$ ,  $W_B$ ,  $W_C$ . Схема виміру при безмоторному методі діагностування генератора наведена на рис.2.21. Відповідно до схеми: Т1 - понижуючий трансформатор, VD1-VD6 - вентилі трифазного випрямляча генератора,  $R_n$  - опір зовнішнього навантаження, ЕО - електронний осцилограф.

Форма осцилограми напруги на виході генератора визначається відносним кутовим положенням його ротора і процесом комутації струму через навантаження трифазного випрямляча. Вимірювання можна робити в часовій (внутрішній) чи круговій (зовнішній) розгортці осцилографа. При аналізі осцилограм круговий спосіб розгорнення (використання фігур Ліссажу) є більш наочним і ефективним. Для реалізації зовнішнього розгорнення частотою напруги живлення використовується частина напруги вторинної обмотки трансформатора Т1 (див. рис. 7.21).

У табл. 7.2 наведено осцилограми напруг на виході справного генератора, а в табл. 7.3 - осцилограм, що відповідають несправним станам генератора для різних кутових положень ротора.

Метод осцилоскопічного безмоторного діагностування генератора полягає в ідентифікації несправності (чи підтвердження справно́го стану) за допомогою еталонних осцилограм, отриманих для різних кутових положень ротора.

Безмоторний осцилоскопічний метод діагностування дозволяє локалізувати практично всі стаціонарні несправності генератора за винятком короткозамкнених витків в якорних обмотках. Однак слід пам'ятати, що ряд пошкоджень таких як динамічний пробій або обрив обмоток, зависання й часткове руйнування щіток чи зношення контактних кілець можна виявити тільки при моторних (динамічних) методах безрозбірної перевірки або при розбиранні генератора.

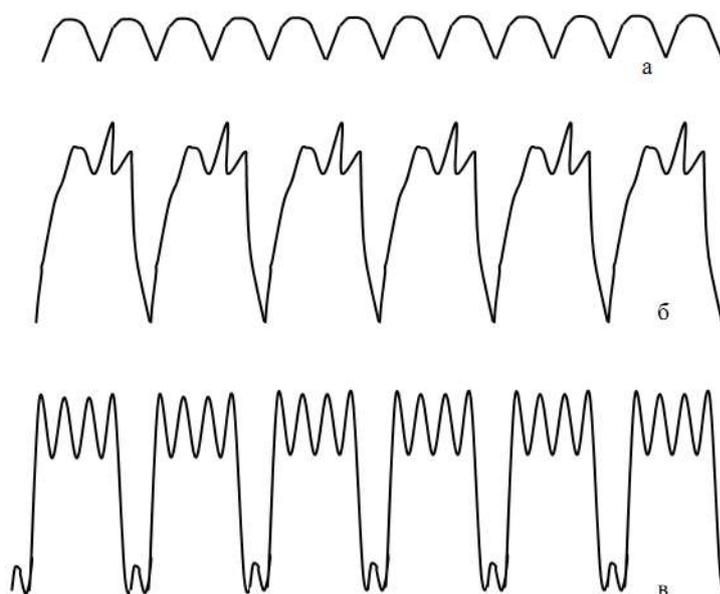


Рисунок 7.20 - Осцилограми напруги генератора:

а - справно́го; б - з пробитим вентиляем; в - з обривом вентиля

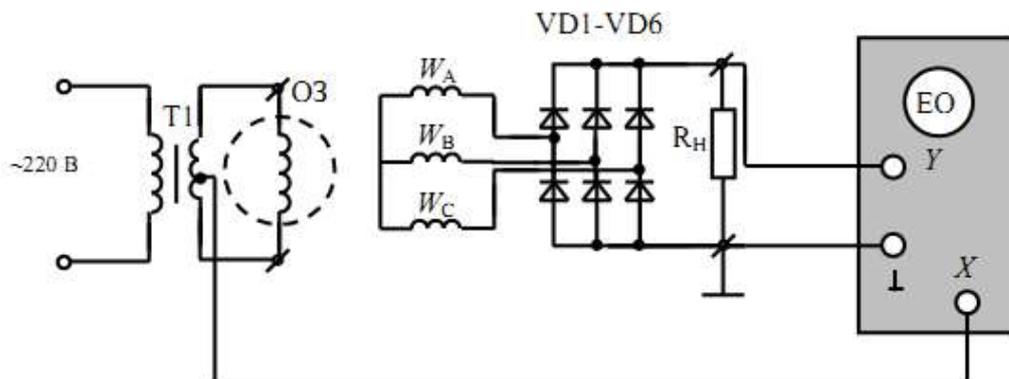


Рисунок 7.21 - Схема вимірювання параметрів генератора безмоторним осцилоскопічним способом

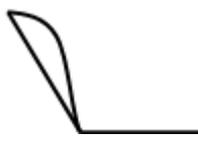
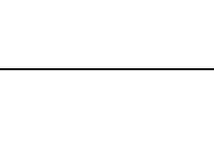
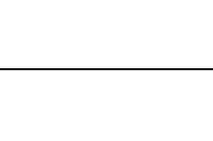
Таблиця 7.1 - Осцилограми випрямленої напруги генератора

Напруга на силовому випрямлячі	Напруга на додатковому випрямлячі	Діагноз
		Робочий стан
		Обрив основних діодів прямої полярності
		Обрив основних діодів зворотної полярності
		Обрив додаткового діода прямої полярності
		Коротке замикання основних діодів прямої полярності
		Коротке замикання основних діодів зворотної полярності або додаткових діодів
		Обрив або коротке замикання фази

Таблиця 7.2 - Осцилограми напруг на виході справного генератора

Кутове положення ротора	Часова розгортка	Кругова розгортка
0°		
7,5°		
15°		
22,5°		
30°		
37,5°		
45°		

Таблиця 7.3 - Кругові осцилограми напруг на виході несправного генератора

Вид несправності	Кутові положення ротора			
	0°	15°	30°	45°
Обрив діода анодної групи				
Обрив діода катодної групи				
Пробій діода анодної групи				
Пробій діода катодної групи				
Замикання статорної обмотки на корпус				
Обрив статорної обмотки				

#### 7.4 Вимірювання опорів і перевірка напівпровідникових приладів

При діагностуванні електрообладнання автомобілів в «холодному» (виключеному) стані за діагностичний параметр приймається опір постійному струму. Опір може вимірюватись за допомогою універсальних вимірювальних приладів декількох типів: вимірювального моста (моста Вінстона), омметра,

комбінованого приладу (тестера), мегометра. Кожний з перелічених приладів характеризується діапазоном вимірювання, точністю показань та роздільною здатністю оцінки.

Вимірювання мостовим способом (рис. 7.22, а) полягає у врівноважуванні потенціалів вимірювальної діагоналі, у яку включений вольтметр PV. Змінний резистор R1, за допомогою якого виконується врівноваження, має вимірювальний лімб, що показує значення опору R1 і відповідно визначає значення вимірюваного опору  $R_x$ . Точність і діапазон вимірювань моста в основному визначається співвідношенням значень вимірюваного опору  $R_x$  до опору плечей моста та вимірювальної голівки PV.

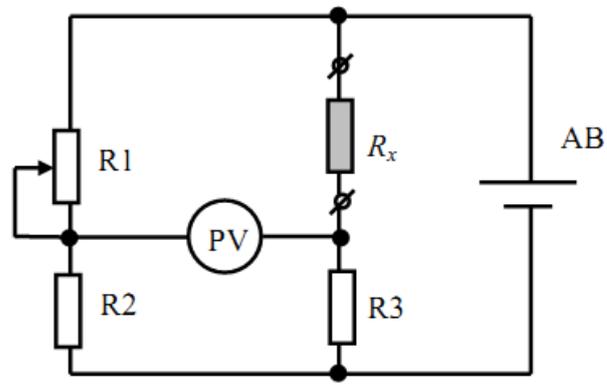
В омметрах і комбінованих вимірювальних приладах використовується метод амперметра-вольтметра (рис. 7.22, б). Клас точності таких приладів визначається точністю показань вимірювальної голівки PA, а діапазон вимірюваних опорів і точність багатограничних приладів - складом шунтуючих резисторів R1 - R3 та їх класом точності.

Для вимірювання значних опорів у мегомметрах передбачено джерело імпульсної високої напруги GB ( $U_{GB}=500..,1000V$ ), щоб одержати струми витоку у високоомних і діелектричних елементах (рис. 7.22, в). Падіння напруги на вимірювальному резисторі  $R_n$  викликане струмом витоку, випрямляється і підсилюється диференційним підсилювачем DA, а потім вимірюється за допомогою стрілочного вольтметра постійного струму PV. Клас точності мегометра визначається характеристиками його основних елементів, а діапазон вимірювань - рівнем напруги джерела.

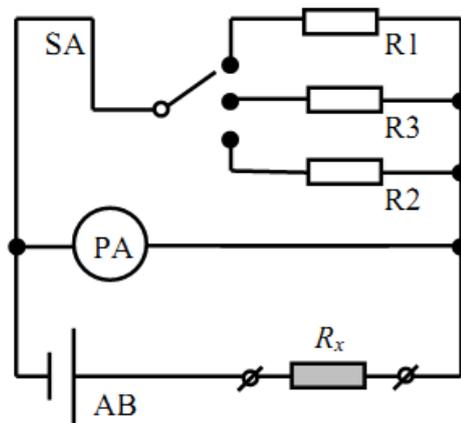
На борту автомобіля як об'єкти вимірювання (діагностування) розглядаються практично всі елементи системи електрообладнання, які, в свою чергу, можна згрупувати за рівнем вимірюваного опору. При цьому задовільну точність і роздільну здатність будуть забезпечувати цілком визначені вимірювальні прилади (табл. 7.4).

Перевірку справності напівпровідникових приладів можна виконувати методом вимірювання опорів їх *p-n* переходів в прямому та зворотному

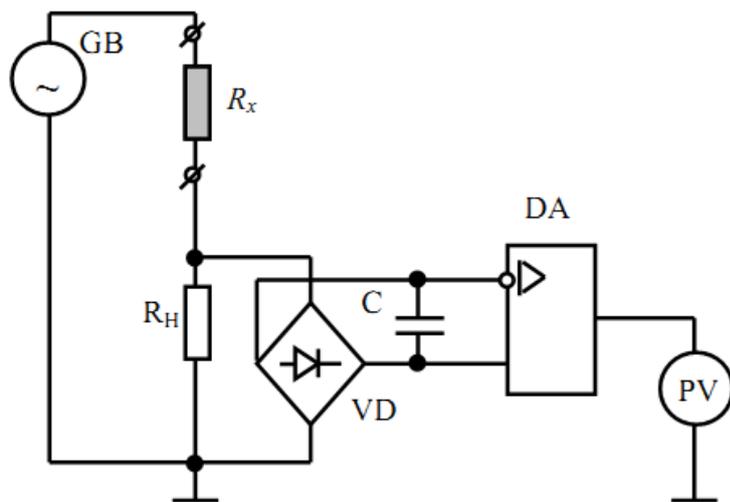
напрямах. Вимірювання проводять за допомогою омметрів з внутрішнім джерелом напруги не більш за  $U_{AB} \leq 1,5$  В. Такі обмеження дозволяють запобігти тепловому пробою приладу під час його іспиту. Опір між колектором та емітером транзистора в прямому і зворотному напрямках має складати не менше ніж  $R_{KE} > 10$  кОм для справного транзистора. У деяких типах транзисторів можна спостерігати невелику різницю:  $R_{KE} \leq R_{EK}$  для транзисторів *n-p-n* типу,  $R_{KE} \geq R_{EK}$  для транзисторів *p-n-p* типу.



a



б



в

Рисунок 7.22 - Вимірвачі опору: а - вимірвальний міст; б - омметр;  
в - мегомметр

Таблиця 7.4 - Прилади для вимірювання опорів в електрообладнанні автомобіля

Діапазон опорів	Вимірювальний прилад	Діапазони вимірювань	Об'єкт вимірів
0,01 - 0,1 Ом	Вимірювальний міст	0,01 - 100 Ом	Стартерні мережі, контактні опори
0,1 - 1,0 Ом	Вимірювальний міст	0,01 - 100 Ом	Генераторні мережі, додаткові опори
1,0 - 10 Ом	Вимірювальний міст, Омметр	0,01 - 100 Ом, 1,0 - 1000 Ом	Обмотки реле, генераторів, виконавчих двигунів, первинна обмотка котушок запалювання
10 - 1000 Ом	Омметр, Комбінований прилад	1,0 - 1000 Ом, 0,01 - 100 кОм	Обмотки форсунок, індукційних датчиків, крокових двигунів, потенціометричних датчиків, напівпровідникових приладів електронних пристроїв
10 - 100 кОм	Комбінований прилад	0,01 - 100 кОм	Датчики температури, детонації, демпферувальні резистори, високовольтні проводи, вторинна обмотка котушок запалювання
0,1 - 10 мОм	Комбінований прилад Мегомметр	0,01 - 100 кОм 0,01 - 500 мОм	Резистори електронних блоків, вимірювальні кола

10 - 500 мОм	Мегомметр	0,01 - 500 мОм	Опір ізоляції високовольтних і низьковольтних кіл і апаратів (котушки запалювання, свічі запалювання, високовольтні проводи, розподільники)
--------------	-----------	----------------	---

Опір між базою та емітером, а також між базою та колектором у прямому напрямку має дорівнювати  $R_{np} = 50 - 100 \text{ Ом}$  для транзисторів малої потужності та  $R_{np} = 10-50 \text{ Ом}$  для транзисторів середньої та великої потужності. У зворотному напрямку відповідно  $R_{зв} = 10 - 100 \text{ кОм}$  та  $R_{зв} = 1 - 10 \text{ кОм}$ .

Якщо опір, що вимірюється, значно перевищує  $R_{np}$ , то має місце обрив електродів, а якщо значно менший за  $R_{зв}$  - пробій  $n-p$  переходу в транзисторі. Якщо при вимірюваннях опору колектор-база переходу у зворотному напрямку його опір зменшується за часом, то такі транзистори теж пошкоджені.

Тиристри перевіряють на відсутність пробою або обривів від випалення  $p-n$  переходів. У справного тиристора опір між анодом і катодом в прямому та зворотному напрямках має складати не менше 5 мОм. Опір між управляючим електродом та катодом (анодом) в обох напрямках має складати 50 - 100 Ом. Якщо опір у прямому напрямку перевищує 500 Ом, тиристор пошкоджений.

## 7.5 Вимірювання неелектричних параметрів мехатронних систем

