

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ВНУТРІШНІХ СПРАВ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

**Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки**

## **ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ**

навчальної дисципліни  
«Електрообладнання автомобілів та спецмашин»  
обов'язкових компонент  
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

**272 Авіаційний транспорт**  
**Технології робіт та технологічне обладнання аеропортів**

**за темою - Цифрові та мікропроцесорні системи запалювання**

**Кременчук 2023**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 30.08.23 № 7\_\_

**СХВАЛЕНО**

Методичною радою Кременчуцького  
льотного коледжу Харківського  
національного університету  
внутрішніх справ  
Протокол від 28.08.23 № 1

**ПОГОДЖЕНО**

Секцією Науково-методичної ради  
ХНУВС з технічних дисциплін  
Протокол від 29.08.23 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки протокол від 28.08.23 № 1.

**Розробники:** викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Панченко В. І.

**Рецензенти:**

1. завідувач кафедри транспортних технологій Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, доктор технічних наук, професор М. М. Мороз

2. старший викладач циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання КЛК ХНУВС, спеціаліст вищої категорії, кандидат технічних наук Волканін Є.Є.

### План лекції:

1. Механічні регулятори випередження запалювання.
2. Електронний цифровий блок керування (контролер).
3. Датчики частоти обертання і положення колінчастого валу.
4. Датчики Холла.
5. Робота датчиків двигуна.
6. Електронна частина системи запалювання.
7. Свічки запалювання електронних систем.

### Рекомендована література:

#### Основна:

1. Сажко В.А., "Електрообладнання автомобілів та тракторів", «Українська книга», Київ «Каравела» 2019 - 402с. URL : [https://caravela.com.ua/index.php?route=product/product&product\\_id=143](https://caravela.com.ua/index.php?route=product/product&product_id=143) (дата звернення: 12.07.2023)
2. Митрофанов О.С., Проскурін А.Ю., "Основи експлуатації, обслуговування та ремонту двигунів внутрішнього згоряння", навчальний посібник, Вид. Гельветика, 2018-152с. URL : <https://rep.nuos.edu.ua/server/api/core/bitstreams/c8e280f4-a290-4226-bd00-a618df985724/content> (дата звернення: 12.07.2023)
3. Омелічев О.В., "Підручник з будови автомобіля". Посібник для автомобілістів-початківців, Вид. Моноліт-Bizz, 2021- 288с. URL : [Омелічев-О.-В.-ПІДРУЧНИК-З-БУДОВИ-АВТОМОБІЛЯ.pdf \(kpefk.com.ua\)](https://kpefk.com.ua/ПІДРУЧНИК-З-БУДОВИ-АВТОМОБІЛЯ.pdf) (дата звернення: 12.08.2023)
4. Дрозд М., Зозуля К., "Підручник водія. Основи керування автомобілем", Вид. Центр навчальної літератури, 2019р-198с. URL : <https://stylus.ua/uk/m-drozd-k-zozulya-pidruchnik-vodiya-osnovi-keruvannya-avtomobilem-p1081238c12513.html#specifications> (дата звернення: 14.08.2023)
5. Калашник Є. "Електронно керовані гідромеханічні коробки зміни передач в пасажирських автомобілях з тепловими двигунами", Вид. Кондор, 2022- 140с. URL: <https://www.yakaboo.ua/ua/elektronno-kerovani-gidromehanichni-korobki-zmini-peredach-v-pasazhirs-kih-avtomobiljah-z-teplovimi-dvig.html> (дата звернення: 04.08.2023)
6. Білякович М.О., Полянський С.К., "Технічна експлуатація будівельно-дорожніх машин та автомобілів". Частина III. Вид. Слово, 2013-624с. URL: <https://profbook.com.ua/tekhnichna-ekspluatatsiya-budivelno-dorozhnikh-mashin.html> (дата звернення: 11.08.2023)
7. Кисликов В., "Будова й експлуатація автомобілів", Вид. Либідь, 2018-400с URL: <https://epdf.tips/-6abf83e4f2929cebd73c229bc59ae99a87889.html> (дата звернення: 14.07.2023)

### Допоміжна :

1. Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є., Тимченко І.І. Автомобільні двигуни. - К.: Арістей, 2004. - 476 с. URL: <https://koha.tntu.edu.ua/bib/148616> (дата звернення: 10.08.2023)
1. Мазепа С.С., Куцик А.С. Електрообладнання автомобілів. - Львів: Львівська політехніка, 2004. - 168 с. URL: Мазепа С.С., Куцик А.С. Електрообладнання автомобілів. - Львів: Львівська політехніка, 2004. 168 с. (дата звернення: 14.07.2023)
2. Білоконь Я.Ю., Окоча А.І. Трактори і автомобілі. - К.: Урожай, 2002. -322 с. URL: <https://bigl.ua/p1907445581-bilokon-okocha-kohanivskij> (дата звернення: 04.08.2023)
3. Сажко В.А. Електричне та електронне обладнання автомобілів. - К.: Каравела, 2004. - 304 с. URL: <https://uareferats.com/index.php/book/details/333> (дата звернення: 24.08.2023)
4. Сажко В.А., Січко О.Є., Клименко Ю.М., Савін Ю.Х., Волков О.Ф. Діагностування мікропроцесорних систем запалювання автомобілів «Екосіа» за допомогою приладу УАС-5051. – К.: НТУ, 2005. – 36 с. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/18170> (дата звернення: 11.08.2023)
5. Данов Б.А. Електроустаткування систем управління іноземних автомобілів. - М: Гаряча лінія; Телеком, 2004. – 224 с. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/18170> (дата звернення: 24.08.2023)
6. Соснін Д.А. Автотроніки. Електрообладнання та системи бортової автоматики сучасних легкових автомобілів. - М: Солон-Р, 2005.-272 с. URL: [https://balka-book.com/ua/avtoelektronika-571/avtotronika\\_elektricheskoe\\_elektronnoe\\_i\\_avtotronnoe\\_oborudovanie\\_legkovyih\\_avtomobiley-66817](https://balka-book.com/ua/avtoelektronika-571/avtotronika_elektricheskoe_elektronnoe_i_avtotronnoe_oborudovanie_legkovyih_avtomobiley-66817) (дата звернення: 14.08.2023)

### Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. Офіційний сайт Державної Авіаційної Служби України. URL : <https://avia.gov.ua/> (дата звернення: 15.08.2023)
2. Офіційний сайт аеропорту «Бориспіль» URL : <https://kbp.aero/> (дата звернення: 25.08.2023)
3. Офіційний сайт журналу «Крила» URL : <http://www.wing.com.ua/> (дата звернення: 30.07.2023)

### Текст лекції

#### 1. Механічні регулятори випередження запалювання.

Одним із найважливіших факторів, що визначає потужність двигуна, його паливну економічність та токсичність відпрацьованих газів, є кут випередження запалювання. Якщо при роботі двигуна на основних режимах забезпечуються оптимальні значення цього кута, зовнішні показники двигуна виявляються найкращими.

Механічні регулятори випередження запалювання, що застосовують у традиційних контактних, а також в електронних системах запалювання, не можуть забезпечити оптимальні параметри регулювання цього кута в усьому діапазоні роботи двигуна. Рухомі частини механічних регуляторів в процесі роботи зношуються і тому створюють нестійкість моменту запалювання (асинхронізм) відносно кутів повороту колінчастих валів. Це не дає змоги задовольнити чимраз зрості вимоги щодо зменшення токсичності відпрацьованих газів, а тому зумовлює необхідність застосування спеціальних систем рециркуляції відпрацьованих газів, каталітичних окислювачів тощо.

Крім цього, механічні регулятори нечутливі до такого явища, як нерівномірний розподіл паливно-повітряної суміші між циліндрами двигуна.

## **2. Електронний цифровий блок керування (контролер).**

Останнім часом на двигунах сучасних автомобілів дедалі більше застосовуються **цифрові системи запалювання**, які забезпечують автоматичне регулювання випередження моменту запалювання за бажаною характеристикою, залежно від частоти обертання та навантаження двигуна, режимів його роботи, а також температури і складу робочої суміші.

Основою системи є електронний цифровий блок керування (контролер).

У випадку механічного спрацювання деталей у процесі експлуатації він не потребує обслуговування та регулювання. Отже, параметри системи запалювання зберігаються протягом усього терміну служби.

Цифрові системи електронного регулювання моменту випередження запалювання працюють, як правило, за попередньо складеною жорсткою програмою, їх контролери можуть мати або не мати блоку пам'яті.

**Мікропроцесорними** називають цифрові системи запалювання, які для обробки інформації використовують мікропроцесор або мікроЕОМ. Обидві системи дають змогу більш гнучко відтворювати задані характеристики моменту випередження запалювання.

***Переважна більшість сучасних електронних систем виконують такі задачі:***

- керують системою запалювання з регулюванням кута випередження запалювання;
- статично розподіляють струм високої напруги по циліндрах двигуна;
- виконують самодіагностику всіх систем автомобіля;
- керують системою впорскування пального;
- керують пуском холодного двигуна;
- регулюють роботу двигуна на холостому ході;
- регулюють частоту обертання колінчастого валу двигуна.

***Всі електронні системи складаються із трьох блоків, а саме:***

- вхідні датчики;
- електронна частина системи;
- вихідні електричні сигнали.

Розглянемо більш детально кожен з цих блоків.

Датчики електронних систем, як правило, перетворюють неелектричні величини в електричний сигнал. Складається, як мінімум, з двох частин - чутливого елементу та перетворювача неелектричного сигналу в електричну величину.

### 3. Датчики частоти обертання і положення колінчастого валу

Частоту обертання колінчастого вала можна визначити, підрахувавши число зубців спеціального зубчастого диску, закріпленого на колінчастому валу, що проходять за одиницю часу повз індукційний датчик.

Індукційний датчик (рис. 3.30) складається з котушки індуктивності 5 з постійним магнітом NS та зубчастого диску, зубці якого виконані із феромагнітного матеріалу. Специфікою індуктивного датчика є конструктивна розрізненість його елементів (сам датчик та зубчастий диск). Таким чином, сам датчик представляє собою лише половину перетворювача неелектричної величини (кругової частоти  $\omega$  колінвала) в електричний сигнал (в частоту проходження електричних імпульсів). Друга половина - зубчастий диск.

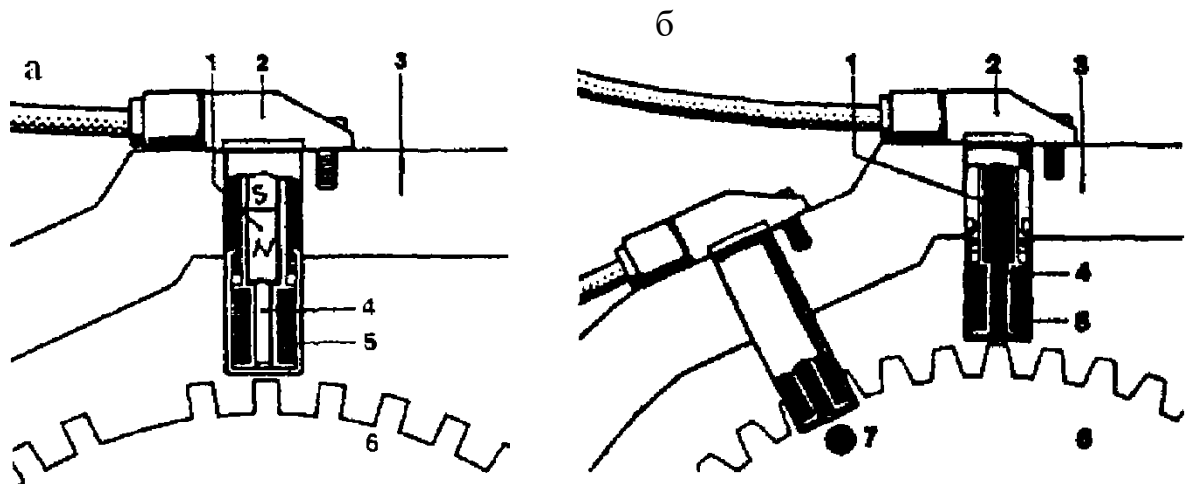


Рис. 3.30. Індуктивні датчики:

А - датчик частоти колінчастого вала з функціями ДКІ та ДПВ; Б - датчики ДКІ та ДПВ; 1 - постійний магніт N-S; 2 - корпус датчика; 3 - картер зчеплення; 4 - феромагнітний сердечник; 5 - котушка; 6 - зубчастий диск чи вінець маховика; 7 - штифт для ДПВ

*Принцип дії індуктивного датчика ґрунтується на першому законі електромагнітної індукції і полягає в тому, що збільшення або зменшення*

(зміна) магнітного потоку  $\Phi$  через витки  $W$  котушки індуктивності 5 викликає виникнення в них (в витках) електрорушійної сили (ЕРС).

$$E_{\text{д}} = W \frac{d\Phi}{dt}$$

В індуктивному датчику його котушка 5 розміщена навколо постійного магніту 1, полюс якого обернено до об'єкта обертання - зубчастого вінця маховика двигуна, магнітопровід 4 якого встановлено із незначним зазором відносно зубців маховика.

При переміщенні зубців відносно магнітопроводу величина зазору між ними змінюється. Це викликає зміну магнітної індукції і появу змінного електричного імпульсу в індукційній котушці. Нульова точка відповідає центру кожного зуба. Це дозволяє з достатньою точністю визначити положення маховика.

Амплітуда вихідного сигналу датчика залежить від повітряного зазору між магнітопроводом і зубом і від швидкості зміни магнітної індукції, що залежить від швидкості переміщення зуба.

Індуктивний датчик встановлюється на картері зчеплення так, щоб його магнітний щуп знаходився на відстані 0,3-1,5 мм до феромагнітних зубців вінця маховика. Такий індуктивний датчик називають датчиком частоти обертів двигуна.

Якщо вінець маховика служить в якості зубчастого диску індуктивного датчика частоти обертів двигуна (рис. 3.30, б) то для визначення точки початку відліку встановлюється другий додатковий індуктивний датчик, який генерує один імпульс за один оберт колінчастого вала. Феромагнітним збуджувачем другого додаткового датчика служить сталевий штифт 7, закручений в маховик у визначеному місці. Це місце відповідає точці положення колінчастого вала, від якої до ВМТ першого циліндра залишається стільки кутових градусів, скільки передбачено мікропроцесором даної системи для обчислення кута випередження запалювання (як правило 45...90°). Цей датчик називається датчиком початку відліку.

Замість двох датчиків для виміру частоти обертання і положення вала можна скористатись одним (рис. 3.30, а), якщо не використовувати зубчастий вінець маховика, а встановити окремий зубчастий диск і наділити його якою-небудь спеціальною міткою, помітною для датчика, наприклад, відсутність одного або двох зубців в тому місці, де встановлюється спеціальний штифт для датчика початку відліку.

В разі несправності датчика або його електричного кола двигун перестає працювати, а електронно-керуючий пристрій заносить в свою пам'ять код несправності, а також включає лампу сигналізації про несправність.

#### **4. Датчики Холла.**

Крім індуктивних датчиків для визначення частоти обертання і положення колінчастого вала, деякі автомобільні фірми використовують датчики, що працюють на ефекті Холла. Зокрема, англійська фірма «Бисаз» для автомобілів

«Ролі» використовує датчик Холла, який вмонтовано в серійний переривач замість контактів або безконтактного переривача. Німецька фірма «Bosch» та японська «Нііасі» також використовують ефект Холла для датчиків частоти обертання і положення колінчастого вала.

Сутність ефекту Холла описана раніше в пп. 3.7. Як і в датчику-розподільнику для безконтактної системи запалювання, постійний магніт встановлено нерухомо, а ротор-шторка має стільки вікон, скільки циліндрів у двигуні. Вікно для першого циліндра ширше за інші, завдяки чому може бути зафіксована точка початку відліку. Таким чином, за допомогою датчика Холла та електронної схеми обробки інформації можуть бути визначені три головні вхідні параметри для системи запалювання: частота обертання колінчастого вала (застосовується електронне множення частоти імпульсів); його положення відносно верхньої мертвої точки для будь-якого циліндра в будь-який момент часу і положення точки початку відліку. Безінерційність датчика і стабільність параметрів сигналу дозволяє реалізувати керування кутом випередження запалювання в кожному такті, тобто для кожного циліндра окремо.

Сигнали датчиків, що працюють на ефекті Холла, можуть служити також сигналами для перемикання каналів в двохканальному комутаторі. Для цього ротор-шторка має екран розміром  $180^\circ$ , а решта  $180^\circ$  не закрито і магнітне поле потрапляє на напівпровідникову пластинку, яка виробляє ЕРС Холла. Таким чином, половину оберту датчик виробляє ЕРС, а решту півоберту - ні.

## **5.Робота датчиків двигуна.**

### **Датчики навантаження.**

Інформацію про навантаження двигуна дає розрідження у випускному трубопроводі або витрати повітря через колектор та його температура. Адже, при створенні паливно-повітряної суміші в рахунок береться не об'єм повітря, а його маса.

В автомобільних системах запалювання та впорскування пального різні фірми випускають різні вимірювачі витрати повітря: вихрового, термоанемометричного, іонізаційного та звукового типу.

На рис. 3.31 показаний вихровий вимірювач витрати повітря, де повітряний потік діє на заслінку 2, закріплену на вісі в спеціальному каналі. Поворот заслінки потенціометром перетворюється в напругу, пропорційну витраті повітря. Дія повітряного потоку на заслінку 2 зрівноважується пружиною.

Демпфер із пластиною 4 жорстко зв'язані з вимірювальною заслінкою 2, служить для гасіння коливань пульсацій повітряного потоку та динамічними діями руху автомобіля. На вході в вимірювач витрати повітря вбудований датчик 5 температури повітря. Недоліком вимірювача витрати повітря є наявність рухомих частин та контактів.



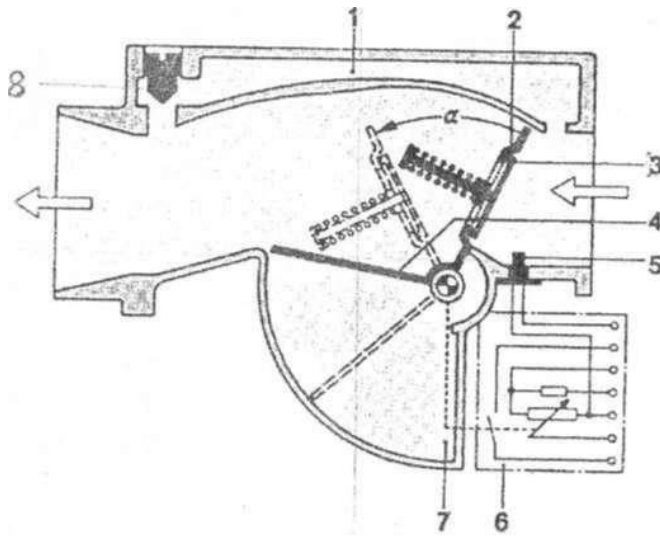


Рис.3.31. Вихр'ювий вимірювач витрати повітря: 1 - обвідний канал; 2 - повітряна заслінка витратоміра (ротаметр); 3 - клапан заслінки; 4 - заслінка демпфера; 5 - датчик температури повітря; 6 - потенціометричний датчик положення ротаметра; 7 - демпферна камера

Рухомих частин не мають вимірювачі термоанемометричного типу, які ще називаються масметрами.

Принцип дії масметра оснований на контролі ступеня охолодження нагрітого тіла, яке розташоване в потоці впускного повітря. Тіло, що нагрівається, виконано у вигляді тонкого дроту, по якому пропускається електричний струм. Охолодження повітрям дроту компенсується збільшенням струму підігріву, при цьому величина зміни струму, яку легко заміряти, несе інформацію про масу повітря, яке пройшло через масметр.

На рис. 3.32 показана будова термоанемометричного масметра, що встановлюється у впускний тракт двигуна і має вимірювальний канал 6, що складається із пластикових обойм, які тримають несучі кільця нагрітого платинового дроту 2 діаметром 100 мкм і термокомпенсаційного плівкового резистора 3. Корпус 5 має камеру для розміщення електронного блоку, який підтримує постійний перегрів дроту на рівні 150 °С шляхом регулювання сили струму вимірювального моста. Вихідним параметром вимірювача витрати повітря служить падіння напруги на прецизійному резисторі і є вхідною інформацією для електронно-керуючого пристрою.

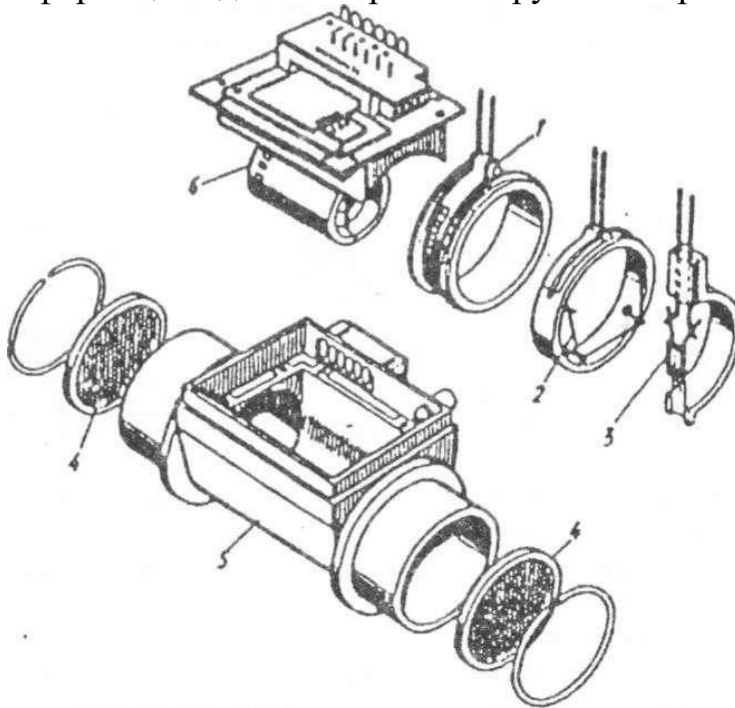


Рис. 3.32. Термоанемометричний вимірювач витрати повітря: 1 - прецизійний резистор; 2- вимірювальний елемент; 3- термокомпенсаційний елемент; 4 - стабілізуючі решітки; 5 - пластмасовий корпус; 6 -

## внутрішній вимірювальний канал

Крім розглянутих датчиків, широке застосування отримали термоанемометричні вимірювачі витрати повітря з плівковим чутливим елементом на твердій керамічній основі (рис. 3.33). Основою конструкції є чутливий елемент 5, який включає вимірювальний і термокомпенсаційний резистори. Пластмасова рамка з чутливим елементом розміщена в вимірювальному патрубці вимірювача витрати повітря 4. Температура перегріву терморезистора 70 °С. Вона підтримується за допомогою електронної схеми керування.

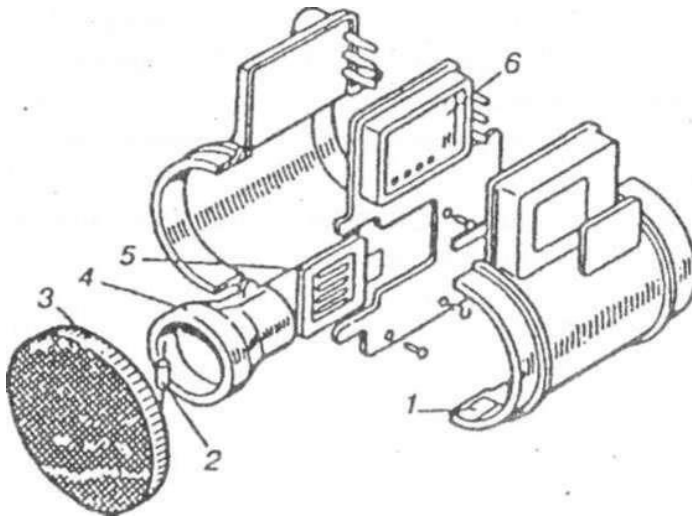
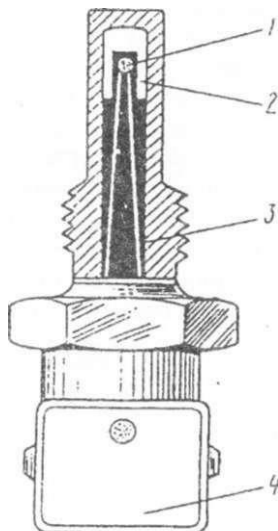


Рис. 3.33. Термоанемометричний витратомір з плівковим чутливим елементом:

1 - корпус; 2 - датчик температури повітря; 3 - стабілізуюча решітка; 4 – внутрішній вимірювальний канал; 5 – чутливий елемент, 6 - електронна схема

### Датчики температури.

За допомогою цих датчиків контролюється температура охолоджуючої рідини двигуна, повітряного та газового потоку у впускному тракті, температура масла двигуна та охолоджуючої рідини кондиціонера. Більшість цих датчиків - це напівпровідникові резистори (термістори).



Опір терморезисторів суттєво змінюється з ростом температури. Від'ємний температурний коефіцієнт опору мають спечені керамічні напівпровідникові маси. Їх формують в гранули, пластини, таблетки або стержні. Температура, яка вимірюється такими датчиками, лежить в межах -40...800 °С, точність досягає 0,05 °С.

На рис. 3.34 показані датчик температури охолоджуючої рідини ДВЗ, де термістор 1 розташований в теплопровідному корпусі 2 з різьбою для кріплення на

двигуні в погрібному місці. У міру прогрівання двигуна омичний опір чутливого елемента такого датчика зменшується і, відповідно, зменшується спад напруги в розетці 4 електричного роз'язття. Температура вводиться в ЕБК як додатковий параметр, що поряд з частотою обертання і навантаженням двигуна дозволяє визначити кут випередження запалювання.

Рис.3.34. Датчик температури охолоджуючої рідини:

1 - термістор; 2 - ізолятор; 3 - ущільнювач; 4 - електричне роз'язття(раз'єм)

**Датчики детонації.** В основі роботи цих датчиків лежить явище п'єзо-електричного ефекту, тобто виникнення електричних зарядів при деформації кристалів із кварцу (двоокису кремнію).

Стискування кварцевої пластини забезпечується інерційною масою, яка вібрує разом з деталями двигуна.

Залежно від параметрів електронної схеми підсилення та перетворення датчики детонації виконуються резонансними або широкополосними. В резонансних датчиках амплітуда вихідної напруги різко зростає і перевищує пороговий рівень на одній (резонансній) частоті детонації. В широкополосних датчиках амплітуда вихідної напруги перевищує пороговий рівень в діапазоні частоти детонації.

П'єзокристалічний елемент в датчику може бути різної форми: прямокутним бруском, пластиною, круглою шайбою або трубчастим циліндром, що визначається конструкцією опори та місцем прикладання зовнішнього зусилля до п'єзoeлемента.

Прикладом датчика детонації може служити датчик, представлений на рис. 335. Він представляє собою шайбу 7, яка за допомогою гайки 4 та інерційної маси (металевого диска) 6 через стакан 3 притиснута до полірованої площадки на блоці циліндрів. Місце установки датчика визначається експериментально на етапі конструювання двигуна.

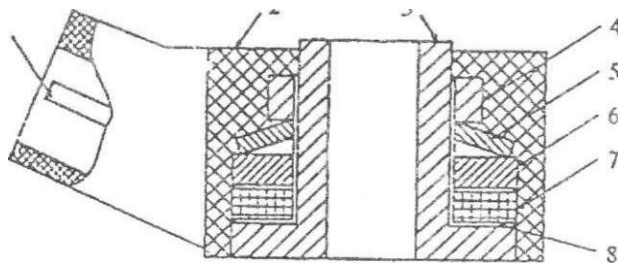


Рис. 3.35. Датчик детонації:

1 - електричний контакт; 2 - корпус; 3 - стакан; 4 - гайка; 5 - конусне притисне кільце; 6 - інерційна маса; 7 - п'єзoeлемент; 8 - кільце

При роботі двигуна його деталі вібрують. Вібрація передається інерційній масі 6 датчика, яка діє на п'єзoeлемент 7 з відповідним зусиллям та частотою. При виникненні детонації амплітуда електричних сигналів датчика різко зростає. Блок керування порівнює амплітуду з допустимим рівнем і при перевищенні заданого корегує (зменшує) кут випередження запалювання до припинення детонації.

**Датчики положення дросельної заслінки.** Датчики положень та швидкості переміщення дросельної заслінки використовуються для посилення у блок керування сигналів про те, що дросельна заслінка досягла одного з крайніх положень повного навантаження або частоти обертання вала на холостому ходу. Сигнали крайніх положень заслінки потрібні блоку керування для переходу на спеціальні програми регулювання запалюванням в цих режимах.

У деяких системах керування сигнал крайнього положення дросельної заслінки використовується для відтинання палива при збільшенні частоти обертання вала двигуна понад допустимого значення (рис. 3.36).

Основою потенціометричних датчиків є плівковий резистор з декількома контактними доріжками, з якими контактують пружні струмові елементи. Останні жорстко зв'язані із віссю датчика. Струмівивідні елементи забезпечують отримання сигналів прискорення при різкому відкритті дросельної заслінки, про холостий хід двигуна, інформацію про положення дросельної заслінки при повному або частковому її відкритті.

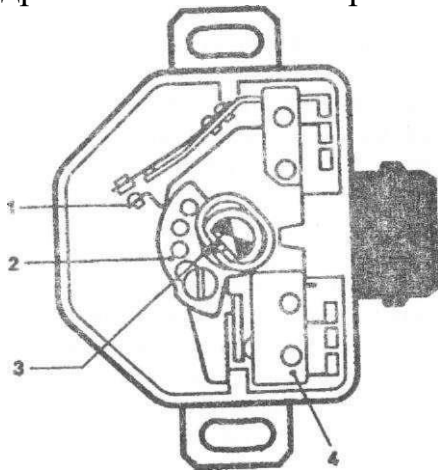


Рис. 3.36. Датчик положення дросельної заслінки:

1 - контакт повного навантаження; 2 - кулачок; 3 - вісь заслінки; 4 — контакт холостого ходу

Основні вимоги до датчика положення дросельної заслінки: висока довговічність і стабільність сигналів при відсутності дотискання контактів. Ці вимоги забезпечуються за рахунок підбору зносостійких матеріалів контактних доріжок та струмознімальних елементів.

Недоліки електромеханічних датчиків контактного типу відсутні у безконтактних датчиках: оптико-електронних датчиках із кодуємим диском. Чутливість датчика може бути менше  $1^\circ$  за рахунок використання прецизійних кодованих дисків і оптичних чи фотоелектричних пристроїв (фотодіодів). Диск, що кодує переміщення, має прорізи або прозорі площадки.

З різних боків диска встановлюються джерела світла та фоточутливі елементи. При обертанні диска світло потрапляє на окремі ділянки чутливих елементів, це дозволяє однозначно визначити кут повороту диска.

**Контактні датчики електронних систем запалювання.** В сучасних системах запалювання є достатньо велика кількість контактних датчиків, які складаються з електричної контактної пари. Такі датчики є пасивними і працюють за принципом розриву або замикання електричного кола і тому на

виході мають дискретний сигнал «так-ні», котрий легко сприймається цифровим контролером.

Контактні датчики застосовуються в основному як окремі пристрої. В деяких випадках контактний датчик використовується як мікровимикач електробензонасоса при непрацюючому двигуні, але включеному запалюванні.

#### **6. Електронна частина системи запалювання.**

В цифровій системі запалювання електронний блок керування є самостійним конструктивним вузлом і називається контролером. На входи контролера подаються сигнали від датчиків системи запалювання, а на виході контролер працює на електронний двохканальний комутатор. Як правило, контролер забезпечує роботу інших бортових електронних блоків керування.

У мікропроцесорній системі запалювання всі функції керування об'єднані в центральний бортовий комп'ютер автомобіля і персональний блок керування для системи запалювання може бути відсутній. В мікропроцесорних системах запалювання для формування сигналу запалювання застосовується число-імпульсне перетворення, при якому параметр процесу задається не часом протікання, а безпосередньо числом електричних імпульсів. Функції електронного обчислення тут виконує число-імпульсний мікропроцесор, який працює від електричних імпульсів, стабілізованих по амплітуді та тривалості. Тому між мікропроцесором та вхідними датчиками в цих системах запалювання встановлюються число-імпульсні перетворювачі (ЧІПи) аналогових сигналів в цифрові.

Мікропроцесорна система запалювання працює по наперед заданій для даного двигуна програмі керування. Тому в ЕБК є електронна пам'ять, як постійна, так і оперативна.

Як для цифрової, так і для мікропроцесорної системи запалювання для конкретної конструкції двигуна програма керування визначається експериментально в процесі її розробки. На дослідницькому стенді імітуються всі можливі режими роботи двигуна при всіх можливих умовах його роботи.

Для кожного сполучення швидкості і навантаження визначається оптимальне значення кута випередження запалювання. За цими даними будуються графіки, які вводяться в пам'ять комп'ютера.

При виборі оптимального кута випередження для кожного режиму роботи двигуна приймається до уваги безліч факторів, таких як паливна економічність, запас по детонації, склад відпрацьованих газів, крутний момент, температура двигуна, такі графіки мають складну форму

Залежність кута випередження запалювання тільки від частоти обертання вала двигуна (див. рис. 3.6) має двохвимірний графік. Щоб врахувати ще один параметр - навантаження, потрібно побудувати вже тривимірний графік, всі точки якого утворюють поверхню. Якщо вибрати будь-яке сполучення частоти обертання і навантаження і провести з цієї точки перпендикуляр вгору, то на перетинанні його з поверхнею ми одержимо необхідне значення кута випередження запалювання.

Поверхня нагадує топографічний план місцевості і може бути зображена на зразок топографічної карти, тому її іноді називають картою запалювання.

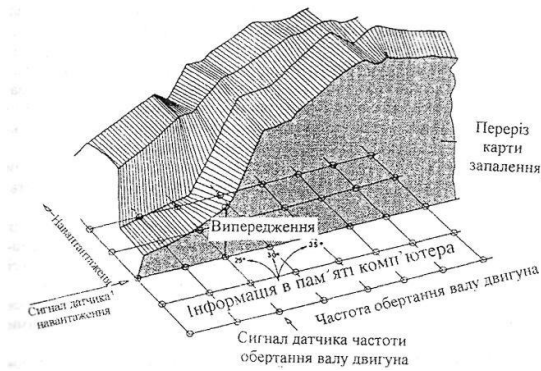


Рис. 3.37. Карта кутів випередження запалювання

Якщо основні карти розробити на інтервалі по швидкостях і навантаженнях та побудувати на цих інтервалах сітку (рис. 3.37), то для вузлів цієї сітки можна знайти відповідні значення кута випередження запалювання і записати ці значення у пам'ять комп'ютера. Практично для задовільного керування запалюванням необхідно зберігати в пам'яті від 1000 до 4000 таких значень. Розробнику потрібно доповнити карту режимами роботи двигуна при частоті обертання колінчастого валу на холостому ході для її підтримки, а також на максимальній частоті обертання для її обмеження. Нарешті, програмується режим повних навантажень таким чином, щоб двигун працював поруч із межею початку детонації, але не перейти її.

**Блок керування мікропроцесорної системи запалювання** складається з електронно-керуючого пристрою (ЕКП), логічного пристрою, блоку пам'яті, блоку синхронізації та комутатора магістралей.

ЕКП складається із окремих систем.

**Вхідний пристрій.** Сигнали, що надходять на вхід ЕКП від датчиків, перетворюються з аналогової форми в серію імпульсів ТАК-НІ, які є цифрами двійкової системи числення.

Аналогові сигнали, наприклад, напруга акумулятора, перетворюються в двійковий код за допомогою число-імпульсного перетворювача (ЧІПа).

**Пристрій вводу-виводу (ПВВ).** Цей пристрій приймає сигнали в ті моменти й у тій послідовності, у якій вони надходять, а потім видає їх у процесор в тій послідовності і з тією швидкістю, що потрібна процесорові, або відправляє поточну інформацію в оперативну пам'ять.

**Годинник.** Комп'ютер оперує даними як функціями часу. Для визначення часу і тимчасових інтервалів у комп'ютері встановлений точний кварцовий генератор імпульсів.

**Шини.** Окремі блоки комп'ютера зв'язані між собою плоскими кабелями, відомими за назвою шини. По шинах передаються дані (шина даних), адреси пам'яті (адресна шина), а також сигнали керування (керуюча шина).

**Центральний мікропроцесор.** Мікропроцесор виконує в комп'ютері всі обчислення та обробки сигналів. Крім того, процесор виконує логічні операції. ЕКП керує ходом обчислень, направляючи в процесор потрібну інформацію в потрібний момент і відправляє результати обчислень у потрібні пристрої.

**Постійна пам'ять.** Ця пам'ять може тільки видавати інформацію, що зберігається в ній, але вона ніяк не може бути змінена. Ця інформація збе-

рігається в пам'яті навіть за відсутності живлення. В неї неможливо записати ніяку нову інформацію. У постійній пам'яті зберігаються такі дані, як карта значень керованих параметрів двигуна в табличній формі, коди, що керують програмами й ін. Усі ці дані заносяться (зашиваються) у постійну пам'ять виготовлювачем. До складу постійної пам'яті входять також перепрограмовувані блоки, які можуть бути використані виготовлювачем або його представниками для відновлення та зміни записаної інформації.

**Оперативна пам'ять.** Поточні дані - сигнали датчиків, команди керування і проміжні результати обчислень зберігаються в оперативній пам'яті комп'ютера, поки не будуть замінені новою інформацією.

Для реєстрації несправностей в елементах системи є реєстратор несправностей, який займає частину об'єму оперативної пам'яті і представляє собою запам'ятовуючий пристрій з інтерфейсом для бортової самодіагностики. Всі реєстратори несправностей зберігають інформацію і після виключення запалювання, але інформація, як і вся оперативна пам'ять, руйнується, якщо від бортової мережі відключити акумуляторну батарею. Інформація реєстраторів може бути стертою і спеціальною командою.

**Робота бортового комп'ютера.** Інформація про характеристики двигуна зберігається в пам'яті комп'ютера у формі таблиць, які називаються робочими. Таблиці виходять з інформації тривимірних карт випередження запалювання і таких же карт для періоду включеного стану котушки. Робочі таблиці можуть бути складені комп'ютером для різних сполучень параметрів, однак, насамперед такими параметрами є частота обертання колінчастого вала, навантаження, температура і напруга акумулятора. Кожна з таблиць дає своє значення кута випередження, і для визначення результуючого кута всі результати зіставляються. Подібним чином обчислюється і кут включеного стану котушки.

При включенні живлення мікропроцесор посилає закодовану двійкову адресу, що вказує, до якої частини пам'яті він звертається. Потім посилається керуючий сигнал, що вказує напрямок і послідовність руху інформації в процесор або з процесора. Робота самого процесора становить серію двійкових імпульсів, за допомогою яких інформація зчитується з пам'яті, декодується і виконується. Програми виконання операцій - арифметичних, логічних і транспортних, також записані в пам'яті. Нарешті, ЕКП видасть команду силовому ключу системи запалювання на включення або виключення котушки відповідно до поточного стану двигуна.

**Вихідні каскади електронних систем. Котушки запалювання.** Не дивлячись на деяку різницю будови цифрових та мікропроцесорних систем запалювання, вихідні каскади електронних систем запалювання мають ідентичне схемотехнічне та конструктивне виконання.

Для успішного функціонування системи запалення контролер чи мікропроцесор видає на комутатор сигнал запалювання, сигнал включення каналів та сигнал на пусковий пристрій двигуна. Якщо цей контролер чи мікропроцесор одночасно забезпечують і роботу системи живлення, то вони видають сигнали на включення форсунки та електричного бензонасосу. Якщо

на двигуні функціонує ще карбюратор, то електронна система керує електроклапаном економайзера примусового холостого ходу. Велика різноманітність комутаторів електронних систем з накопиченням енергії в індуктивності ділиться на комутатори з постійною величиною первинного струму в котушці запалювання та з нормованою. За способом обробки інформації вони бувають з аналоговими та з цифровими регуляторами.

У багатоканальних комутаторах з силовими транзисторами та двохвивідними котушками кожна свічка запалювання отримує енергію по окремому каналу.

При цьому традиційний механічний розподільник з ротором відсутній, а застосовується електронний спосіб перемикання каналів на низькопотенціальному рівні безпосередньо в електронному комутаторі з подальшим розподілом напруги на багатовивідні (2-х чи 4-х) або індивідуальні котушки запалювання.

Такий спосіб розподілення називається статичним. Система з двохвивідними котушками придатна для роботи з парним числом циліндрів.

На рис. 3.38 показана схема вихідного каскаду системи запалювання для 4-х циліндрового двигуна.

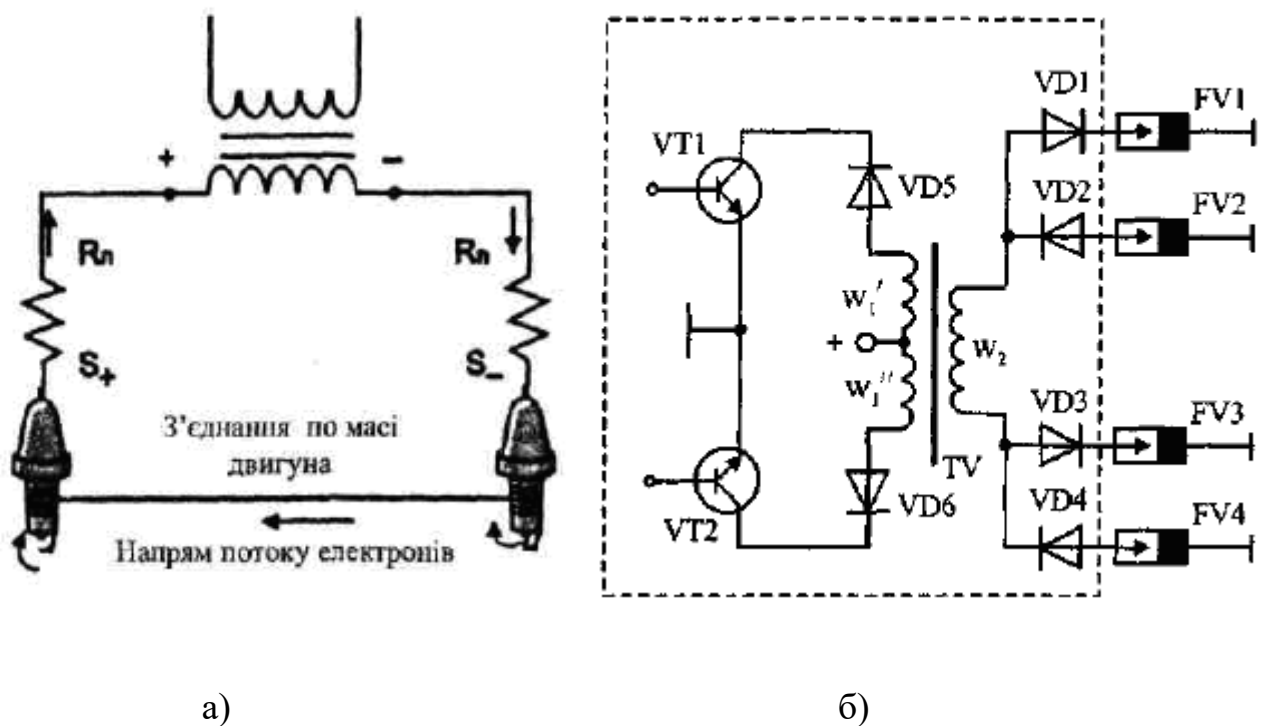


Рис. 3.38. Схеми низьковольтного розподілу іскор: а) з двома двохвивідними котушками запалювання; б) з чотирьохвивідною котушкою запалювання

Якщо двигун працює за схемою «а», то щоб чередування запалювань паливоповітряної суміші в циліндрах відповідало порядку роботи двигуна 1, 3, 4, 2 або 1, 2, 4, 3, перша свічка згрупована з четвертою, а друга з третьою. При такому з'єднанні свічок «робочі» іскри виникають в циліндрах в кінці такту



стискування, а «холості» іскри - в кінці такту випуску. Зрозуміло, що робочі іскри запалюють паливоповітряну суміш, а холості - розряджаються в середовищі відпрацьованих газів.

**Двохвивідна котушка запалювання** (рис. 3.39) має розімкнутий магнітопровід і двохсекційну вторинну обмотку. Вторинна обмотка розташована зверху первинної, що забезпечує надійну ізоляцію виводів високої напруги. Охолодження первинної обмотки відбувається через центральний стержень магнітопровода, який виступає назовні і має кріпильний отвір.

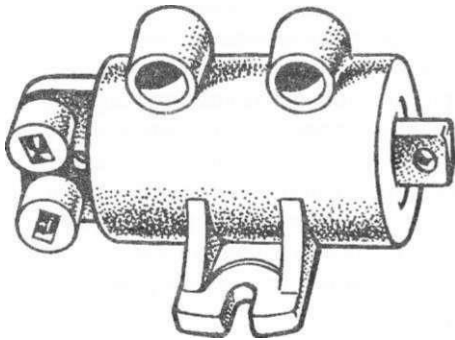


Рис. 3.39. Загальний вигляд котушки запалювання 29.3 705

Наприклад, котушка запалювання 29.3705 (рис. 3.39), яку застосовують у складі мікропроцесорної системи керування двигуном на автомобілях ВАЗ-21083 та ВАЗ-21093, має два виводи високої напруги, а також вхід і вихід первинної обмотки. Її виготовлено за спеціальною технологією: спочатку просочують обмотки епоксидними компаундами, а потім їх обпресовують морозостійким поліпропіленом, що утворює корпус котушки.

Останнім часом все більшого поширення отримує схема низьковольтного розподілу іскор з чотирьохвивідною котушкою та високовольтними діодами, що представлена на рис. 3.38, б. Вона включає дві зустрічно намотані первинні обмотки і одну вторинну. Полярність вторинної напруги визначається напрямком укладки витків в первинних обмотках. Якщо в точці 8 (рис. 3.38, б) напруга має позитивну полярність, відкриваються верхній та нижній діоди для свічок FVI та FV4 і в відповідних циліндрах з'являються іскрові розряди.

Друга первинна обмотка намотана в зворотньому напрямку і при перериванні в ній струму полярність вторинної напруги в точці 8 зміниться на негативну. При цьому іскрові розряди виникнуть в двох циліндрах двигуна зі свічками FV2 та FV3. Для виключення взаємного впливу первинних обмоток в період створення імпульсів високої напруги до їх виводів низької напруги підключені розділяючі діоди VD5 та VD6.

Деякі автомобільні фірми в мікропроцесорних системах запалювання застосовують трансформатори запалювання, тобто двухвивідні котушки запалювання із замкнутим магнітопроводом (рис. 3.40).

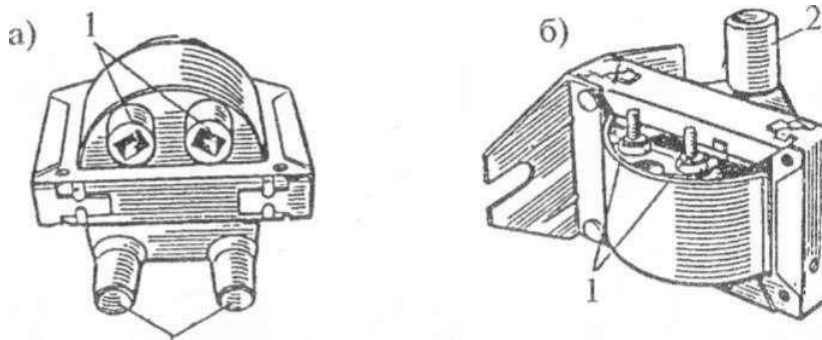


Рис. 3.40. Котушки запалювання із замкнутим магнітопроводом: а - 3009.3705; б - 3112.3705; 1 - виводи первинної обмотки; 2 - виводи вторинної обмотки

Так, в Росії випускається двохвивідна котушка запалювання 3009.3705, яка має опір первинної обмотки 0,52 Ом, опір вторинної 6,3 кОм. Індуктивність первинної обмотки складає 5,9 мГн, а вторинної 29 Гн. У цій котушці вторинна обмотка має каркасну секційну намотку, що дозволяє зменшити вторинну ємність та посилити ізоляцію вторинної обмотки. Котушка має пластмасовий каркас, в який вмонтовано обмотки. Котушка в зборі з обмотками і виводами представляє монолітну конструкцію з високою стійкістю до механічних, електричних та кліматичних впливів.

Для мікропроцесорних систем запалювання деякі фірми застосовують індивідуальні одновивідні котушки запалювання з замкнутим магнітопроводом (рис. 3,40, б). Такі котушки випускаються в Росії 3112.3705 та в Німеччині фірмою Bosch. Наявність замкнутого магнітопроводу дозволяє зменшити габарити та вагу котушки, підвищити ККД перетворення енергії, зменшити витрати обмоткового проводу та електротехнічної сталі, покращити параметри іскрового розряду.

### **7.Свічки запалювання електронних систем.**

Свічки запалювання цих систем мають бути більш стійкими до високої напруги пробою і до високої температури. Їх електроди, як правило, біміталеві, тобто мідні з хромонікелевим покриттям, або пластикові.

З метою недопустимості пропусків запалювання в циліндрах двигуна змінилась конструкція свічок. Перш за все, змінилась конструкція центральних та бічних масових електродів. На рис. 3.41 наведено різні типи 1 ...20 свічок, що їх випускає німецька фірма Возсіт

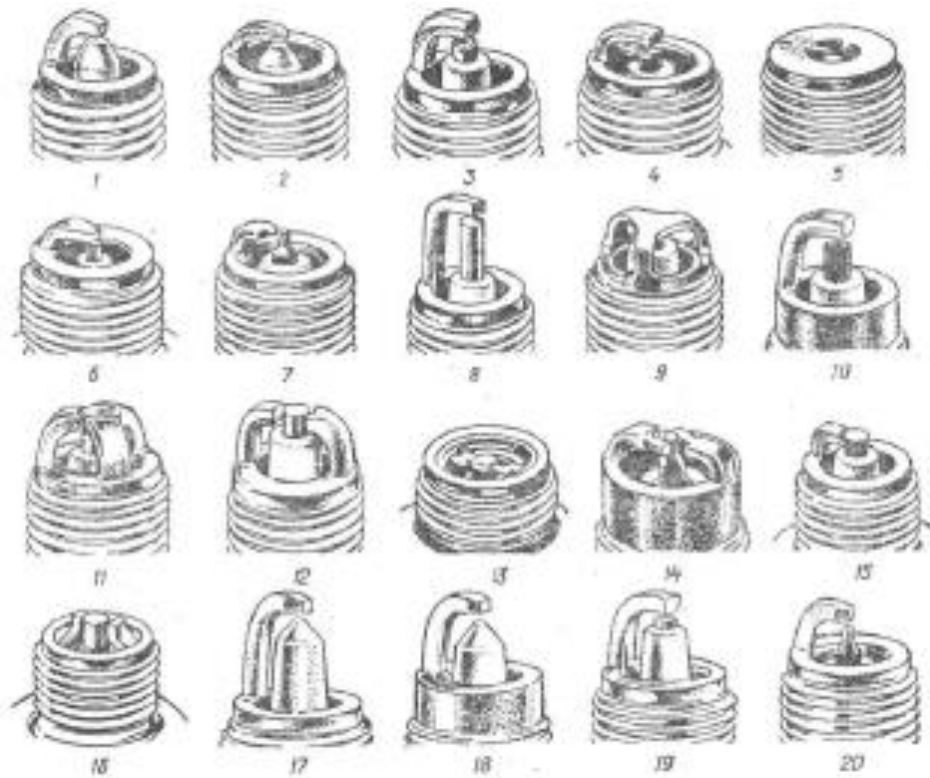


Рис. 3.41.  
Приклади  
конструкцій  
електродів свічок  
запалювання

Хоч найбільш поширеним залишається одинокий торцевий масовий електрод (1, 2, 3, 4, 8, 10, 17, 18, 19, 20), але є свічки, в яких застосовуються масові електроди різної форми: кільцевий 5, парні сплюснені 12, 14, 16; заглиблені бокові 13, потрійні 9, 11. Центральні електроди також мають різні форми: циліндричні: 3, 4, 8, 9, 10, 12, 13, 15, 16, конусні 1, 2, 17, 18 та голчасті 7, 14, 20. Завдяки високому запасу енергії, що мають електронні системи запалювання, такі свічки створюють багатоелектродні або кільцеві розряди електричної іскри, які забезпечують стійке запалювання робочої суміші на всіх режимах роботи двигуна.

В електронних системах запалювання з'явилась можливість встановлювати зазор між електродами свічки в межах 0,7... 1,2 мм для стійкої роботи двигуна на збіднених сумішах. Це вимагає збільшення вторинної напруги, але за рахунок більшого запасу енергії цих систем це можливо.

**Проводка високої напруги.** Оскільки в момент електроіскрового розряду в свічках запалювання по проводах високої напруги протікає високочастотний струм, то ці проводи випромінюють радіоперешкоди. На автомобілях використовуються три способи приглушення радіоперешкод: екранування високовольтних проводів; введення в проводи розподіленої індуктивності та встановлення перешкодно-приглушувального резистора безпосередньо в ізолятор свічки запалювання.

В сучасних електронних системах запалювання застосовують свічки з перешкодно-приглушувальним резистором 4... 10 кОм, а довжину високовольтних проводів намагаються звести до мінімуму за рахунок статичного розподілу

високої напруги. Проводи високої напруги діляться на низькоомні (до 0,5 кОм/м) та високоомні (до 10 кОм/м).

Проводи червоного або рожевого кольору мають опір 2000 Ом/м, а проводи синього кольору - 2550 Ом/м. Високоомні проводи імпорного виробництва позначаються текстом вздовж проводу. Зміст тексту можна розшифрувати по фірмовому каталогу. У деяких мікропроцесорних системах запалювання стали застосовувати вологозахисні екрановані укриття або кришки для проводів та свічок запалювання.

**Цифрова система запалювання автомобілів ВАЗ.** Принцип дії цифрової системи показаний на рис. 3.42. В цій системі часто використовується маховик двигуна з вінцем 1, на якому розміщені зубці. Електромагнітний датчик 2 за допомогою маховика 1 виробляє серію імпульсів пропорційно частоті обертання вала двигуна. У положенні, яке відповідає ВМТ першого циліндра, або за 90° до досягнення ВМТ, на маховику розміщено установчий зубець із позначкою, який за допомогою електромагнітного датчика початкового положення 3 створює під час кожного оберту вала установчий імпульс. Електронна частина цифрової системи складається з головного 4 і додаткового 5 лічильників, задавача часових інтервалів 6, блоку формування сигналу вимкнення каналів 8, датчиків температури 9, тиску 10 і положення дросельної заслінки карбюратора 11, двоканального комутатора з силовими транзисторами 12, двовивідних котушок запалювання 7 та свічок запалювання 13.

Волзький автомобільний завод на своїх автомобілях ВАЗ-21083, 21093, 21099 та 21102 встановлює саме цифрову систему запалювання. Її схема показана на рис. 3.43. Основою схеми є контролер 10 типу МС 2715.03. Крім контролера, схема має такі вузли: двоканальний комутатор 4 типу 6420,3734, двовивідні котушки запалювання 2 та 3 типу 29.3705, датчик початку відліку (ДПВ) 13 та датчик кутових імпульсів (ДКІ) 12 типу 14 3847 терморезисторний датчик температури 11 та датчик кінцевого положення дросельної заслінки

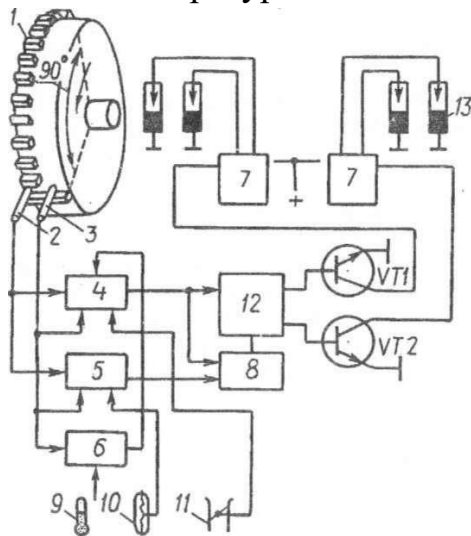


Рис. 3. 42. Принцип дії цифрової системи запалювання: 1 - вінць маховика; 2 - датчик імпульсів; 3 - датчик початкового положення; 4, 5 - лічильники; 6 - задавач часових інтервалів 7 - котушка запалювання; 8 - блок формування сигналу вимкнення каналів; 9 - датчик температури; 10 - датчик тиску; 11 - датчик положення дросельної заслінки; 12 - силовий транзистор; 13 - свічки запалювання

Вимикач запалювання, свічки запалювання та проводи високої напруги такі самі, як і в безконтактній системі запалювання, що працює з комутатором 36.3734. Система працює так. Коли ввімкнений вимикач запалювання, напруга

живлення через монтажний блок 7 та вимикач 6 подається на клему «4» комутатора 4, до клемми «2» контролера 10 та до низьковольтних виводів котушок запалювання 2 та 3. При пуску двигуна маховик починає обертатися і індукційні датчики кутових імпульсів та початку відліку, які встановлені на картері зчеплення над маховиком, видають імпульси. ДКІ створює імпульси, коли в його магнітному колі перебувають зубці вінця маховика. Оскільки кількість їх становить 128, то період імпульсів датчика кутових імпульсів становить  $360/128=2,8^\circ$ .

Датчик початку відліку (ДПВ) генерує один імпульс за один оберт колінчастого вала в момент руху в його магнітному полі маркерного штифта. Цей момент відповідає положенню ВМТ першого та четвертого циліндрів.

Імпульси, які генерують датчики ДПВ і ДКІ, мають вигляд синусоїди. Амплітуда імпульсів напруги становить 02-100 В у діапазоні частот обертання колінчастого вала 25-6000 хв<sup>-1</sup>. Зазор між осердям датчика і вершиною зубця вінця маховика або торцем маркерного штифта має становити 0,3-1,2 мм.

У цифровій системі запалювання автомобілів ВАЗ застосовано напівпровідниковий датчик температури охолоджувальної рідини двигуна типу 19.3828 з лінійною характеристикою. Його поставлено на випускному патрубку системи охолодження двигуна. До обмотки датчика підведено постійний струм. На виході мікросхеми напруга буде пропорційна температурі охолоджувальної рідини.

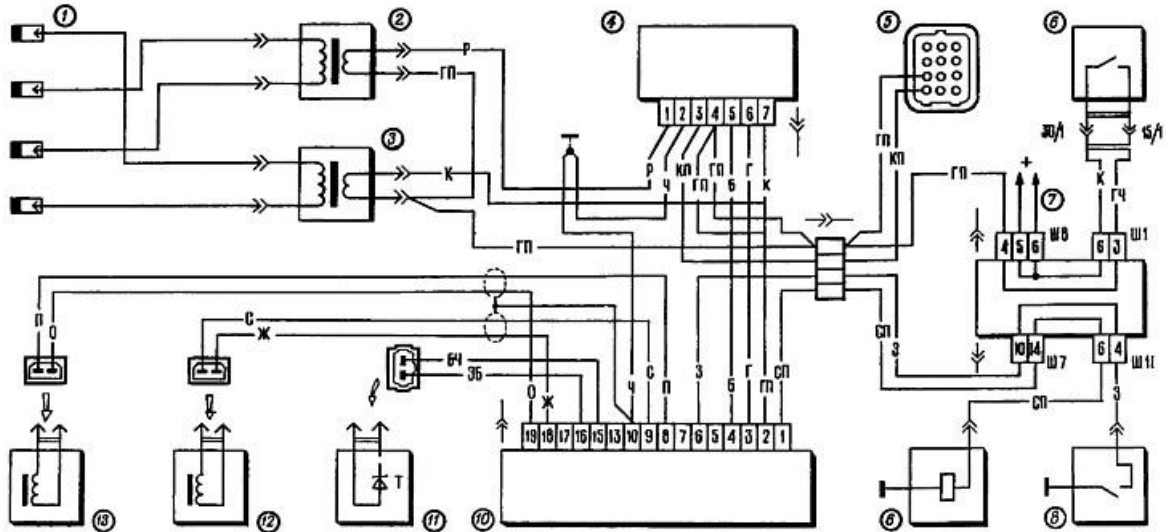


Рис. 3.43. Схема цифрової системи запалювання: 1 - свічки запалювання; 2 - котушка запалювання 2 та 3 циліндрів; 3 - котушка запалювання 1 та 4 циліндрів; 4 - комутатор; 5 - колодка діагностики; 6 - вимикач запалювання; 7 - монтажний блок; 8 - кінцевий вимикач карбюратора; 9 - електромагнітний клапан карбюратора; 10 - контролер; 11 — датчик температури; 12 - датчик кутових імпульсів; 13 - датчик початку відліку

Контролер типу «Електроніка МС 271503» призначений для керування моментом іскроутворення в системі запалювання, а також для керування

електромагнітним запорним клапаном карбюратора ЕПХХ. Він є електронною системою, структурна схема якої показана на рис. 3.44.

Контролер працює так. До його входів із датчиків ДПВ, ДКІ, ДТОР та датчика тиску надходять сигнали, необхідні для визначення робочого режиму двигуна в конкретній ситуації. Сигнали від індуктивних датчиків ДПВ та ДКІ перетворюються на імпульси прямокутної форми відповідного рівня. Щоб підвищити точність характеристик системи, потрібно частоту послідовних імпульсів датчика ДКІ подвоїти (2КІ).

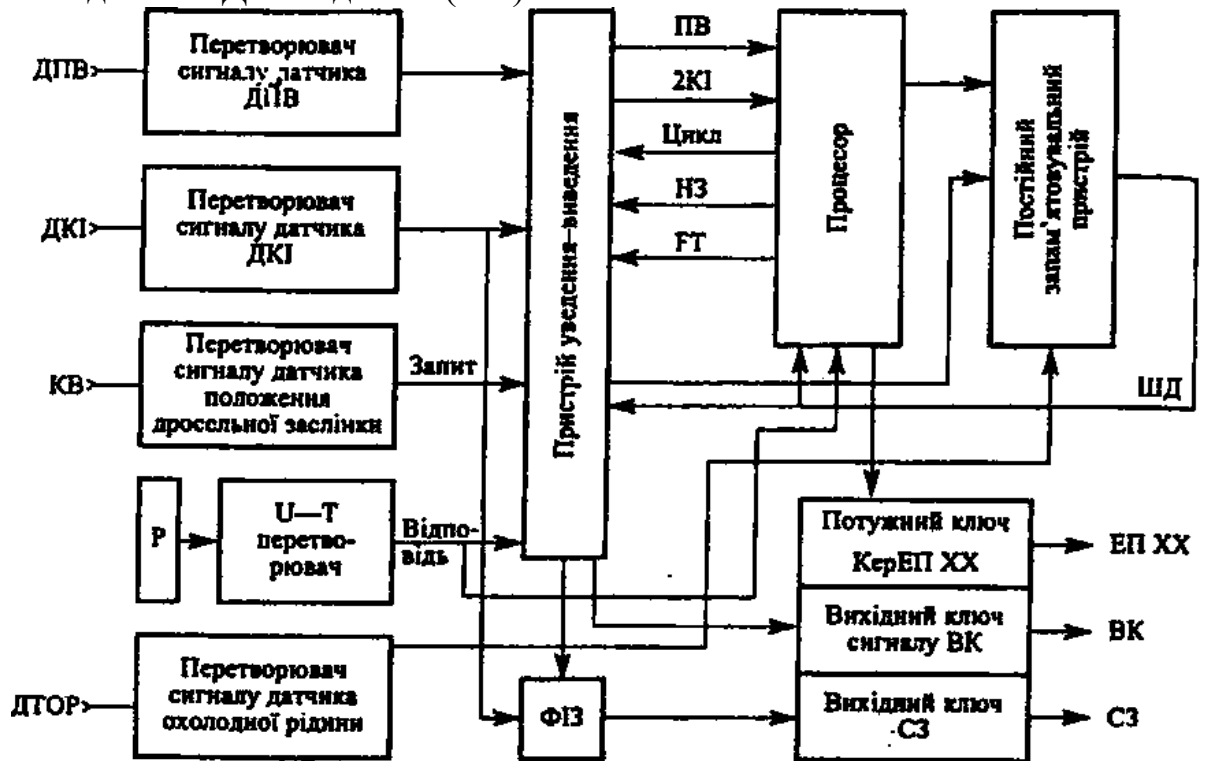


Рис. 3.44. Структурна схема контролера МС 271503: 2КІ- подвоєні кутові імпульси; ІЗ - імпульс запалювання; ДТОР - вхід сигналу від датчика температури; РТ- тактова частота; ІЛ— напруго-часовий інтервал; ШД- шина даних; СЗ - сигнал запалювання; ФІЗ - формувач імпульсів запалювання; КІ- кутові імпульси

Сигнал із тензорезисторного датчика тиску перетворюється за принципом подвійного інтегрування на цифровий код, пропорційний розрідженню у випускному трубопроводі.

Сигнал із датчика температури перетворюється на сигнал двох видів. Температурі 50 °С відповідає сигнал низького рівня, а температурі понад 50 °С - високого. За цими сигналами вибирають кут випередження запалювання для двох станів двигуна: холодного або гарячого. Перетворені на потрібну та зручну для подальшої обробки форму сигнали з датчиків надходять до процесора, який визначає кут випередження запалювання.

Значення швидкості обертання колінчастого вала двигуна, яке використовується для обчислення кута випередження запалювання, характеризується кодом швидкості (8 розрядів), здобутим внаслідок розрахунку за визначений інтервал (1с) кількості подвоєних кутових імпульсів (2КІ).

Характеристика регулювання двигуна за оптимальним законом, тобто кут повороту колінчастого вала двигуна  $\varphi_p$  що відстежує контролер, - це додаток до  $180^\circ$  (для чотирициліндрових двигунів) кута випередження запалювання  $\varphi_1 = 180^\circ - 0$ . Він зберігається в пам'яті постійного запам'ятовуючого пристрою у вигляді таблиці  $32 \times 32$  (1024 восьмирозрядних двійкових знаків). П'ять старших розрядів восьмирозрядного коду швидкості використовуються для формування «молодшої» частини десятирозрядної адреси постійного запам'ятовуючого пристрою, а п'ять старших розрядів коду розрідження - для формування «старшої» частини адреси. За цією адресою із запам'ятовуючого пристрою вибирається код кута  $\varphi$ . Під час розрахунку подвоєних кутових імпульсів, починаючи від імпульсу, що видає ДПВ, до значення коду кута  $\varphi_p$  який визначив контролер на виході процесора, формується імпульс моменту запалювання.

Стеження за кутом випередження запалювання відбувається за кожним обертотом колінчастого вала, а зміна його значення - після розрахунку відповідного кута випередження запалювання, частотного та навантажувального режимів.

Інтерполяція для значень за тиском (розрідженню) виконується аналогічно.

У чотирициліндрових двигунах автомобілів ВАЗ, які мають один маркерний штифт на маховику, за один оберт колінчастого вала повинно вироблятися два імпульси ВК. Формування другого сигналу починається після імпульсу запалювання у попередньому циліндрі.

Блок керування, відстеживши кут повороту колінчастого вала  $\varphi_1$ ? починає стежити за наступною половиною оберта колінчастого вала  $\varphi_2$  з одночасним розрахунком швидкості обертання колінчастого вала за визначений часовий інтервал.

Контролер виробляє не тільки імпульс «сигнал запалювання» (СЗ), а й сигнал «Вимикач каналу» (ВК). Крім цього, залежно від положення дросельної заслінки карбюратора (відкрита або закрита) і частоти обертання колінчастого вала контролер вмикає чи вимикає клапан ЕПХХ. Сигнали СЗ та ВК безпосередньо керують роботою двоканального комутатора 64203734, а сигнал ЕПХХ надходить до клапана, вмонтованого в карбюратор.

Осцилограми імпульсів напруг та струмів, що діють на виходах контролера, комутатора та котушок запалювання, які відповідають справному стану всіх елементів системи запалювання, представлені на рис. 3.45.

**Електронний двоканальний комутатор 6420.3734.** Електронний двоканальний комутатор виконує такі функції: формує імпульси тривалості ввімкнення первинного кола котушки запалювання за заданим законом як функцію частоти обертання колінчастого вала двигуна та функцію напруги живлення мережі електропостачання; обмежує імпульси первинної напруги  $I_{on}$  котушок запалювання; комутує струм розривання потрібної сили  $I$  для забезпечення заданих вихідних параметрів системи запалювання; стабілізує струм розривання залежно від зміни напруги живлення мережі елек-

тропостачання; перериває протікання струму через первинне коло котушок запалювання, коли вимикач запалювання ввімкнено, а двигун не працює; робить низьковольтовий розподіл енергії між циліндрами двигуна.



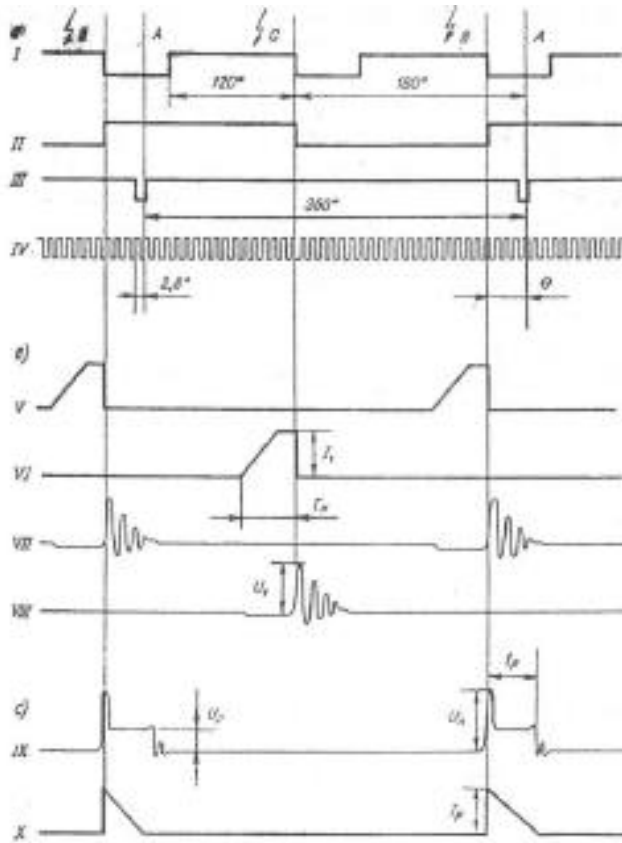


Рис. 3.45. Осцилограми імпульсів напруги та струмів, діючих на виходах контролера (а), комутатора (в) тау вторинному колі котушки запалювання (с):

I - сигнал «Момент запалювання», II - сигнал «Вибір каналу»; III - сигнал «Початок відліку»; IV- сигнал «Кутові імпульси»; V- імпульси струму на виході 1-го каналу; VI- імпульси струму на виході 2-го каналу; VII - імпульси напруги на виході 1-го каналу; VIII- імпульси напруги на виході 2-го каналу; IX- імпульси напруги; X- імпульси струму; А - ВМТ 1-го і 4-го циліндрів; В - момент запалювання в 1-му і 4-му циліндрах; С - момент запалювання в 2-му і 3-му циліндрах; в - кут випередження запалювання; I] і V} - струм і напруга в первинній обмотці котушки запалювання;  $i_n$  - час накопичення струму;  $U_{п}$  - напруга пробивання свічки; I, V і і - струм, напруга і час розряду між електродсіми свічки.

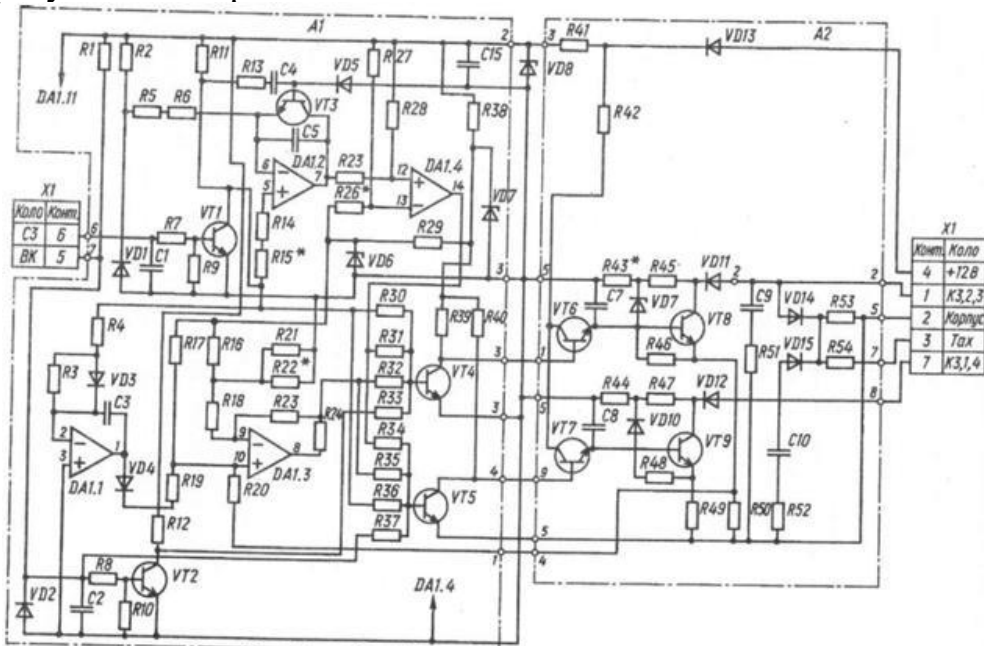


Рис. 3.46. Електрична схема двоканального комутатора 6420.3734

Схема двоканального комутатора (рис. 3.46), яку виконано на базі одноканального комутатора 36.3734, відрізняється тим, що поділяє процес іскроутворення між циліндрами двигуна: перший канал керує іскроутворенням

у другому і третьому циліндрах, а другий - у першому і четвертому. Процес керування в обох каналах однаковий.

Програмовий регулятор часу накопичення енергії складається з інтегратора ДАІ.2, конденсатора С5, пристрою скидання на транзисторі VT3, діоді VD5, резисторах RI3 та R11 і конденсатора С4, а також з компаратора, виконаного на підсилювачі ДАІ.4.

Вихідні підсилювачі VT6-VT8 і VT7-VT9 комутують струм первинної обмотки котушки запалювання відповідно другого і третього або першого і четвертого циліндрів. Роботою вихідного підсилювача керує логічний вузол «І-НЕ» на транзисторі VT4 (VT5), виготовлений як схема збігу. До входу цієї схеми надходять чотири сигнали (див. рис. 3.29): компаратора ДАІ.4 (діаграма г), схеми захисту ДАІ.І (діаграма е), компаратора АІ.3 (діаграма д) і «вибору каналів» ВК.

Під час обертання колінчастого вала двигуна до входу транзистора VT1 надходять прямокутні імпульси (див. рис. 3.29, діаграма а), які він інвертує (діаграма б), і через резистори R14 та R15 подає до неінвертованого входу інтегратора ДАІ.2, а до інвертованого його входу через резистори R2, R5 та R6 надходить опорна напруга.

Сигнал інтегратора ДАІ.2 надходить до неінвертованого входу компаратора ДАІ.4, а до його інвертованого входу - опорний рівень  $\Pi_{опг}$ . Вихідний сигнал компаратора ДАІ.4 надходить до логічних схем УТ4 і УТ5 (діаграма г).

Кут замкненого стану  $\alpha_z$ , який визначає час вмикання первинного кола котушки утворюють дві складові: сталий кут  $\alpha_i$  і кут  $\alpha_r$  що лінійно збільшується із зростанням частоти обертання. У цьому випадку напруга заряду конденсатора С5 знижується пропорційно до частоти обертання. Регулювання із, за необхідним законом, розпочинається з частоти  $\Pi_0$  (початок регулювання), за якої конденсатор С5 заряджається до максимального рівня напруги джерела живлення.

Із збільшенням частоти обертання напруга заряду конденсатора С5 знижуватиметься, змінюючись обернено пропорційно частоті обертання. На частоті  $\Pi_{обм}$  (обмеження регулювання) напруга заряду конденсатора С5 дорівнюватиме рівню  $1/\Pi_{оп2}$  компаратора ДАІ.3, він блокується, а на виході схеми збігу формуватиметься сигнал, який за фазою збігатиметься із сигналом керування.

Для прискорення розрядження конденсатора С5 призначений транзистор УТ3, який відкриваючись шунтує конденсатор С5. Транзистор УТ3 швидко відкривається і по колу КП, КІЗ протікає струм, якщо конденсатор С4 заряджений. Проте розряджається він набагато швидше, ніж конденсатор С5, оскільки має значно меншу ємність.

Компаратор ДАІ.4 не тільки нормує час  $1/3$  як функцію частоти обертання колінчастого вала за рахунок резисторів зміщення К27 та К28, а й регулює цей параметр як функцію напруги живлення. У цьому випадку рівень компаратора також є функцією напруги живлення: чим більша напруга, тим вищий рівень.

Безіскрове вимкнення робить інтегратор ДАІ.І. Сигнал з інвертора УТІ через резистори К4 і К3 надходить до входу інтегратора ДАІ.І. Тривалість

інтегрування помітно перевищує тривалість проходження іскор на мінімально можливій частоті обертання колінчастого вала двигуна ( $50-100 \text{ хв}^{-1}$ ). Завдяки цьому до логічних схем УТ4 і УТ5 надходить практично нульовий сигнал. Якщо двигун не працює, а з контролера до входу комутатора надходить сигнал низького рівня, то транзистор УТ1 закритий і струм через котушку запалювання в даному разі не протікає. Якщо двигун зупинений, а з контролера надійшов сигнал високого рівня, то на виході інтегратора ДАІ. 1 сигнал лінійно зростатиме і за 2-8 с досягатиме рівня, потрібного для відкриття транзисторів УТ4 або УТ5, внаслідок чого протікання струму через котушку припиниться.

Вихідними каскадами УТ4, УТ6, УТ5 і УТ7, призначеними для керування силовими вихідними транзисторами УТ8 і УТ9, керує сигнал ВК контролера через ключовий каскад, виконаний на транзисторі УТ2 (КТ342А).

Коли до бази транзистора УТ2 від контролера надходить сигнал ВК, який відповідає рівню логічної одиниці, транзистор УТ2 відкритий, струм через опір К33 не протікає, і транзистор УТ4 закритий. Водночас відкривається транзистор УТ5, оскільки до його бази через резистор К37 надходить сигнал ВК. У цьому випадку працює силовий вихідний транзистор УТ8, який комутує струм у первинній обмотці котушки запалювання, що обслуговує другий та третій циліндри.

Коли сигнал ВК переходить від одиниці до нуля, транзистори УТ2 і УТ5 закриваються, однак відкривається транзистор УТ4, оскільки через опори К12 та К33 протікає струм його бази.

Схему обмеження струму виконано на компараторі ДАІ.3. Якщо вихідні транзистори УТ8 чи УТ9 увімкнено, то зростаючий емітерний струм зумовлює на резисторах К49 та К50 спад напруги, який компаратор ДАІ.3 порівнює з напругою подільника К17, К26, К27. Транзистор УТ4 закритий доти, доки спад напруги на К49, К50 не зрівняється з  $U_{\text{оп}}$  компаратора ДАІ.3. Після цього відкривається транзистор УТ4, який шунтуючи вхід УТ6, зменшує вхідний струм підсилювача потужності та змінює режим роботи підсилювача УТ6-УТ8 чи УТ7-УТ9. З режиму насичення підсилювач переходить в активний режим, у цьому випадку на переході емітер-колектор транзистора УТ8 або УТ9 створюється спад напруги, який фіксує заданий рівень струму комутації.

Стабілітрон У07 (УБ10) разом з подільником напруги К43, К45 (К44, К47) захищає потужний вихідний транзистор УТ8 (УТ9) від імпульсів перенапруг, які виникають у первинній обмотці котушки запалювання. Якщо імпульсна напруга перевищує напругу пробивання стабілітрона, на подільнику К43, К45 формується імпульс, який закриває транзистор УТ8 (УТ9) на час дії імпульсів перенапруги, а напруга, прикладена до колектора-емітера, не перевищує допустимої. Стабілітрон У08 і резистор К41 стабілізують напругу живлення, а У06, К26, К27 - напругу компараторів ДАІ.4 та ДАІ.3. Діод УБ3 призначений для захисту від зміни полярності джерела живлення, конденсатор С15 у колі живлення - для захисту від шкідливих сигналів, які виникають у мережі електропостачання.

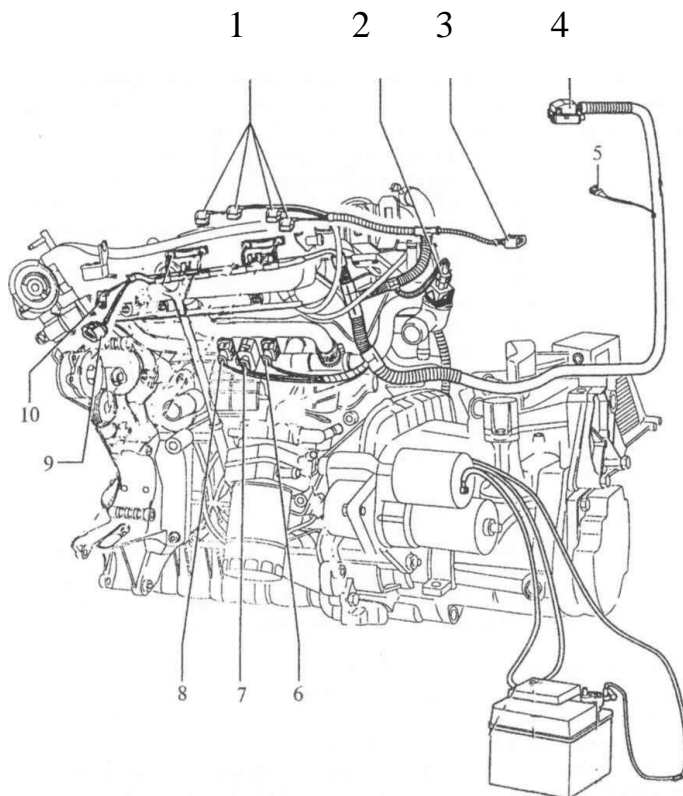
Схема комутатора 6420.3734 також має пристрій формування сигналу для керування тахометром (УБ14. У015. К53. К54).

Мікропроцесорна система запалювання фірми «8іетеп8» (Нідерланди). Ця система запалювання встановлюється на багатьох європейських автомобілях, в тому числі і на автомобілях чеського заводу «Škoda». Для прикладу розглянемо автомобіль «Škoda Octavia», який має двигун «Super B» потужністю 85 кВт з об'ємом циліндрів 2,0 л.

Основним вузлом системи запалювання цього двигуна є мікропроцесор 8ітo8 3.2, який керує не тільки системою запалювання, а й системою впорскування пального. Крім мікропроцесора, до системи запалювання входять:

- датчик частоти імпульсів О 28;
- датчик положення кулачкового вала О 40, що працює на ефекті Холла;
- датчик температури охолоджувальної рідини О 62;
- датчик О 61 контролю детонаційного згоряння;
- датчик положення дросельної заслінки 1338;
- датчик тиску і температури у впускному трубопроводі Р-96;
- двохвивідні котушки запалювання з кінцевим потужнісним каскадом (Н 70, N 127, N 291 та N 292);
- проводи високої напруги;
- свічки запалювання.

На рис. 3.47 позначені датчики, джгути проводів та штекерні з'єднувачі деяких із вищезазначених датчиків.



положення дросельної заслінки; 10 - датчик положення кулачкового вала (датчик Холла)

Рис. 3.47. Розташування елементів системи запалювання двигуна «SuperB»: 1 - штекерні з'єднувачі для котушок запалювання; 2 - датчик температури охолоджуючої рідини; 3 - штекер датчика тахометра; 4 - багатоконтактний штекерний з'єднувач блоку керування Зітоз 3.2; 5 - штекер датчика тиску у впускному колекторі; 6 - датчик детонаційного згоряння 3, 4 циліндрів; 7 - датчик частоти обертів колінчастого валу; 8 - датчик детонаційного згоряння 1, 2 циліндрів; 9 - штекер датчика

Керування моментом іскроутворення здійснюється в цій системі на основі обчислених мікропроцесором оптимальних значень кута випередження

запалювання, відповідних швидкості обертання колінчастого вала двигуна та розрідженню (тиску) у впускному трубопроводі.

Блок керування мікропроцесорної системи запалювання складається із електронно-керуючого пристрою (ЕКП), логічного пристрою, блоку пам'яті, блоку синхронізації та комутатора магістралей.

**Робота бортового комп'ютера.** Інформація про характеристики двигуна зберігається в пам'яті комп'ютера у формі таблиць, які називаються робочими. Таблиці виходять з інформації тривимірних карт випередження запалювання і таких же карт для періоду «замкнутого стану контактів». Робочі таблиці можуть бути складені комп'ютером для різних сполучень параметрів, однак насамперед такими параметрами є частота обертання колінчастого вала, навантаження, температура і напруга акумулятора. Кожна з таблиць дає своє значення кута випередження, і для визначення результуючого кута всі результати зіставляються. Подібним чином обчислюється і кут включеного стану котушки.

При включенні живлення мікропроцесор посилає закодовану двійкову адресу, вказуючи, до якої частини пам'яті він звертається. Потім посилається керуючий сигнал, що вказує напрямок і послідовність руху інформації в процесор або з процесора. Робота самого процесора становить серію двійкових імпульсів, за допомогою яких інформація зчитується з пам'яті, декодується і виконується. Програми виконання операцій - арифметичних, логічних і транспортних також записані в пам'яті. Нарешті, ЕКП видасть команду силовому ключеві системи запалювання на включення або виключення котушки відповідно до поточного стану двигуна.

Датчик частоти імпульсів С28 (рис. 3.47, поз. 7) працює на явищі електромагнітної індукції. Він складається із нерухомого магніту та нерухомої котушки. Ротор датчика - імпульсне колесо 1 (рис. 3.48) виготовлено із магнітом'якої сталі, кріпиться на колінчастому валу двигуна і обертається з його частотою. Тому кількість синусоїдальних імпульсів, що виробляє датчик за 1 оберт, дорівнює кількості зубців на імпульсному колесі.

Для визначення ВМТ поршня першого циліндра, тобто для формування початкового імпульсу на імпульсному колесі 1 (рис. 3.48) є лиска (вказана стрілкою) шириною в два зуби.

Датчик С 40 (поз. 10 рис. 3.47) працює на ефекті Холла і служить для визначення положення розподільчого валу, а значить і моменту запалювання в першому циліндрі. В зазорі між постійним магнітом та напівпровідниковою пластиною, яка індукує ЕРС Холла, обертається екран 12 (рис. 3.49), який закріплено всередині шестерні приводу кулачкового вала 14. В момент, коли екран не перекриває магнітне поле, воно діє на датчик і датчик Холла генерує ЕРС. Якщо екран перекриває магнітне поле, то датчик не виробляє ЕРС. Оскільки екран являє собою дугу в 180°, то цей сигнал служить також для управління каналами комутатора, тобто вмикає котушки запалювання 1, 4 чи 2 або 3-го циліндрів.

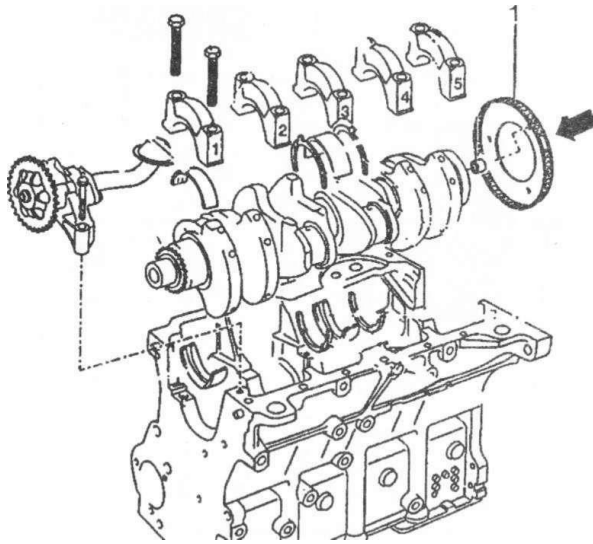


Рис. 3.48. Розташування імпульсного колеса на двигуні

Датчики детонаційного згорання пального. На боковій поверхні блоку циліндрів двигуна «SuperB» встановлено два датчики детонаційного згорання пального: Обі та О 66 (див. поз. 6 та 8 на рис. 3.47 або поз. 5 та 7 на рис. 3.49). Перший з них контролює детонаційне згорання в 3, 4, а другий - в 1, 2 циліндрах. Для припинення детонаційного згорання мікропроцесор зменшує кут випередження запалювання для кожної пари циліндрів з  $15^\circ$  до  $2^\circ$  з кроком  $0,5^\circ$ , до моменту зникнення детонації. Якщо детонація припиняється, система повертається у вихідне положення.

Принципи дії та будова решти датчиків та елементів мікропроцесорної системи були описані раніше в цьому ж розділі.

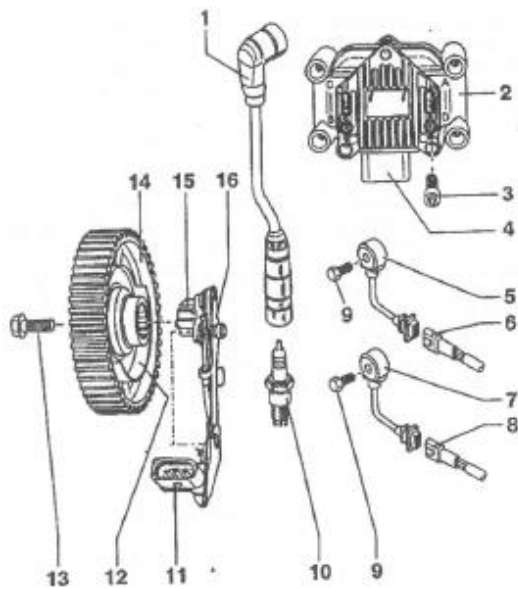


Рис. 3.49. Елемент мікропроцесорної системи запалювання: 1 - провід високої напруги з завадопоглинаючим резистором та наконечником для свічки; 2 - двохвиводні котушки запалювання високої напруги зі штекерними з'єднувачами; 4; 5 - датчик детонаційного згорання О 61 3 та 4 циліндрів; 7 - датчик детонаційного згорання О 661 та 2 циліндрів; 6 та 8 - трьохконтактні штекерні з'єднувачі; 10 - свічка запалювання; 11 - з'єднувальний штекер датчика Холла; 14- шестерня приводу; 15 - датчик Холла