В. А. САЖКО

ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ

Видавництво "Каравела"

В.А. Сажко

ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ

Затверджено
Міністерством освіти і науки України
як підручник
для студентів вищих навчальних закладів

Друге видання

Київ «Каравела» 2009

УДК 629.113.066
ББК 39.33-04я73
С 14

Гриф надано
Міністерством освіти і науки України
(лист № 1/11-3334 від 25.05.2007 р.)

Рецензенти:
В.В. Рудзінський,
д.т.н., професор, заст. директора з наукової роботи Державного автотранспортного науково-дослідного і проектного інституту;
С.К. Полянський,
к.т.н., професор кафедри машин та обладнання технологічних процесів Київського національного університету будівництва і архітектури;
А.З. Філіпов,
д.т.н., професор, завідувач кафедри "Трактори і автомобілі" Національного аграрного університету.

Сажко В.А.
С 14 Електрообладнання автомобілів і тракторів: Підручник. – К.: Каравела, 2009. – 400 с.

ISBN 966-96331-1-7

Розглянуто принцип дії, будову, роботу та експлуатацію систем і окремих виробів електрообладнання автомобілів і тракторів, що експлуатуються в Україні. Особливу увагу приділено електронним регуляторам напруги, електронним системам запалювання робочої суміші, електронним системам впорскування пального, електронним антиблокувальним системам гальм (ABS) електронним системам керування диференціалом коліс (EDS), системам з автоматичною коробкою передач, імобілайзерам, кондиціонерам. Наведено рекомендації щодо експлуатації, виявлення та усунення можливих несправностей системи електрообладнання автомобілів і тракторів.

Для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за спеціальностями «Колісні та гусеничні транспортні засоби», «Автомобілі і автомобільне господарство» та ін.

УДК 629.113.066
ББК 39.33-04я73

© Сажко В.А., 2009
© Видавництво «Каравела», 2009

ISBN 966-96331-1-7

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА 6

Розділ 1. СИСТЕМА ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ 8
1.1. Системи енергопостачання автомобілів і тракторів 8
1.2. Принцип дії генератора змінного струму 9
1.3. Трифазний випрямляч генератора 10
1.4. Генератори з додатковими випрямлячами для обмотки збудження 13
1.5. Принцип дії безконтактних індукторних генераторів змінного струму 14
1.6. Конструктивне виконання генераторів змінного струму та їх технічні характеристики 16
1.7. Електричні характеристики генераторів 27
1.8. Регулятори напруги 30
1.9. Експлуатація генераторних установок та їхні основні несправності 50
1.10. Свинцево-кислотні акумуляторні батареї 60
1.11. Будова свинцево-кислотних акумуляторних батарей 62
1.12. Технічні характеристики свинцево-кислотних акумуляторних батарей 66
1.13. Основні електричні характеристики свинцево-кислотних стартерних акумуляторних батарей 70
1.14. Основні несправності свинцево-кислотних акумуляторних батарей 75
1.15. Експлуатація стартерних акумуляторних батарей 77
1.16. Лужні акумуляторні батареї та електростатичні джерела енергії 85

Розділ 2. СИСТЕМА ПУСКУ 88
2.1. Загальні відомості 88
2.2. Електромеханічні характеристики електродвигунів стартера 92
2.3. Будова стартера 96
2.4. Електричні схеми керування стартером 106
2.5. Системи полегшення пуску холодного двигуна 112
2.6. Технічне обслуговування апаратів системи пуску 119
2.7. Перевірка деталей та вузлів системи пуску 123
2.8. Несправності та ремонт стартерів 127
2.9. Перевірка працездатності електрофакельних підігрівників 129

РОЗДІЛ 3. СИСТЕМА ЗАПАЛЮВАННЯ 131
3.1. Загальні відомості 131
3.2. Запалювання робочої суміші в бензинових двигунах 132
3.3. Принцип дії класичної системи запалювання 139
3.4. Конструкція апаратів класичної системи запалювання 143
3.5. Робота класичної батарейної системи запалювання 153
3.6. Контактно-транзисторна система запалювання. Особливості конструкції апаратів 154
3.7. Транзисторна безконтактна система запалювання. Принцип дії. Датчики-розподільники 161
3.8. Цифрові та мікропроцесорні системи запалювання 175
3.9. Система запалювання з накопиченням енергії в конденсаторі ... 204
3.10. Система запалювання від магнето 208
3.11. Експлуатація системи запалювання та її основні несправності .. 215
3.12. Технічне обслуговування систем запалювання 225

Розділ 4. СИСТЕМИ ПАЛИВОПОДАЧІ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ 248
4.1. Загальні відомості 248
4.2. Системи центрального впорскування з електронним керуванням... 250
4.3. Системи розподіленого (багатоточкового) впорскування пального 256
4.4. Системи безпосереднього впорскування бензину (група «D») ... 264
4.5. Комплексні електронні системи керування двигуном 268
4.6. Електронні системи керування паливоподаванням автомобільних дизелів 270
4.7. Експлуатація, регулювання та пошук несправностей системи паливоподачі ДВЗ 273

Розділ 5. СИСТЕМА ОСВІТЛЕННЯ ТА СИГНАЛІЗАЦІЇ 278
5.1. Загальні відомості 278
5.2. Автомобільні та тракторні світлові прилади 280
5.3. Джерела світла 293
5.4. Комутаційна апаратура системи освітлення та світлової сигналізації 298
5.5. Експлуатація та основні несправності системи освітлення і світлової сигналізації 306
5.6. Технічне обслуговування системи освітлення і світлової сигналізації 307

Розділ 6. ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА 314
6.1. Загальні відомості 314

6.2. Контрольно-вимірювальні прилади 315
6.3. Прилади вимірювання температури 316
6.4. Прилади вимірювання тиску 323
6.5. Прилади вимірювання рівня пального 329
6.6. Прилади вимірювання швидкості руху та частоти обертання колінчастого вала двигуна 334
6.7. Бортова система контролю 338
6.8. Експлуатація та основні несправності інформаційно-вимірювальної системи 340
6.9. Технічне обслуговування та випробування інформаційно-вимірювальної системи 343

Розділ 7. ДОПОМІЖНЕ ОБЛАДНАННЯ 347
7.1. Звукові сигнали 347
7.2. Скло- і фароочисники, обмивники та вентилятори 349
7.3. Електропривід допоміжного обладнання 351
7.4. Схеми керування електроприводом 356
7.5. Системи керування автомобільними кондиціонерами 361
7.6. Технічне обслуговування та основні несправності допоміжного електрообладнання 365

Розділ 8. ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТРАНСМІСІЄЮ 369
8.1. Системи автоматичного керування гідравлічними гальмами автомобіля 369
8.2. Гальмівна система автомобіля з автоматичним антиблокуванням коліс (ABS) 370
8.3. Система електронного блокування диференціалу ведучого моста (EDS) 379
8.4. Електронне керування коробкою передач 381
8.5. Обслуговування та діагностування електронних систем керування трансмісією 387

Розділ 9. КОМУТАЦІЙНА АПАРАТУРА ТА ЕЛЕКТРОННІ ПРОТИКРАДІЖНІ ПРИСТРОЇ 391
9.1. Загальні відомості 391
9.2. Мультиплексна система проводки 393
9.3. Електронні протикрадіжні пристрої 396
9.4. Експлуатація комутаційної апаратури та протикрадіжних пристроїв 398

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ 399

ПЕРЕДМОВА

Електрообладнання сучасного автомобіля чи трактора є складною системою, що включає більше 100 виробів. Застосування електроніки на автомобілях та тракторах забезпечує автоматизацію робочих процесів, економію пального, безпеку руху, чистоту навколишнього середовища та поліпшує умови праці водія.

Застосування електроніки набуває темпів. Зараз з'явилися регулятори напруги на інтегральних схемах, мікропроцесорні системи запалювання, електронні пристрої керування гальмами і впорскування пального. Електронні системи використовуються також для діагностування технічного стану вузлів та агрегатів автомобілів та тракторів і можуть не тільки вказувати на несправність, а й повідомляти водієві про виниклі несправності в системах гальм, змащування та охолодження, про відчинені двері, затиснуте ручне гальмо тощо. Набули популярності серед водіїв радіоприймачі, магнітофони, кондиціонери, телефони.

Автомобіль чи трактор, який не має електронної системи запалювання, надійних джерел енергопостачання, точних контрольно-вимірювальних приладів, пристроїв, що запобігають забрудненню навколишнього середовища та зменшують до мінімуму витрату пального, не може бути конкурентоспроможним за ринкових умов України, а тим паче на світовому ринку.

Останні роки, коли Україна стала незалежною демократичною країною, автомобільний та тракторний парк став складатися не тільки з автомобілів та тракторів, що випускаються в країнах СНД (Росія, Білорусь, Україна), а й з автомобілів та тракторів, що випускаються в інших розвинутих країнах світу (Німеччина, США, Японія, Італія, Франція і т.д.). Описати будову, конструкцію, потужність та розміри апаратів електрообладнання такої гами автобусів, вантажних, легкових автомобілів та тракторів в одній книзі практично неможливо. Тому в даному підручнику перевагу віддано опису принципів дії та структурним схемам апаратів електрообладнання. Адже принцип дії та принципова конструктивна будова апаратів електрообладнання однакові в усьому світі і не залежать від країни виготовлення. Для кращого розуміння принципів дії генераторів, акумуляторів, стартерів, систем запалювання тощо в підручнику приводяться по 2-3 приклади конструкцій того чи іншого апарату системи електрообладнання.

Електрообладнання всього автомобіля чи трактора доцільно представити у вигляді ряду самостійних функціональних систем: енергопостачання, пуску, запалювання, живлення, освітлення, сигналізації,

інформації та діагностики, системи автоматичного керування двигуном та трансмісією, а також додаткового обладнання.

Велика насиченість автомобіля та трактора електронними пристроями змінила й вимоги до його технічної експлуатації.

Технічне обслуговування, ремонт та діагностування сучасного автомобіля чи трактора може виконувати лише висококваліфікований технічний персонал, який досконало знає його будову та правила експлуатації.

Запропонована книга несе інформацію студентам автомобільних спеціальностей вищих навчальних закладів про принципи дії, будову, правила технічної експлуатації та ремонт виробів сучасного автотракторного електрообладнання.

Книга є підручником з дисципліни "Електрообладнання автомобілів і тракторів", а її зміст є корисним і для студентів, які цей матеріал вивчають в дисциплінах "Електричне та електронне обладнання автомобілів", "Електрообладнання автомобілів" тощо, тобто з напряму підготовки фахівців "Автомобільний транспорт".

Розділ 1. СИСТЕМА ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

1.1. Системи енергопостачання автомобілів і тракторів

Автомобільна чи тракторна система енергопостачання – це сукупність обладнання, що забезпечує виробництво електричної енергії, розподіл та передачу її споживачам.

На автомобілях та тракторах застосовується система енергопостачання постійного струму напругою 14 або 28 В. В систему енергопостачання входять джерела електричної енергії (генератор та акумуляторна батарея), регулюючі пристрої (регулятори напруги) та елементи контролю і захисту від можливих аварійних режимів.

Головним джерелом електричної енергії в системі енергопостачання є генератор змінного струму з випрямлячем. Вал генератора має привід від двигуна внутрішнього згоряння через ремінну передачу.

Віддачу електричної енергії генератором навіть при мінімальній частоті обертання колінчатого вала двигуна в режимі холостого ходу можна забезпечити шляхом збільшення передаточного числа ремінної передачі приводу генератора. Але при передаточному числі більше 3 зменшується терміни служби ремінної передачі і збільшуються механічні навантаження на обертальні вузли і деталі генератора та на підшипники.

Спеціальний вузол генератора – випрямляч забезпечує перетворення змінного струму в постійний.

Завдяки напівпровідниковому випрямлячу значно підвищилась надійність та питома потужність генераторів, розширився діапазон робочих частот обертання ротора, зменшилась трудомісткість технічного обслуговування під час експлуатації.

Крім енергопостачання споживачів, що входять в систему електрообладнання автомобіля чи трактора, генератор має забезпечити зарядку акумуляторної батареї при працюючому двигуні. Потужність генератора вибирається такою, щоб при різних режимах руху автомобіля чи трактора не відбувався прогресуючий розряд акумуляторної батареї.

Напруга в бортовій мережі автомобіля має бути стабільною в широкому діапазоні зміни частот обертання колінчатого вала двигуна. Ця вимога пов'язана з тим, що акумуляторна батарея чутлива до рівня напруги.

Низька напруга призводить до недозарядки батареї і, як наслідок, до затрудненого пуску двигуна. Висока напруга призводить до перезаряду батареї і прискореному виходу її з ладу. Дуже чутливі до рівня напруги бортової мережі також мікропроцесори та лампочки приладів освітлення та сигналізації.

Генератор з регулятором напруги створює генераторну установку.

Генераторна установка характеризується перш за все потужністю. Потужність генераторних установок зростає з кожним роком. На кінець XX ст. потужність зросла до 800-900 Вт, а на автомобілях вищого класу потужність генератора на 300-400 Вт більша, що пояснюється наявністю приладів підвищеного комфорту в салоні, перш за все кондиціонера.

На сучасних легкових автомобілях середнього класу та на вантажних автомобілях і тракторах переважають генераторні установки, розраховані на максимальну силу струму 50-70 А, а на автомобілях вищого класу – до 90-100 А, тобто максимальна потужність досягає 1,4-1,5 кВт. В таких випадках витрати пального на привід генератора може складати 6% загальних витрат.

Ресурс генераторів змінного струму досягає 200-300 тис. км пробігу автомобіля.

Нині випускаються два типи генераторів змінного струму: з контактними кільцями та щітками і безконтактні індукторні.

1.2. Принцип дії генератора змінного струму

Принцип дії генератора змінного струму ґрунтується на явищах електромагнітної індукції, відкритих М.Фарадеєм. Якщо котушку із мідного проводу пронизує магнітний потік, то при зміні полюсів на виводах цієї котушки з'явиться змінна електрорушійна сила (ЕРС).

А для створення магнітного потоку достатньо пропустить постійний струм через якусь іншу котушку, що називається обмоткою збудження.

Таким чином для отримання змінного електричного струму в генераторі існує обмотка збудження по який протікає постійний електричний струм створюючи магнітний потік.

Сталева полюсна система, що обертається на валу разом з обмоткою збудження призначена для підведення цього магнітного потоку до котушок в яких виробляється змінна напруга. Вони розташовані нерухомо в пазах сталевої конструкції і утворюють статор генератора.

На рис. 1.1 показана схема генератора, де магнітний потік із полюса S, перетинаючи повітряний зазор, пронизує зубець ротора, потім статор, і вдруге перетинаючи повітряний зазор, досягає полюса N. Цей шлях на рис. 1.1 позначено штриховою лінією.

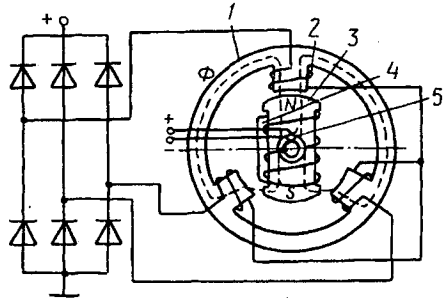


Рис. 1.1. Схема генератора змінного струму.
1 – статор; 2 – обмотка статора; 3 – полюс ротора;
4 – обмотка збудження; 5 – щітки.

Під час обертання ротора під кожним зубцем статора проходить навперемінно то північний, то південний полюс ротора. Магнітний потік протікає через зубці статора, змінюється за величиною й напрямом і перетинає провідники трифазної обмотки, закладеної в пази між зубцями.

Дійсне (ефективне) значення електрорушійної сили (ЕРС), наводжуване в обмотці однієї фази генератора робочим магнітним потоком Ф, Вб,

$$E_{\Phi} = 4,44 K_{об} f W \Phi,$$

$$f = \frac{pn}{60},$$

де $K_{об.}$ – обмотковий коефіцієнт; f – частота індукованої ЕРС, Гц; p – кількість пар полюсів; n – частота обертання, хв$^{-1}$; W – кількість послідовно з'єднаних витків в обмотці однієї фази статора.

Значення обмоткового коефіцієнта залежить від кількості пазів q статора, що припадає на полюс і фазу: 0,866 – для трифазних генераторів, в яких q = 0,5 (18 пазів на статорі, 12 полюсів на роторі); 1,0 – для трифазних генераторів, в яких q=1 (36 пазів на статорі, 12 полюсів на роторі); 0,966 – для трифазних генераторів, в яких q=2 (72 пази на статорі, 12 полюсів на роторі).

Вираз для ЕРС можна записати в спрощеному вигляді:

$$E_{\phi} = C_e n \Phi,$$

де для даного генератора сталий коефіцієнт:

$$C_e = \frac{4,44 p W K_{об}}{60}.$$

1.3. Трифазний випрямляч генератора

Характер зміни ЕРС в обмотках статора залежить від кривої розподілу магнітної індукції в зазорі, що визначається формою полюса. Форма

полюса, як правило, виготовляється такою, щоб форма ЕРС наближалась до синусоїди. Розглядаючи процес випрямлення, можна оперувати напругами фаз:

$$U_A = U_m \sin \omega t;$$

$$U_B = U_m \sin(\omega t - \frac{2}{3}\pi);$$

$$U_C = U_m \sin(\omega t + \frac{2}{3}\pi),$$

де U_m – максимальне значення фазної напруги; $\omega = 2\pi f = \frac{\pi pn}{30}$ – кутова частота обертання.

Змінний струм генератора перетворюється на постійний за допомогою випрямляча, який має шість діодів (рис. 1.2, а), що створюють трифазну мостову схему. Перша група – це діоди VD1, VD3 і VD5, катоди яких з'єднані між собою, створюють позитивний полюс випрямленої напруги, друга група – діоди VD2, VD4 і VD6, аноди яких з'єднані між собою, створюють негативний полюс випрямленої напруги.

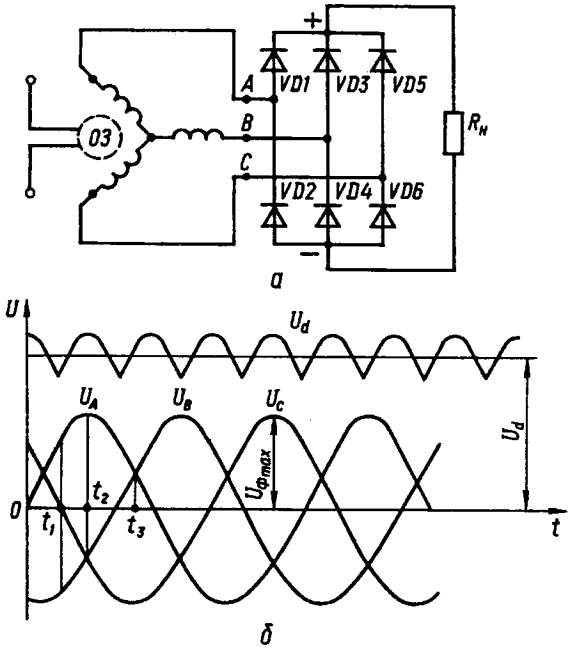


Рис. 1.2. Трифазний випрямляч генератора:
а – схема генераторної установки;
б – графік зміни напруги в залежності від часу

У кожний момент часу працюють два діоди – по одному з кожної групи. В першій групі струм проводить той діод, анод якого перебуває під найбільшим потенціалом; у другій групі струм проводить діод, катод якого перебуває під найменшим потенціалом.

Наприклад, в інтервалі часу $t_1 \ldots t_2$ струм протікає від фази А до фази В через діод VD1, що має найбільший потенціал аноду в першій групі, навантаження $R_Н$ та діод VD4, який має найменший потенціал у другій групі. В момент t_z замість діода VD4 починає працювати діод VD6, а діод VD1 проводить струм ще 1/6 періоду до моменту t_3, потім на заміну діода VD1 приступає до роботи діод VD3. Отже, кожний діод пропускає струм протягом однієї третини періоду. Трифазна мостова схема випрямлення струму забезпечує відносно невеликі пульсації випрямлення напруги. Так, випрямлена напруга визначається координатами між верхніми та нижніми дугами фазних напруг U_A, U_B і U_C (рис. 1.2, б). Тому випрямлена напруга – U_D пульсуюча, і частота пульсації в 6 разів більша, ніж частота змінної напруги, тобто:

$$fn = 6f = (6pn) / 60 = 0,1\ pn.$$

Максимальне значення випрямленої напруги становить 1,73 U_m, а мінімальне – 1,5 U_m. Пульсація випрямленої напруги:

$$\Delta U_d = (1,73 - 1,5) U_m = 0,23 U_m.$$

Середнє значення випрямленої напруги з періодом пульсації T/6 можна визначити за формулою:

$$U_d = \frac{6}{T} \int_{-T/12}^{T/12} \sqrt{3} U_m \cos \omega t dt = 1,65 U_m = 2,34 U_Ф = 1,35 U_л.$$

Пульсацію випрямленої напруги можна виразити через середнє значення випрямленої напруги:

$$\Delta U_d = (0,23 U_d) / 1,65 = 0,139 U_d.$$

Наприклад, при середньому значенні випрямленої напруги 14 В пульсація становить 1,95 В. При цьому максимальне значення досягає 14,65 В, а мінімальне – 12,7 В.

Із підключенням до генератора активного навантаження протікає струм:

$$i_d = U_d / R_H.$$

Отже, форма випрямленого струму має такий самий вигляд, як і випрямлена напруга, тобто випрямлений струм пульсуватиме з амплітудною пульсацією:

$$i_{dm} = U_{dm} / R_H.$$

Середнє значення випрямленого струму:

$$I_d = \frac{6}{T} \int_{-T/12}^{T/12} I_{dm} \cos \omega t dt = (3I_{dm})/\pi = 0{,}955 I_{dm}.$$

1.4. Генератори з додатковими випрямлячами для обмотки збудження

У генераторах, в яких обмотка збудження споживає струм від акумуляторної батареї, при тривалій зупинці автомобіля чи трактора відбувається невелике розряджання акумуляторної батареї та нагрівання обмотки збудження.

Нині випускаються генератори з живленням обмотки збудження від трьох додаткових діодів, що забезпечують автоматичний захист від розряджання акумуляторної батареї на обмотку збудження.

Додатковий випрямляч (рис. 1.3) має одне плече з трьох діодів (VD7, VD8, VD9). Обмотка збудження у цьому випадку отримує струм від генератора через додатковий випрямляч і плече основного випрямляча (VD4, VD5, VD6). Проте, оскільки практично немає залишкового магнітного потоку в генераторах змінного струму, то самозбудження генераторів не відбувається. Тому в початкових періодах обертання ротора струм невеликої сили, що надходить через лампу (рис. 1.3) від акумуляторної батареї, є достатнім для збудження генератора, але водночас він не може значно впливати на розряджання акумуляторної батареї. Паралельно до контрольної лампи підключається резистор, щоб у разі її перегоряння генератор збуджувався.

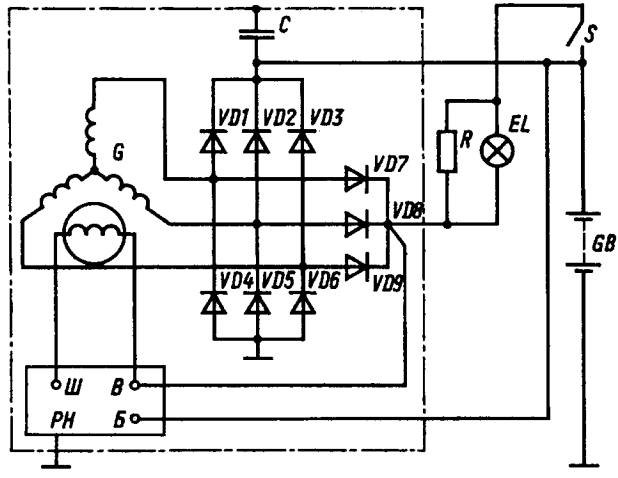


Рис. 1.3. Схема генераторної установки з додатковим випрямлячем

Лампочка одночасно є й елементом контролю роботоздатності генераторної установки. При зупинці двигуна, коли включений вимикач запалювання, лампочка загоряється. Після запуску двигуна, коли напруга акумуляторної батареї буде близька до напруги генератора, лампочка гасне. Якщо при працюючому двигуні цього не відбувається, то генераторна установка несправна. Оскільки додатковий випрямляч запобігає протіканню струму збудження через контакти вимикача запалювання, то надійність і ресурс вимикача збільшуються.

1.5. Принцип дії безконтактних індукторних генераторів змінного струму

Більш надійні та довговічніші в роботі індукторні електромагнітні генератори, які не мають контактних кілець та щіток. Принцип дії індукторного генератора можна пояснити за схемою на рис. 1.4.

На рисунку зображений електромагніт (рис. 1.4, а) з обмоткою збудження ОЗ, по якій протікає струм. Полюси електромагніту мають пази, в які закладено котушки. Між полюсами встановлено зіркоподібний ротор. На всю довжину дуги розточки електромагніту (статора) припадає ціле число зубцевих виступів ротора. При цьому кількість виступних зубців у два рази більша за кількість пазів статора.

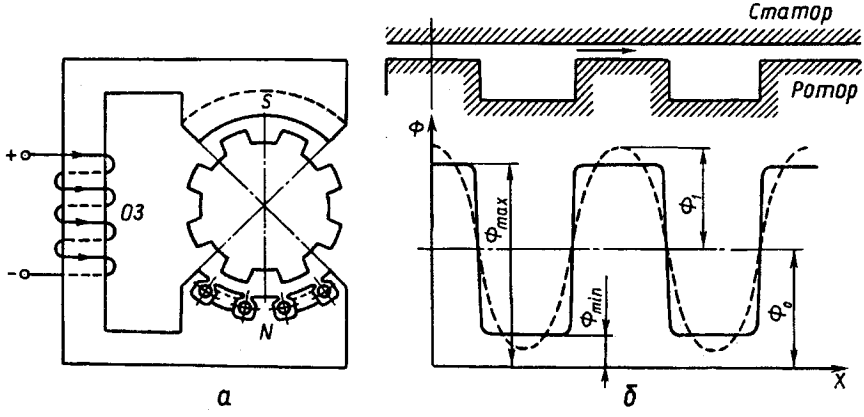


Рис. 1.4. Схема безконтактного генератора змінного струму: а – електромагніт з ротором, що обертається; б – розподіл магнітного потоку в зазорі індукторної машини

Якщо відкритість паза мала, то при обертанні ротора повний опір магнітопроводу не змінюється. Отже, при незмінній МРС незмінним буде і потік Ф, що протікає по всьому магнітопроводу. Незалежно від положення

ротора більша частина потоку протікатиме через зубці ротора і тільки незначна частина – через пази.

Під час обертання ротора положення його зубців щодо зубців статора змінюється, і потік, який протікає через зубець статора, періодично змінюється від максимального значення (коли всі зубці збігаються) до мінімального (коли вісь зубця статора збігається з віссю паза ротора). Зміна магнітного потоку в зубцях статора спричиняє появу ЕРС в обмотці якоря.

Зміна магнітного потоку в повітряному зазорі на зовнішній частині ротора зображена на рис. 1.4, б. Функція $\Phi = f(x)$ має властивості симетрії відносно осей координат. Тому при розкладі її у ряд Фур'є матимемо лише постійну складову та непарні косинусоїди:

$$\Phi = \Phi_0 + \Phi_1 \cos x + \Phi_3 \cos 3x + \Phi_5 \cos 5x + \ldots$$

Якщо знехтуємо високими гармонічними складовими, то матимемо такий вираз:

$$\Phi = \Phi_0 + \Phi_1 \cos x,$$

де $\Phi_0 = 0,5(\Phi_{max} + \Phi_{min})$ – постійна складова магнітного потоку; $\Phi_1 = 0,5(\Phi_{max} + \Phi_{min})$ – амплітуда першої гармоніки.

У цьому випадку поле першої гармоніки під пазом ротора має один знак, а під зубцем ротора – протилежний. Отже, зубець та паз ротора для потоку першої гармоніки можна розглядати, як полюси різнойменної полярності.

Кількість пар полюсів у розглянутому випадку дорівнює кількості зубців ротора, тобто $p = Z_2$. При обертанні ротора з кутовою швидкістю $\omega = 2\pi f (x = \omega t)$ зміну потоку в зазорі можна подати у вигляді формули:

$$\Phi = \Phi_0 + \Phi_1 \cos \omega t.$$

Зміна магнітного потоку в зубцях статора спричиняє індукування в котушці статора, яка розміщена на зубці, ЕРС:

$$e_к = W_к \frac{d\Phi}{dt} = \omega W_к \Phi_1 \sin \omega t,$$

де $W_к$ – кількість витків у котушці.

Миттєве значення ЕРС у фазі обмотки якоря:

$$e_1 = W_k Z_S = \omega e_k Z_S \sin \omega t = E_m \sin \omega t,$$

де $E_m = \omega W_k Z_S \Phi_1$ – амплітудне значення ЕРС; Z_s – число послідовно ввімкнених котушок фази.

Дійсне значення ЕРС фази з урахуванням реальної форми магнітного потоку в зазорі можна виразити за формулою:

$$E_1 = 2,2\frac{Z_2 n}{60} W_k Z_k (\Phi_{max} - \Phi_{min}).$$

Так, при обертанні ротора у витках котушки статора індукується зміна ЕРС із частотою, пропорційною частоті обертання ротора.

В індукторних генераторах обмотка збудження нерухома, тобто вона не потребує рухомих контактів. Отже, індукторні генератори безконтактні.

1.6. Конструктивне виконання генераторів змінного струму та їх технічні характеристики

Типовий генератор змінного струму з електромагнітним збудженням моделі 37.3701 установлено на автомобілях Волзького автомобільного заводу ВАЗ-21083, ВАЗ-21093 та інших моделях цього заводу (рис. 1.5). Номінальна напруга – 14 В, потужність – 750 Вт, номінальний струм – 55 А, ресурс – 125 тис. км пробігу автомобіля.

Генератор складається зі статора 21, ротора 8, кришки з боку контактних кілець 1, випрямного блока 2 і шківа з вентилятором 15. Пакет статора зібрано з пластин електротехнічної сталі, завтовшки 1 мм, з'єднаних зварюванням у чотирьох точках. Трифазну обмотку статора 22 розміщено в пазах напівзакритої форми. Обмотка триплощинна, двошарова; фазові обмотки з'єднано подвійною зіркою. Кількість витків у фазі становить 54, діаметр проводу фази – 1,0 мм, опір фази в холодному стані – 0,155 Ом.

Ротор містить вал 8, обмотку збудження 20, дзьобоподібні полюси 16 і 23 та контактні кільця 5. Обмотку збудження ізольовано від полюсів пластмасовим каркасом, а її кінці припаяно до контактних кілець і виведено на затискач 11. Щоб запобігти прокручуванню й міжвитковому замиканню, обмотку слід просочити лаком, а зібраний ротор для зниження вібрації треба збалансувати у двох площинах. Динамічний дисбаланс у кожній площині не перевищує 4 г·см. Обмотка у холодному стані має опір 2,6 Ом.

У кришках генератора 1 і 19, що відлиті з алюмінієвого сплаву, розміщено кулькові підшипники 6 і 18, а для запобігання прокручуванню зовнішньої обойми кулькового підшипника в рівчаку кришки з боку контактних кілець поставлено гумове кільце. Кришки мають вентиляційне вікно. З боку приводу кришку обладнано сталевою шпилькою 14 кріплення зовнішньої планки генератора й армованою сталевою втулкою 25 у кріпильній лапі генератора.

У кріпильній лапі генератора з боку контактних кілець розміщено армовану втулку 26, яка запобігає утворенню осьового зазору під час закріплення генератора на двигуні. На кришці з боку контактних кілець розміщено щіткотримач із двома щітками 13, конструктивно з'єднаний з інтегральним регулятором напруги 12, випрямний блок 2 із трьома додатковими діодами для живлення обмотки збудження та забезпечення

контролю за роботою генератора й заряджанням акумуляторної батареї, шумоприглушувальний конденсатор 7 ємністю 2,2 мкФ.

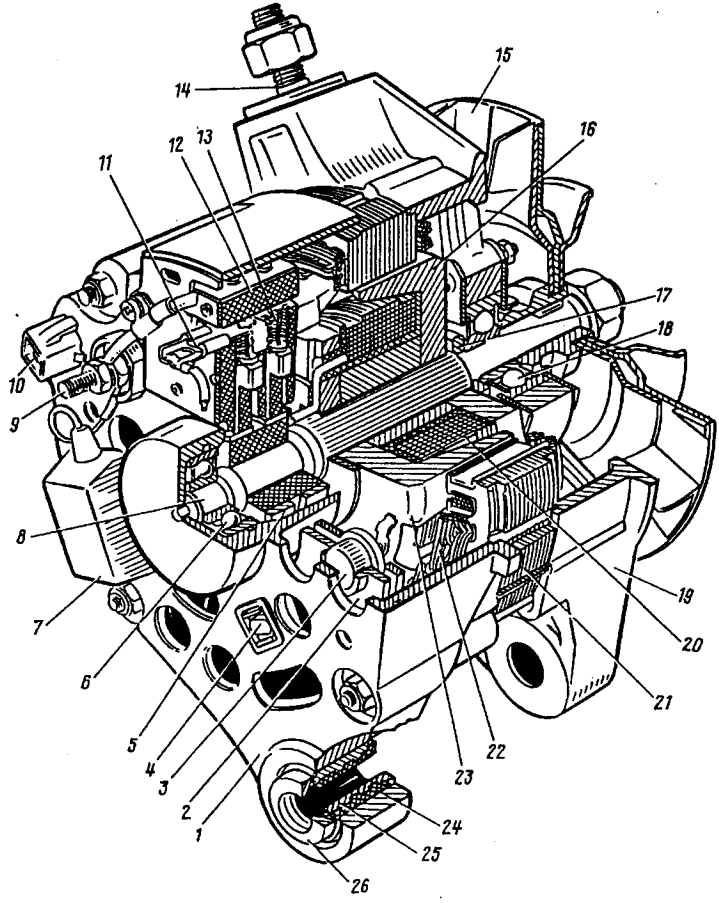


Рис. 1.5. Схема генератора 37.3701:
1 – кришка з боку контактних кілець; 2 – випрямний блок; 3, 4 – його вентиль і гвинт кріплення; 5 – контактне кільце; 6 – задній кульковий підшипник; 7 – конденсатор; 8 – вал ротора; 9, 10 – виводи «30» і «61» генератора; 11 – вивід «В» регулятора напруги; 12 – регулятор напруги; 13 – щітка; 14 – шпилька кріплення генератора до натяжної планки; 15 – шків із вентилятором; 16, 23 – полюсні наконечники ротора; 17 – дистанційна втулка; 18 – передній кульковий підшипник; 19 – кришка з боку приводу; 20, 22 – обмотки ротора і статора відповідно; 21 – статор; 24, 26 – буферна і підтискна втулки відповідно; 25 – втулка

ИТБ ВНТУ
м. Вінниця

Протяжну вентиляцію генератора забезпечує відцентровий вентилятор 15, закріплений на валу ротора за допомогою сегментної шпонки.

Інші типи російських генераторів мають той же принцип дії і конструкцію аналогічну розглянутій вище і відрізняються від неї, як правило, потужністю, габаритними розмірами або конфігурацією окремих деталей.

Технічні характеристики російських генераторів змінного струму наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Технічні параметри російських генераторів

Модель генератора	Напруга, В	Струм віддачі *А* при частоті обертання		Марка автомобіля чи трактора	Маса генератора без шківа, кг
		$n_{x.x.}$ двигуна	n_{max} двигуна		
Г250 та його модифікації	14	24	40	ЗІЛ-130	5,2
37.3701	14	35	55	ВАЗ-21093	4,4
16.3701	14	45	65	ГАЗ-3102	5,6
32.3701	14	40	60	ЗІЛ-431410	5,0
29.3701	14	32	50	Москвич 2140	5,0
17.3701	14	24	40	ЗІЛ-495850	5,2
65.3701	28	60	90	ЛіАЗ 5256	15.0
Г273 та його модифікації	28	20	28	КамАЗ-5320	5,4
15.3701	14	45	70	Т-150К, ДТ-175С	6,2
46.3701	14	30	50	Т-30, А-80 ЛТЗ-55, МТЗ-80	5,8
54.370	14	32	50	ДТ-75МЛ	6,0

Провідними європейськими фірмами з виробництва автомобільних генераторів є фірми Bosch (Німеччина), Valeo (Франція) та Magneti Marelli (Італія). Фірма Bosch комплектує своїми генераторами автомобілі, що випускаються в Німеччині: Mercedes, BMW, Audi, Opel, Volkswagen та інші.

Valeo орієнтована на французьке автомобільне виробництво Peugeot, Citroen, Renault, а також на автомобілі Volvo. Magneti Marelli – це головний постачальник фірми FIAT. Генераторами фірми Lucas, що ввійшла до складу Magneti Marelli, комплектуються англійські автомобілі. Представником європейських генераторів є генератор, зображений на рис. 1.6.

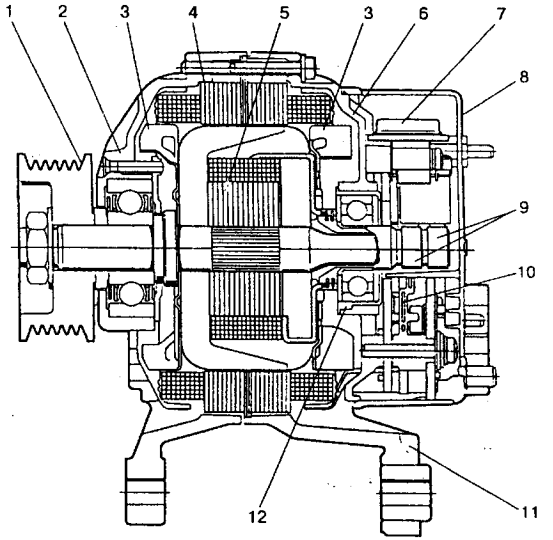


Рис. 1.6. Генератор типу GC, KC, і NC фірми Bosch
1 – шків; 2,6 – передня та задня кришка; 3 – вентилятори; 4 – статор; 5 – обмотка збудження; 7 – вузол щіткотримач-регулятор напруги; 8 – захисний кожух; 9 – контактні кільця; 10 – випрямляючий блок; 11 – кріпильна лапа; 12 – пластмасовий стакан

Магнітна система цих генераторів дванадцятиполюсна. Статор 4 виготовляється шляхом навивки сталевої стрічки на ребро, має 36 напівзакритих пазів з ізоляційним покриттям, виготовленим шляхом напилення. Опір обмотки збудження на різних типах генераторів різний і знаходиться в межах 4,5–2,6 Ом.

Різна потужність генераторів забезпечується зміною обмоткових даних статора та ротора (число витків та діаметр проводу).

Випрямний блок 10 складається з двох алюмінієвих або мідних тепловідводів товщиною 2,5…3 мм в отвори яких запресовані силові діоди відповідної полярності. Кожний з цих діодів розрахований на струм 30 А. Якщо генератор виробляє струм більше 90 А то застосовується блоки з подвоєним числом діодів (по 2 діоди паралельно). Додаткові діоди для обмотки збудження монтуються в пластмасовому корпусі, кожний з них розрахований на струм біля 2 А.

Зовнішні виводи випрямного блоку виходять з генератора через відповідні вікна і отвори в кришці. У вікно кришки з боку контактних кілець вставляється та кріпиться двома гвинтами об'єднаний в нерознімну конструкцію вузол 7 "щіткотримач-регулятор напруги". Для зняття та установки цього вузла знімати генератор з двигуна немає потреби.

В двох каналах щіткотримача розміщені мідно-графітові щітки з канатиками та нажимні пружини. Поперечний переріз щіток 5х8мм. В процесі експлуатації щітки зношуються і при виступаючій висоті менш 5 мм мають бути замінені новими для виключення їх замикання і відмови генератора.

Контактні кільця 9 генераторів мають діаметр 32, 28 або 15,5 мм в залежності від типу генератора.

В опорах ротора фірма Bosch застосовує кулькові підшипники з двохсторонніми гумовими ущільнювачами. Для виключення прокручування зовнішньої обойми підшипника в гнізді кришки з боку контактних кілець використовується хвиляста стальна пружинна шайба або пластмасовий стакан 12 в якому розташоване зовнішнє кільце. Розміри підшипників, що визначають їх роботоздатність, можуть мінятися на одному і тому ж генераторі в залежності від величини навантаження від привідного паса та вимог щодо надійності автомобіля.

Привідні шківи 1 генераторів сталеві штамповані, розміри їх та число канавок залежать від передаточного відношення приводу і потужності що передається ременем.

Генератори фірми Bosch розраховані на велике передаточне число приводу (2,5-3,0). Тому струм, що віддається генератором на холостому ходу фірма вказує при частоті обертання вала генератора 1800 (замість 1500) хв$^{-1}$.

Максимальна частота обертання вала досягає 18000 хв$^{-1}$.

Всередині генератора встановлюються два вентилятори 3. Схема вентиляції двохпоточна. Охолоджуюче повітря входить в генератор з двох торців, а вже нагріте викидається через вентиляційні щілини на циліндричній поверхні кришок.

Таблиця 1.2

Основні параметри генераторів фірми Bosch

Тип	Модель	Струм віддачі А при частоті обертання		Марка автомобіля	Зовнішній діаметр статора мм	Маса генератора без шківа, кг
		1800 хв$^{-1}$	6000 хв$^{-1}$			
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
K1-14V	20/45 A 23/55 A	20 23	45 55	Volkswagen з диз.двиг. Volvo 740,760 Mercedes-Benz 190,200; Opel Cadet; Opel Omega; Volkswagen Golf; Polo	125 125	4 4,2

1	2	3	4	5	6	7
	23/65A	23	65	Mercedes-Benz 230, 250 Opel Omega; Audi-80; Volkswagen Jetta, Polo.	125	4,5
K1-14V (продовження)	28/70A	28	70	Volvo 440,460,480 Mercedes-Benz 230, 250, 300; Opel Omega; Opel Senator.	125	4,7
	30/85A	30	80	BMW-520i, 525i Volvo 740, 760	125	5,1
	36/80A	36	80	Mercedes-Benz 200, 230; BMW-530i, Volvo 740 Opel Senator	138	5,6
N1-14V	34/90A	34	90	BMW-525i, 530i, 535i; Opel Senator, Audi 80, 100, 200; Volkswagen Passat	138	5,6
	40/115A	40	115	BMW- 530i, 535i; Audi-100, 200; Porshe;	142	6,2
	25/140A	25	140	BMW-735i, 750i;	142	6,4
	27-50A	27	50	Volkswagen з дизельними двигунами	116	4,0
GC-14V	27-60A	27	60	Volkswagen Golf, Polo,	116	4,0
	30-60A	30	70	Audi 80; Volkswagen Polo	116	4,2
	40-70A	40	70	Mercedes-Benz 200, 230; Opel Omega, Senator,	125	4,9
	40-80A	40	80	Mercedes-Benz 300, 350; Volvo 740,760	125	4,9
KC-14V	45-80A	45	80	Opel Senator	125	5,4
	45-90A	45	90	BMW-725i, 730i, 535i; Opel Senator; Audi 80; Audi 100; Volkswagen Jetta; Passat	125	5,4
	50-100A	50	100	Mercedes-Benz 250, 420; Volvo 740,760	142	6,0
NC-14V	60-120A	60	120	Audi 100, 200, Porshe;	142	6,6
	40-140A	40	140	Mercedes-Benz 420, 500, 560, 600; BMW-735i, 750i, 850i.	142	6,7

Провідними фірмами США з виготовлення автомобільних генераторів є Delco Remy (General Motors) та Motorcraft (Ford) які випускають генератори, що відрізняються лише параметрами та конструкцією. Фірма Delco Remy випускає широку гаму генераторів. Серія генераторів S

(перші літери слів "System Integral" – інтегральна система) отримала таку назву в зв'язку з монтажем регулятора напруги в конструкцію генератора.

Генератори цієї фірми мають різне число полюсів, а саме: 12 – генератори 15S1 та 17S1, 14 – генератори 10S1 та 12S1, 16 – генератори 27S1.

Один із цих генераторів, а саме 12S1-100 представлений на рис. 1.7.

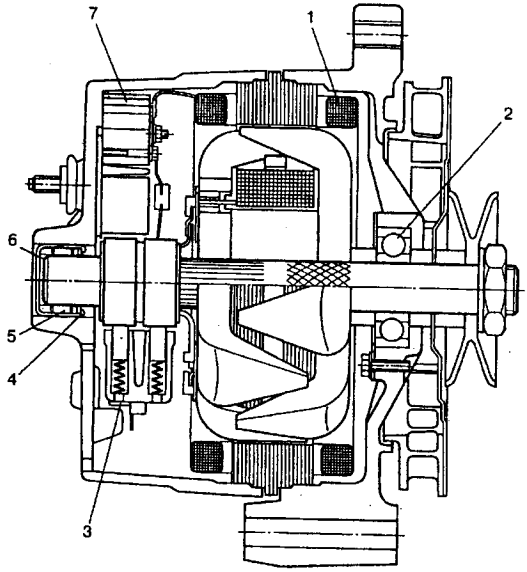


Рис. 1.7. Генератор 12S1-100 фірми Delco Remy (США): 1 – статор; 2 – кульковий підшипник; 3 – щіткотримач; 4 – ущільнення підшипника

Принцип дії цього генератора традиційний, і описаний в п. 1.2 цього розділу. Обмотки статора з'єднані між собою зіркою. Випрямний блок 7 має три додаткових діоди для живлення обмотки збудження. З'єднання обмоток у фази проводиться гвинтами.

Випрямляч 7, регулятор напруги та щіткотримач 3 розташовані на внутрішньому торці кришки з боку контактних кілець. Для сигналізації обриву кола збудження при працюючому двигуні між виводом «+» додаткового випрямляча для обмотки збудження та «масою» на гвинтах кріплення регулятора напруги та щіткотримача встановлений резистор на 40 Ом, призначений для розширення діагностичних функцій лампочки контролю справного стану.

Щітки – мідно-графітові з поперечним перерізом 5х8 мм. Підшипник з боку контактних кілець – гольчатий. Кріплення шківа та вентилятора забезпечується затягуванням гайки без шпонки.

Максимальна робоча частота обертання 12000 $хв^{-1}$. Останнім часом на зміну серії S1 прийшли генератори нової серії CS з підвищеними властивостями. Серія означається по початкових літерах слів "charging system"-зарядна система. Ці генератори розраховані на підвищену частоту обертання в зв'язку з чим віддача генератора на холостому ходу двигуна вказується 1800 $хв^{-1}$.

Генератори серії CS мають максимальний струм віддачі до 140 А, розраховані на більш високу допустиму частоту обертання: до 15000 $хв^{-1}$ в постійному режимі та 18000 $хв^{-1}$ при короткочасному.

Випрямний блок генераторів цієї серії виконаний на безкорпусних силових стабілітронах. Обмотка збудження має опір 1,8 Ом, з послідовно включеним вихідним транзистором регулятора.

Генератори фірми Delco Remy мають комбіновану систему вентиляції. Крім звичайного відцентрового вентилятора на приводному шківу, на торці ротора з боку контактних кілець встановлений додатковий відцентровий пластмасовий вентилятор.

Типи та основні параметри генераторів фірми Delco Remy приведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3.

Основні параметри генераторів фірми Delco Remy

Тип	Струм віддачі А при частоті обертання		Марка автомобіля	Зовнішній діаметр статора, мм	Маса генератора без шківа, кг
	1600хв$^{-1}$ для генераторів серії S1 1800 хв$^{-1}$ для серії CS	6000 хв$^{-1}$			
10S1-100	23	63	Chevrolet з 4-х цил. двиг.	140	4,8
12S1-100	30	66	Buick з 4-х циліндр. двиг.	140	5,1
	30	78	Chevrolet з 4-х цил.двиг.	140	5,1
	30	94	Buick з 4-х цил. двиг.	140	5,1
15S1-100	35	70	Cadillac з 6-ти цил. двиг.	150	6,1
	40	85	Pontiac з 4-х цил. двиг.	150	6,1
17S1-100	45	108	Chevrolet з 6-ти цил. двиг.	150	6,1
27S1-100	44	80	Cadillac з 6-ти цил.двиг.	168	7,2
	30	100	Pontiac з 6-ти цил. двиг.	168	7,2
CS-121	20	61	Chevrolet з 4-х цил.двиг.	61	4
	43	74	Pontiac з 4-х цил. двиг.	74	4,6
CS-130	26	85	Chevrolet з 4-х цил.двиг. Buick з 4-х цил. двиг.	85	4,6
	50	100	Cadillac з 8-ми цил. двиг. Chevrolet з 6-ти цил.двиг.	100	4,6
	62	105	Buick з 6-ти цил. двиг. Pontiac з 4-ти цил. двиг.	105	4,6
CS-144	48	108	Chevrolet з 6-ти цил.двиг.	108	6,0
	63	120	Cadillac з 8-ми цил. двиг. Chevrolet з 8-ми цил.двиг.	120	6,0
	83	140	Buick з 6-ти цил. двиг. Chevrolet з 8-ми цил.двиг.	140	6,0

Виробництво генераторів в Японії сконцентровано на фірмах Nippon Denso, Mitsubishi і Hitachi. Японські генератори пройшли традиційні етапи вдосконалення конструкції з протяжною вентиляцією, одні з перших застосували інтегральний регулятор. Зараз випускаються генератори з номінальною напругою 14 V, а номінальні вихідні струми дорівнюють 45, 55, 65, 70, 75, 80, 90, 110 та 120 А.

Загальний вид одного з японських генераторів показано на рис. 1.8.

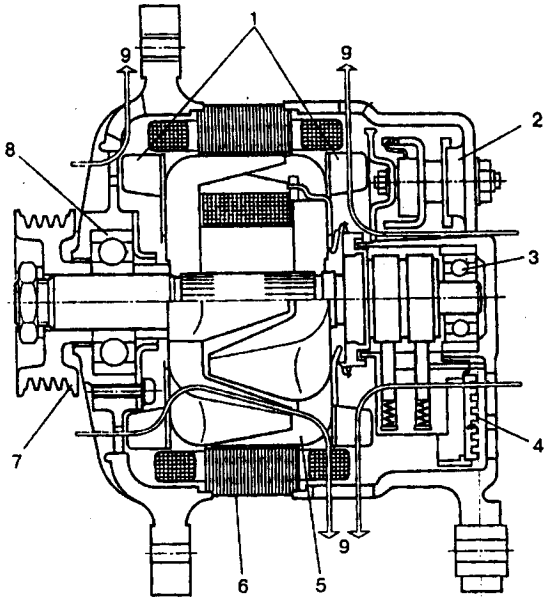


Рис. 1.8. Будова генератора LR-160 14V 60A фірми Hitachi (Японія):
1 – вентилятор; 2 – випрямний блок; 3, 8 – кулькові підшипни ки; 4 – регулятор напруги із щіткотримачами; 5 – ротор; 6 – статор; 7 – шків; 9 – стрілками вказані напрямки потоків охолоджуючого повітря

Як правило, у японських генераторів пакет статора 6 шліфований по зовнішньому діаметру і входить в проточку кришки по ковзаючій посадці. В зв'язку з цим центровка статора непотрібна. На кришці з боку контактних кілець кріпиться регулятор напруги 4 об'єднаний із щіткотримачем. На цій же кришці кріпиться випрямний блок 2, виготовлений у вигляді окремого конструктивного вузла.

Випрямний блок 2 складається із силових стабілітронів розташованих в пластмасовому корпусі в формі паралелепіпеда, а три додаткових діоди в циліндричному пластмасовому корпусі не об'єднані в один блок.

Контактні кільця мідні або із нержавіючої сталі встановлені між торцем ротора і підшипником. Щітки застосовуються мідно графітові з перерізом 5х8 мм, щіткотримач реактивного типу.

Легкові автомобілі Nissan комплектуються генераторами фірми Mitsubishi A 2T 48298 і A 2T 48292 на струми 70 А та генераторами фірми Hitachi LR 170-715 Б і LR 170-716 на струми 67,5 А.

Автомобілі Toyota комплектуються генераторами фірми Nippon Denso традиційної конструкції на струми 40, 45, 50, 55 А або комплектної конструкції на струми 40, 45, 60 та 70 А.

Індукторні безщіткові генератори застосовуються там де є вимоги надійності та довговічності, головним чином на тракторах магістральних тягачах, міжнародних автобусах і т.д. Підвищена надійність цих генераторів забезпечується тим, що в них відсутній щітково-контактний вузол що зношується та забруднюється, а обмотка збудження нерухома.

Представником російських індукторних генераторів може служити генератор 15.3701 (рис. 1.9) який встановлюється на тракторах Т-150, Т-150К, ДТ-175С та інших.

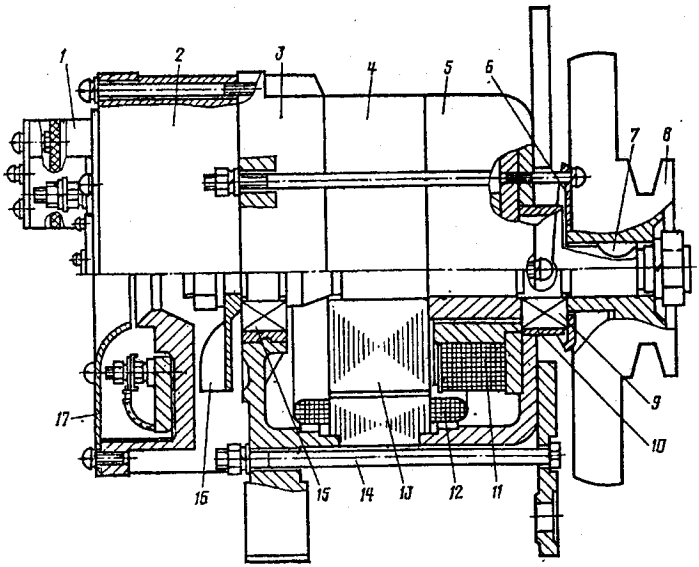


Рис. 1.9. Генератор 15.3701

1 – регулятор напруги; 2 – випрямний блок; 3 – задня кришка; 4 – статор; 5 – передня кришка; 6 – кришка кулькового підшипника; 7 – шпонка; 8 – шків; 9,15 – кулькові підшипники; 10 – втулка; 11 – котушка збудження; 12 – котушка п'ятифазної обмотки статора; 13 – ротор; 14 – стяжний болт; 16 – крильчатка; 17 – кришка випрямляча

Генератор представляє собою безконтактну п'ятифазну одноіменно-полюсну машину з одностороннім електромагнітним збудженням та випрямним блоком БПВ-12-100. Статор 4 виготовлений з листової сталі, має 10 зубців, на яких закріплені котушки обмотки 12. З'єднання котушок у фазі – послідовне. Кінці фаз виведені гнучкими проводами з наконечниками.

Ротор 13 складається із пакета шестипроменевих зірок, напресованого на вал. Передня кришка 5 – сталева, штампована. До неї приварені втулка 10 для розташування підшипника і дві лапи, одна з яких служить для регулювання натягу ременя, а друга – для кріплення генератора.

Задня кришка 3 відлита з алюмінієвого сплаву і має лапу для кріплення генератора.

Котушка збудження 11 розташована в передній кришці і представляє собою сталеву втулку із фланцем і обмоткою, кінці якої виведені гнучкими монтажними проводами з наконечниками через статор, задню кришку і корпус випрямляча і приєднані: один – до додаткового виводу генератора, другий – до клеми Ш регулятора напруги.

Випрямний блок 2 типу БПВ-12-100 складається із силового випрямляча, додаткового випрямляча, блоку регулятора напруги та перемикача посезонної настройки «Зима-Літо».

Конструктивно силовий та додатковий випрямлячі змонтовані в одному корпусі, а блок регулятора напруги 1 та перемикач посезонного регулювання напруги змонтовані на кришці випрямляча 17.

В корпусі випрямляча закріплено п'ять діодів оберненої полярності, а в пластині – п'ять діодів прямої полярності. Виводи діодів прямої та оберненої полярності попарно з'єднані за допомогою шин з виводами фазних обмоток статора. Додатковий випрямляч складається із трьох діодів прямої полярності запресованих в шини, з'єднуючі попарно діоди прямої і оберненої полярності силового випрямляча і забезпечує автоматичний захист акумуляторної батареї від розряду на обмотку збудження генератора при непрацюючому дизелі.

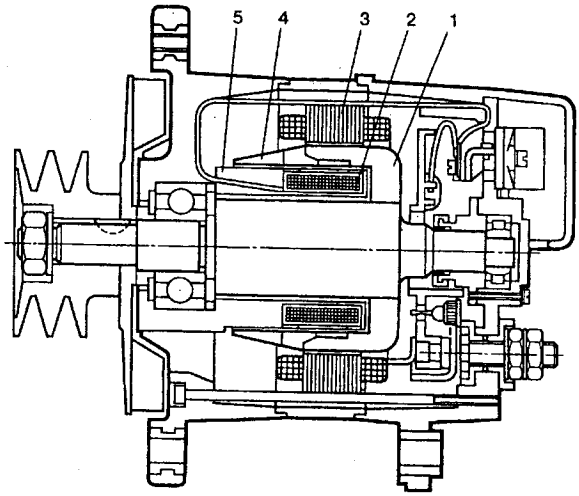


Рис. 1.10. Індукторний генератор фірми Delco Remy (США):
1, 4 – дзьобоподібні полюсні половини;
2 – обмотка збудження; 3 – статор;
5 – магнітопровід обмотки збудження

Кришка випрямляча 17 – сталева, штампована. На ній розміщено інтегральний регулятор Я112-Б, будова та принцип роботи якого описані в п. 1.8 цього розділу.

Американська фірма Delco Remy також спеціалізується на випуску безщіткових індукторних генераторів, будова якого показана на рис. 1.10.

Відмінність цієї конструкції полягає в тому, що одна дзьобоподібна полюсна половина посаджена на

вал, як у звичайного щіткового генератора, а друга в урізаному вигляді приварюється до неї по дзьобах немагнітним матеріалом.

Каркас обмотки збудження розміщений на магнітопроводі і закріплений на кришці генератора. Між цим магнітопроводом і полюсною системою є повітряний зазор. При обертанні вала половина дзьобів, що сидять на валу разом з приваренною до неї іншою половиною дзьобів обертаються, а обмотка збудження залишається нерухомою. В принципі робота цього генератора аналогічна роботі генератора щіткового виконання.

До вад індукторних генераторів належить дещо більша ніж у контактних генераторів маса за тієї ж самої потужності. Виникають технічні ускладнення при кріпленні обмотки збудження, зменшується її жорсткість та міцність.

1.7. Електричні характеристики генераторів

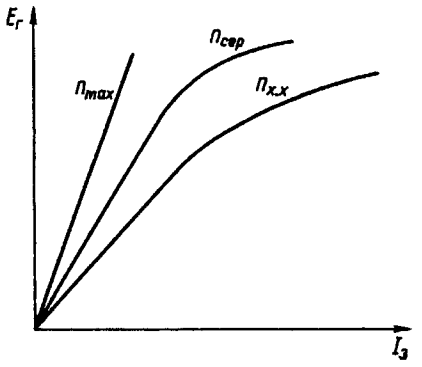


Рис. 1.11. Характеристика холостого ходу

Електричні характеристики генераторів змінного струму характеризують їхні якості і становлять залежність будь-якого параметра від іншого, якщо решта незмінні.

Характеристика холостого ходу (рис. 1.11) – це залежність ЕРС генератора від струму збудження $E = f(I_з)$, *при* $n = \text{const}$; $I_н = 0$. За цією характеристикою визначається початкова частота обертання ротора генератора, при якій напруга генератора досягає розрахункового значення.

Швидкісна характеристика – це залежність ЕРС генератора від частоти обертання його ротора (рис. 1.10). ЕРС генератора змінюється пропорційно частоті обертання ротора:

$$E_Г = c\,\Phi\,n,$$

де c – конструктивна стала величина; n – частота обертання ротора.

Напруга генератора –

$$U_Г = E_Г - I_Г Z_o,$$

де $I_Г$ – струм генератора; Z_o – повний опір генератора.

Швидкісна регулювальна характеристика – це залежність струму збудження $I_з$ від частоти обертання ротора –

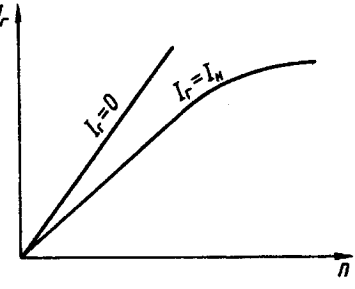


Рис. 1.12. Характеристика залежності ЕРС генератора змінного струму від числа обертів

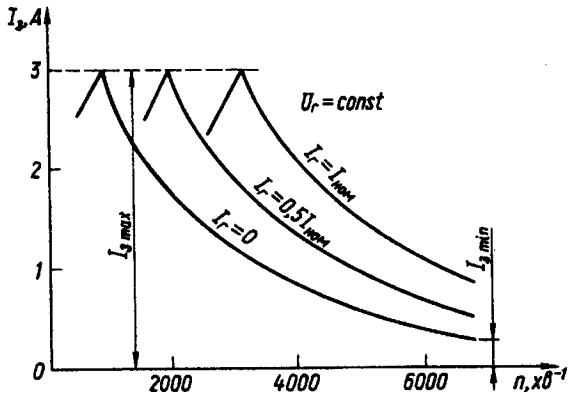


Рис. 1.13. Швидкісна регулювальна характеристика

$I_з = f(n)$, при U = const і $I_н$ = const (рис. 1.13). Оскільки автомобільним генераторам надається рух двигунами внутрішнього згоряння, то частота обертання їхніх колінчастих валів змінюється в широкому діапазоні. Швидкісна регулювальна характеристика показує, яким чином потрібно міняти струм збудження генератора, щоб напруга генератора залишалась незмінною при зміні частоти обертання ротора генератора.

Зовнішня характеристика (рис. 1.14) – це залежність напруги генератора від струму навантаження $U_г = f(I_н)$ при постійній частоті обертання n = const і визначеному значенні струму збудження $I_з$. Зниження напруги при збільшенні навантаження на генератор відбувається через спад напруги в активному та індуктивному опорі обмоток статора, розмагнічувальної дії реакції якоря, а також внаслідок спаду напруги у випрямному колі:

$$U_г = E_г - I_г Z_0 - \Delta U_в,$$

де $E_г$ – ЕРС генератора; $I_г$ – струм генератора; Z_o – повний опір якоря; $\Delta U_в$ – спад напруги на випрямлячі.

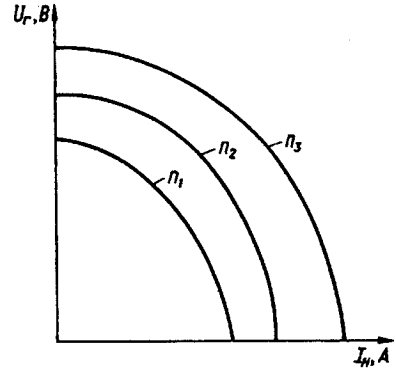
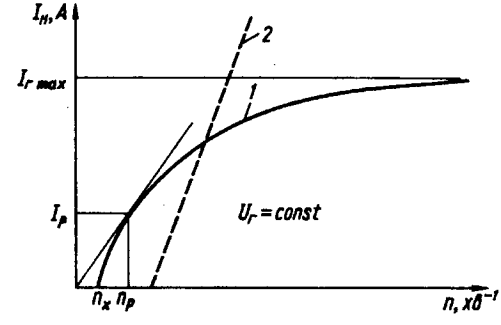


Рис. 1.14. Зовнішня характеристика генератора



Струмошвидкісна характеристика (рис. 1.15) – це залежність струму навантаження генератора $I_н$ від частоти обертання його якоря $I_н = f(n_я)$, при $U_г$ = const.

Рис. 1.15. Струмошвидкісна характеристика генераторів: 1 – генератора змінного струму; 2 – генератора постійного струму

Генераторам змінного струму властиві якості самообмеження максимальної сили струму навантаження, що запобігає нагріванню обмотки статора та діодів, а тому виключає потребу встановлення обмежувача струму.

Зі збільшенням сили струму навантаження збільшуватиметься магнітний потік статора, а внаслідок протидії магнітному потоку ротора (збудження) результуючий магнітний потік зменшуватиметься, що призводитиме до зниження ЕРС. Крім того, збільшення частоти обертання ротора супроводжується підвищенням частоти струму в котушках обмотки статора, що сприяє збільшенню індуктивного опору обмотки ($x_L = 2\pi fL$).

Струм генератора змінного струму:

$$I_Г = E_Г / Z_o,$$

$$Z_o = \sqrt{(R_Г + R_н)^2 + x_L^2},$$

де Z_o – повний опір; $R_Г$ – активний опір генератора; $R_н$ – опір навантаження; x_L – індуктивний опір,

$$x_L = 2\pi fL = 2\pi \frac{pn}{60} L = C_x n,$$

де f – частота струму; p – кількість пар полюсів; L – індуктивність; n – частота обертання ротора.

Тоді

$$I_Г = \frac{E_Г}{\sqrt{(R_1 + R_н)^2 + (C_x n)^2}}.$$

За малої частоти обертання індуктивна складова опору $C_x^2 n^2$ мала порівняно з активною складовою $(R_Г + R_н)^2$ і нею можна знехтувати. При цьому струм зростатиме пропорційно частоті обертання:

$$I_Г = \frac{C_E \Phi \cdot n}{R_Г + R_н} = C_n.$$

Зі збільшенням частоти обертання індуктивна складова зростає й стає значно більшою, ніж активна складова, якою можна знехтувати. При цьому струм не залежить від частоти обертання:

$$I_Г = \frac{C_E \Phi}{C_x} = \text{const, при } \Phi = \text{const}.$$

Отже, зі збільшенням частоти обертання ротора обмежується максимальна сила струму генератора.

1.8. Регулятори напруги

Автомобільний чи тракторний генератор працює в специфічних умовах. Частота обертання двигуна безперервно змінюється. Навантаження дуже коливається залежно від кількості увімкнених споживачів. Ступінь зарядженості акумуляторної батареї змінюється в широких межах, але напруга на затискачах генератора має бути практично постійною (відхилятися від розрахункової не більш як на 3%), а акумуляторна батарея повинна заряджатися струмом, який відповідає її станові. Виконати попередньо перелічені умови й забезпечити нормальну роботу генератора можна, застосувавши регулятор напруги.

Із формули для напруги генератора –

$$U_Г = E_Ф = C_e n Ф$$

бачимо, що, аби забезпечити постійну напругу генератора, коли частота обертання ротора змінюється, магнітний потік потрібно змінювати обернено пропорційно до частоти. Оскільки магнітний потік визначає сила струму збудження, то напругу регулюють, закорочуючи обмотку збудження, тобто перериваючи коло збудження або вмикаючи послідовно з обмоткою збудження додатковий опір.

Цей принцип регулювання можна реалізувати за допомогою пристроїв різних типів. У сучасних автомобілях та тракторах застосовують регулятори напруги, які поділяють на контактно-вібраційні (одно- або двоступеневі), контактно-транзисторні, безконтактні транзисторні та інтегральні.

Контактно-вібраційні регулятори, маючи термін служби 120–150 тис. км пробігу автомобіля, поступаються інтегральним і безконтактним, у яких цей показник становить 200–300 тис. км. Безконтактні транзисторні та інтегральні регулятори не містять рухомих частин, підгоряльних контактних поверхонь і пружин, а тому не розрегульовуються в процесі експлуатації. Проте на деяких автомобілях та тракторах встановлено контактно-вібраційні регулятори, враховуючи їх невисоку вартість і просту будову МТЗ-82, ЮМЗ-6АКМ, МТЗ-102, Т-25А (ВАЗ, ЗАЗ та ін.).

Контактно-вібраційні регулятори напруги. Регулятор напруги (рис. 1.16) складається з ярма 7, осердя 6 з обмоткою 5, якірця 4, контактів 2 та пружини 3. Якірець притискається вгору пружиною 3, утримуючи в замкнутому стані контакти 2, котрі увімкнені послідовно з обмоткою збудження генератора ОЗ. Паралельно до контактів і послідовно з ОЗ увімкнений додатковий опір $R_Д$

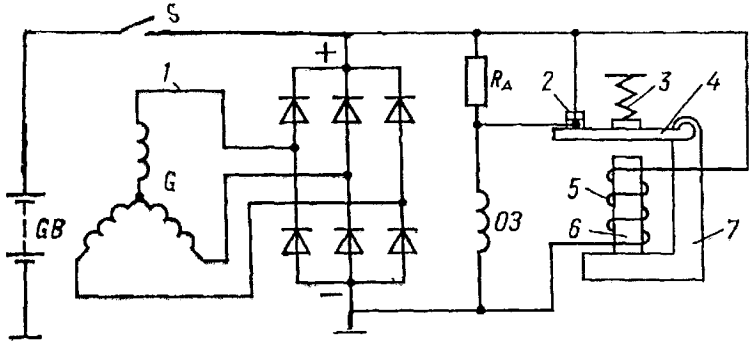


Рис. 1.16. Схема вібраційного регулятора напруги

Розглянемо принцип дії вібраційного регулятора напруги. Послідовно з обмоткою збудження вмикається постійний додатковий опір $R_Д$, призначений для зниження напруги генератора 1 до нормальної при підвищенні обертів двигуна. Електромагнітна обмотка 5 увімкнена на повну напругу генератора. Контакти розімкнуться, якщо сила натягу пружини $F_{пр}$ та електромагнітна сила реле рівновеликі $F_{пр} = F_{ем}$. Електромагнітна сила:

$$F_{ем} = (0{,}5\Phi_\delta^2)/(\mu_a S),$$

де Φ_δ – магнітний потік у повітряному зазорі між осердям та якірцем реле; S – площа перерізу осердя.

Магнітний потік у повітряному зазорі можна виразити через магніторушійну силу, що створюється струмом, який протікає по основній обмотці з магнітним опором R_M:

$$\Phi_\delta = (I_0 W_0)/R_M,$$

де W_o – кількість витків основної обмотки реле.

При спрацюванні реле (розімкненні контактів) струм -

$$I_0 = U_P / r_0,$$

де r_o – опір основної обмотки реле. Магнітний опір пропорційний коефіцієнту пропорціональності C' та величині повітряного зазору між осердям і якірцем реле, тобто:

$$R_M = C'\delta.$$

Отже, електромагнітну силу реле можна виразити за формулою:

$$F_{ем} = \left(\frac{U_p W_0}{r_0 C' \delta}\right)^2 \frac{1}{2\mu_0 S} = F_{пр}.$$

Розв'язавши це рівняння відносно напруги спрацьовування реле, знаходимо:

$$U_p = C\frac{r_0}{W_0}\delta\sqrt{F_{пр}},$$

де $C = C'\sqrt{2\mu_0 S}$.

Як бачимо, напруга спрацьовування реле залежить від натягу пружини $F_{пр}$, величини повітряного зазору δ та параметрів обмотки реле (r_o та W_o). Якщо напруга генератора менша за напругу спрацьовування реле U_p, то контакти замкнуті й обмотка збудження генератора ввімкнена до затискувачів генератора. Опір кола збудження визначається опором обмотки збудження $R_з$. Якщо напруга генератора дорівнюватиме напрузі спрацьовування реле U_p, то контакти розімкнуться, і в коло збудження увімкнеться додатковий резистор $R_Д$. Тоді опір кола збудження дорівнюватиме сумі опорів $R_з + R_Д$. При цьому сила струму в обмотці збудження і напруга генератора зменшаться. Як тільки напруга генератора зменшиться до напруги повернення (відпускання), контакти знову замкнуться, струм збудження і напруга підвищаться. Отже, контакти вібруватимуть, вмикаючи (вимикаючи) додатковий резистор $R_Д$. При цьому опір кола збудження змінюватиметься стрибкоподібно від $R_з$ до $R_з + R_Д$.

Велика частота вмикання та вимикання додаткового резистора призводить до того, що фактично опір кола збудження еквівалентний деякому постійному арифметичному значенню пульсуючого опору:

$$R_{еф} = \frac{R_з t_0 + (R_з + R_Д)t_B}{t_0 + t_B} = \frac{R_з t_0 + R_з t_B + R_Д t_B}{t_0 + t_B} = \frac{R_з(t_0 + t_B) + R_Д t_B}{t_0 + t_B} = R_з + \tau_B R_Д.$$

де t_0 – резистор вимкнений, тобто контакти замкнуті; t_B – час, коли резистор увімкнений; $\tau_B = \frac{t_B}{t_0 + t_B}$ – відносний час вмикання додаткового резистора.

При цьому струм в обмотці збудження визначають за формулою:

$$I_з = \frac{U}{R_{еф}} = \frac{U}{R_з + \tau_B R_Д}.$$

Регулювальна напруга:

$$U = I_з(R_з + \tau_B R_Д).$$

Регулювальна напруга має значний вплив на термін служби автомобільних ламп, правильність показників контрольно-вимірювальних приладів, на технічні характеристики електродвигунів, термін служби електроприладів та акумулятора.

За міжремонтний пробіг кількість коливань вібраційного регулятора напруги досягає 1–2 млрд., кожне розмикання контактів супроводжується іскрінням, внаслідок чого робочі поверхні контактів піддаються ерозії та корозії. Ступінь ерозії залежить від величини розривного струму й опору

додаткового резистора $R_Д$, котрий шунтує контакти. Розривна потужність на контактах –

$$P_K = I_З U_K = I_З^2 R_Д,$$

де $I_З$ – струм розриву, який дорівнює струму збудження.

Максимальна розривна потужність для контактів, що встановлюються в регуляторах напруги, становить 250–300 В · А. Струм розриву, тобто струм збудження, залежить від потужності генератора, його номінальної напруги. Іскріння значною мірою залежить від напруги на контактах U_K, яка, в свою чергу, залежить від струму розриву й опору додаткового резистора $U_K = I_З R_Д$

Резистор $R_Д$ визначає діапазон можливої зміни частоти обертання ротора генератора, при якому регулятор зберігає працездатність. Отже, опір резистора $R_Д$ має бути якомога меншим із метою зниження напруги на контактах, але водночас він має забезпечувати регулювання генератора при максимальній частоті обертання ротора генератора й відсутності навантаження. Надійність роботи контактів вібраційного регулятора підвищують при двоступеневому регулюванні.

Зразком двоступеневого контактно-вібраційного регулятора напруги може бути реле-регулятор РР380, який разом із генератором Г221 установлено на автомобілях марки ВАЗ перших випусків (рис. 1.17).

Регулятор має дві пари контактів KV1 і KV2. Контакти KV1 – постійно замкнуті, увімкнено між виводами «+» (15) та Ш (67). Контакти KV2 – постійно розімкнуті, увімкнено між виводом Ш (67) і корпусом. Основну обмотку KV регулятора ввімкнено між виводом «+» (15) і корпусом через тепловий резистор $R_Т$. Додатковий резистор $R_Д$ складається з двох паралельно з'єднаних резисторів. Послідовно резистору $R_Д$ увімкнено дросель L для зменшення швидкості зростання сили струму, який протікає через контакти KV2, і завдяки цьому полегшує умови роботи.

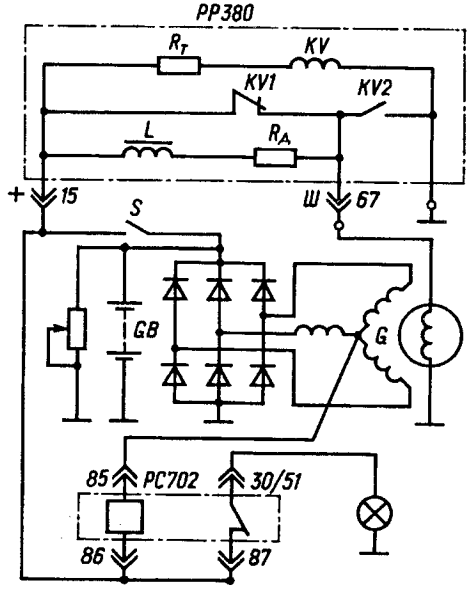


Рис. 1.17. Схема регулятора напруги РР380 з генератором Г.221

Якщо напруга генератора ще не досягла регульованого значення, то якірець реле перебуває у вихідному положенні, тобто контакти KV1 замкнуті, й обмотка збудження ОЗ живиться від генератора чи акумуляторної батареї по колу: позитивний вивід генератора чи акумуляторної батареї – вимикач запалювання – вивід «+» (15) регулятора – замкнені контакти KV1 – вивід Ш (67) регулятора – вивід 67 генератора – обмотка збудження ОЗ – корпус автомобіля – негативний вивід генератора чи акумуляторної батареї. При цьому струм в обмотці збудження визначається лише напругою, що виробляє генератор чи акумуляторна батарея, та опором обмотки збудження. Контакти KV1 будуть замкнені доти, доки напруга генератора буде меншою за регульоване значення, тому що не вистачить магнітного потоку, що його створює обмотка KV, для притягання якірця до осердя.

Із досягненням регульованого значення напруги магнітний потік в обмотці KV збільшується, пересилює натяг пружини, внаслідок чого контакти KV1 розмикаються. Після цього струм збудження протікає через дросель L та додатковий резистор $R_д$. Його сила зменшується і, як наслідок, зменшується напруга, вироблена генератором. Отже, робота першого ступеня аналогічна роботі звичайного електромагнітного вібраційного регулятора.

Особливістю двоступеневого регулятора є те, що паралельно контактам KV1 увімкнутий резистор $R_д$, опір якого в 10–15 разів менший, ніж в одноступеневих регуляторів. Опір додаткового резистора разом із незначним опором дроселя L розрахований таким чином, щоб при швидкості обертання, що дорівнює половині максимальної, контакти першого ступеня перестали замикатись, тобто регулювання напруги припинилось. При цьому струм збудження зменшиться до 1,2–1,3 А.

Якщо контакти KV1 розімкнені, а частота обертання ротора зростає і далі, то збільшується й напруга генератора. В цьому разі струм обмотки KV регулятора і сила притягнення якірця до осердя збільшуються, що спричинює замикання контактів KV2. Унаслідок цього вивід Ш (67) регулятора зашунтується, тобто замкнеться на корпус, струм збудження знизиться до нуля і напруга генератора різко спаде. Зі спадом напруги зменшиться сила струму в обмотці KV регулятора, і під дією пружини контакти KV2 розімкнуться. Потім процес повториться.

Отже, регулювання напруги генератора на всьому діапазоні зміни частоти обертання ротора забезпечує навперемінна робота першого та другого ступенів регулятора РР380.

Для контролю заряду акумуляторної батареї у схему ввімкнено реле РС702 і контрольну лампу EL, світіння якої вказує на розряджання батареї. Обмотку реле РС702 увімкнено між нульовою точкою обмотки статора та додатковим виводом генератора, тобто вона живиться від однієї фази генератора.

Якщо двигун не працює, а вимикач запалювання S увімкнено, то контрольна лампа світиться. Вона живиться від акумуляторної батареї через замкнені контакти реле РС702. Струм до обмотки реле від акумуляторної батареї не протікає, оскільки перешкоджає випрямляч генератора.

Коли генератор працює, по обмотці реле протікає струм, і його контакти розмикаються, розриваючи коло живлення контрольної лампи. Якщо генератор працює, а лампа горить і далі, то це свідчить про несправність генераторної установки або реле РС702.

Основним недоліком вібраційних регуляторів напруги є присутність вібруючих контактів, які обмежують максимально допустимий струм збудження генератора, знижують надійність регулятора. Методи, що застосовуються для зменшення розривної потужності контактів, повністю не ліквідують згаданих недоліків, а лише дають змогу дещо зменшити їх.

Вібраційні регулятори напруги в процесі експлуатації вимагають систематичного регулювання, оскільки визначальним елементом є пружина, пружність якої залежить від терміну та умов експлуатації.

Контактно-транзисторні регулятори напруги. Зі збільшенням потужності автомобільних та тракторних генераторів і підвищенням їхньої довговічності питання про регулювання напруги набуло особливого значення. Тому електромеханічні вібраційні регулятори поступилися регуляторам другого покоління – контактно-транзисторним, у яких як перемикач використовують транзистор, переходячи з положення «відкритий» на «закритий», а контакти лише керують цим транзистором.

На рис. 1.18 показана принципова схема контактно-транзисторного регулятора напруги.

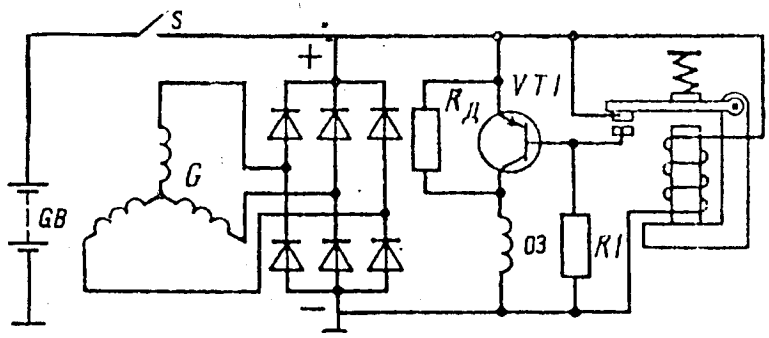


Рис. 1.18. Принципова схема контактно-транзисторного регулятора напруги

Транзистор VT1 працює в режимі ключа. Керуючим органом є контакти, включені в коло бази, а чутливим елементом – обмотка електромагнітного реле.

При напрузі генератора, меншій регульованої, транзистор VT1 відкритий, так як є різниця потенціалів між емітером та базою транзистора, а, значить, проходить струм керування між емітером та базою. При відкритому транзисторі робочий струм проходить від «+» через перехід емітер-колектор на обмотку збудження і на «масу». Опір кола визначається лише опором обмотки збудження. Зі збільшенням частоти обертання ротора напруга генератора зростає і при напрузі вище регульованої зусилля електромагніта пересилює пружність пружини і контакти замикаються. В результаті цього закорочується (шунтується) перехід «емітер-база», бо і на емітер і на базу поступає однакова напруга.

Транзистор закривається, а так як в закритому стані його опір дуже великий, то збільшується опір кола обмотки збудження і струм збудження іде через додатковий опір $R_д$. Зменшення струму збудження викликає зменшення магнітного потоку в генераторі, ЕРС в обмотках статора, що в свою чергу призводить до зменшення зусилля електромагніту реле і контакти розмикаються. Цей процес повторюється періодично і напруга генератора коливається біля регульованого значення.

Зразком контактно-транзисторного регулятора напруги може бути реле-регулятор РР362 (рис. 1.19), встановлений на автомобілях ГАЗ-53А, ГАЗ-52-04, ЗІЛ-130, «Москвич» та на тракторах Т-150 та МТЗ-80. Він працює разом із генератором Г 250 багатьох модифікацій. Зараз регулятор цього типу знятий із виробництва, проте ще поширений в експлуатації.

Реле регулятор містить транзистор VT1 та два електромагнітні реле: регулятор напруги KV та реле захисту КА. Функцію контактів виконує транзистор VT1, увімкнутий через діод VD2 у коло обмотки збудження. Керування транзистором VT1 здійснюється за допомогою регулятора напруги KV із двома парами контактів KV1 та KV2. Обмотка регулятора напруги KV увімкнута за схемою з прискорювальним резистором R_1. Термокомпенсація регулятора напруги здійснюється резистором $R_т$ та підвіскою якірця на термобіметалевій пластинці.

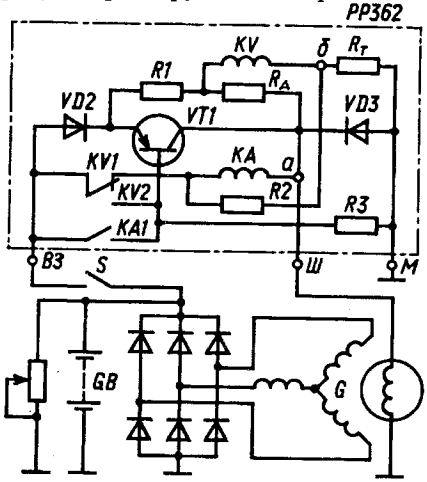


Рис. 1.19. Схема регулятора напруги РР-362 із генератором Г 250

Реле захисту КА охороняє транзистор VT1 від коротких замикань у колі обмотки збудження. Замикальні контакти КА1 увімкнуті паралельно контактам регулятора напруги KV2.

Діод VD3 шунтує обмотку збудження, щоб запобігти пробиванню транзистора VT1 від ЕРС самоіндукції, що виникає в обмотці збудження генератора під час розмикання контактів регулятора напруги.

Після ввімкнення замка запалювання S і до моменту спрацьовування регулятора напруги, тобто до досягнення генератором регульованої напруги, транзистор VT1 відкривається, оскільки з'являється струм керування транзистором: позитивний вивід акумуляторної батареї чи генератора – замок запалювання S – затискач ВЗ – діод VD2 – емітер-база транзистора VT1 – резистор бази *R3* – затискач М – корпус автомобіля.

Тому через обмотку збудження генератора протікає струм по колу: позитивний вивід акумуляторної батареї чи генератора – замок запалювання S – затискач ВЗ – діод VD2 – емітер-колектор транзистора VT1 – затискачі Ш регулятора та генератора – обмотка збудження генератора – корпус автомобіля – негативний вивід акумуляторної батареї чи генератора.

Опір VD2 та емітерно-колекторний перехід транзистора незначний, а тому струм збудження генератора максимальний і визначається лише опором самої обмотки збудження.

Крім вищезазначених кіл, струм одночасно протікає через обмотку регулятора напруги KV по колу: затискач ВЗ – діод VD2 – прискорювальний резистор *R1* – обмотка KV – термокомпенсаційний резистор R_T – затискач М – маса. В цей же час через замкнуті контакти KV1 струм протікає і через обмотку реле захисту: затискач ВЗ – замкнуті контакти KV1 – обмотка реле захисту КА – затискачі Ш регулятора та генератора – обмотка збудження – маса. Проте, внаслідок незначної сили струму в цьому колі намагнічення осердя реле захисту також мале, що не дає змоги притягнути якірець та замкнути контакти КА1.

Якщо оберти двигуна збільшаться і напруга генератора досягне регульованого значення, то струм в обмотці KV зросте до значення, за якого ЕМС долає зусилля пружини і контакти KV1 розімкнуться, а контакти KV2 замкнуться. Тоді на базу транзистора подаватиметься позитивний потенціал генератора. Потенціал емітера стане трохи меншим за потенціал бази внаслідок спаду напруги на діоді VD2, і транзистор VT1 закриється.

У цьому разі струм збудження протікає по колу: позитивний вивід генератора – замок запалювання S – затискач ВЗ – діод VD2 – послідовно з'єднані опори *R1* та $R_Д$ – затискачі Ш регулятора та генератора – обмотка збудження генератора – маса.

Протікання струму через великий опір $R_Д$ зменшить його в обмотці збудження, що призведе до зменшення магнітного потоку в обмотці збудження та напруги генератора.

Зменшення напруги в обмотці KV призведе до розмикання контактів KV2, замикання контактів KV1 і відкриття транзистора VT1 (описаний процес повторюється, забезпечуючи сталість регульованої напруги).

Зі зміною струму в обмотці збудження індукується ЕРС самоіндукції, яка досягає декількох сот вольт. Щоб усунути перенапругу та захистити транзистор VT1 від цієї напруги, у схемі слід застосовувати гасильний діод VD3, завдяки якому струм самоіндукції замикатиметься по колу: «–» обмотки збудження – маса генератора та автомобіля – затискач регулятора М – діод VD3 – затискачі Ш регулятора та генератора – «+» обмотки збудження.

У випадку замкнення обмотки збудження чи затискача регулятора Ш на «масу» струм в обмотці збудження різко зменшиться, бо обидва її кінці з'єднано з «масою». Напруга генератора різко спаде, контакти KV2 розімкнуться, а контакти KV1 замкнуться, ввімкнувши обмотку КА до акумуляторної батареї. Сила струму в обмотці КА і магнітний потік осердя різко зростуть, і контакти реле захисту замкнуться.

Реле захисту вмикається, якщо сила струму становить 3,2–3,6 А. База транзистора через контакти реле захисту з'єднується з позитивним виводом акумуляторної батареї, і транзистор закривається і буде закритий доти, доки не буде усунено коротке замикання.

Перевагою контактно-транзисторних регуляторів є те, що контакти, які навантажені малими струмами (0,8–0,9 А), працюють у більш легких умовах – не підгоряють і не спрацьовуються. Крім цього, сила струму збудження може бути будь-якою, визначається лише характеристиками транзистора і не впливає на роботоздатність контактів.

Недоліком регуляторів змішаного типу є нестабільність регулювальної напруги, оскільки внаслідок спрацьовування змінюються характеристики пружини регулятора. Тому в експлуатації такі регулятори, як і вібраційні, мають періодично перевірятись. Цього недоліку немає в електронних безконтактних регуляторах напруги. У практиці можливо зустріти безліч конструкцій цих регуляторів.

Безконтактні транзисторні регулятори напруги.

На рис. 1.20 показана принципова схема електронного регулятора напруги.

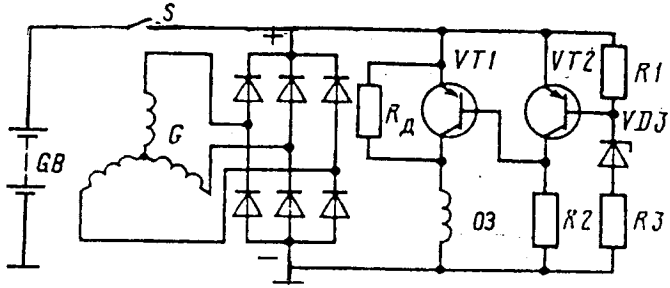


Рис. 1.20. Принципова схема безконтактного регулятора напруги

В цьому регуляторі транзистор VT1 включений в коло обмотки збудження і працює в режимі ключа. Функцію чутливого елементу виконує стабілітрон VD3. Задаючими елементами є опори *R1* та *R3* що складають подільник напруги.

При напрузі генератора нижче регульованої стабілітрон VD3 закритий, закритий транзистор VT2, а транзистор VT1 відкритий, бо до його емітера підключений «+», а база з'єднана з мінусом. Таким чином, через відкритий транзистор VT1 проходить робочий струм, що йде на обмотку збудження. Зі збільшенням частоти обертання ротора напруга генератора збільшується і, при напрузі вище регульованої стабілітрон пробивається, транзистор VT2 відкривається що призводить до закриття транзистора VT1 так як на його базу подається позитивний потенціал через перехід емітер-колектор VT2. Через закриття транзистора VT1 в коло збудження включається додатковий резистор і напруга генератора падає. Зменшення напруги генератора призводить до запирання стабілітрона VD3 , закривання транзистора VT2 і відкриття VT1. Цей процес повторюється з великою частотою, в результаті чого напруга генератора коливається біля регульованого значення.

Розглянута вище принципова схема безконтактного регулятора напруги проста, проте вона не повністю задовольняє вимоги, що стоять перед регуляторами напруги, і була розглянута лише для пояснення принципу дії. Так, в реальних регуляторах напруги застосовуються терморезистори для запобігання впливу температури на рівень регулювальної напруги; для швидкого та повного закриття силового транзистора використовується позитивна напруга тощо.

Реальний електронний регулятор напруги фірми Bosch представлений на рис. 1.21.

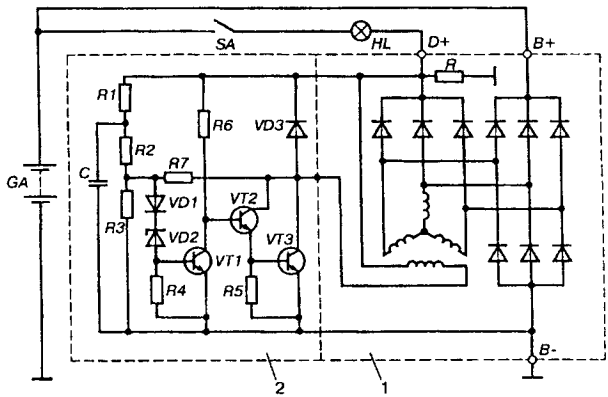


Рис. 1.21. Схема регулятора напруги EE14V3 фірми Bosch
1 – генератор; 2 – регулятор напруги; SA – вимикач запалювання;
HL – лампочка контролю працездатного стану генераторної установки

До тих пір, поки напруга генератора невелика і напруга на стабілітроні VD2 нижче його напруги стабілізації, стабілітрон закритий, через нього, а значить і в базовому колі транзистора VT1 струм не протікає, транзистор VT1 закритий. В цьому випадку струм через резистор R6 від виводу «D+» поступає в базове коло транзистора VT2, котрий відкривається, через його перехід колектор-емітер проходить струм в базі транзистора VT3, котрий також відкривається. При цьому обмотка збудження генератора стає підключена до кола живлення через перехід колектор-емітер VT3.

З'єднання транзисторів VT2 і VT3, коли їх емітерні виводи об'єднані, а живлення базового кола одного транзистора береться від емітера іншого, називається схемою Дарлінгтона. При такому з'єднанні обидва транзистори можуть розглядатися як один складений транзистор з великим коефіцієнтом підсилення.

Як правило, такі транзистори виготовляються на одному кристалі кремнію.

Якщо напруга генератора зросла через збільшення частоти обертання ротора, то зростає напруга і на стабілітроні VD2.

При досягненні цієї напругою величини напруги стабілізації, стабілітрон VD2 «пробивається», струм через нього починає поступати в базове коло транзистора VT1, котрий відкривається і своїм переходом колектор-емітер шунтує (закорочує) вивід бази складеного транзистора VT2, VT3 на «масу». Складений транзистор закривається, розриваючи коло живлення обмотки збудження. Струм збудження спадає, зменшується напруга генератора, закривається стабілітрон VD2, транзистор VT1, відкривається складений транзистор VT2, VT3, обмотка збудження знову включається в коло живлення, напруга генератора зростає і процес повторюється. Таким чином, регулювання напруги генератора регулятором здійснюється дискретно через зміну відносного часу включення обмотки збудження в коло живлення.

В схемі регулятора фірми Bosch є елементи характерні для всіх безконтактних регуляторів напруги. Так, діод VD3 при закриванні складеного транзистора VT2, VT3 запобігає небезпечним зростанням напруги самоіндукції після швидкого припинення струму. В цьому випадку струм самоіндукції замикається через цей діод. Опір R7 є опором жорсткого зворотного зв'язку. При відкриванні складеного транзистора VT2, VT3 він стає підключеним паралельно опору R3 подільника напруги, при цьому напруга на стабілітроні VD2 різко зменшується, що прискорює переключення регулятора. Конденсатор C1 є своєрідним фільтром, що захищає регулятор від впливу імпульсів напруги на його виході.

Лампочка HL служить для контролю працездатності генераторної установки. При непрацюючому двигуні автомобіля включення контактів замка запалювання SA дозволяє струму від акумуляторної батареї GA через

цю лампочку поступати в обмотку збудження генератора. Лампочка при цьому горить, сигналізуючи, що в колі обмотки збудження немає обриву. Після запуску двигуна на виводах генератора «D+» та "B+» з'являється практично однакова напруга і лампочка гасне. Якщо генератор при працюючому двигуні не виробляє напруги, то лампочка HL продовжує горіти, що є сигналом про відмову генератора або обрив приводного паса.

Типовим прикладом російського безконтактного регулятора напруги є регулятор 201.3702, що замінив реле-регулятор РР350.

Регулятор призначений для роботи з генераторами Г250, Г284, і 32.3701, а генераторна установка – для бортових мереж із номінальною напругою 14 В.

Генераторна установка (рис. 1.22) працює так. Після ввімкнення вимикача запалювання S напруга акумуляторної батареї надходить до виводу «+» регулятора напруги. Оскільки вхідний подільник, складений із резисторів Rl, R2, R3 і R4 розрахований таким чином, що напруги акумуляторної батареї недостатньо для пробивання стабілітрона VD1, тобто для відкриття транзистора VT1. Цей транзистор, а також транзистор VT3 перебувають у закритому стані, а транзистори VT4 та VT5 відкриває струм, який протікає по колу: «+» – емітер-база VT5 – емітер-база VT4 – резистор R14 – резистор R13 – резистор R12 – маса. Оскільки різниця потенціалів на обкладках конденсатора С2 приблизно дорівнює нулю, струму в його колі немає, а тому транзистор захисту VT2 закритий. У цьому разі до обмотки збудження генератора протікає струм по колу: «+» акумулятора – вимикач запалювання S – емітер-колектор транзистора VT5 – затискачі Ш регулятора та генератора – обмотка збудження генератора – маса автомобіля. Його обмежують тільки активний опір обмотки і спад напруги між колектором та емітером насиченого транзистора VT5. Із запуском двигуна та збільшенням частоти обертання ротора зростатиме напруга генератора. Відповідно зростатиме напруга, прикладена до вхідного подільника R1... R4. З досягненням рівня, достатнього для пробивання стабілітрона VD1, він пробивається, і виникає коло струму бази вхідного транзистора VT1: затискач «+» – резистори R4 і R3 – перехід база–емітер VT1 – стабілітрон VD1 – маса. Транзистор VT1 відкривається і, як наслідок, відкривається транзистор VT3, оскільки струм його бази протікає через перехід колектор-емітер транзистора VT1: затискач «+» – перехід емітер-база транзистора VT3 – резистор R7 – колектор – емітер VT1 – стабілітрон VD1 – маса. Відкритий транзистор VT3 своїм переходом емітер-колектор шунтує перехід емітер-база складених транзисторів VT4 та VT5, які закриваються. Закритий стан транзисторів VT4 та VT5 перериває струм збудження в обмотці генератора, і, як наслідок, спадає напруга генератора. Як тільки вона стане нижче за регульовану, стабілітрон VD1 запирається, транзистори VT1 та VT3 закриваються, а транзистори VT4

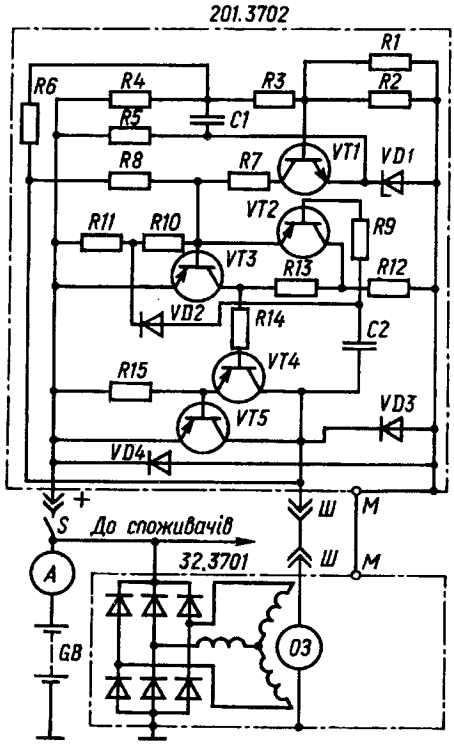


Рис. 1.22. Схема регулятора напруги 201.3702 з генератором 32.3701

та VT5 відкриваються. При цьому напруга генератора знову зростатиме, тобто процес періодично повторюватиметься.

Із закриттям транзистора VT5 заряджатиметься конденсатор С2 по колу: затискач «+» – резистори R11 і R10 – емітер-база транзистора VT2 – резистор R9 – конденсатор С2 – затискачі Ш регулятора та генератора – обмотка збудження – маса. Цей струм відкриває транзистор VT2 і забезпечує форсоване відкриття транзистора VT3, а отже, і швидке закриття транзисторів VT4 та VT5. Із спадом напруги після закриття транзисторів VT1 та VT3 транзистори VT4 та VT5 відкриваються. У цей момент транзистор захисту VT2 закривається, а конденсатор С2 розряджається по колу: діод VD2 – резистор R11 – емітер-колектор VT5 – конденсатор С2. До бази VT3 через R10 надходить позитивний потенціал, який прискорює процес закриття VT3 і, як наслідок, – відкриття транзисторів VT4 та VT5.

В аварійному режимі транзистор VT2 захищає вихідні транзистори VT4 та VT5 від перевантаження. Замикання обмотки збудження на масу призводить до зменшення потенціалу колектора VT5, і якщо транзистор VT5 у цей час був відкритим, то напруга на його переході емітер-колектор зростатиме. При цьому конденсатор С2 заряджатиметься (по колу, яке описане вище), транзистори VT2 та VT3 відкриються, а VT4 та VT5 закриються. Після заряджання конденсатора С2 струм у його колі припиниться, транзистори VT2 та VT3 закриються, а транзистори VT4 та VT5 відкриються. Конденсатор С2, швидко розрядившись через VD2, R11 та перехід емітер-колектор VT5, знову заряджатиметься через базове коло транзистора VT2, який при цьому відкривається. Процес повторюється і вихідний транзистор переходить в автоколивальний режим. При цьому середня сила струму, який протікає через транзистор, незначна (0,07 А) і не може вивести його з ладу. Після усунення

короткого замикання обмотки збудження регулятор вмикається автоматично.

Основне призначення елементів схеми: VT1 – вимірювальний елемент; VT2 – транзистор захисту від замикання виводу Ш на «–»; VT3 – керуючий елемент; VT4, VT5 – регулювальний елемент, виготовлений у вигляді складеного транзистора за схемою «Дарлінгтона»; VD1 – опорний елемент; VD2 – діод схеми захисту; VD3 – гасильний діод, який забезпечує захист транзисторів регулятора від короткочасних імпульсів напруги зворотної полярності; C1 – фільтрувальний елемент; C2 – елемент кола зворотного зв'язку; R1–R4 – елемент вхідного подільника напруги; R5 – резистор, який забезпечує мінімальний струм стабілітрона; R6 – резистор кола негативного зворотного зв'язку; R7 – резистор, який обмежує струм колектора транзистора VT1; R8 – резистор кола позитивного зворотного зв'язку; R9 – резистор, який обмежує струм бази транзистора VT2; R10 – резистор базового кола транзистора VT3; R11 – резистор, який обмежує струм діода VD2; R12 – колекторне навантаження транзисторів VT2 та VT3; R13 – резистор, який забезпечує режим роботи транзистора VT2; R14— обмежувальний резистор; R15 – резистор, який забезпечує стабільність роботи транзистора VT5.

Таку саму схему мають регулятори напруги 22.3702 і 221.3702. Вони мають інший рівень регулювальної напруги та іншу конструкцію виводів: регулятор 201.3702 – штекерний, а регулятори 22.3702 та 221.3702 – під гвинтове з'єднання.

Розглянемо будову та роботу ще одного безконтактного регулятора напруги, який відрізняється від інших системою захисту від надмірних напруг. Це угорський регулятор напруги КФ751/28-2 «AUTOVIL», який використовується на автобусах «Ікарус» (рис. 1.23). В цьому регуляторі, як і в регуляторі 201.3702, регулювальний силовий ступінь (транзистори VT3 та VT4) виконано за схемою Дарлінгтона, оскільки в регуляторах напруги потужних генераторів виникає значний струм бази, що керує силовим транзистором. Тому для зменшення струму бази застосовується схема Дарлінгтона. З такою схемою два однакових транзистори, часто розміщених у загальному корпусі, з'єднуються так, що струм колектора одного транзистора регулює струм бази другого транзистора. При цьому два транзистори краще було б замінити одним транзистором із значно більшим коефіцієнтом підсилення. Коефіцієнт підсилення всієї схеми дорівнює добутку коефіцієнтів підсилення двох транзисторів, тому струм керування базою залишається незначним за великої потужності регулятора напруги.

На підставі вищерозглянутого можна легко зрозуміти принцип дії регулятора напруги угорського виробництва. При непрацюючому двигуні до затискачів 1 та 5 регулятора напруги прикладена напруга акумулятора.

Подільник напруги, складений із резисторів R4, R5 та R7 (так званий подільник бази), ділить цю напругу так, щоб між базою та емітером транзистора VT2 виникла відпорна різниця потенціалів. Транзистор VT2 після свого відкриття вмикає подільник бази, що складається з резисторів R6, R8, R10 та R11, внаслідок чого транзистори VT3 і VT4 також здобудуть відпорну напругу. З відкриттям транзистора VT4 коло збудження вмикається. Шлях струму збудження: «+» акумулятора – замкнутий вимикач S – позитивна шина допоміжних діодів – обмотка збудження – затискач 4 – перехід колектор-емітер транзистора VT4 – запобіжник F1 – затискач 3 – запобіжник F2 – контрольна лампа EL – маса.

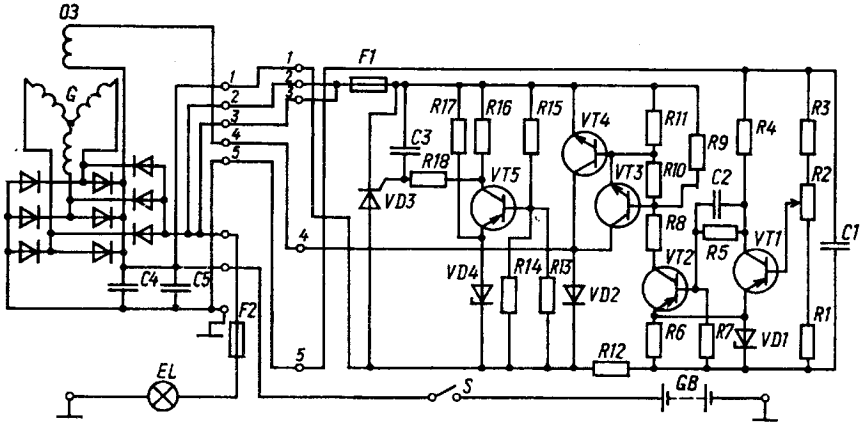


Рис. 1.23. Принципова схема електронного регулятора напруги «Autovil» типу KF751/28-2

Якщо частота обертання ротора генератора становитиме 900 хв$^{-1}$, то напруга на його затискачах досягатиме 28 В. Оскільки передаточне відношення приводу генератора і = 2, то це відповідає 450 хв$^{-1}$ двигуна, тобто менше за оберти холостого ходу. Отже, на холостих обертах двигуна відбувається заряджання акумулятора та живлення споживачів струмом близько 25 А.

Якщо частота обертів ротора генератора становить більше ніж 900 хв$^{-1}$, то на затискачі 3 є постійно негативний потенціал, тобто між виводами контрольної лампи немає різниці потенціалів і вона не горить.

Коли напруга генератора досягатиме напруги регулювання, то спад напруги на резисторі R6 дорівнюватиме напрузі пробивання стабілітрона VD1, а отже, неможливе зростання напруги на емітерах транзисторів VT1 та VT2. Однак, при подальшому зростанні напруги на затискачах генератора з подільника напруги, складеного з резисторів R1, R2 та R3, подаватиметься до бази транзистора VT1 напруга, яка є негативною щодо емітера, і може спричинити відкриття транзистора VT1. Внаслідок цього

потенціали колектора та емітера VT1 стають майже однаковими. Оскільки емітерна напруга транзисторів VT1 та VT2 збігається, а потенціал бази транзистора VT2 визначається колекторною напругою транзистора VT1, розділеного резисторами R5 та R7, відпорна попередня напруга в переході емітер-бази транзистора VT2 зникає, то транзистор VT2 закривається. При цьому подільник напруги бази, що складається з резисторів R11, R10, R8 та R6, розривається між резисторами R6 і R8, тому на базу транзисторів VT3 та VT4 надходить запірна напруга. Транзистори закриваються, а струм збудження та напруга генератора зменшуватимуться. Із спадом напруги генератора знижується і спад напруги на подільнику, відпорна напруга бази транзистора VT1 зникає і транзистор закривається. При цьому з подільника напруги, зібраного на резисторах R4, R5 та R7, на базу транзистора VT2 надходить відпорна напруга, транзистор VT2 відкривається, а потім за допомогою подільника напруги, зібраного на резисторах R11, R10, R8 та R6, відкриваються також транзистори VT3 та VT4, і струм збудження та напруга генератора знову зростатимуть.

Конденсатор C1 згладжує пульсації напруги генератора, відтинаючи пікові скачки напруги, які можуть спричинити спрацьовування регулятора в той час, коли середнє значення постійної напруги, виробленої генератором, ще цього не потребує.

Діод VD2 виконує в схемі захисну функцію транзисторів від струмів самоіндукції, а конденсатор C2 призначений для поліпшення форми імпульсу, що керує транзистором VT2.

Розглянемо принцип дії системи для запобігання надмірних напруг. Резистор R17 і стабілітрон VD4 забезпечують постійність потенціалу емітера транзистора VT5, а потенціал бази транзистора визначається подільником напруги, складеного з резисторів R13, R14 та R15. Елементи подільника напруги підібрані так, щоб за нормальних умов роботи транзистор VT5 залишався закритим. Якщо між затискачами 1 та 2 напруга досягає 35 В і більше, то потенціал бази транзистора VT5 завдяки присутності подільника напруги стає негативним щодо потенціалу емітера, і транзистор VT5 відкривається. На колекторі транзистора VT5 у момент вмикання виникає позитивний стрибок напруги, який через резистор R18 потрапляє на електрод керування тиристора VD3. Керівний імпульс запалює тиристор, який має попередню напругу в напрямку провідності, а позитивний затискач 1 та допоміжні 2 і 3 замикаються накоротко. При цьому напруга генератора спадає на декілька вольт, заряджання акумулятора припиняється й вмикається контрольна лампа. Контрольна лампа дістає позитивну напругу через затискач 1, з'єднує провід, тиристор VD3, запобіжник F1, затискач 2, з'єднувальний провід та запобіжник F2 і горить яскраво, оскільки повна напруга акумулятора надходить до контрольної лампи і через тиристор, провідність якого в даний момент велика.

Для погашення тиристора потрібно перервати струм, що протікає через нього, вимкнувши акумуляторну батарею, тобто вимкнувши вимикач S.

Інтегральні регулятори напруги. Хоча безконтактні електронні регулятори досконаліші, ніж вібраційні чи контактно-вібраційні, проте вони металомісткі, недовговічні, малонадійні та чутливі до зміни температури. Тому останнім часом великого значення набули розробка та впровадження регуляторів напруги із застосуванням інтегральних схем. Це стало можливим завдяки значному розвитку мікроелектроніки з інтегральними схемами. Перші інтегральні регулятори почали випускати фірми "Lucas", "Siemens", "Motorola". Інтегральна схема – це пристрій, створений одним технологічним циклом і складений з електрично з'єднаних між собою елементів, що виконують функції транзисторів, резисторів, конденсаторів, діодів, і вміщені у спільний корпус.

Інтегральні регулятори напруги мають у 14–24 рази менші габаритні розміри і масу, ніж регулятори РР362 та РР350, і в 1,6 раза вищу припустиму робочу температуру. Інтегральний регулятор напруги Я112 тривалий час працює на автомобілях ГАЗ, РАФ, ЛАЗ, ЗІЛ, ВАЗ, та на тракторах Т30 А80, ЛТЗ-55, МТЗ-80, ДТ-75, Я120, надійно працює на автомобілях КамАЗ, МАЗ від напруги 24 В.

Схема регулятора Я112 (рис. 1.24) – гібридно-інтегральна. В ній пасивні (резистори, конденсатори) та активні елементи (транзистори, діоди, стабілітрони) нерозривно з'єднані й виготовлені на керамічній підкладці. На схемі змонтовані безкорпусні активні елементи.

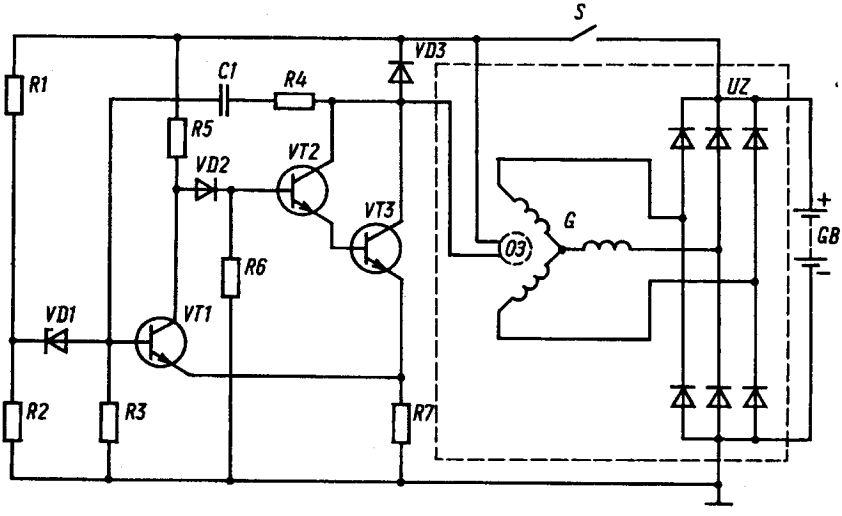


Рис. 1.24. Схема інтегрального регулятора напруги Я 112.

Схема містить чутливий елемент VD1, проміжний підсилювач, створений на одному VT1, і вихідний каскад або ж складений транзистор VT2 та VT3, що послідовно ввімкнений з обмоткою збудження генератора. Коло зворотного зв'язку (C1 та R4) прискорює перемикання транзисторів. Конструкція виконана у вигляді герметично закритого блоку з габаритними розмірами 58 х 38 х 10 мм, масою 60 г.

Працює схема так. При напрузі генератора, нижче регулювальної, транзистор VT1 закритий, оскільки база має нульовий потенціал. Транзистори VT2 та VT3 відкриті, оскільки струм керування протікає по колу: «+» акумулятора – вимикач запалювання S – опір R5 – діод VD2 – база-емітер транзистора VT2 – база-емітер транзистора VT3 – опір R7 – маса. Струм збудження генератора протікає по колу: «+» акумулятора – вимикач запалювання S – обмотка збудження ОЗ – колектор-емітер VT3 – резистор R7 – маса. Зі збільшенням частоти обертання ротора генератора збільшується його напруга. При досягненні нею заданого рівня (14 В) стабілітрон VD1 пробивається і через нього протікає струм, що створює на базі VT1 позитивний потенціал. Транзистор VT1 відкривається. Відкритий транзистор VT1 шунтує (замикає практично накоротко) вхідне коло складеного транзистора VT2 та VT3 і закриває його, перериваючи коло обмотки збудження. Струм збудження та напруга генератора знижуються, при цьому спадає і напруга на вхідному подільнику. Коли напруга на R2 стане нижчою за рівень стабілізації, стабілітрон VD1 закриється, що призведе до закриття транзистора VT1 і відкриття вихідного транзистора VT2–VT3. Цей процес повторюється, і середнє значення напруги генератора підтримується при цьому на заданому рівні.

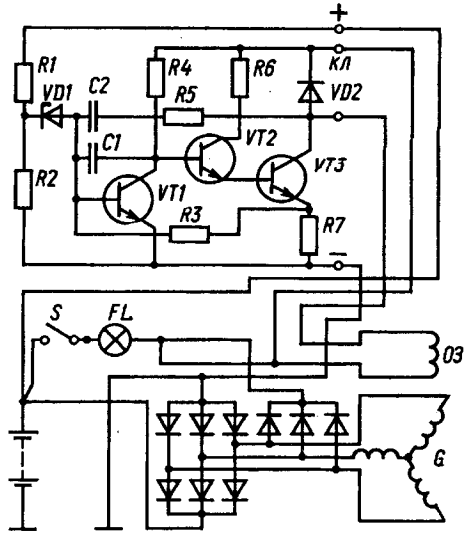


Рис. 1.25. Принципова схема інтегрального регулятора напруги типу 8TR фірми «Lucas» типу 8TR

Як було зазначено вище, фірма «LUCAS» була однією з перших щодо впровадження інтегральних регуляторів на автомобілях. Розглянемо будову та роботу одного з них типу 8TR (рис. 1.25). Тут резистори зроблені з рутенію, провідники – із паладієво-срібної маси, а два конденсатори і п'ять напівпровідників монтуються додатково. Уся конструкція розміщена в

алюмінієвому корпусі, який добре проводить теплоту, а для забезпечення герметичності готова схема розміщується в силіконовий каучук.

Із вмиканням вимикача запалювання струм від акумуляторної батареї протікає в обмотку збудження через контрольну лампу FL. При цьому транзистор VT2 відкритий, оскільки до бази VT2 через резистор R4 надходить позитивна попередня напруга. Відкритий транзистор пропускає струм на базу транзистора VT3, при цьому транзистор VT3 відкривається й обмотка збудження замикається через транзистор VT3 і резистор R7.

При визначеному значенні напруги генератора напруга, що потрапляє на стабілітрон VD1 через подільник напруги, складений на резисторах R1 та R2, збігається з напругою пробивання стабілітрону VD1. Стабілітрон відкривається і відбувається заряджання конденсатора C2 через резистор R1. До бази транзистора VT1 надходить позитивний потенціал, внаслідок чого транзистор відкривається і до бази транзистора VT2 надходить негативний потенціал. При цьому транзистори VT2, а потім і VT3 закриваються, струм збудження зменшується, потенціал на затискачі ОЗ зростає і струм надходить до транзистора VT1 по колу зворотного зв'язку: резистор R5 і конденсатор C2. Внаслідок цього струм бази транзистора VT1 збільшиться, і процес перемикання стане більш чітким. Конденсатор C2 поступово зарядиться, внаслідок чого струм зворотного зв'язку зменшиться. А коли сума струмів, які протікають через стабілітрон VD1, і струм зворотного зв'язку вже недостатні для підтримання транзистора VT1 у відкритому стані, транзистор VT1 закривається, а транзистори VT2 й VT3 відкриваються. Потенціал на затискачі ОЗ зменшується, зникає і струм зворотного зв'язку. Зі збільшенням струму, що протікає через транзистор VT3, потенціал затискача ОЗ зменшується, тому в колі зворотного зв'язку з'являється струм зворотного напряму, тобто струм бази транзистора VT1 зменшується швидко і процес перемикання прискорюється.

Конденсатор C1, ввімкнений між колектором і базою транзистора VT1, призначений для зниження рівня радіоперешкод, які виникають внаслідок високочастотних коливань. Цей конденсатор утворює зворотний негативний зв'язок між виходом і входом транзистора.

Розглянемо інтегральний регулятор напруги (РН) 17.3702 (рис. 1.26), який встановлюється на автомобілях ВАЗ 2108, 2109 та ін. Виготовлено його на п'ятьох транзисторах, і містить він елемент порівняння, ключовий підсилювач та вихідний каскад.

Елемент порівняння виготовлено на транзисторі VT1, перехід база-емітер якого увімкнено до діагоналі вимірювального моста. Одне плече моста утворюють резистори R5, R6 та R2, а друге – резистор R1 та стабілітрон VD1. Пороги вмикання й вимикання РН наладнують у заводських умовах, добираючи резистор R6.

Ключовий підсилювач виготовлено на транзисторі VT2, навантаженням якого є резистор R7.

Вихідний каскад виготовлено на транзисторах VT3, VT4 і VT5. Для зменшення спаду напруги на вихідному каскаді транзистори VT4 і VT5 увімкнені паралельно і пов'язані з транзистором VT3 за схемою складеного транзистора. Навантаженням цього каскаду є обмотка збудження генератора, паралельно до якої увімкнено гасильний діод VD2. Він забезпечує протікання струму через обмотку збудження після закриття вихідного каскаду і захист від пробивання транзисторів цього каскаду.

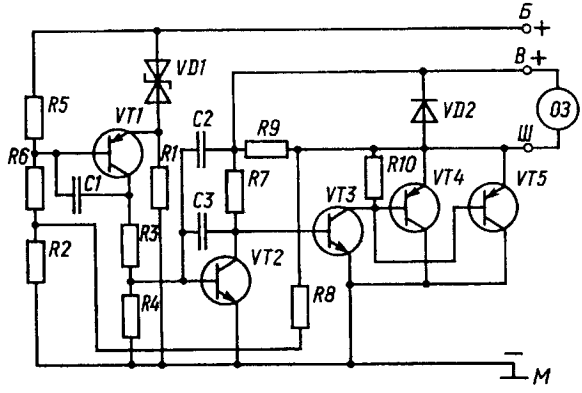


Рис. 1.26. Схема регулятора напруги 17.3702

РН 17.3702 працює так. Коли напруга на затискачах генератора нижча за регульовану, транзистори VT3, VT4 і VT5 відкриті, оскільки є струм керування транзистора VT3 по колу: «+» акумулятора – затискач В – резистор R7 – база-емітер транзистора VT3 – маса. Струм керування транзистора VT5 протікає по колу: «+» акумулятора – затискач В – обмотка збудження – затискач Ш – емітер-база транзистора VT5 – колектор-емітер відкритого транзистора VT3 – маса. Струм збудження, силу якого обмежують лише опір обмотки та спад напруги між емітером і колектором відкритого транзистора, протікає по колу: «+» акумулятора – затискач В – обмотка збудження – затискач Ш – емітерно-колекторний перехід транзистора VT5 – затискач М – маса автомобіля – «–» акумулятора.

Якщо напруга на затискачі «+» генератора, а отже, і на затискачі Б перевищить регулювальне значення, станеться пробивання стабілітрона VD1, після чого струм керування протікатиме по колу емітер-база транзистора VT1 – опори R6, R2 – маса. Коли транзистор VT1 відкритий, через його емітерно-колекторний перехід та опір R3 протікатиме струм керування на базу-емітер транзистора VT2. У свою чергу, відкриття транзистора VT2 зашунтує базу відкритого транзистора VT3 і закриє його. Струм через переходи база-емітер транзисторів VT4 та VT5 припиниться, і вони також закриються.

Після закриття транзисторів VT4 і VT5 струм в обмотці збудження починає зменшуватися, протікаючи через діод VD2. Вихідна напруга генератора спадає до порогу вмикання РН. Вимірювальний міст

розбалансовується в інший бік, тобто напруга на емітері транзистора VT1 стане меншою, ніж на його базі; він закриється, і весь процес повториться у зворотній послідовності.

Щоб поліпшити роботу РН, у ньому використані зворотні зв'язки. Позитивний зворотний зв'язок надходить з емітерів вихідних транзисторів до бази транзистора VT2 через резистор R9. Тому конденсатор С2, не даючи транзисторам працювати в лінійному режимі, зменшує їх час перемикання й знижує потужність, яка розсіюється на вихідних транзисторах.

Негативний зворотній зв'язок надходить з емітерів вихідних транзисторів до бази транзистора VT1 через резистори R8 та R6. Резистори R2 та R8 утворюють подільник, який визначає потрібну глибину негативного зворотного зв'язку, що зменшує гістерезис каскаду порівняння (зближує пороги вмикання і вимикання регулятора), підвищуючи завдяки цьому частоту комутації. Це запобігає низькочастотним пульсаціям у бортовій мережі автомобіля (блимання освітлювальних ламп).

Конденсатори С1 і С3 призначені для підвищення завадозахищеності РН. Останнім часом промисловість випускає багато типів транзисторних регуляторів напруги, які призначені для заміни вібраційних та контактно-транзисторних, що перебувають в експлуатації. Так, регулятор напруги Я112АШ використовується для заміни реле-регуляторів РР380, РР362А і РР350Б.

1.9. Експлуатація генераторних установок та їхні основні несправності

Генератори змінного струму призначені для роботи тільки в схемі електрообладнання автомобіля чи трактора з приєднанням мінусового полюса акумуляторної батареї на масу. Заборонено роботу генератора, коли розімкнений вимикач маси, тобто коли вимкнена акумуляторна батарея.

Якщо генератор працює без акумуляторної батареї, то в момент вимикання споживачів на його виході виникають перенапруги через велику індуктивність обмотки збудження генератора. Ці перенапруги небезпечні для випрямного блока генератора, а також для регулювального транзистора регулятора напруги.

Заборонено тривалу роботу генератора з вимкненим проводом від його плюсового виводу, оскільки це призводить до великого розряджання акумуляторної батареї. У цьому разі через обмотку збудження протікає максимальний струм, а напруга не регулюється, тобто зі збільшенням частоти обертання генератора напруга на його вихідному затискачі «+» значно збільшуватиметься. Цей режим призводитиме до відмови силового транзистора регулятора напруги, оскільки він працюватиме в

лінійній зоні, а потужність, яка розсіюється на ньому, перевищуватиме припустиме значення.

Коли помилково ввімкнути акумуляторну батарею зі зворотною полярністю («+» на масу), то p-n переходи вентилів випрямного блока ввімкнуться в прямому напрямку. Опір вентилів у прямому напрямку становлять частки ома, і струм, який протікає через них, досягає великої сили: перегріваються проводи, руйнується ізоляція обмотки статора, пробиваються p-n переходи й повністю розряджається акумуляторна батарея, генератор виходить із ладу.

Потрібно слідкувати за технічним станом контактів і проводів між масами регулятора й генератора. Якщо контакт мінусового полюса генератора з масою автомобіля чи трактора порушуватиметься, то під час руху автомобіля чи трактора амперметр показуватиме або заряджання, або розряджання батареї. Якщо заряджання акумуляторної батареї контролюватимуть за допомогою сигнальної лампочки, то вона блиматиме.

Розглянемо характерні несправності генераторів та генераторних установок.

Амперметр не показує заряду на середній частоті обертання колінчастого вала двигуна, контрольна лампа горить із повним розжаренням. Ці ознаки свідчать про те, що генератор не заряджає акумуляторної батареї, і вона розряджається.

Однією з причин розряджання батареї може бути обривання кола між генератором та акумуляторною батареєю, що найчастіше трапляється в місцях з'єднання із затискачами і на перегинах проводів. В останньому випадку обривання проводу передусім затуляє ізоляція. Обривання в колі, коли його не виявлено під час зовнішнього огляду, знаходять за допомогою контрольної лампи, обов'язково вимикаючи генератор і реле-регулятор.

Одним кінцем проводу контрольної лампи доторкуються до маси автомобіля чи трактора, а другим – послідовно до затискачів, прямуючи по колу в певному напрямі від батареї до генератора. Світіння контрольної лампи засвідчує, що коло на ділянці від точки доторкування до джерела струму справне. Якщо ж у наступній точці лампа не горить, то це означає, що провід на ділянці між цими точками доторкування обірваний. Пошкоджені проводи замінюють новими, або з'єднують їх скручуванням і паянням. Місце скручування ізолюють ізоляційною стрічкою й полівінілхлоровими трубками.

Спад напруги в проводах перевіряють вольтметром, вимірюючи напругу на початку і в кінці кола, що живить споживач. Різниця напруг і визначить спад напруги в даному колі. Припустимий спад напруги в колі – не більш як 0,5–0,8 В.

Обривання в колі збудження. Якщо проводи зарядного кола справні, а амперметр не показує заряду, то, запустивши двигун на середню частоту

обертання колінчастого вала і ввімкнувши батарею та прилади-споживачі, потрібно на короткий час (не більш як на 1–2 с.) перемкнути відрізком проводу затискачі ВЗ і Ш реле регулятора. Робити це потрібно обережно, аби не замкнути затискачі Ш на масу, що може призвести до відмови транзисторного регулятора напруги. Якщо під час перемикання проводом затискачів ВЗ та Ш амперметр не показує кидка зарядного струму і не виникає іскріння в точках торкання проводу до затискачів, то несправність потрібно шукати в проводі, який з'єднує затискачі Ш реле-регулятора й генератора, або в самому генераторі, який не збуджується.

Несправним генератор може стати через зависання щіток у каналах щіткотримачів або обривання в колі обмотки збудження генератора. Насамперед, потрібно перевірити щітки.

Аби щітки не зависали, потрібно очистити канали щіткотримача від пилу й бруду, потім установити в нього щітки й переконатися, що вони вільно переміщуються. Спрацьовані щітки необхідно замінити.

Щоб визначити обривання обмотки збудження, щітки потрібно вийняти з щіткотримачів і до контактних кілець через амперметр або лампу підвести напругу 12–24 В. Якщо стрілка амперметра залишається на нулі чи лампа не засвічується, то в колі збудження є обривання.

«Скидання» навантаження генератором. Якщо струм навантаження дорівнює нулю, то на генераторі може бути певна напруга. Але під час вмикання навантаження напруга генератора різко спадає до значення, наближеного до нуля, і генератор не може живити увімкнуте навантаження. Це явище спричиняють здебільшого міжвиткові замикання в обмотці статора. У разі замикання витків в одній чи в кількох котушках статора струм починає протікати по короткозаземлених витках і не потрапляє у зовнішнє коло. Потужність генератора різко зменшується, а оскільки опір короткозамкнених витків малий, то струм у них набуває більшої сили, і вони перегріваються, а ізоляція порушується або й зовсім згоряє.

При пробиванні чи обриванні в одному з вентилів випрямного блока генератор також «скидає» навантаження.

Коротке замикання кола збудження. В цьому разі амперметр не показує кидка зарядного струму, проте під час замикання проводів затискачів ВЗ та Ш виникає потужна дуга, а сам провід швидко нагрівається. Причиною цього є коротке замикання кола обмотки збудження на масу, внаслідок чого напруга генератора знижується майже до нуля.

У цьому разі потрібно усунути коротке замикання, завдяки чому заряд акумуляторної батареї має відновитися.

Якщо під час замикання затискачів ВЗ та Ш амперметр показує кидок зарядного струму, то генератор і провід, який з'єднує затискачі Ш генератора й реле-регулятора, будуть справними, а несправним може буде реле-регулятор.

Якщо під час роботи двигуна на середніх обертах стрілка амперметра коливається, а контрольна лампа блимає, то наявні періодичні порушення в колі зарядного струму, що може спричинити послаблення приводного паса. У момент проковзування паса частота обертання ротора генератора зменшується, і струм, що віддається у зовнішнє коло, спадає, а це призводить до коливання стрілки амперметра або блимання лампи. Пас необхідно підтягнути, а генератор закріпити.

Поганий контакт між щітками і контактними кільцями також призводить до коливань сили струму, що віддається. Контакт між щітками й кільцями порушується через забруднення контактних кілець, підвищене спрацювання щіток і зменшення тиску пружин на щітки. Крізь отвори в основі щіткотримача оглядають контактні кільця й очищають їх від забруднення ганчіркою, намоченою в бензині. Якщо довжина частини щітки, що залишилася, менша, ніж це передбачено технічними умовами, її замінюють. У разі зменшення тиску контакт між щіткою й кільцями може періодично порушуватись.

Коли стрілка амперметра тривалий час показує великий зарядний струм (понад 10 А), то це означає, що напруга генератора перевищує нормативну. Внаслідок перезаряджання електроліт акумуляторної батареї википає, і, якщо воно триватиме довго, батарея може стати непридатною.

Щоб визначити несправність, потрібно перевірити реле-регулятор.

Перевірка деталей, вузлів генератора та їх ремонт

Перевірка обмотки збудження на обривання. Цю перевірку роблять за допомогою контрольної лампи, яку вмикають до контактних кілець ротора (рис. 1.27). Якщо обмотка обірвана, то лампа не горить.

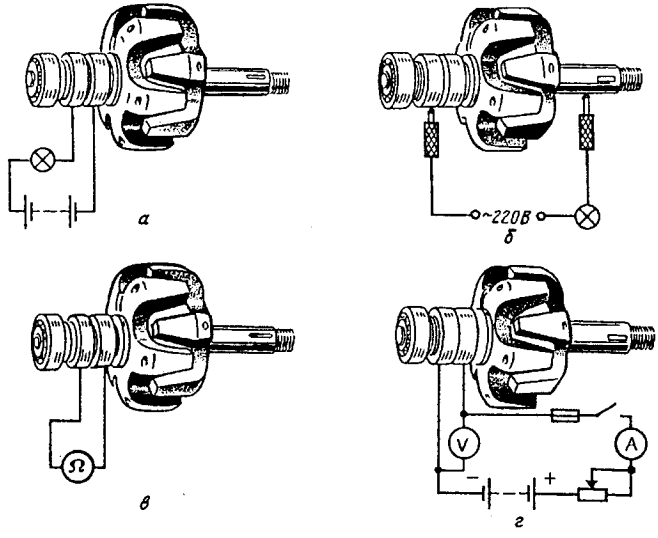


Рис. 1.27. Схеми перевірки обмотки збудження: а – на обривання; б – на замикання з валом чи полюсом; в – омметром на обривання та міжвиткове замикання; г – вмикання приладів для визначення опору

Перевірка обмотки збудження на замикання з полюсом чи з валом ротора. Замикання обмотки збудження з валом чи з полюсом ротора, залежно від місця контакту, може мати різні наслідки. Якщо замикання сталося на «виході» обмотки, то через зменшення опору кола збудження зростає струм збудження, а це призводить до перегрівання обмотки збудження. Якщо ж замикання сталося поряд із контактним кільцем, з'єднаного з «плюсовою» щіткою, то обмотка закорочується і генератор не збуджується. Замикання обмотки збудження на роторі визначають контрольною лампою під напругою 220 В (рис. 1.27, б).

Один провід з'єднують із будь-яким контактним кільцем, а другий із полюсом або з валом ротора. Лампа горить, коли обмотка замкнулася з валом чи полюсом. Якщо обмотку неможливо ізолювати від корпуса, то її замінюють.

Перевірка обмотки збудження на міжвиткове замикання. Міжвиткове замикання збільшує силу струму збудження. Внаслідок перегрівання обмотки руйнується ізоляція і замикається додаткова кількість витків. Збільшення струму збудження може спричинити вихід із ладу регулятора напруги. Цю несправність знаходять, порівнюючи виміряний опір обмотки збудження із заданим у технічних умовах. Коли опір обмотки зменшується, то її перемотують чи замінюють.

Міжвиткове замикання в котушці обмотки збудження визначають, вимірюючи опір котушки збудження за допомогою омметра (рис. 1.27, в), або ж за показниками амперметра та вольтметра при живленні обмотки від акумуляторної батареї (рис. 1.27, г). Плавкий запобіжник захищає амперметр і батарею від випадкового короткого замикання кола. До контактних кілець ротора вмикають щупи й діленням значення виміряної напруги на силу струму обчислюють опір і порівнюють його із заданим у технічних умовах.

Перевірка обмотки статора на обривання. Цю перевірку роблять за допомогою контрольної лампи чи омметра. Лампу й джерело живлення по черзі вмикають до кінців двох фаз (рис. 1.28, а). Якщо одна з котушок обірвана, то лампа не горить. Омметр, увімкнений до цієї фази, показує «нескінченність». Якщо його під'єднати до двох інших фаз, то він показуватиме опори цих двох фаз.

Перевірка обмотки статора на замикання з корпусом. Така несправність дуже знижує потужність генератора, він нагрівається або взагалі не працює. Перевірку роблять контрольною лампою напругою 220 В. Лампу вмикають до осердя статора і до будь-якого виводу обмотки за схемою (рис. 1.28, б). Якщо є замикання, то лампа засвічується.

Перевірка обмотки статора на міжвиткове замикання. Міжвиткове замикання в котушках обмотки статора визначають омметром (рис. 1.28, в), або за схемою (рис. 1.28, г). Коли опір двох обмоток (виміряний чи

розрахований) менший за наведений у технічній характеристиці, то обмотка статора має міжвиткове замикання. Цю несправність можна виявити, використовуючи нульову точку обмотки статора. Для цього потрібно виміряти чи розрахувати опір кожної фази зокрема, і, порівнявши опори всіх трьох фаз, з'ясувати, котра з них має міжвиткове замикання.

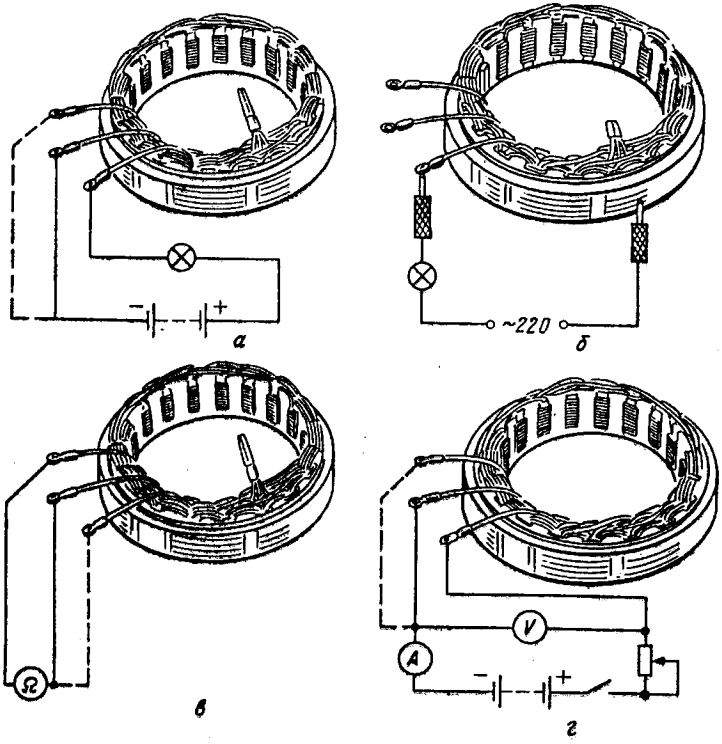


Рис. 1.28. Схеми перевірки обмотки статора:
а – на обривання; б – на замикання з корпусом; в – на міжвиткове замикання та обривання; г – увімкнення приладів для визначення опору обмотки статора

Обмотка фази з міжвитковим замиканням має менший опір, ніж інші. Дефектну обмотку замінюють.

Справність обмоток статора можна перевірити на контрольно-випробних стендах на симетричність фаз. У цьому разі вимірюють змінну напругу між фазами обмотки статора до випрямного блока за однакової (сталої) частоти обертання ротора. Якщо напруга однакова, то обмотка статора справна.

Перевірка діодів. Діоди автомобільного електроустаткування перевіряють на пробивання й обривання кола. Ці несправності виникають,

коли затискач «+» генератора замикається з корпусом, або коли в працюючому двигуні вимикається акумуляторна батарея, а також перегріваються діоди.

У разі пробивання одного чи кількох діодів однієї шини випрямного блока знижується потужність генератора. Пробивання діодів різнойменних шин призводить до замикання акумуляторної батареї на обмотку статора, внаслідок чого може статися пошкодження обмотки або «вигоряння» діодів. Обривання в колі одного діода знижує потужність генератора, а обривання двох діодів у колі однієї фази рівнозначне обриванню фази.

Щоб перевірити діод, його вмикають послідовно з лампою до акумуляторної батареї спочатку в одному, а потім в іншому напрямку. Якщо діод справний, то лампа горить тільки в одному випадку вмикання, а якщо пробитий – в обох, якщо не горить зовсім – у колі діода обривання.

При перевірці випрямних блоків генератора необхідно перевірити кожен із шістьох діодів окремо. Випрямний блок вмикають за схемами, наведеними на рис. 1.29, і послідовно перевіряють діоди однієї шини (рис. 1.29, а, б, д, е), змінюючи місцями проводи на акумуляторній батареї, а потім другої шини (рис. 1.29, в, г, є, ж).

Справність діодів можна перевірити і за допомогою омметра, вимірюючи опір у прямому й зворотному напрямках. Справний діод у випадку прямого вмикання омметра має опір не більш як 200 Ом, а зворотного вмикання – кілька сотень кОм. У пробитому діоді опір дорівнює нулю, а в обірваному – нескінченності. Діоди випрямних блоків типу ВБГ замінюють парами разом із секцією радіатора, а в блоках типу БПВ замінюють шину в складеному вигляді. Несправні діоди зворотної полярності блоків типу БПВ можна випресовувати із шини й замінювати діодами з ремонтними розмірами. Замінюючи діоди, слід звертати увагу на маркування їхньої провідності.

Під час ремонту генераторів в умовах АТП їх розбирають та замінюють несправні деталі чи вузли, очищають від пилу, бруду й масла, відновлюють пошкоджену ізоляцію, потім їх складають, випробовують і регулюють.

Не можна допускати, щоб генераторна установка працювала з вимкненими батареєю та навантаженням. У цьому разі пульсація випрямної напруги генератора буде значною і впливатиме на його роботу: піки напруги спричинюватимуть «хибне» спрацьовування чутливого елемента схеми стабілітрона, а отже, й усієї схеми регулятора, хоча середнє значення випрямної напруги генератора ще й не досягатиме порога спрацьовування схеми. Це порушує чітку роботу регулятора, збільшує частоту перемикання регулювального транзистора, а отже, потужність розсіяння й перегрівання, внаслідок чого транзистор виходить із ладу.

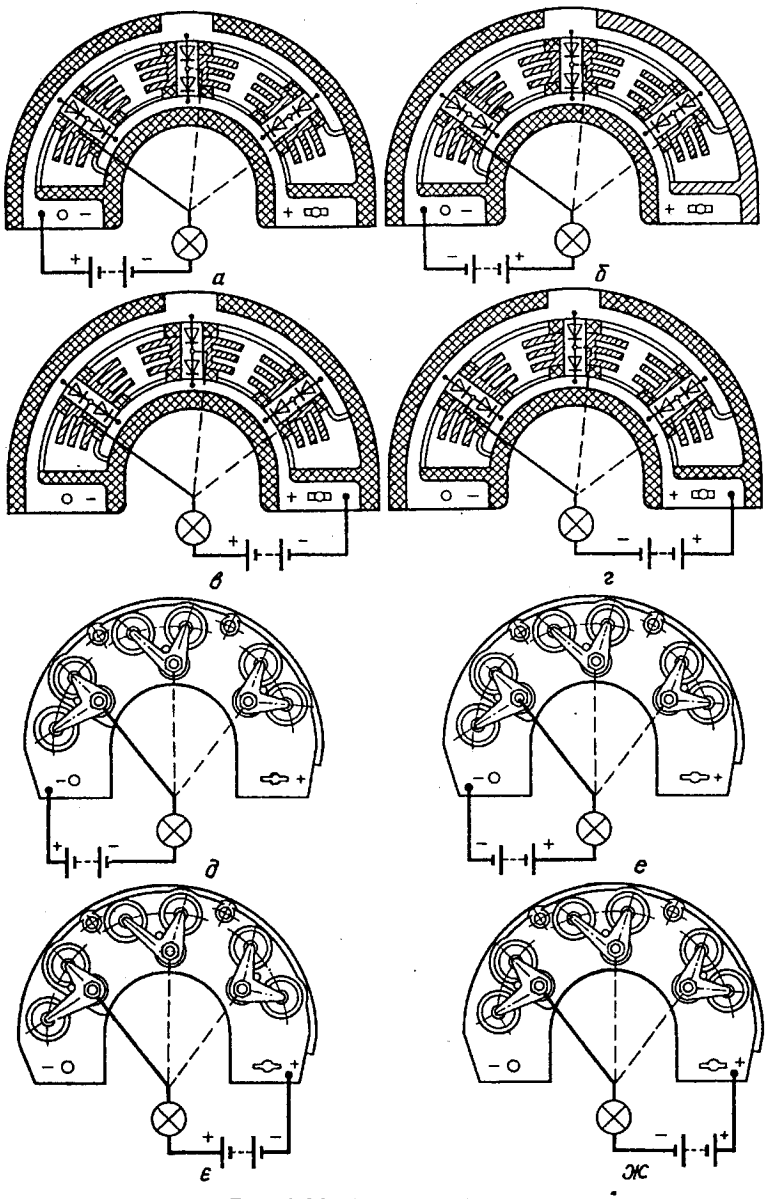


Рис. 1.29. Перевірка діодів:
а, б, в, г – випрямного блока типу ВБГ;
д, е, є, ж – випрямного блока БПВ на пробивання та обривання кола

У момент від'єднання споживачів від генератора перенапруга, яка виникає на виході генератора, виводить із ладу напівпровідникові прилади регулятора напруги, оскільки напруга перевищує припустимі значення.

У регуляторах напруги з кремнієвими транзисторами з'єднання затискачів Ш та «+» замикає накоротко обмотку збудження, через неї струм не протікає, генератор не збуджується. Режим небезпечний тим, що призводить до відмови в роботі регулювального транзистора, оскільки його перехід емітер-колектор потрапляє під повну напругу акумуляторної батареї. Струм колектора та потужність, яка виділяється на транзисторі, набувають значень, більших за припустимі, і транзистор, перегріваючись, виходить із ладу.

У випадку короткого замикання затискачів Ш і «–» вихідний транзистор регулятора закорочується, напруга генератора не регулюється і може із збільшенням частоти обертання досягти небезпечного для ламп та інших споживачів значення. Цей режим також небезпечний для напівпровідникових приладів регулятора напруги.

Найпоширеніша несправність – розрегулювання регулятора напруги в бік зменшення регульованої напруги до значення, меншого за ЕРС батареї. Переконатися в цьому можна при короткочасному натисненні на пружину вібраційного регулятора напруги, внаслідок чого виникатиме зарядний струм і без замикання затискачів ВЗ та Ш. Цю несправність усувають регулюванням регулятора за методикою, описаною нижче.

У контактно-транзисторному реле-регуляторі може статися самочинне спрацьовування реле захисту, яке виявляють, знімаючи кришку реле-регулятора, й усувають, трохи збільшуючи натяг пружини реле захисту.

У реле-регуляторі також може статися внутрішнє обривання, яке можна виявити та усунути тільки в електроцеху.

Перевірка безконтактних транзисторних та інтегральних регуляторів проводиться також за спеціальними методиками. Справність регуляторів перевіряють, вмикаючи їх до акумуляторної батареї за схемою (рис. 1.30).

Як навантаження кола збудження використовують лампу потужністю 30 Вт. Для цього регулятор, розрахований на робочу напругу 14 В, вмикають спочатку до 6 акумуляторів (12 В), а потім до 8 акумуляторів (16 В) двох послідовно увімкнених батарей, а для регуляторів, розрахованих на 28 В, – спочатку до 12 акумуляторів (24 В), а потім до 16 акумуляторів (32 В). Якщо регулятор напруги справний, то у першому випадку вмикання лампа має горіти, а в другому – не горіти. Якщо лампа горить, або не горить, в обох випадках вмикання, то регулятор несправний.

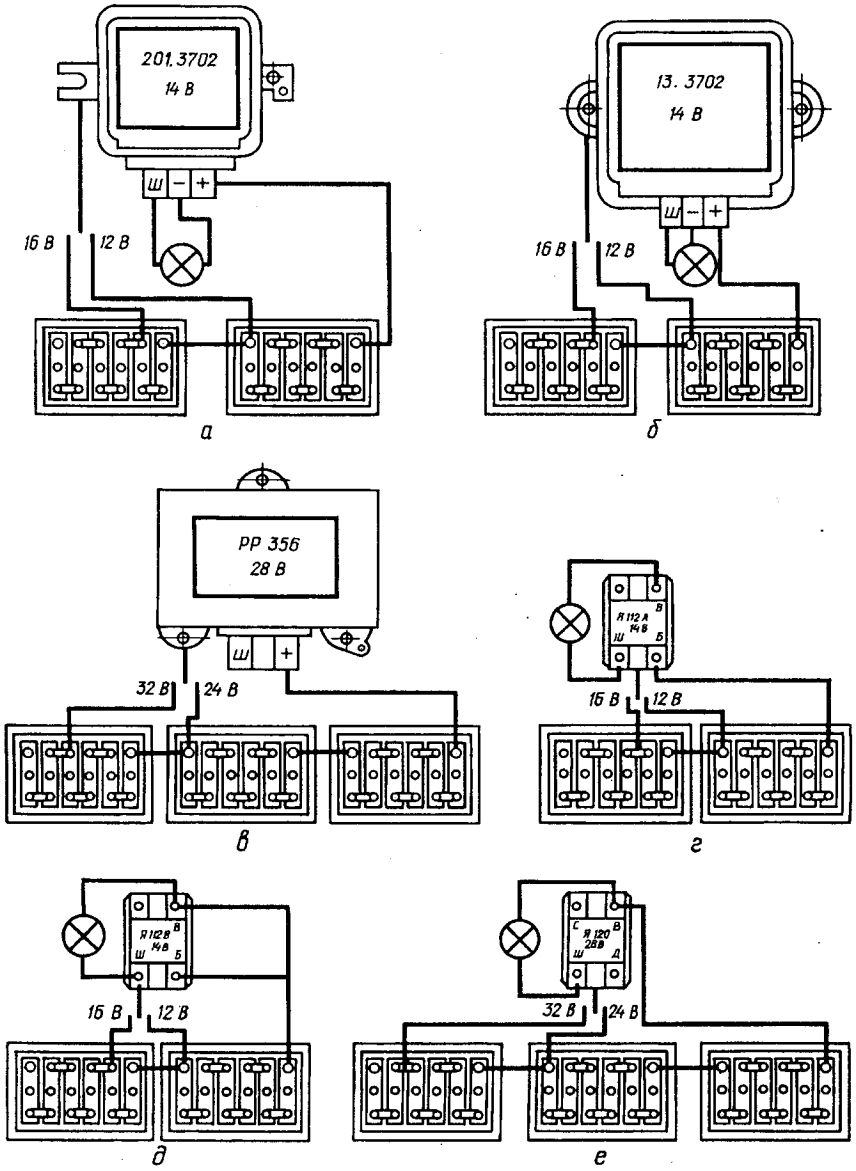


Рис. 1.30 Схема перевірки працездатності регуляторів напруги

Точніше перевірити регулятор напруги й виміряти регульовану напругу можна за допомогою приладу, який є стабілізованим джерелом напруги

з плавним її регулюванням до 35 В (рис. 1.31). Його вмикають до регулятора, далі вмикають схему і, плавно збільшуючи напругу, стежать за контрольною лампою та вольтметром. У момент увімкнення лампи вимірюють напругу, яка й буде напругою спрацьовування регулятора. Якщо ця напруга не відповідає технічним умовам, то налагоджують регулятор.

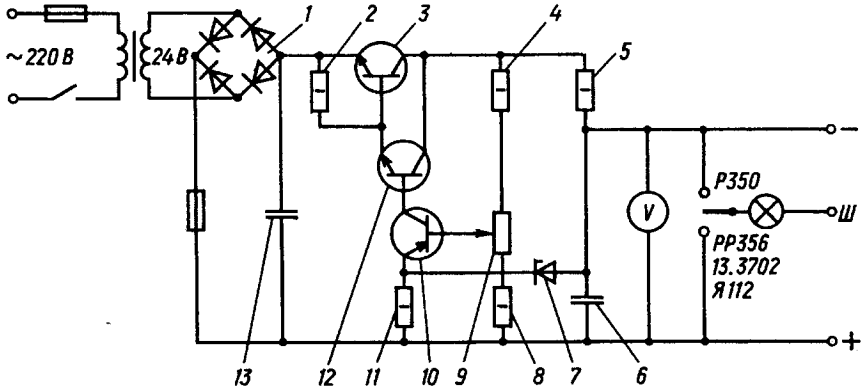


Рис. 1.31. Схема приладу для перевірки безконтактних регуляторів напруги: 1 – випрямний блок; 2 – резистор 4 кОм; 3 – транзистор КТ 803; 4 – резистор 1,5 кОм; 5 – резистор 0,6 Ом; 6 – конденсатор

Інтегральні регулятори – це прилади нерозбірні й не підлягають регулюванню, а отже, їх замінюють.

У регуляторах серії Я120 передбачено посезонне регулювання для зимового «З» і літнього «Л» режимів заряджання акумуляторної батареї, яке дає змогу змінювати напругу в межах 1–2 В. Якщо гвинт укрутити до упору в корпус (положення «З»), напруга генератора підвищується, а якщо викрутити (положення «Л») – зменшується на 1–2 В.

1.10. Свинцево-кислотні акумуляторні батареї

Принцип дії свинцево-кислотного акумулятора

Акумуляторна батарея, що встановлена на автомобілі чи тракторі, служить для пуску двигуна стартером, живлення постійним електричним струмом різних споживачів при непрацюючому двигуні або при роботі його на малих обертах, коли потужність генератора недостатня для живлення споживачів.

Основний споживач, який визначає тип і конструкцію акумуляторної батареї, є стартер. Тому стартерні свинцево-кислотні акумуляторні батареї повинні мати властивості при відносно невеликих габаритах та вазі

короткочасно (5-10 сек) віддавати великий струм 200-800 А при малому внутрішньому спаді напруги.

Принцип дії кислотного акумулятора зручно пояснити таким чином. Якщо в посудину, заповнену електролітом (водним розчином сірчаної кислоти – H_2SO_4) опустити на деякій відстані одна від одної дві свинцеві пластини, то під дією сірчаної кислоти, що знаходиться в електроліті, поверхня пластин через деякий час вкриється тонким шаром сірчанокислого свинцю, що називається сульфатом свинцю ($PbSO_4$). Процес утворення сульфату свинцю припиниться, коли поверхні обох пластин вкриються ним. При цьому кількість сірчаної кислоти в електроліті зменшиться через витрату її на створення сульфату свинцю, і густина електроліту відповідно знизиться.

Якщо після цього до пластини підключити вольтметр, то його стрілка не відхилиться, бо в такому акумуляторі електрорушійна сила відсутня. Це пояснюється тим, що обидві пластини мають однаковий хімічний склад, а електрорушійна сила виникає лише за умови, що електроліт взаємодіє з пластинами різного хімічного складу.

Для отримання різного хімічного складу пластин, а значить, для отримання електрорушійної сили, необхідно зарядити акумулятор. Під час заряджання відбувається електролітичне розчинення металу (свинцю).

При заряджанні одну пластину акумулятора з'єднують з позитивним полюсом джерела постійного струму, а другу пластину – з негативним. Пластину, з'єднану з позитивним полюсом джерела струму, називають позитивною, а з негативним – негативною.

При проходженні зарядного струму сульфат свинцю позитивної пластини перетворюється в перекис свинцю (PbO_2), а сульфат свинцю негативної пластини – в металевий свинець (Pb) у вигляді губчатої зрихленої маси, при цьому в розчин виділяється сірчана кислота (H_2SO_4). Тому при зарядженні густина електроліту збільшується до того моменту, поки весь сульфат свинцю обох пластин не перетвориться в активні речовини PbO_2 та Pb. В процесі зарядження негативний електрод виділяє в електроліт позитивно заряджені іони свинцю, а на ньому залишаються надлишкові електрони і він заряджається негативно. З позитивного електрода двоокис свинцю в обмеженій кількості переходить в електроліт, де при з'єднанні з водою іонізується на чотирьохвалентні іони свинцю Pb^{4+} та одновалентні іони гідроксиду OH^-. Важкі чотирьохвалентні іони свинцю не покидають пластину, а осідають і залишаються на електроді, створюючи пластині позитивний потенціал. Тому між електродами виникає різниця потенціалів. Коли акумулятор повністю заряджений, ця електрорушійна сила на електродах досягає свого максимального значення, після чого в електроліті проходить бурхливе газоутворення внаслідок розкладу води на водень та кисень.

Процеси, які відбуваються в свинцевому акумуляторі під час його розрядження та заряджання, показано на рис. 1.32.

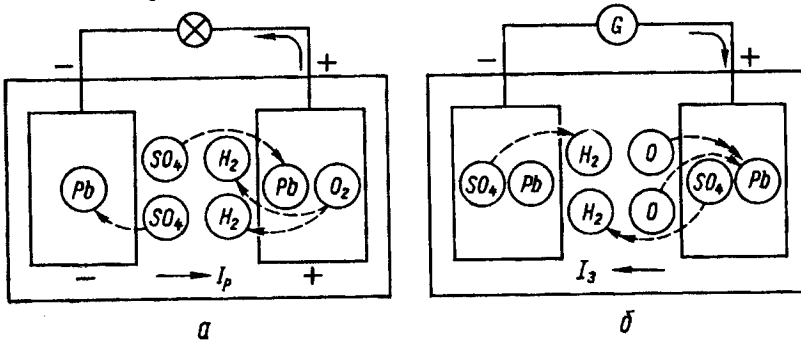


Рис. 1.32. Схеми процесів, які відбуваються в свинцевому акумуляторі
а – розряджання; б – заряджання

Хімічні реакції, що відбуваються в акумуляторі, описано теорією «подвійної сульфітації», розробленої в 1883 році Дж. Гладстоном та А.Трайбом. Її можна представити в такому вигляді:

$$PbO_2+Pb+2H_2SO_4=2PbSO_4+2H_2O.$$

де зліва праворуч маємо процес розряджання, а справа ліворуч – заряджання.

1.11. Будова свинцево-кислотних акумуляторних батарей

Акумуляторна батарея складається з послідовно з'єднаних акумуляторів. В автомобілях та тракторах використовують стартерні акумуляторні батареї з номінальною напругою 6 та 12 В, які складаються відповідно з трьох та шести акумуляторів. Якщо номінальна напруга бортової мережі становить 24 В, зазвичай використовують дві 12-вольтові акумуляторні батареї.

Слід зазначити, що 6-вольтні акумуляторні батареї нині з виробництва знімають.

Свинцеві акумуляторні батареї (рис. 1.33) випускають в єдиному моноблоці 11, виготовленому з ебоніту, термопласту (наповненого поліетилену), поліпропілену чи з полістиролу. Ці матеріали забезпечують тепло-, морозо- і кислотостійкість, а також механічну міцність. Моноблок поділено перегородками на комірки. На дні кожної комірки містяться призми 12, які є опорою для електродів та сепараторів і створюють простір, призначений для нагромадження шламу, що утворюється внаслідок оплівання активної маси електродів. Це запобігає замиканню шламом різнойменних електродів.

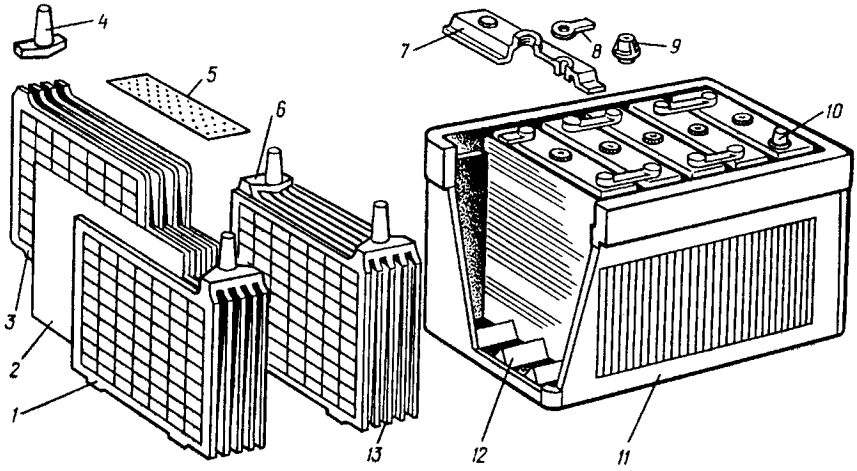


Рис. 1.33. Стартерна акумуляторна батарея:
1 – негативна пластина; 2 – сепаратор; 3 – позитивна пластина;
4 – борн; 5 – сітка; 6 – місток; 7 – кришка; 8 – перемичка; 9 – пробка;
10 – клема; 11 – моноблок; 12 – призма; 13 – блок електродів.

У кожній комірці моноблока вміщено негативні 1 та позитивні 3 електроди, відокремлені сепаратором 2 і зібрані в блок електродів 13. Електроди однієї полярності зварено між собою з певним зазором свинцевим містком 6, до якого приварено борн 4.

Електрод кожної полярності складається з активної маси і граток, призначених для струмовідведення й утримування активної маси. Ґратки виливають із свинцевих сплавів, до яких додають 4,5–6,0% сурми для збільшення механічної міцності, та 0,2% миш'яку для підвищення корозійної стійкості. Маса граток становить до 50% маси пластини. На ґратки пластин намазується паста, яка виготовляється зі свинцевого порошку та розчину сірчаної кислоти; в пасту для негативних пластин додається розширювач для попередження зменшення губчастого свинцю при експлуатації батареї. Паста після електрохімічної обробки (формування) перетворюється на високопористу активну масу. Після сушки пластин їх збирають у блоки.

Товщина пластин залежить від режиму роботи, терміну служби акумуляторної батареї і становить 1,5–2,0 мм та 2,4–2,6 мм для акумуляторних батарей відповідно легкових та вантажних автомобілів. Пластини мають форму, що наближається до квадратної: ширина і висота – відповідно 143 і 119 або 133,5 мм.

Співвідношення між кількістю позитивних та негативних електродів в одному акумуляторі в різних типах батарей різне. Звичайно, кількість негативних електродів на одиницю більша, ніж позитивних.

Між пластинами в блоках ставлять сепаратори 2 – відокремлювачі з кислотостійкого поруватого матеріалу. Вони призначені для запобігання стиканню різнойменних електродів і короткому замиканню між ними. Завдяки великій поруватості та добрій змочуваності сепаратори не перешкоджають вільному доступу електроліту до активної поверхні пластини. Сепаратори батарей виготовляють із мінору, мінпласту та поровінілу. Товщина їх становить 1,1; 1,3; 1,5; 1,7; 1,9 мм.

Кришки 7 з ебоніту чи з пластмаси можуть закривати окремі акумуляторні відсіки. На сучасних батареях застосовують єдині кришки, які приварені чи приклеєні до моноблока. Кришки мають отвори для виведення борнів і заливання електроліту. Заливні отвори горловини закривають пробками 9 із вентиляційними отворами. Спеціальні відбивачі в пробках перешкоджають виплескуванню електроліту крізь вентиляційні отвори.

Окремі акумулятори з'єднують у батареї за допомогою перемичок, які можуть мати різну конструкцію. У батареях з індивідуальними кришками перемички розташовані угорі. У випадку застосування спільної кришки (монокришки) перемички розташовують над перегородками моноблока. Укорочені міжелементні з'єднання не тільки зменшують омічний опір, а й дають змогу скоротити витрати свинцю для виготовлення батареї і, отже, її масу. Відстань між верхніми краями пластин і кришкою становить близько 20 мм для компенсації коливань рівня електроліту та відокремлення його крапель у разі великого газовиділення – «кипіння» – наприкінці заряджання.

Вади, притаманні звичайним акумуляторним батареям (зниження рівня електроліту, прискорена корозія ґраток позитивного електрода, саморозряджання), спричинюються наявністю 4,5–6,0% сурми в сплаві свинцю, що використовується для виготовлення ґраток електродів. Крім того, потрібно періодично перевіряти рівень електроліту, і в разі потреби доливати дистильовану воду.

Цих вад не мають так звані необслуговувані батареї, в яких замінено матеріали ґраток, тобто позитивні електроди виготовляють із свинцю, легованого сурмою до 1,5% і кадмієм до 1,5%, а ґратки негативних електродів – із кальцієво-олов'янистого сплаву, що містить до 0,6–0,9% кальцію та до 0,5–1,0% олова. Чим більше сурми в свинцю, тим швидше при меншій напрузі, що прикладена до електродів, вони нагріваються й відбувається електролітичне розкладання води з виділенням водню та кисню. Тому навіть при нормальній напрузі в мережі електрообладнання автомобіля акумулятор трохи «кипить». Застосування нової технології виготовлення акумуляторних деталей, що не вимагає особливих ливарних якостей, дає змогу зменшити вміст сурми до 2,5–1,5%, а добавка кадмію до 1,5% забезпечує дрібнокристалічну структуру, яка сприяє зменшенню корозії електродів.

У мало- і необслуговуваних батареях не тільки замінено матеріал ґраток, а й зроблено такі конструктивні зміни:

1) позитивні електроди вміщено в сепаратор-конверт, який закритий із трьох боків;

2) блок електродів розміщено на дні моноблока для збільшення кількості електроліту без збільшення габаритних розмірів батареї;

3) товщина електродів не перевищує 1,9 мм, що дало змогу збільшити їх кількість, тобто знизити питомі струми без зміни габаритних розмірів батареї;

4) застосовано сепаратори з меншими питомими опором і товщиною; акумулятори з'єднано через перегородки моноблока; внутрішній опір батареї також зменшується внаслідок того, що питомий опір ґраток із свинцево-кальцієво-олов'янистих, а також малосурм'янистих сплавів менший, ніж ґраток із звичайного свинцево-сурм'янистого сплаву.

Необслуговувані батареї мають такі переваги: кращі пускові якості, збільшений термін служби, поліпшені зарядні характеристики, менше саморозряджання, послаблену корозію позитивних електродів, немає потреби у доливанні води в процесі експлуатації. Їх випускають у герметичному виконані. Вони не мають заливних горловин, проте обладнані спеціальним індикатором зарядженості, колір якого змінюється, коли вона досягає певного мінімального рівня. Останнім часом розроблена технологія виготовлення пластин методом напилення активної маси на пластмасову стрічку, що одночасно є сепаратором.

Після просочування в електроліті ці стрічки згортаються в трубки і створюють циліндричний акумулятор, який має виводи з обох сторін по осі циліндра. Зовнішнє послідовне з'єднання перемичками 6-ти таких акумуляторів створює 12-ти вольтову акумуляторну батарею. Головною перевагою такої батареї яка отримала назву монолітна є малогабаритність, значне збільшення струму холодної прокрутки, довговічність. Наприклад, акумуляторна батарея VRLA при ємності 56 А год в стартерному режимі може віддавати струм 850 А. При цьому вона має зменшені розміри порівняно з акумуляторними батареями аналогічної ємності.

Свинцеві стартерні акумуляторні батареї маркують згідно з державними стандартами. Перша цифра маркування (3 або 6) характеризує кількість послідовно з'єднаних акумуляторів у батареї, яка визначає її номінальну напругу (6 або 12 В). Літери СТ означають, що батарея стартерна. Подальші цифри визначають номінальну ємність у 20-годинному режимі розряджання, а літери – матеріал моноблока (Е – ебоніт, Т – термопласт, П – поліетилен), матеріал сепараторів (М – мілпласт, Р – мілор, П – пластипор, С – скловолокно разом із якимось із сепараторів) і виконання (Н – несухозаряджена, А – зі спільною кришкою, З – батарея залита електролітом і повністю заряджена (необслуговувана)).

1.12. Технічні характеристики свинцево-кислотних акумуляторних батарей

В Україні використовуються акумуляторні батареї, що виробляються в Україні, Росії, Казахстані, Білорусії та інших країнах СНД. В той же час ринок України заповнений американськими, японськими, німецьким, індійськими, корейськими, болгарськими та іншими акумуляторами різних типів, розмірів та ємностей. Використання того чи іншого акумулятора, як правило, має відповідати країні виготовлення автомобіля чи трактора.

В табл. 1.4 наведено характеристики акумуляторів, що встановлюються на автомобілях та тракторах, які випускаються в країнах СНД, а в табл. 1.5 – деяких імпортних акумуляторів, які можна купити в Україні.

Таблиця 1.4

Батарея	Розміри, мм			Об'єм електроліту, л	Витрати, л		Застосовується на автомобілях та тракторах
	Довжина	Ширина	Висота		Кислоти густиною 1,83	Води	
6СТ-43АЗ	240	179	225	3,3	0,89	2,41	ЗАЗ «Таврія» та модифікації трактори ДТ-75МЛ, Т-150К
6СТ-50А	258	174	234	3,6	0,95	2,65	
6СТ-55	260	172	223	3,8	0,775	3,025	ВАЗ, АЗЛК, ЛуАЗ
6СТ-55АЗ	240	175	210	4,5	1,25	3,25	ЕрАЗ, ІЖ
6СТ-75	356	176	236	6,	1,4	3,8	ГАЗ, УАЗ, РАФ
6СТ-77АЗ	339	176	210	6,1	1,65	4,45	Вантажні ГАЗ
6СТ-90	421	180	240	7,4	1,73	4,67	Вантажні ЗІЛ, КАЗ, ЛіАЗ
6СТ-105	476	187	240	7,3	1,98	5,32	РАФ, ПАЗ
6СТ-110АЗ	330	239	230	6,2	1,74	4,46	ГАЗ 4509, 3301
6СТ-132	514	211	244	9,0	2,5	6,5	БелАЗ
6СТ-135А	511	192	239	8,0	2,24	5,76	ЕрАЗ, КАВЗ
6СТ-182	522	282	243	12,2	3,3	8,9	МАЗ, Урал
6СТ-190	582	237	236	11,1	3,0	8,1	КамАЗ, КрАЗ
6СТ-190А	525	239	243	10,4	2,8	7,6	БелАЗ, МАЗ
3СТ-150	326	176	240	4,7	1,27	3,43	Автобуси, ЛАЗ, трактор Т30 А80
3СТ-155	326	179	241	4,7	1,27	3,43	Трактори МТЗ
3СТ-215	326	177	240	4,7	1,27	3,43	Трактор МТЗ-80, ЛТЗ-55

Таблиця 1.5

Батарея	Країна, фірма	Розміри, мм			Пусковий струм, А	Застосовується на автомобілях та тракторах
		Довжина	Ширина	Висота		
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
6СТ-36	Австрія, «В'А'REN»	200	130	230	175	MAZDA 121, AUDI 50, FIAT 126
6СТ-43	Франція, «DELCO»	210	175	210	210	ALFA ROMEO,
	Корея, «YUSIMI»	208	175	175	200	TOYOTA,
	Італія, «FIAMM»	207	175	190	210	FORD FIESTA,
	Австрія, «В'А'REN»	210	175	175	210	HONDA,
	Італія «ААА»	207	175	190	210	OPEL Kadett, PEUGEOT 205, RENAULT R9-R19
6СТ-44	Єгипет, «CHLORIDE»	205	175	190	300	FORD FIESTA,
	Австрія, «В'А'REN»	211	175	190	210	BMW
	Франція, «DELCO»	207	175	175	210	OPEL, AUSTIN,
	Німеччина, «BOSCH»	211	175	190	210	MINI, VWK 70
	Корея, «YUSIMI»	208	175	190	210	
6СТ-45	Хорватія, «MUNJA»	210	175	190	220	AUDI-100, HONDA
	Австрія, «В'А'REN»	210	135	225	220	VOLKSWAGEN
	Корея, «YUSIMI»	217	135	201	190	PORSCHE,
	Франція, «DELCO»	210	207	175	175	TALBOT SIMCA,
	Італія, «ААА»	217	135	225	210	MASDA 121, MITSUBISHI
6СТ-50	Австрія, «В'А'REN»	249	175	175	320	MASDA 1500, 1800
	Італія, «ААА»	202	170	225	220	HONDA PRELUDE
	Франція, «DELCO»	207	175	190	225	
	Корея, «YUSIMI»	200	169	198	220	
6СТ-55	Німеччина, «BOSCH»	246	175	190	255	BMW 320, FIAT 1,6,
	Франція, «DELCO»	242	175	175	255	HONDA CONCERTO
	Австрія «В'А'REN»	246	175	190	255	ALFA ROMEO
	Єгипет, «CHLORIDE»	235	175	180	375	FIAT 131, 132
	Італія, «FIAMM»	207	175	190	270	MASERATI
	Іспанія, «TUDOR»	242	175	190	255	OPEL ASCONA
	Італія, «ААА»	207	175	226	255	ROVER 2135E
	США, «FIVE STAR»	216	172	207	255	TOYOTA
	Корея, «YUSIMI»	241	175	195	255	

1	2	3	4	5	6	7
6СТ-60	Франція, «DELCO» Італія, «FIAMM» Хорватія, «MUNJA» Китай "XINXU" Австрія «B'A'REN» Німеччина, «BOSCH» Італія, «AAA» США, «FIVE STAR» Турція, «MUTLU» Корея, «YUSIMI»	242 242 245 280 246 272 242 216 260	175 175 175 173 175 173 176 172 178 168	190 190 190 240 190 225 190 207 205 203	310 330 300 240 280 170 320 300 240 235	BMW 628-630-635, CITROEN BX 170, ALFA ROMEO, FIAT 1.7-1.9-REGATA, MERCEDES 190E-200-220-230, OPEL SENATOR 2,8/3,0, PEUGEOT 404, RENAULT R25 ESPASE, VOLKS-WAGEN POLO, VOLVO 740-760-850-960, ROVER 827, SAAB 9000
6СТ-66	Німеччина, «BOSCH» теж Франція, «DELCO» Австрія, «B'A'REN» Єгипет, «CHLORIDE» Італія, «FIAMM» Хорватія, «MUNJA» США, «FIVE STAR» Корея, «YUSIMI»	305 293 277 327 270 302 270 216 300	175 175 175 175 175 175 175 172 175	190 175 175 195 190 175 190 207 190	300 400 300 300 420 300 300 310 300	MASDA 1, CAPELLA, VOLVO 142-144-145-164-245-264, FIAT 124-125, ALFA ROMEO GIULIA, CITROEN ID-DS 19/20/21 BMW 320. 325. FORD 26M
6СТ-70	Франція, «DELCO» Австрія, «B'A'REN» Єгипет, «CHLORIDE» Італія, «FIAMM» Італія, «AAA» Корея, «YUSIMI»	277 306 300 278 278 271	175 175 170 175 176 168	190 225 20 190 190 203	380 315 470 400 420 315	BM 325-535, CITROEN XM, MERCEDES 300 SE/SEL 380-450-190D-230-280, OPEL ASCONA, PEUGEOT 505-405D, PORSCHE
6СТ-75	Австрія, «B'A'REN» Німеччина, «BOSCH» Корея, «YUSIMI» Китай, "XINXU» теж Хорватія, «MUNJA»	278 278 301 302 338 270	175 175 172 175 175 175	190 190 202 228 240 190	420 400 280 300 300 350	MERCEDES 300 SE, 350-380-450-190D-200D-230CE-280 CE, OPEL ASCONA, OMEGA-KADETT D-SENATOR TD, ALFA ROMEO GTV 2,0, FIAT 127D.

1	2	3	4	5	6	7
6СТ-88	Німеччина, «BOSCH»	381	175	190	398	BMW 730-740-750,
	Франція, «DELCO»	381	175	175	450	850,
	Австрія, «B'A'REN»	381	175	190	395	FORD TRANSIT,
	Корея, «YUSIMI»	378	175	190	395	HONDA LEGEND,
	Єгипет, «CHLORIDE»	350	175	190	564	JEEP COMMANDO-
	Хорватія, «MUNJA»	380	174	190	395	WAGNEER-GHE-
	Італія «FIAMM»	381	175	190	395	ROKEE MASDA RX4-RX5-RX7
6СТ-90	Корея, «YUSIMI»	418	178	229	400	AUDI 100 2000CC/
	Китай, "XINXU»	410	180	230	450	CD, BMW 324D/
	Німеччина, «BOSCH»	381	175	190	450	TD-524TD,
	Австрія, «B'A'REN»	381	175	190	450	CITROEN CX 2,5D/
	Італія, «FIAMM»	304	175	208	400	TD, FIAT
	Італія, «AAA»	304	175	208	400	CAMPAGNOLA, OPEL RECORD D, VOLVO 240D-244D-740D/T D-780TD
6СТ-100	Німеччина, «BOSCH»	353	175	190	500	MITSUBISHI.
	Італія, «AAA»	328	175	206	450	NISSAN, TOYOTA
	США, «FIVE STAR»	306	173	227	420	MA, ISUZU
	Корея «YUSIMI»	271	264	206	440	
	Австрія, «B'A'REN»	413	175	233	360	
	Теж	350	175	190	500	
	Китай, "XINXU»	502	211	248	510	
	Хорватія, «MUNJA»	380	174	190	420	
	Італія «FIAMM»	328	175	215	450	
6СТ-120	Австрія, «B'A'REN»	513	197	240	400	FIAT ALLIS A4D,
	Корея, «YUSIMI»	515	190	195	420	IVECO 100-110-
	Китай, "XINXU»	504	182	257	420	130NC, DAF FA 1100
	Італія, «FIAMM»	508	175	205	600	DT-2505DHS, MAN
	Італія, «AAA»	344	172	205	500	15.168
6СТ-135	Італія, «FIAMM»	508	175	205	600	MERCEDES 1219-
	Китай, "XINXU»	504	182	267	405	1419, SCANIAR
	Австрія, «B'A'REN»	520	198	212	450	82H-R92H, VOLVO
	Корея, «YUSIMI»	515	190	195	420	F7-FL7-614/140
6СТ-143	Італія, «FIAMM»	514	218	210	630	IVECO 180.24-
	Італія, «AAA»	514	218	210	630	180.26, SAME, FIAT
	Хорватія, «MUNJA»	510	189	223	460	684-170-TURBO 300,
	Австрія, «B'A'REN»	520	220	210	630	MAN, MERCEDES MAGIRUS LKW

1	2	3	4	5	6	7
6СТ-180	Китай, «XINXU»	515	248	268	540	FIAT LKW,
	Хорватія, «MUNJA»	510	233	233	610	MERCEDES, FORD
	Австрія, «B'A'REN»	513	223	223	600	
	Італія, «FIAMM»	513	223	223	800	
	Корея, «YUSIMI»	507	277	222	570	
6СТ-190	Югославія, «ZLETOVO»	524	230	238	570	MAN, MERCEDES,
	Китай, «XINXU»	502	211	248	590	SAURER-LKW
6СТ-200	Італія, «FIAMM»	513	223	223	850	MAN 40.400
	Китай, «XINXU»	515	268	268	600	SCANIA-LKW,
	Австрія, «B'A'REN»	523	295	250	630	IVECO 190.42,
	Корея, «YUSIMI»	507	277	222	630	VOLVO F16F-F89-85
						FIAT AGRI 158 DT

1.13. Основні електричні характеристики свинцево-кислотних стартерних акумуляторних батарей

До основних електричних характеристик стартерних акумуляторних батарей належать: ЕРС, напруга, внутрішній опір, ємність, потужність, енергія, саморозряджання, термін служби.

Електрорушійною силою акумулятора називають алгебраїчну різницю його електродних потенціалів, якщо зовнішнє коло розімкнене:

$$E_a = \varphi_+ - \varphi_-,$$

де φ_+ і φ_- – потенціали позитивного та негативного електродів, коли зовнішнє коло розімкнене (вимірюють за допомогою кадмієвого електрода, вміщеного в електроліт). З практичною метою ЕРС можна визначити вольтметром із великим внутрішнім опором (не менш як 300 Ом на 1 В) чи потенціометром.

ЕРС акумулятора залежить від густини, і дуже мало від температури електроліту. Коли густина електроліту однакова в зарядженій і розрядженій батареї, то ЕРС майже однакова. Тому за ЕРС не можна робити висновок про ступінь зарядженості батареї. ЕРС також не залежить від розмірів пластин в акумуляторі.

ЕРС свинцевого акумулятора приблизно можна визначити за емпіричною формулою, В:

$$E_a = 0{,}84 + \gamma,$$

де γ – густина електроліту за температури + 25 °С, г/см^3.

ЕРС батареї, що складається з акумуляторів, з'єднаних послідовно,

$$E_б = mE.$$

Напруга акумуляторної батареї – найважливіший параметр на практиці. При розряджанні він нижче, ніж ЕРС, а при заряджанні – вище ЕРС внаслідок спаду напруги на внутрішньому активному опорі та електродній поляризації. Напругу акумуляторної батареї визначають за формулами:

при заряджанні:

$$U_з = E_б + E_п + I_з R_б;$$

при розряджанні:

$$U_р = E_б - E_п - I_р R_б;$$

де $E_б$, $E_п$ – ЕРС акумуляторної батареї та поляризації відповідно; $I_з$, $I_р$ – струм заряджання та розряджання відповідно; $R_б$ – внутрішній опір акумуляторної батареї.

Явище зміни потенціалу електродів під час протікання струму називається поляризацією.

Наприкінці заряджання акумуляторної батареї, коли активний матеріал пластин відновиться, зарядний струм починає витрачатися на електроліз води, під час якого на негативному електроді виділяється водень, а на позитивному – кисень (інтенсивне газовиділення). Оскільки електроліз води потребує вищої напруги, ніж відновлення активних матеріалів, і в процесі газовиділення зростає внутрішній опір акумуляторної батареї, то напруга наприкінці заряджання різко підвищується. Зростання напруги заряджання за постійної напруги генератора знижує зарядний струм акумуляторної батареї, а отже, можна дійти висновку про ступінь її зарядженості за показниками амперметра.

Внутрішній опір акумуляторної батареї невеликий (соті й тисячні частки ома), завдяки чому в стартерних режимах розряджання від батареї можна отримати великі струми з малим спадом напруги. Внутрішній опір акумуляторної батареї –

$$R_б = R_o + \frac{E_п}{I} = R_o + R_п,$$

де R_o – омічний опір; $E_п$ – ЕРС поляризації; I – розрядний (зарядний) струм; $R_п$ – опір поляризації акумуляторної батареї.

Опір R_o складається з опорів пластин, сепараторів, вивідних затискачів міжелементних з'єднань та електроліту. Більшу його частину створює опір електроліту, який залежить від поруватості сепаратора, густини й температури електроліту.

Опір $R_п$ зумовлений зміною електродних потенціалів φ_+ та φ_- під час проходження струму, залежить від сили струму і не підлягає законові Ома.

Омічний опір акумулятора залежить від площі поверхні ввімкнених паралельно пластин, відстані між ними, густини і температури електроліту, сили розрядного й зарядного струмів, ступеня розрядженості акумулятора. Мінімальний опір має електроліт густиною 1,23–1,3 г/см^3 при температурі +15°С, що зумовило вибір цих значень густини для електроліту стартерних акумуляторних батарей. Із зниженням температури питомий опір електроліту набагато зростає і при температурі – 40°С стає приблизно у 8 разів більший, ніж при температурі +30°С.

У процесі заряджання та розряджання акумулятора його внутрішній опір змінюється внаслідок зміни густини електроліту та хімічного складу активної маси пластин.

Із збільшенням ступеня розрядженості акумулятора його внутрішній опір збільшується внаслідок зменшення густини електроліту та утворення на пластинах сульфату свинцю, питомий опір якого значно більший, ніж опір губчастого свинцю та діоксиду свинцю. Так, питомий опір Pb становить $1{,}83 \cdot 10^{-6}$ Ом · м, опір PbO_2 – $74 \cdot 10^{-6}$ Ом · м, а питомий опір $PbSO_4$ – 10^5 Ом · м. Під час розряджання акумулятора стартерними струмами ($I_p = (2...5)\ C_{20}$) його опір різко зростає через значне зменшення густини електроліту в порах пластин. Під час заряджання акумулятора його внутрішній опір зменшується.

Опір батареї під час розряджання й заряджання можна визначити за формулами:

$$R_{бр} = \frac{E_б - E_п - U_р}{I_р};$$

$$R_{бз} = \frac{U_з - E_б - E_р}{I_з},$$

де $I_р$, $I_з$ – розрядний і зарядний струм відповідно; $U_р$, $U_з$ – напруги під час розряджання та заряджання на полюсних виводах батареї відповідно; $E_б$ – ЕРС батареї.

Чим вища номінальна напруга акумуляторної батареї, тим більший внутрішній опір вона має. З підвищенням ємності батареї її внутрішній опір спадає.

Ємністю акумуляторної батареї називають кількість електроенергії, яку вона віддає під час розряджання до певної напруги. Чим більша сила розрядного струму й нижча температура електроліту, тим менша напруга, до якої може розряджатися акумуляторна батарея. Наприклад, визначаючи номінальну ємність акумуляторної батареї C_{20}, розряджання проводять із силою струму $I = 0{,}5 \cdot C_{20}$ до напруги 10,5 В при температурі +25°С, а в разі розряджання стартерним струмом $I = 3 \cdot C_{20}$ і температури електроліту –18°С – до 1 В на акумулятор або 6 В на 12-вольтну батарею.

В експлуатації ємність залежить від сили розрядного струму, температури, режиму розряджання (переривчастий чи безперервний), ступеня зарядженості й спрацьованості акумуляторної батареї. Ємність акумуляторної батареї у процесі її роботи змінюється. У початковий період (до 10–20 тис. км пробігу автомобіля) внаслідок триваючого формування пластин та збільшення їхньої поруватості ємність акумуляторної батареї може навіть перевищити номінальну. Потім вона певний час не змінюватиметься, а далі спадатиме внаслідок розпушення та сповзання активної маси і корозії позитивних пластин, а також зменшення поруватості негативних пластин. Зміна ємності батареї залежить від інтенсивності експлуатації, регулювання регулятора напруги, ступеня вібрації та трясіння місць встановлення батареї, можливого перезаряджання й глибини циклювання під час заряджання й розряджання. Закінченням служби батареї вважають момент, коли тривалість стартерного розряджання струмом $I = 3 \cdot C_{20}$ при температурі +25 °С зменшується до 1,5 хв із напругою наприкінці розряджання 9,0 В (для батарей на 12 В).

Потужність акумуляторної батареї – кількість енергії, що її вона віддає за одиницю часу. Потужність батареї під час розряджання:

$$P_p = U_p I_p = I_p^2 R_n = E_б I_p - I_p^2 R_б,$$

де R_n, $R_б$ – опори зовнішнього навантаження і батареї відповідно; U_p, I_p – напруга і струм батареї під час розряджання відповідно.

Енергію акумулятора визначає добуток розрядної (зарядної) ємності на середню розрядну (зарядну) напругу, Вт · год:

$$W_p = C_p U_p;\ W_з = C_з U_з,$$

де C_p, $C_з$ – ємності під час розряджання й заряджання відповідно; А · год, U_p, $U_з$ – середні значення розрядної та зарядної напруг відповідно, В.

Оскільки зі зміною температури та режиму розряджання змінюється не тільки ємність, а й розрядна напруга, то із зниженням температури й збільшенням сили розрядного струму енергія акумулятора зменшується відчутніше, ніж ємність.

Для порівняння свинцевих стартерних батарей з іншими хімічними джерелами струму, а також для визначення досконалості їхньої конструкції користуються питомими характеристиками, тобто енергією, віднесеною до одиниці маси чи об'єму хімічного джерела струму. У сучасних свинцевих стартерних батареях питома енергія в 20-годинному режимі розряджання становить 25–40 Вт · год/кг і 55–90 Вт · год/дм^3.

Зарядно-розрядний режим акумуляторної батареї описують коефіцієнтом віддачі. Є коефіцієнт віддачі за ємністю ($\eta_C = C_p / C_з$) і енергією ($\eta_W = C_p U_p / C_з U_з$). У номінальних режимах ($3 \cdot C_{20}$ і температурі + 25°С) коефіцієнт віддачі за ємністю становить приблизно 0,90–0,95, а за енергією – 0,75–0,85.

Сила струму холодної прокрутки. Цей показник є відносно новим. Вперше він був введений в стандарт США SAEJ537g в кінці 70-х років, а на початку 80-х був включений в міжнародний стандарт ВСІ. Сила струму холодної прокрутки характеризує максимальну (пускову) здатність даного типу акумуляторної батареї і становить собою числове значення розрядного струму, при якому на 30-й секунді розряду при температурі -18 °С розрядна напруга буде не менша 7,2 В для 12-вольтної акумуляторної батареї.

Аналіз сили струму холодної прокрутки при -18 °С стартерних батарей провідних зарубіжних фірм США, Японії, Німеччини, Італії показує, що цей параметр для батарей ємністю до 100 А год. в 6,5-7,5 разів перевищує номінальну ємність при 20-годинному режимі розряду, тобто $I_{хп}$=6,5-7,5 C_{20}.

Традиційні акумуляторні батареї, що випускаються в країнах СНД, розраховані на струм холодної прокрутки $I_{хп} = 3 \cdot C_{20}$. В сучасних необслуговуваних батареях цей параметр може бути більшим і тоді він вказується в технічній характеристиці батареї (див. розділ «Маркування акумуляторних батарей»).

Сила струму холодної прокрутки може служити орієнтовним критерієм для вибору батареї, якщо відома потужність стартера чи сила споживаного ним струму при пуску холодного двигуна в умовах низьких температур оточуючого середовища.

Струм холодної прокрутки величиною $3 \cdot C_{20}$, як правило, забезпечує запуск двигуна при температурі вищій за -18 °С за умови, що батарея повністю заряджена. В разі зниження температури нижче за -30 °С для запуску двигуна необхідно зменшувати струм холодної прокрутки. Це можливо досягнути за рахунок підігрівання двигуна перед запуском, або ж застосуванням малогустинних зимових масел.

Саморозряджанням акумуляторної батареї називають природну втрату нею ємності під час бездіяльності. За наявними нормами (ГОСТ 959.0-84), саморозряджання зарядженої батареї після бездіяльності протягом 14 діб при температурі навколишнього середовища +20 ± 5 °С має не перевищувати 10%, а після бездіяльності протягом 28 діб – 20%.

На саморозряджання батареї впливають такі фактори: підвищення температури й густини електроліту, наявність у ньому домішок (міді, нікелю, заліза, марганцю, соляної та азотної кислот тощо), перенесення сурми з граток позитивних пластин на негативні пластини протягом терміну служби батареї, струмопровідні містки на верхній батареї між її вивідними затискачами.

Саморозрядження батареї спричинює здебільшого саморозряджання негативних пластин (0,5–1,0% на добу), оскільки у позитивних пластинах

воно не перевищує 0,2–0,25% на добу. Враховуючи, що із зниженням температури саморозряджання дуже зменшується, акумуляторні батареї доцільно зберігати залитими електролітом із температурою менше 0 °С. У цьому разі протягом 6-місячного зберігання підзаряджати батарею не потрібно. Під час зберігання потрібно щомісячно контролювати густину електроліту і підзаряджати батарею, коли його густина зменшиться на 0,04 г/см^3, а також стежити за температурою навколишнього повітря, щоб не допустити замерзання електроліту.

Термін служби свинцевих акумуляторних батарей зумовлюють густина електроліту, величина робочого навантаження, надлишковий заряд (перезаряд) і режим циклування (глибина й сила струму під час розряджання-заряджання). За малих густин струму розряджання (до 1,5 мА/см^2) переважають корозійні спрацювання ґраток позитивних пластин, а за великих – руйнування активної маси.

Перезаряджання спричинює корозію ґраток позитивних пластин, а за великих струмів перезаряджання руйнується активна маса позитивних пластин.

Циклування позначається на руйнуванні активної маси позитивних пластин, яке відбувається внаслідок її великих об'ємних змін.

На термін служби батареї дуже впливає густина електроліту. Якщо $\gamma = 1{,}25$ г/см^3, термін служби на 30–40% більший, ніж коли $\gamma = 1{,}30$ г/см^3. Понад 65% усіх батарей виходять із ладу через руйнування позитивних пластин.

1.14. Основні несправності свинцево-кислотних акумуляторних батарей

У процесі експлуатації акумуляторних батарей виникають такі несправності: кородують ґратки позитивних електродів; обпливає активна маса електродів; жолобляться пластини; проростають сепаратори, тобто окремі пари сепараторів наскрізь заповнюються свинцем і між електродами з різною полярністю виникає коротке замикання через свинцеву губку, яка утворюється на їхніх краях; необоротно сульфатуються електроди, внаслідок чого різко зменшується фактична ємність і підвищується напруга під час заряджання; саморозряджання.

У деяких випадках також порушується контакт у виводах чи перемичках, герметичність через розтріскування чи затікання мастики всередину акумуляторів, механічне пошкодження кришок і баків, оплавлення вивідних затискачів та інші дрібні несправності, які є наслідком неякісного виготовлення або недбалої експлуатації. Для акумуляторних батарей, які на сьогодні випускають, співвідношення кількості різних несправностей становить (приблизно), %: корозія ґраток позитивних електродів – 42;

обпливання активної маси та замикання нижніх країв електродів – 35,5; проростання сепараторів із міпласту та руйнування сепараторів із міпору – 16; інші несправності – 6,5. Розглянемо ці несправності.

Корозія ґраток позитивних електродів. У процесі експлуатації ґратки позитивного електрода, які складаються із свинцю з різними домішками (сурма, кальцій, срібло, арсен), окислюються й втрачають механічну міцність. Процес корозії прискорюється із зниженням температури електроліту, густини зарядного струму та інших умов, які сприяють виділенню кисню (наприклад, унаслідок електролітичного розкладання води під час перезаряджання). З огляду на довговічність, акумуляторну батарею бажано експлуатувати з високою густиною електроліту, невисоким ступенем розрядженості. Проте із зниженням температури та підвищенням густини електроліту зростає швидкість руйнування активної маси на електродах. Тому експериментально визначено деякі середні густини електроліту для різних кліматичних районів, граничні температури електроліту, за яких припустима експлуатація, та ін.

Із корозією ґраток позитивних пластин тісно пов'язане явище деформації (зростання) цих ґраток. Деформація ґраток виявляється в тому, що протягом терміну служби поступово збільшуються їхні лінійні розміри. Причиною цього є, з одного боку, набрякання активної маси, а з другого – утворення внаслідок корозії оксидної плівки на жилках. Це пояснюється тим, що об'єм плівки $PbO2$ значно більший за об'єм свинцю, із якого вона утворюється, внаслідок чого жилки ґраток позитивних електродів розриваються.

Обпливання активної маси позитивних електродів. Суть цього явища полягає у відпаданні від електродів найдрібніших кристалів та зерен PbO_2 (розміром менш як 0,1 мм). Дослідження засвідчили, що на обпливання впливають здебільшого густина струму та концентрація електроліту під час розряджання. Наприклад, збільшення густини електроліту приблизно на 0,2 г/см^3 зменшує термін служби активної маси в 8–10 разів, а підвищення густини зарядного струму з 0,65 до 1,8 А/дм^2 знижує цей показник майже на 50%. На обпливання активної маси дуже впливає також температура електроліту.

Короблення електродів. Цей процес спричинюють, здебільшого, перегрівання батареї та розрядні струми великої густини. Він виявляється в поздовжньому прогинанні електродів (із стрілою прогину до 3–4 мм).

Проростання сепараторів і коротке замикання. Набрякання активної маси позитивних електродів та її обпливання є причинами шкідливих наслідків. Часто набрякла активна маса заповнює найбільші за діаметром пори сепараторів, і в них утворюються наскрізні містки, внаслідок чого виникає часткове замикання електродів і різко збільшується саморозряджання батарей.

Найчастіше це явище виникає в сепараторах, виготовлених із міпласту, які мають пори з великим діаметром (до 30 мкм). Обпливаючи, активна маса поступово може заповнити вільний простір між опорними призмами в моноблоці й замкнути електроди різної полярності між собою. Нарешті, внаслідок трясіння й вібрації під час руху автомобіля окремі частинки обплівлої активної маси осідають на нижніх та бічних краях електродів, утворюючи свинцеву губку. В міру наростання її шару утворюватимуться містки між електродами з різною полярністю, які спричинятимуть коротке замикання всередині акумулятора.

Необоротна сульфатація. Під необоротною сульфатацією електродів розуміють такий їхній стан, коли вони не заряджаються під час пропускання нормального зарядного струму протягом визначеного інтервалу часу. Проявом цього явища на негативному електроді є наявність на його поверхні суцільного шару сульфату свинцю. Активний матеріал таких електродів твердий і піщаний.

Внаслідок сульфатації електроди втрачають свою ємність і акумулятор стає непрацездатним. Необоротну сульфатацію може спричинити неповне формування електродів, велике саморозряджання під дією різних домішок чи коротких замикань, систематичні недозаряджання батарей, тривале перебування батарей у незарядженому стані, зниження рівня електроліту відносно верхніх окрайків електродів.

Схожі на необоротну сульфатацію явища можуть також виникати внаслідок наявності в електроліті домішок, які, осідаючи на електроди, зменшують площу їхньої робочої поверхні і перешкоджають перебігові основної струмоутворювальної реакції.

Саморозряджання. Причинами цього явища є засмічення активної маси домішками, які утворюють місцеві електронні пари, виникнення між електродами замикань із великим опором (наприклад, під час проростання сепараторів) і забруднення акумуляторної батареї. У процесі експлуатації батарей наявне природне збільшення саморозряджання через утворення внутрішніх електричних кіл. Ці процеси можна трохи затримати, уникаючи застосування брудного чи некислотостійкого посуду та використання тільки дистильованої води.

1.15. Експлуатація стартерних акумуляторних батарей

Під час експлуатації автомобіля чи трактора акумуляторну батарею очищують від пилу й бруду, а електроліт, наявний на її поверхні, витирають сухою ганчіркою, змоченою 10%-м розчином кальцинованої соди чи нашатирного спирту. Перевіряють надійність кріплення батареї, окислені наконечники й виводи зачищають, знімаючи мінімальний шар металу, бо інакше не можна буде надійно їх з'єднати. Слід також урахувати, що

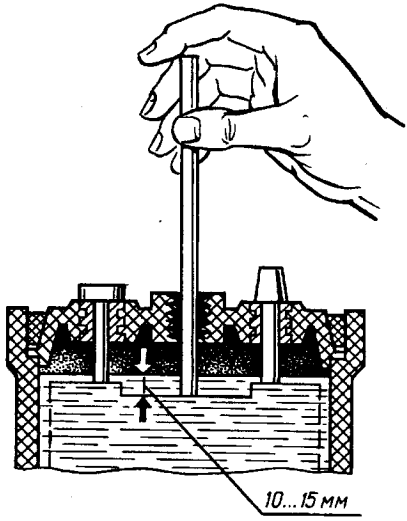


Рис. 1.34. Схема перевірки рівня електроліту

проводи не повинні мати великий натяг, оскільки можуть поламатися виводи чи кришки акумуляторів. Наконечники проводів і виводи батарей доцільно змазувати технічним вазеліном. Під час ТО-1 автомобіля перевіряють і, в разі потреби, доводять до нормального рівня електроліт – 10–15 мм вище запобіжного щитка (рис. 1.34). Рівень електроліту вимірюють скляною трубкою діаметром 5–8 мм, яку занурюють до упору в запобіжний щиток, потім затулюють зверху пальцем і піднімають. Якщо рівень електроліту нижчий від нормального, то в акумулятори доливають дистильовану воду, а коли вищий, то електроліт забирають гумовою грушею, щоб він не розплескувався під час експлуатації автомобіля.

Воду в акумулятори доливають безпосередньо перед запусканням двигуна або під час його роботи, бо інакше вона може замерзнути або може прискоритися саморозряджання через різні густини електроліту у верхній та нижній частинах акумулятора.

Слід пам'ятати, що після доливання води без заряду густину електроліту вимірювати недоцільно, оскільки результати будуть невірні. Не можна доливати в акумулятори електроліт – це може призвести до підвищення його густини. Це роблять тільки тоді, коли він витікає (наприклад, коли батарея перекинулася). По кольору електроліту у вимірювальній трубці можна побачити, наскільки він забруднений. Наприклад, коричневий колір свідчить про обсипання активної речовини з «плюсових» електродів акумулятора.

Надмірно швидке зниження рівня електроліту є ознакою перезаряджання батареї, коли зарядний струм протікає крізь повністю заряджену батарею. Під час перезаряджання електроліт вибризкується на її поверхню. Перезаряджання шкідливе для батарей, оскільки зменшує термін їхньої служби. А тому, при виникненні перших його ознаках треба перевірити, чи справна генераторна установка.

Під час ТО-2, крім перелічених робіт, додатково перевіряють ступінь зарядженості акумуляторної батареї за густиною електроліту (до доливання води) і працездатність батареї за напругою акумуляторів під навантаженням.

Густину електроліту в кожному акумуляторі вимірюють денсиметром (рис. 1.35) або густиноміром, проте денсиметр має більшу точність. Щоб виміряти густину електроліту, потрібно за допомогою гумової груші набрати його в піпетку кілька разів (щоб видалити з її стінок бульбашки повітря) до спливання. Не виймаючи піпетки з акумулятора і не даючи денсиметрові торкатися її стінок, за нижньою частиною меніска електроліту в ній на шкалі денсиметра знаходять густину електроліту. Припустиме відхилення густини електроліту в акумуляторах однієї батареї – не більш як 0,01 г/см^3. Якщо воно більше, батарею потрібно зарядити. Здобуті результати слід порівняти з даними в табл. 1.6, урахувавши температурну поправку, якщо вимірювали при температурі, відмінній від +25°С:

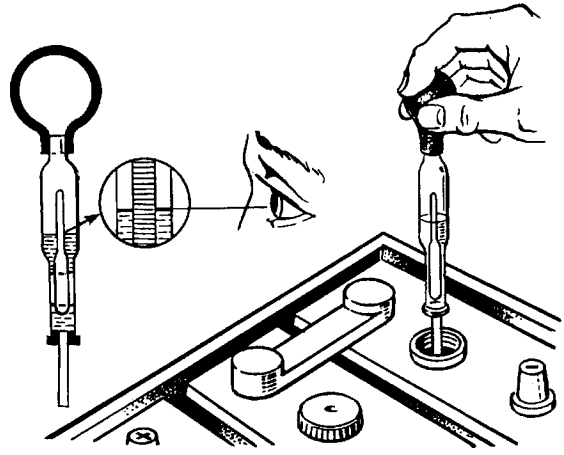


Рис. 1.35. Схема вимірювання густини електроліту

$$\gamma_{25} = \gamma_t + 0,00075(T - 25),$$

де γ_{25}, γ_t – густини електроліту, виміряні відповідно при температурі t = +25°С і відмінної від неї; T – температура електроліту, °С.

Таблиця 1.6.

Густина електроліту в акумуляторних батареях

Кліматична зона і середньомісячна температура повітря в січні, °С	Пора року	Густина електроліту, зведена до +25 °С, г/см^3	
		заливного	зарядженого
Дуже холодна (від -50 до -30)	Зима	1,29	1,31
	Літо	1,25	1,27
Холодна (від -30 до -15)	Цілий рік	1,27	1,29
Помірна (від -15 до -8)	-»-	1,25	1,27
Жарка (від -15 до +4)	-»-	1,22	1,24
Тепла волога (від 0 до +4)	-»-	1,20	1,22

Ступінь розрядженості визначають за густиною електроліту, %:

$$\Delta C = \frac{\gamma_3 - \gamma_{25}}{\gamma_3 - \gamma_p} \cdot 100,$$

де γ_3 – густина електроліту повністю зарядженого (табл. 1.6) акумулятора, г/см^3; γ_p = 1,10 г/см^3; γ_{25} – виміряна густина, зведена до температури +25 °С, г/см^3.

Ступінь розрядженості батареї визначають за ступенем розрядженості акумулятора, який має найнижчу густину електроліту. Батареї, які мають ступені розрядженості 25% взимку або 50% влітку, потрібно знімати з автомобіля і заряджати.

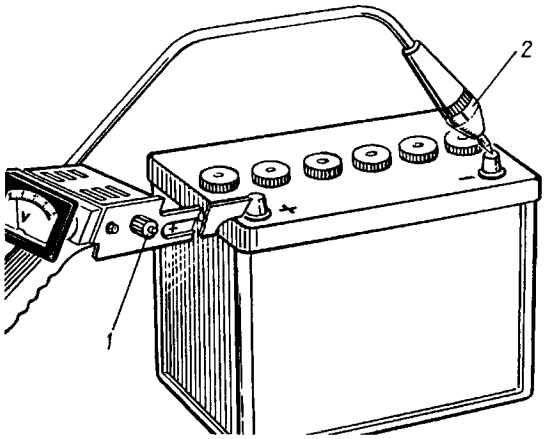


Рис. 1.36. До вимірювання напруги акумуляторної батареї під навантаженням пробником Э-107

Під час перевірки акумуляторної батареї з прихованими міжакумуляторними поперечками під навантаженням пробником Э-107 (рис. 1.36) закручують до упору контактну гайку 1. Потім вістря контактної ніжки щільно притискують до полюсового виводу батареї, а ніжку щупа 2 – до мінусового. Батарею, напруга якої менша за 8,9 В, експлуатувати не можна, її потрібно знімати з автомобіля для ремонту.

Акумуляторні батареї, до надання їм робочого стану можуть перебувати на зберіганні. Максимальний термін зберігання батарей у сухому вигляді не повинен перевищувати трьох років.

Робочого стану акумуляторній батареї надають, заливаючи в неї електроліт, який можна приготувати з концентрованої сірчаної кислоти, густиною 1,83 г/см^3, і дистильованої води. В табл. 1.4 наведено приблизні витрати води та кислоти для приготування електроліту, густиною 1,27 г/см^3, а також технічні характеристики деяких акумуляторів, що випускаються в країнах СНД.

Електроліт готують у такій послідовності: в кислотостійку посудину спочатку наливають необхідний об'єм дистильованої води, а потім поступово невеликим струменем наливають туди відповідний об'єм сірчаної кислоти. Щоб уникнути нещасних випадків, лити воду в кислоту

забороняється. Сполучаючись із водою, сірчана кислота виділяє велику кількість теплоти. Якщо лити воду в кислоту, яка має густину в 1,8 рази більшу, ніж вода, то вода розпливається по поверхні кислоти, швидко нагрівається, утворюючи пару, і розбризкується разом із кислотою. Якщо ж вливати у воду кислоту, то кислота занурюється в її товщу, внаслідок чого утворений електроліт віддає теплоту воді й розбризкування не відбувається.

Готуючи електроліт, потрібно перемішувати утворюваний розчин, щоб якнайшвидше вирівняти його густину. Перш ніж заливати в акумуляторну батарею, приготовлений електроліт потрібно охолодити до температури 25–30 °С. Працюючи з електролітом, неприпустимо використовувати посудини, мірний посуд та інше знаряддя з нестійких до кислот матеріалів (залізо, мідь, алюміній). Рекомендується застосовувати пластмасовий чи керамічний посуд, а скляним користуватися слід обережно, щоб уникнути розбивання й опіків електролітом.

Електроліт у батареї заливають тонким струменем із чашки, яка має носик, за допомогою скляної чи фарфорової лійки, викрутивши перед цим вентиляційні пробки кришок, видаливши герметичну плівку чи виступи вентиляційних отворів пробок.

Електроліт заливають до рівня, який на 10-15 мм вищий від запобіжного щитка. Частина батарей (наприклад, 6СТ-60) мають кришки, які дають змогу заливати електроліт до потрібного рівня без наступного його вимірювання. Поповнюючи такі батареї електролітом, отвори в штуцерах звільняють від герметичних деталей і більш їх не застосовують. Пробки потрібно викрутити та щільно надіти на вентиляційні штуцери. Батареї наповнюють електролітом до верхнього краю заливальної горловини.

Після зняття пробок із штуцерів в акумуляторах установлюється потрібний рівень електроліту. Електроліт, який заливають в акумулятори, повинен мати температуру не менш як +15°С у холодній та помірній зонах і +30°С – у жаркій та теплій відповідно. Після заливання температура електроліту в батареї трохи підвищується і, коли матиме високе початкове значення, може перейти за неприпустиму межу.

Температура електроліту в батареї повинна не перевищувати +45 °С. Коли вона буде низька, то ємності акумуляторної батареї може не вистачити для пуску двигуна автомобіля.

Деякі акумуляторні батареї випускають у сухозарядженому виконанні. Необслуговувані батареї надходять в експлуатацію залиті електролітом і повністю заряджені. Сухозаряджені батареї заливають електролітом, густину якого наведено в табл. 1.6. Якщо батарею зберігали не більш як один рік і з наданням їй робочого стану при температурі не менш як +15°С, то в разі термінового введення в експлуатацію її можна установлювати на

автомобіль через 20 хв. після наповнення електролітом. У цьому випадку контроль можна й не робити. Проте, коли автомобілі повернуться з рейсу, рекомендується перевірити густину електроліту батарей і в разі потреби зарядити їх і скорегувати густину. Акумуляторні батареї, яким надано робочого стану 20–хвилинним просоченням без підзаряджання, не можна зберігати тривалий час.

Якщо батареї зберігали понад один рік чи з наданням їм робочого стану при температурі батарей та електроліту менш як +15 °С, необхідно не раніше, ніж за 20 хв. і не пізніше, ніж за 2 год. після заливання електроліту виміряти його густину. Якщо густина знижується не більш як на 0,03 г/см^3 порівняно з густиною заливаного електроліту, то батареї можна приймати в експлуатацію. В іншому разі їх потрібно зарядити.

Батарею вмикають на заряджання, якщо температура електроліту в ній не більша за 30°С у холодній та помірній зонах і 35°С у жаркій та теплій відповідно. Заряджають струмом із силою 0,1 C_{20}.

В деяких випадках, коли треба терміново ввести в дію батарею, яку зберігали при мінусових температурах до 30°С, надати їй робочого стану можна заливанням електроліту з температурою 40 ± 2°С і густиною 1,270 ± 0,1 г/см^3. Вводити в дію таким способом можна батареї тільки у тому випадку, якщо термін їх зберігання не перевищує одного року. Це пов'язано із впливом інгібітора на зберігання сухозарядженої батареї.

Сухозаряджені батареї заливають електролітом із потрібною густиною й через 3 год. ставлять на заряджання, під час якого періодично перевіряють температуру електроліту. Вона не повинна підніматися вище 45°С у холодній та помірній кліматичних зонах і 50°С – у жаркій та теплій відповідно. Якщо ці температури перевищено, зарядний струм зменшується наполовину або переривається тривалість заряджання на час, потрібний для зниження температури до 30–35°С.

Наприкінці заряджання настає рясне газовиділення в усіх акумуляторах батареї, а напруга й густина електроліту не змінюється після цього протягом 2 год.

Щоб рівень електроліту усталився, батареї повинні простояти ще 30-40 хв. у вимкненому стані, а потім його вимірюють і коригують.

Методи заряджання акумуляторних батарей. Під час експлуатації акумуляторні батареї можна заряджати від будь-якого джерела постійного струму за умови, що його напруга буде більшою за напругу заряджуваної акумуляторної батареї. Для заряджання позитивний полюс джерела струму потрібно з'єднати з позитивним полюсом заряджуваної батареї, а негативний – із негативним.

Для будь-якого моменту заряджання силу струму можна визначити за формулою:

$$I = \frac{U_{ДЖ} - U_б}{R},$$

де $U_{ДЖ}$ – напруга джерела струму, В; $U_б$ – напруга батареї в момент заряджання, В; R – загальний опір зарядного кола, Ом.

Із цієї формули випливає, що коли напруги зарядного пристрою і батареї однакові, то зарядний струм дорівнюватиме нулю. Коли напруга батареї менша, ніж напруга зарядного пристрою, зарядний струм більший від нуля; в іншому разі, тобто коли напруга батареї більша за напругу зарядного пристрою, струм змінює напрям і батарея розряджається.

Залежно від системи регулювання процес заряджання можна здійснити різними методами. У випадку заряджання при постійному струмі батареї з однаковою ємністю з'єднують послідовно в групи (рис. 1.37, а). Кожну з них вмикають до зарядної мережі. Оскільки під час заряджання ЕРС батареї зростає, то для підтримки сталості зарядного струму потрібно збільшувати напругу на затискачах батареї. Цього досягають, вмикаючи в кожну групу послідовно регулювальний реостат, або змінюючи напругу $U_{дж}$.

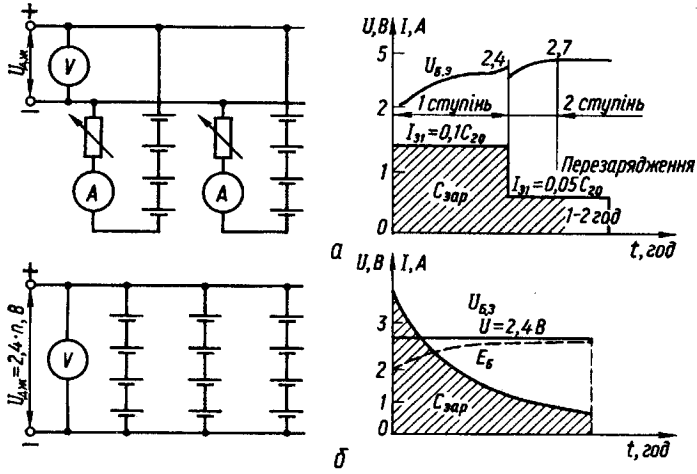


Рис. 1.37. Методи заряджання акумуляторних батарей за постійних струму (а) та напруги (б)

Опір реостата:

$$R = (U_{ДЖ} - 2{,}7n)I_3,$$

де n – кількість послідовно увімкнених батарей у зарядній групі.

Кількість батарей, які можна ввімкнути в групу за відомої напруги джерела,

$$n = U_{ДЖ}/2{,}7m,$$

де m – кількість акумуляторів у батареї.

Кількість груп, увімкнених паралельно до джерела,

$$n_{ГР} = I_н / I_{б.з.}\max,$$

де $I_н$ – номінальний струм зарядного пристрою.

До групи потрібно вводити максимальну кількість батарей, щоб зменшити втрати енергії в реостаті. Заряджання відбувається двома ступенями, на першому з яких $I_{б.з.} = 0{,}1C_{20}$. На початку електролізу води, тобто коли напруга на акумуляторі досягатиме 2,4 В, зарядний струм знижуватиметься до 0,05 C_{20} (другий ступінь). Якщо напруга на акумуляторі досягатиме 2,7 В (16,2 В на 12 В батарею), то заряджання триватиме ще 1–2 год.; у цьому разі можна забезпечити 100%-е заряджання нової батареї. Коли ж цим методом заряджають експлуатовану батарею, то заряджання припиняють після досягнення напруги 2,7 В на акумуляторі.

У випадку заряджання методом постійної напруги (рис. 1.37, б) батареї чи їх групи до джерела живлення вмикають паралельно. Зарядну напругу підтримують постійною в межах 2,35–2,40 В на акумулятор. За цієї напруги на початку газоутворення («кипіння» електроліту) зарядний струм матиме значення, яке не є небезпечним для руйнування активної маси пластин.

На початку заряджання повністю розрядженої батареї зарядний струм може досягати (0,5–1,0) C_{20}, і в цьому разі рекомендується трохи знизити $U_{ДЖ}$. У процесі заряджання ЕРС батареї зростає і зарядний струм $I_{б.з.} = (U_{ДЖ} - E_б)/R_б$ автоматично знижується. Цей метод доцільно застосовувати для підзаряджання батарей, які перебувають в експлуатації. Його перевага – немає потреби контролювати силу зарядного струму.

У випадку заряджання акумуляторних батарей методом прискореного заряджання сила струму відповідає 70% номінальної ємності. Чим більша сила струму, тим менший час заряджання. Практично тривалість заряджання струмом із силою 0,7 C_{20} має не перевищувати 30 хв., 0,5 C_{20} – 45 хв. і $0{,}3C_{20}$ – 90 хв.

У процесі форсованого заряджання потрібно контролювати температуру електроліту і при досягненні 45 °С припинити подальше заряджання. Слід зауважити, що форсоване заряджання застосовують як виняток, бо, коли його систематично повторювати для однієї й тієї самої батареї, термін її служби помітно зменшиться.

Зрівняльне заряджання провадять при постійній силі струму, що відповідає 10% номінальної ємності, так само, як і заряджання при постійному струмі, але протягом тривалішого часу, ніж звичайно. Його мета – забезпечити в акумуляторній батареї повне відновлення активних мас на всіх електродах акумуляторів. Зрівняльне заряджання нейтралізує вплив глибоких розряджань на негативні електроди, а тому рекомендують як засіб для усунення сульфації пластин. Заряд триває доти, доки в усіх акумуляторах не буде наявна сталість густини електроліту та напруги протягом 3 год.

1.16. Лужні акумуляторні батареї та електростатичні джерела енергії

Крім розглянутих свинцево-кислотних акумуляторних батарей, які найкраще відповідають вимогам стартерних, на транспортних засобах використовуються інші електрохімічні системи, що мають своє призначення та конструктивне виконання (табл. 1.7).

Таблиця 1.7

Основні дані електрохімічних систем

Назва	Позначення	ЕРС, В
Свинцево-кислотна	$Pb(H_2SO_4)PbO_2$	2,0
Нікелево-кадмієва	$Cd(KOH)Ni(OH)_3$	1,36
Срібно-кадмієва	$Cd(KOH)AgO$	1,40
Срібно-цинкова	$Zn(KOH)Ag$	1,84
Нікелево-цинкова	$Zn(KOH)Ni(OH)_3$	1,83
Свинцево-кадмієва	$Cd(H_2SO_4)PbO_2$	2,2
Свинцево-цинкова	$Zn(H_2SO_4)PbO_2$	2,5
Залізо-нікелева	$NiOOH(KOH)Fe$	1,3

В лужних акумуляторах електролітом є розчин їдкого лугу калію (КОН) або натрію (NAOH) у дистильованій воді з можливим додаванням їдкого літію (LiOH). Застосовують лужні акумулятори срібно-цинкові (СЦ), кадмієво-нікелеві (КН) та залізно-нікелеві (ЖН).

Блоки пластин кадмієво-нікелевих та залізо-нікелевих акумуляторів розміщені в металевому корпусі, заповненому електролітом. При цьому один з електродів акумулятора з'єднаний з корпусом, отже, при складанні акумуляторних батарей корпуси окремих банок роз'єднують. Активною масою мінусового електрода є губчастий кадмій або губчасте залізо, а плюсового – гідрат окису нікелю $(NiOH)_3$ або гідрат його закису $(NiOH)_2$.

Густина електроліту для срібно-цинкових акумуляторів на основі розчину їдкого калію з вмістом окису цинку становить 1,4 г/см^3; для кадмієво-нікелевих і залізо-нікелевих на основі їдкого калію з додаванням їдкого літію – 1,19-1,21 г/см^3; їдкого натрію з додаванням їдкого літію – 1,1-1,12 г/см^3; їдкого калію без додавання їдкого літію – 1,25-1,27 г/см^3.

При з'єднанні лужних акумуляторів в батареї з відповідною напругою враховують ЕРС кожного акумулятора відповідного типу: СЦ – срібно-цинкові – 1,84 В; КН – нікелево-кадмієва – 1,36 В; ЖН – залізо-нікелеві – 1,3 В. Позначення лужних акумуляторних батарей таке: СЦ, КН або ЖН – тип батареї; цифра – ємність батареї – А год.; К – каркас металевий; М – кришка знімається; Т – вивідні клеми розміщуються на торцевому боці. Окремими цифрами позначають тип виконання, матеріал активної маси електродів і спосіб їх кріплення, склад електроліту та кількість шарів

сепараторів. Режими розрядження вказують так: К – короткий (від 15 хв. до 1 год.); С – середній (1-10-годинний); Д – тривалий (10-годинний і більше); Б – буферний, багатоцикловий (з підзаряджанням від генератора). Батареї цього типу застосовують для живлення систем електрообладнання машин, тягових двигунів електромобілів, а також спеціальної апаратури, встановленої на автомобілях та тракторах.

Виготовляють літієві батареї з органічним електролітом, ємність яких на одиницю маси в чотири рази більша, ніж у ртутно-цинкових, і в 30, ніж у графічно-цинкових. Літієві акумулятори з неорганічним електролітом мають ще вищу питому енергію, а ЕРС вдвічі вищу, ніж у звичайних кислотних акумуляторах. Ці батареї виготовлені на основі найлегшого металу, дозволяють створювати батареї підвищеної ємності для електромобілів. Автомобіль масою 1 т на таких батареях може розвивати швидкість до 100 км/год. і проїжджати без підзаряджання до 400 км.

Розроблені і застосовуються також нові акумуляторні батареї з натрієво-сірчаними електродами, які мають майже втроє меншу масу і втричі збільшують пройдений машиною шлях при живленні тягових двигунів. Акумулятор починає працювати, коли іони натрію проходять через твердий електроліт, де вони утворюють сірчаний натрій. В результаті реакції у колі виникає електричний струм. Один акумулятор розмірами 45х45 мм має масу 100 г і енергетичну потужність 20 Вт год., що в 5-6 разів більше енергетичної потужності свинцево-кислотного акумулятора.

Різновидністю хімічних джерел живлення є паливні елементи, де електричний струм виникає при взаємодії активних речовин (палива), що підводяться до спеціальних електродів, вміщених в лужний електроліт. Як паливо може застосовуватись кисень і водень. Внаслідок розкладу атомів водню на позитивні іони та електрони починається реакція з електролітом. При цьому електрони зосереджуються на мінусовому електроді, а на кисневому виникає їх нестача, що зумовлює його позитивний потенціал. При замиканні електродів в колі виникає струм, а хімічна реакції триває безперервно. Для роботи паливних елементів використовують й інші гази, а також рідке та тверде паливо, наприклад, вугілля або пилоподібний алюміній.

Електростатичні джерела живлення (конденсатори) нагромаджують електроенергію при їх зарядженні від високовольтного випрямляча напругою 220-1200 В або від акумуляторної батареї напругою 12-24 В через високовольтний транзисторний перетворювач. Заряджений конденсатор є джерелом живлення приладів автотракторного електрообладнання, в тому числі і стартера, при цьому зворотне перетворення високої напруги в низьку проводиться за допомогою тиристорного перетворювача. Поєднання конденсаторного джерела живлення зі звичайним генератором і акумуляторною батареєю дозволяє зменшити масу останньої в 5-6 разів.

Наприклад, замість стандартної акумуляторної батареї (СТ-55А) масою 18,3 кг і місткістю 10 л можна застосувати малогабаритну батарею від мотоцикла 3,5 кг і об'ємом 1,5 л. Для пуску двигуна стартером використовується енергія конденсатора, який заряджається від акумуляторної батареї через високовольтний перетворювач. Отже, зменшується маса машини і витрата свинцю на виготовлення акумуляторних батарей великої ємності.

Контрольні запитання та завдання

1. З яких основних частин складається генератор змінного струму? Як він працює?
2. Опишіть будову та дію генератора змінного струму з нерухомою обмоткою збудження.
3. Намалюйте схему вібраційного регулятора напруги. Поясніть, як він працює.
4. Опишіть контактно-транзисторний і безконтактний принципи регулювання напруги генератора.
5. Чому в конструкції реле-регулятора генератора змінного струму не передбачено обмежувача струму? Яке призначення реле захисту в реле-регуляторі РР362?
6. Покажіть на схемі шляхи струму збудження в контактно-транзисторному регуляторі РР362 за розімкнених і замкнених контактів регулятора напруги.
7. Покажіть на схемі шляхи струму в реле-регулятора Я112 до та після пробивання стабілітрона.
8. За схемою інтегрального регулятора напруги 17.3702 поясніть, як він працює.
9. Перелічіть основні операції ТО генераторної установки змінного струму з інтегральним регулятором напруги.
10. Як перевірити працездатність інтегрального регулятора напруги?
11. З яких основних частин складається стартерна акумуляторна батарея? З яких речовин складається активна маса позитивних та негативних пластин?
12. Які хімічні процеси відбуваються під час розряджання та заряджання акумулятора?

РОЗДІЛ 2. СИСТЕМА ПУСКУ

2.1. Загальні відомості

Система пуску двигуна складається із стартерної акумуляторної батареї, стартера, або пускового пристрою із своїм стартером, комутаційної апаратури і засобів полегшення пуску.

Стартер чи пусковий пристрій призначений для обертання колінчастого вала з певною (пусковою) частотою, за якої забезпечуються умови для запалювання й згоряння пального в циліндрах. У бензинових двигунах ця частота становить 40–50 $хв^{-1}$, а в дизельних – 100–250 $хв^{-1}$.

Пускова частота бензинового двигуна повинна бути достатньою для підготовки паливоповітряної суміші, здатної запалитися від електричної іскри. При запуску холодного бензинового двигуна через низьку температуру пального, стінок впускного трубопроводу і малої швидкості руху в ньому повітряного потоку в сумішестворенні приймають участь лише легковипаровувані фракції бензину. Тому пускові властивості бензину оцінюють по температурі википання 10% фракцій.

Зі зменшенням пускової частоти обертання колінчастого вала стає більш тривалим процес стискування, збільшується теплопередача в холодні стінки циліндрів та пропуск газів через нещільність в кільцях і клапанах. Тиск і температура в кінці стискування зменшуються, що погіршує умови запалювання паливоповітряної суміші та розповсюдження полум'я.

Погіршення умов сумішеутворення при пуску призводить до необхідності збільшення енергії електричної іскри.

В дизелях автомобілів чи тракторів паливоповітряна суміш створюється безпосередньо в циліндрах після подачі пального форсункою. Запалювання паливоповітряної суміші відбувається під дією високої температури середовища в камері згорання. Внаслідок малої тривалості процес сумішестворення і відсутності примусового запалювання пуск дизельних двигунів здійснювати складніше.

Пуск дизелів покращується зі збільшенням цетанового числа пального, по якому оцінюють його здатність до запалювання. При низьких температурах велике значення має випарованість дизельного пального. Пускові якості дизельного пального оцінюють по температурі википання 50% фракцій або по кількості фракцій, що википають до температури 300 °С.

Температура в циліндрі в момент подачі пального повинна перевищувати температуру самозапалювання пального, щоб час затримки запалювання був менше часу, що відводиться при пуску на створення паливоповітряної суміші і розвиток передполум'яних реакцій.

При пускових частотах обертаннях колінчастого вала в режимі електростартерного пуску з великою нерівномірністю обертання колінчастого вала різко збільшується тривалість процесів стискування, що викликає відповідне зростання теплопередачі, витік робочого заряду та зменшення температури і тиску в циліндрах в кінці такту стискування.

Достатні для запалювання паливоповітряної суміші тиск і температура в циліндрах дизелів досягаються завдяки більшого, ніж у бензинових двигунів, ступеня стискування та збільшення частоти обертання колінчастого вала пусковим пристроєм.

Надійність пуску дизеля можна підвищити за рахунок правильного підбору діаметрів соплових отворів в розпилювачі форсунки, правильною орієнтацією розпилювача в камері згорання, збільшенням тиску впорскування та кількістю впорскнутого пального, а також підбором найвигіднішого для пуску кута випередження подачі пального.

Під час пуску, коли вал двигуна прокручується, стартер чи пусковий пристрій долає момент опору, що його створюють сили тертя та компресія, а також момент інерції обертових частин двигуна, перш за все маховика.

Момент опору M_0 складається в основному із моменту сил тертя в кінематичних парах двигуна та моменту газових сил. Момент опору залежить від температури T, середньої частоти обертання колінчастого валу, нерівномірності обертання, числа, схеми розташування і робочого об'єму циліндрів, а також від розмірів поверхонь тертя (рис. 2.1).

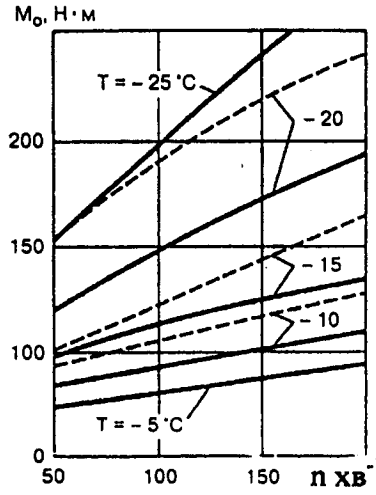


Рис. 2.1. Залежність моменту опору M_0 від частоти обертання колінчастого валу при пуску бензинового двигуна ЗМЗ-53:
——— – із застосуванням масла М-6$_3$/10Г$_1$;
- - - - - - - – масла М-8-В$_2$

Мінімальна пускова частота обертання – це найменша частота обертання колінчастого валу, при який пуск двигуна в заданих умовах відбувається за дві спроби пуску тривалістю по 10 с для бензинових двигунів і по 15 с для дизелів з перервою між спробами 1 хв.

Мінімальне значення пускової частоти визначається по залежностях часу пуску t_n від середньої частоти обертання n колінчастого валу (рис. 2.2).

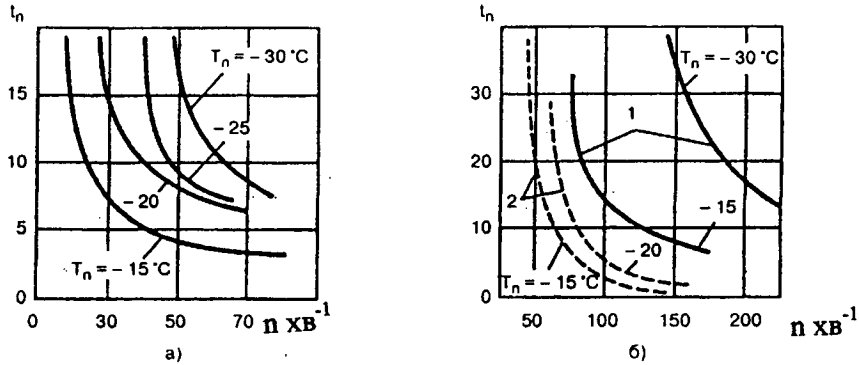


Рис. 2.2. Пускові характеристики двигунів:
а) бензинового ВАЗ-2106 (масло М-6$_з$/10Г$_1$);
б) дизеля КамАЗ-741 (масло М-4$_з$/16В$_1$);
1 – без засобів полегшення пуску; 2 – з електрофакельним пристроєм

Мінімальна пускова частота збільшується зі зменшенням температури, ростом в'язкості масла, а зменшується при збільшенні числа циліндрів двигуна та застосуванням пристроїв для полегшення пуску.

По мінімальній пусковій частоті обертання колінчастого валу n_{min} і відповідному їй моменту опору M_0 визначають потрібну пускову потужність.

Існує два способи пуску двигунів автомобілів і тракторів: за допомогою електричного стартера та за допомогою допоміжного пристрою, який складається із пускового двигуна зі своїм стартером та трансмісії.

Пуск електричним стартером – найбільш поширений спосіб пуску автомобільних і багатьох тракторних двигунів. Стартер зручний в експлуатації, значно полегшує роботу водія, але вимагає кваліфікованого обслуговування. Характеризується обмеженим запасом енергії акумуляторної батареї, що скорочує число можливих спроб пуску двигуна, особливо в зимовий період.

Стартери надійні в роботі, забезпечують дистанційне управління і можливість автоматизації процесу пуску за допомогою електротехнічних пристроїв.

Стартер складається з електродвигуна постійного струму, механізму приводу та керування. Конструкція електродвигуна майже однакова в усіх стартерах. Принцип дії двигуна постійного струму зручно пояснити на схемі рис. 2.3 де показаний виток який обертається в магнітному полі, якщо до щіток підвести постійну напругу (рис. 2.3, а).

Під дією напруги *U* через щітки, колекторні пластини та виток потече струм *i*. По закону електромагнітної сили (закон Ампера) взаємодія струму *i* та магнітного поля В створює силу *f*, котра направлена перпендикулярно В та *i*. Напрям сили *f* визначається правилом лівої руки (рис. 2.3, б):

на верхню частину витка сила діє вправо, на нижню – вліво. Ця пара сил створює крутний момент $M_{кр}$, який повертає виток по часовій стрілці. При переході верхньої частини витка в зону південного полюса, а нижнього в зону північного полюса кінці провідника і з'єднані з ними колекторні пластини вступають в контакт зі щітками іншої полярності. Напрям струму в верхній та нижній частині витка змінюється на протилежний, а напрям сил *f* моменту $M_{кр}$ не змінюється. Виток безперервно буде обертатися в магнітному полі і може приводити в обертання вал робочого механізму (РМ).

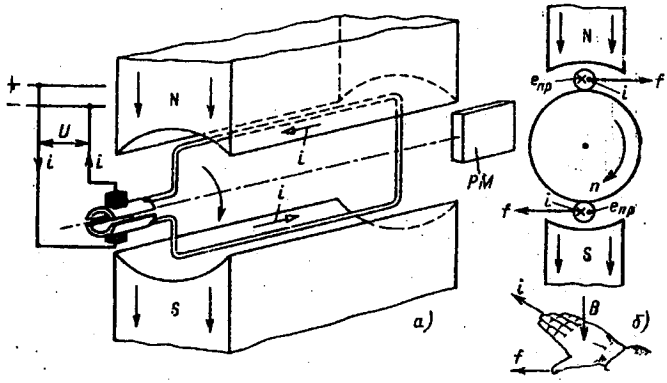


Рис. 2.3. Принцип дії електродвигуна постійного струму

Таким чином, колектор в електродвигуні не тільки забезпечує контакт з акумуляторною батареєю, але й виконує функцію механічного інвертора, тобто постійний струм акумуляторної батареї перетворює в змінний струм у витку.

Електричні характеристики стартерного електроприводу з електродвигунами постійного струму послідовного, паралельного або змішаного збудження добре узгоджуються зі складним характером навантаження, яке створюється поршневими двигунами при пуску.

Схема електростартера з дистанційним керуванням наведена на рис. 2.4.

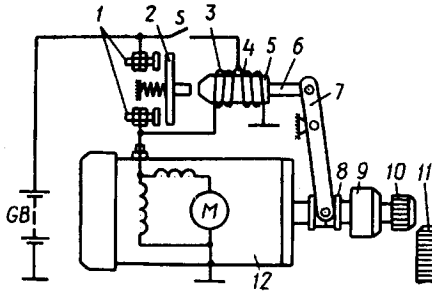


Рис. 2.4. Схема керування електростартером
1 – силові контакти; 2 – рухомий контактний диск; 3,4 – втягувальна та утримувальна обмотки тягового реле відповідно; 5 – якір тягового реле; 6 – шток; 7 – важіль приводу; 8 – повідкова муфта; 9 – муфта вільного ходу; 10 – шестірня приводу; 11 – вінець маховика; 12 – електродвигун

При замкненні контактів S, які розташовані на замку запалювання (у додатковому реле чи в реле блокування), втягувальна й утримувальна обмотки 3 та 4 тягового реле вмикаються до акумуляторної батареї. Під дією МРС обох обмоток якір 5 тягового реле переміщується до осердя електромагніту і з допомогою штоку 6 та важеля приводу 7 вводить шестірню 10 у зачеплення з вінцем маховика 11. У кінці ходу якоря 5 тягового реле контактний диск 2 замикає силові контакти 1, і акумуляторна батарея з'єднується зі стартерним електродвигуном.

Шестірня 10 перебуває в зачепленні доти, доки будуть замкнуті контакти S, якими керує водій. Проте після пуску двигуна частота обертання колінчастого вала може досягти 1000 хв$^{-1}$ і більше. Якщо обертання передаватиметься на якір стартера, то він обертатиметься з частотою 10000–15000 хв$^{-1}$. Навіть коли частота обертання якоря збільшиться до такого значення на короткий час (поки водій не вимкне стартера), може статися рознесення якоря. Щоб запобігти цьому, в більшості стартерів зусилля вала якоря до шестірні приводу передається через муфту вільного ходу 9, яка передає обертовий момент тільки в одному напрямі – від вала якоря до маховика.

Після розімкнення контактів S втягувальна та утримувальна обмотки тягового реле через силові контакти залишаються включені послідовно. Кількість витків обох обмоток однакова і по них протікає струм однієї і тієї самої сили. Оскільки напрям струму втягувальної обмотки змінюється на протилежний, то в обмотках діють два рівні, проте протилежно спрямовані магнітні потоки. Осердя електромагніта розмагнічується і пружина переміщує якір реле у вихідне положення, розмикає силові контакти і виводить шестірню 10 із зачеплення з вінцем маховика.

2.2. Електромеханічні характеристики електродвигунів стартера

Якості стартерних електродвигунів постійного струму залежать від способу збудження й оцінюються за робочими (швидкісними, моментними, потужними) та механічними характеристиками.

Із курсу електричних машин відомо, що зворотна ЕРС $E_я$, яка індукується в обмотці якоря електричної машини постійного струму, визначається за формулою:

$$E_я = \frac{pN}{60a} n\Phi = C_e n\Phi, \qquad (2.1)$$

де p – кількість пар полюсів; N – кількість активних провідників обмотки якоря; a – кількість пар паралельних розгалужень обмотки якоря; n – частота обертання якоря; Ф – основний магнітний потік, що перетинає повітряний зазор та якір електричної машини; $C_e = \frac{pN}{60a}$ – стала машини, що не залежить від режиму роботи.

Електромагнітний крутний момент, створений силами взаємодії магнітного поля та струму $I_я/2a$ у провідниках обмотки якоря:

$$M=\frac{pN}{2\pi a}I_Я\Phi=C_м I_я\Phi, \tag{2.2}$$

де $C_м=\frac{pN}{2\pi a}$ – стала електричної машини.

Рівняння електричного стану двигуна постійного струму має вигляд:

$$U=E_я+\sum RI_я, \tag{2.3}$$

де U – напруга, що підводиться до електродвигуна; $E_я$ – зворотна ЕРС якоря; ΣR – сумарний опір якоря, а саме: обмотки якоря, опір щіткового вузла, стартерних проводів та маса автомобіля. З виразів (2.1)…(2.3) можна отримати формулу для визначення частоти обертання вала якоря:

$$n=\frac{U-\Sigma RI_я}{C_e\Phi}=\frac{U}{C_e\Phi}-\frac{\Sigma RI_я}{C_e\Phi}=\frac{U}{C_e\Phi}-\frac{M\Sigma R}{C_eC_м\Phi^2}. \tag{2.4}$$

В електродвигунах з паралельним збудженням обмотка збудження підімкнута паралельно з обмоткою якоря до джерела живлення U (рис. 2.5, а).

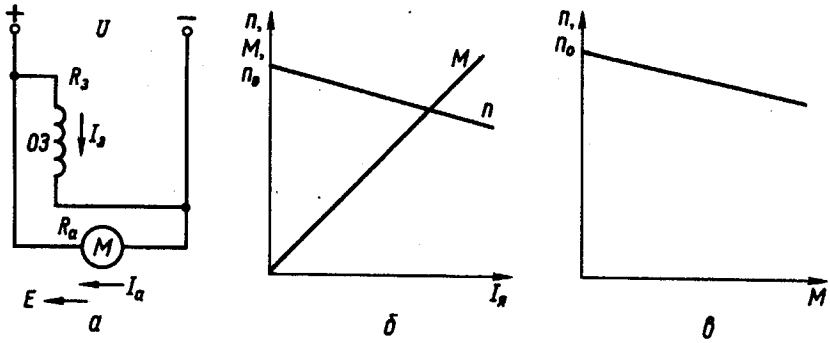


Рис. 2.5. Схема електродвигуна з паралельним збудженням (а) і його електромеханічна (б) та механічна (в) характеристики

Особливістю цього електродвигуна є те, що струм збудження $I_з$ не залежить від струму якоря $I_я$, тобто від навантаження на валу. Тому, нехтуючи розмагнічувальною реакцією якоря, можна приблизно вважати, що й магнітний потік Φ не залежить від навантаження. З урахуванням цього вирази (2.1)…(2.3) матимуть вигляд:

$$M=C_1I_я; \tag{2.5}$$

$$n=\frac{U}{C_2}-\frac{I_з\Sigma R}{C_2}=n_o-\Delta n; \tag{2.6}$$

$$n = \frac{U}{C_2} - \frac{M}{C_3},$$

де $C_1 = C_м\Phi, C_2 = C_e\Phi, C_3 = \frac{C_e C_м \Phi^2}{\Sigma R}$ – сталі величини. (2.7)

Електромеханічна характеристика електродвигунів із паралельним збудженням, побудовані за формулами (2.5), (2.6), наведена на рис. 2.5, б, а механічна характеристика (2.7) – на рис. 2.5, в. Як бачимо, вони мають лінійний характер. Величина $n_o = U/C_e\Phi$ називається *частотою обертання ідеального холостого ходу* при $M = 0$.

Якщо обмотка якоря електродвигуна і обмотка збудження підімкнуті до різних джерел живлення, то його називають двигуном із незалежним збудженням. Його електричні та механічні характеристики аналогічні характеристикам двигуна з паралельним збудженням, оскільки у нього струм збудження $I_з$ не залежить від струму якоря $I_я$.

В електродвигунах із послідовним збудженням обмотка збудження вмикається послідовно з обмоткою якоря, а тому $I_я = I_з$ (рис. 2.6, а). Таким чином, магнітний потік двигуна Φ є функцією струму якоря $I_я$. Характер цієї функції змінюється залежно від навантаження двигуна. Коли магнітна система машини насичена, можна вважати, що магнітний потік лінійно залежить від $I_я$:

$$\Phi = K_\phi I_я, \tag{2.8}$$

де K_ϕ – коефіцієнт пропорційності, що має розмірність індуктивності, Г.

Підставляючи вираз (2.8) у рівняння (2.3) і (2.4), матимемо струмошвидкісну та моментну характеристики $n = f(I_я)$, $M = f(I_я)$ у вигляді:

$$n = \frac{U}{C_e K_\phi I_я} - \frac{I_1 \Sigma R}{C_e K_\phi I_я} = \frac{U}{C_1' I_я} - C_2'; \tag{2.9}$$

$$M = C_м \Phi I_я = C_м K_\phi I_я^2 = C_1' I_z^2, \tag{2.10}$$

де C_1', C_2' – сталі величини.

Отже, залежність $n = f(I_я)$ має форму гіперболи, а залежність $M = f(I_я)$ – параболи (рис. 2.6, б). Механічна характеристика $n = f(M)$ (рис. 2.6, в) може бути побудована за рівняннями (2.9) та (2.10). Якщо струм якоря менший за номінальний, то частота обертання змінюватиметься за законом:

$$n = \frac{U}{C_e K_\phi \sqrt{M/(C_м K_\phi)}} - \frac{\Sigma R}{C_e K_\phi} = C_1'' \frac{U}{\sqrt{M}} - C_2', \tag{2.11}$$

де C_1'' – стала величина.

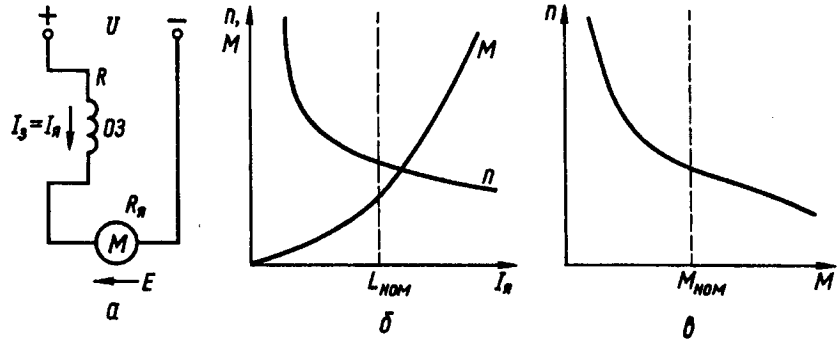


Рис. 2.6. Схема електродвигуна з послідовним збудженням (а) і його електромеханічні (б) та механічна (в) характеристики

Із рис. 2.6, в видно, що механічна характеристика двигуна з послідовним збудженням є «м'якою». За малих навантажень частота *n* різко збільшуватиметься і може перевищити максимально допустиме значення, тобто електродвигун піде «в рознос». Попри цей недолік, такі електродвигуни широко застосовують у різних електростартерах, оскільки «м'яка» характеристика більш сприятлива для названих умов роботи, ніж «жорстка» характеристика електродвигуна з паралельним збудженням.

Із зміною навантажувального моменту в широких межах, що характерно для пуску ДВЗ, потужність $P_{ел} = I_я U_я$ та струм $I_я$ в електродвигунах із послідовним збудженням змінюються в менших межах, ніж у двигунах із паралельним збудженням. Крім цього, вони краще переносять перевантаження. Двигуни з послідовним збудженням розвивають більший пусковий момент.

В електродвигунах із змішаним збудженням магнітний потік Ф створюється внаслідок спільної дії двох обмоток збудження (рис. 2.7) – паралельної $ОЗ_1$ та послідовної $ОЗ_2$. Тому його механічна характеристика (рис. 2.7, в, криві 3, 4) розташована між характеристиками електродвигунів з паралельним (пряма 1) та послідовним (крива 2) збудженням. Залежно від співвідношення магніторушійної сили (МРС) $F = \omega I_3$ (ω – кількість витків обмотки) паралельної $\omega_1 I_{31}$ і послідовної $\omega_2 I_{32}$ обмоток можна приблизити характеристику двигуна зі змішаним збудженням до характеристик 1 або 2. Одним із недоліків двигунів зі змішаним збудженням, які використовуються в деяких конструкціях стартерів, є те, що вони, володіючи «м'якою» механічною характеристикою, можуть працювати на холостому ходу, оскільки частота обертання холостого ходу n_0 має кінцеве значення.

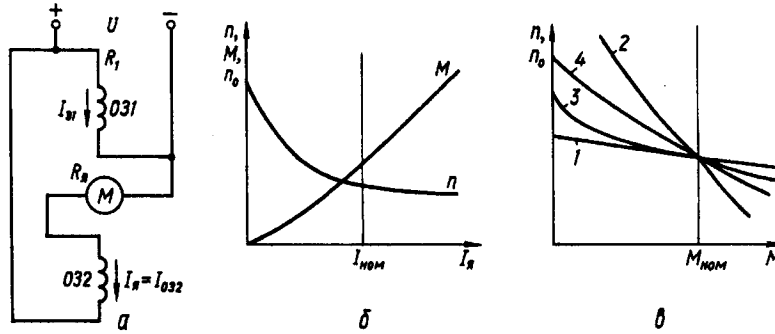


Рис. 2.7. Схема електродвигуна із змішаним збудженням (а) і його електромеханічні (б) та механічні (в) характеристики

Таким чином, у стартерах використовуються електродвигуни постійного струму з послідовним збудженням. В окремих випадках використовуються двигуни зі змішаним збудженням. В останні роки на стартерах стали застосовувати електродвигуни зі збудженням від постійних магнітів, які мають знижені енерговитрати внаслідок відсутності струму збудження. Постійні магніти використовуються лише в малопотужних стартерах.

2.3. Будова стартера

Як було показано на схемі 2.4, стартер складається з електродвигуна постійного струму, електромагнітного тягового реле та механізму приводу; іноді в нього вмонтовують додатковий редуктор.

Вузлами і деталями електростартера (рис. 2.8) є корпус 15 з полюсами 21 і котушками 20 обмотки збудження, якір 16 з колектором 18, механізм приводу з муфтою 12 вільного ходу, шестірнею 11 та буферною пружиною 13, електромагнітне тягове реле з обмоткою 3 і контактами 1, кришка з боку приводу, кришка 19 з боку колектора та щітковий вузол із щіткотримачами 23, щітками 27 і щітковими пружинами 24.

Корпуси електростартерів, які є частиною магнітної системи і несучою конструкцією для кришок, виготовляють із труби чи зі сталевої штаби. До корпусу гвинтами прикріплюють чотири полюси з котушками обмотки збудження. Кількість котушок та полюсів однакова.

Котушки послідовної обмотки збудження мають невелику кількість витків із неізольованого мідного дроту прямокутного перерізу марки ПММ. Витки ізольовано один від одного електроізоляційним картоном завтовшки 0,2–0,4 мм. Котушки паралельної обмотки в стартерах змішаного збудження намотують з ізольованого круглого проводу. Ззовні котушки ізолюють бавовняною стрічкою чи полімерними матеріалами. Котушки в обмотках з'єднують послідовно, попарно-паралельно або паралельно.

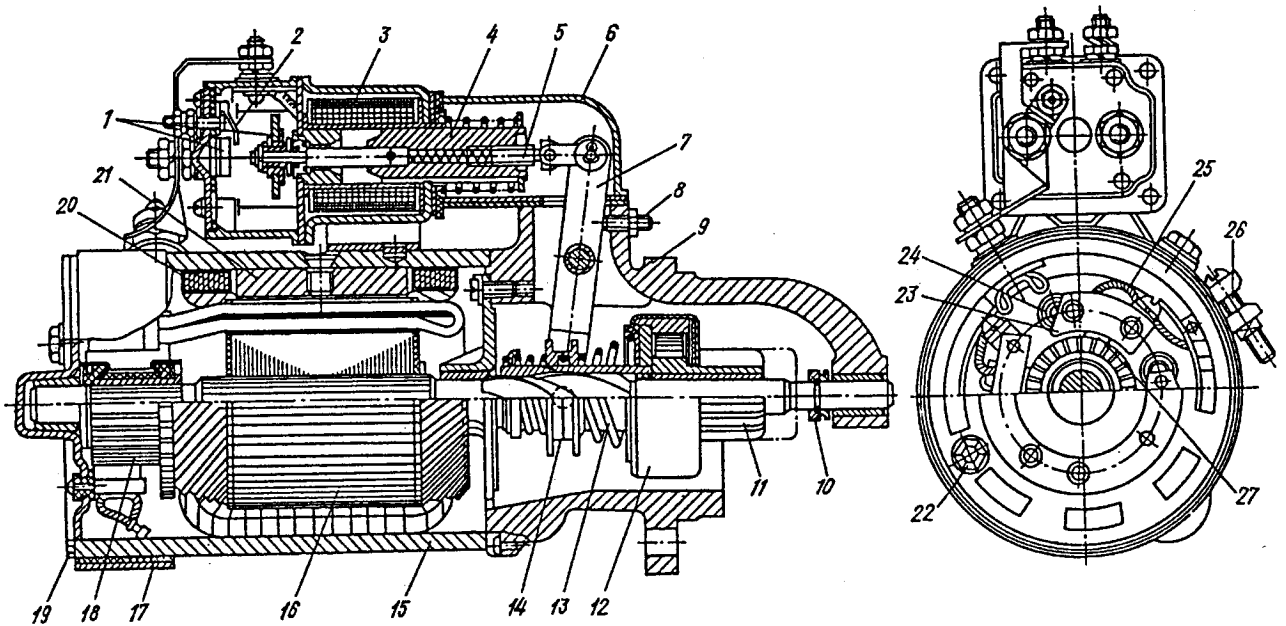


Рис. 2.8. Будова стартера:

1 – контакти тягового реле; 2 – контакти замикання додаткового резистора котушки запалювання; 3 – обмотки тягового реле; 4 – якір тягового реле; 5 – регулювальний гвинт-тяга; 6 – захисний кожух важеля; 7 – важіль; 8 – гвинт регулювання ходу шестерні; 9 – кришка з боку приводу; 10 – упорне кільце; 11 – шестірня приводу; 12 – муфта вільного ходу; 13 – пружина; 14 – повідкова муфта; 15 – корпус; 16 – якір; 17 – захисна стрічка; 18 – колектор; 19 – кришка з боку колектора; 20 – обмотка збудження; 21 – полюс; 22 – стяжна шпилька; 23 – щіткотримач; 24 – пружина-щіткотримач; 25 – провідник, що підводить струм до щітки; 26 – стяжний гвинт захисної стрічки; 27 – щітка

Струм в обмотку збудження надходить через головні контакти тягового реле багатожильним проводом (чи мідною шиною), який проходить через ізоляційні втулки в корпусі або в кришці з боку колектора.

Якір стартера – це шихтоване осердя, в пази якого вкладено обмотку. В шихтованому осерді менші втрати на вихрові струми. Осердя якоря напресовано на вал, що обертається на двох чи трьох опорах із бронзо-графітними підшипниками або з підшипниками з порошкового матеріалу. В якорях стартерних електродвигунів застосовують прості хвильові та петльові обмотки з одно- та двовитковими секціями. Одновиткові секції роблять із неізольованого проводу прямокутного перерізу марки ПММ, двовиткові – з ізольованого проводу круглого перерізу.

Відкриті, напівзакриті або закриті пази якорів можуть мати прямокутну чи грушоподібну форму. Пази прямокутної форми краще заповнювати проводом прямокутного перерізу, укладаючи його в два шари, й ізолюючи один від одного та від пакета якоря гільзами S-подібної форми з електрокартону або полімерної плівки. Пази грушоподібної форми зі сталим чи змінним перерізом зубця застосовують у стартерах малої потужності з двовитковими секціями.

На лобовій частині обмотки якоря накладають бандажі з кількох витків сталевого дроту, бавовняного шнура чи скловолокнистого матеріалу, просоченого синтетичними смолами. Бандаж лобових частин можна виготовляти також у вигляді алюмінієвого кільця з ізоляційною кільцевою прокладкою з гетинаксу.

Кінці секцій обмотки якоря кладуть у пази колекторних пластин. Кінець однієї секції та початок наступної приєднують до однієї колекторної пластини. В деяких електростартерах застосовують збірні циліндричні колектори на металевій втулці, а також циліндричні та торцеві колектори з пластмасовим корпусом.

Збірні циліндричні колектори, які використовують на стартерах великої потужності, складають з мідних пластин та ізолювальних прокладок із миканіту, слюдиніту чи слюдопласту. Пластини в колекторі закріплюють за допомогою металевих натискних кілець та ізоляційних корпусів по бічних опорних поверхнях. Від металевої втулки, яку напресовують на вал якоря, мідні пластини ізолюють миканітовою циліндричною втулкою.

У циліндричних колекторах із пластмасовим корпусом пластмаса, що є формувальним елементом колектора, ізолює колекторні пластини від вала, і сприймає навантаження. Для підвищення міцності колектора в пластмасовий корпус введено армовані кільця з металу чи прес-матеріалу. Невеликі колектори можна виготовляти із суцільної циліндричної заготовки, яку розрізують після спресовування пластмасою на окремі ламелі.

Робоча поверхня торцевого колектора (автомобілі ВАЗ СТ29.3708, стартери тракторних пускових двигунів СТ 362 та ін., рис. 2.9) розміщена в площині, перпендикулярній до осі обертання якоря. Виготовляючи торцевий колектор із мідної втулки, формують пластину у вигляді диска з отвором, прямокутними пазами за кількістю потрібних колекторних пластин і кільцевими виступами. Диск з боку виступів опресовано пластмасою. У пластмасовому корпусі прошивають внутрішній отвір для напресовування колектора на вал. Щоб відокремити пластини, колектор потрібно обрізати за зовнішнім діаметром.

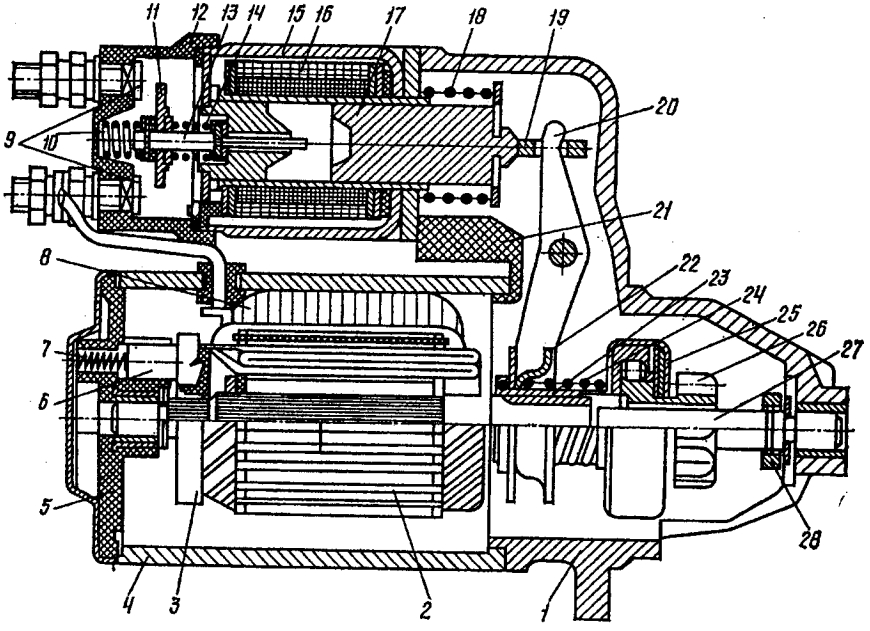


Рис. 2.9. Стартер СТ-362 тракторного пускового двигуна ПД-10УД: 1 – кришка з боку привода; 2 – якір; 3 – торцевий колектор; 4 – корпус; 5 – кришка з боку колектора; 6 – щітка; 7 – пружина щітки; 8 – полюс статора з обмоткою збудження; 9 – силові контакти; 10 – пружина штоку; 11 – контактний диск; 12 – кришка тягового реле; 13 – шток; 14 – прижимна пружина; 15 – корпус реле; 16 – котушка тягового реле; 17 – якір тягового реле; 18 – пружина; 18 – серга; 20 – важіль включення стартера; 21 – ущільнююча прокладка; 22 – муфта включення; 23 – втулка; 24 – пружина включення; 25 – муфта вільного ходу; 26 – шестерня включення; 27 – вал якоря; 28 – упорна шайба

У стартерах із торцевими колекторами щітки розміщують у пластмасову чи металеву траверсу і притискають до робочої поверхні колектора

крученими циліндричними пружинами. Через відсутність вікон у кришці з боку колектора в стартерах забезпечено краще ущільнення щітково-колекторного вузла. Застосування конструкцій з торцевим колектором дає змогу зменшити довжину стартера та витрати колекторної міді порівняно з конструкціями з циліндричними колекторами в 2 рази, виключити застосування дорогої миканітової ізоляції, зменшити масу стартера на 0,5–0,7 кг та підвищити експлуатаційну надійність і довговічність.

Кришки з боку колектора виливають із чавуну, сталі, алюмінію, цинкового сплаву або штампують зі сталі. Безпосередньо до кришки або до траверси заклепками чи гвинтами прикріплюють щіткотримачі ізольованих щіток, які відокремлюють від кришок прокладками з текстоліту або з іншого ізоляційного матеріалу. Конструкція щіткотримачів така, що щітки легко замінювати. Радіальні щіткотримачі виготовляють у вигляді сталевої обойми коробчастого типу. Щітки мають канатики з наконечниками для приєднання до щіткотримачів.

В електростартерах застосовують мідно-графітові щітки, які містять свинець та олово. Більше графіту в щітках для потужних стартерів і стартерів із важкими умовами комутації.

Кришки з боку приводу виливають з алюмінієвого сплаву або з чавуну. Конструкція кришки залежить від матеріалу, з якого її виготовлено, типу механізму приводу, способу прикріплювання стартера на двигуні та тягового реле на стартері. Встановлені фланці кришки мають не менше двох отворів для болтів кріплення стартера. Розміри приєднувальних деталей регламентовано стандартами. Фланцеве кріплення стартера до картера зчеплення або до маховика, у разі його знімання та повторного встановлення, дає змогу зберегти сталою міжосьову відстань у зубчастому зчепленні. У кришці передбачено отвір, який дає змогу шестірні приводу входити в зачеплення з вінцем маховика. Існують численні модифікації стартерів, які відрізняються один від одного розміщенням кріпильних отворів фланця та положенням кришки з боку приводу щодо тягового реле.

Стартери потужністю понад 4,4 кВт і діаметром корпусу 130–180 мм розміщують у заглибинах спеціальних приливок двигуна. До посадкової поверхні приливка двигуна корпус стартера притискують сталевими стрічками. Від повороту стартер фіксують шпонками або штифтами.

У кришках та проміжній опорі стартера ставлять підшипники ковзання. Проміжну опору роблять у стартерах, які мають діаметр корпусу 115 мм і більше. Опору у вигляді диска з чавуну, сталі чи алюмінієвого сплаву затискують між корпусом та кришкою з боку приводу або прикріплюють до кришки. Підшипники змащують у процесі виготовлення або ж під час технічного обслуговування та експлуатації. У стартерах великої

потужності бобишки підшипників мають маслянки з резервуарами для мастильного матеріалу і мастильними фільцями.

Тягове реле прикріплюють до кришки з боку приводу. Дистанційно кероване тягове реле забезпечує введення шестірні в зачеплення з вінцем маховика і вмикає стартерний електродвигун до акумуляторної батареї.

Реле може мати одну або дві обмотки, намотані на латунну втулку, в якій вільно переміщується сталевий якір, що діє на шток із рухомим контактом. Два нерухомих контакти у вигляді контактних болтів закріплюють у пластмасовій кришці тягового реле.

У двообмотковому реле утримувальну обмотку, розраховану тільки на утримування якоря реле в притягненому до осердя стані, виготовлено з проводу меншого діаметра і з прямим виводом на масу. Втягуючу обмотку підімкнено паралельно до контактів реле. Коли реле увімкнено, вона діє згідно з утримувальною обмоткою та створює потрібну силу притягування, якщо зазор між якорем та осердям максимальний. Коли стартерний електродвигун працює, замкнені контакти тягового реле шунтують, втягуючи обмотку.

Тягове реле важелем з'єднано з механізмом приводу, розміщеним на частині вала зі шліцами. Важіль діє на привод через повідкову муфту. Його виливають із полімерного матеріалу або складають із двох штампованих сталевих частин, які з'єднують клепанням чи зварюванням.

Механізм приводу з муфтою вільного ходу забезпечує введення й утримування шестірні в зачепленні з вінцем маховика під час пуску двигуна, передавання потрібного крутного моменту колінчастому валу та запобігає руйнуванню якоря стартерного електродвигуна, від'єднуючи його від маховика працюючого двигуна.

Найбільшого поширення в електростартерах набули безшумні й технологічні роликові муфти вільного ходу, здатні за невеликих розмірів передавати значні крутні моменти. Роликові муфти малочутливі до забруднення, не потребують догляду та регулювання під час експлуатації.

Муфта вільного ходу роликового типу (рис. 2.10) може вільно переміщуватися по спеціальних шліцах вала стартера. На шліцевій напрямній втулці закріплено зовнішню ведучу обойму 5, в якій є чотири клинчастих пази з роликами 1, що їх відтискує в бік вузької частини паза штовхач 2 із пружиною 3.

Якщо стартер увімкнено, то крутний момент від ведучої обойми 5 ролики 1 передають на ведену обойму 14, виготовлену як єдине ціле з шестірнею приводу. Ролики заклинено між ведучою та веденою обоймами.

Коли двигун буде запущено, ведена обойма стане ведучою (ведучим стане зубчастий вінець маховика), ролики розклиняться і муфта пробуксовуватиме.

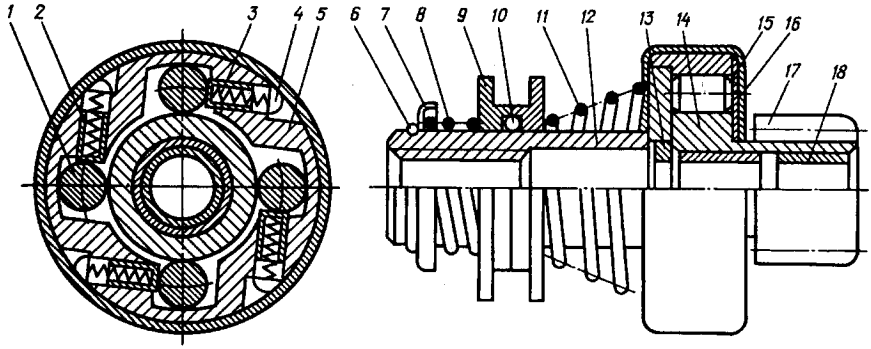


Рис. 2.10. Плунжерна (роликова) муфта вільного ходу:
1 – ролик; 2 – плунжер; 3 – притискна пружина; 4 – упори пружини; 5 – зовнішня ведуча обойма; 6, 10 – замкові кільця, 7 – чашка; 8 – пружина; 9 – втулка відведення; 11 – буферна пружина; 12 – прорізна напрямна втулка; 13 – центрувальне кільце, 14 – ведена обойма; 15 – металева пластина; 16 – кожух муфти; 17 – шестірня приводу; 18 – вкладка

У стартерах великої потужності муфти вільного ходу не застосовують, оскільки за цих умов вони працюють ненадійно. У стартері СТ-142 (двигуни ЯМЗ-740, КамАЗ) застосовано храповий механізм приводу (рис. 2.11, а,б). Деталі його розміщені на напрямній втулці 1, яка має прямі внутрішні шліци та багатозахідну стрічкову зовнішню різьбу.

Напрямна втулка разом із приводом може переміщатися по шліцах вала стартера. На зовнішній різьбі втулки розміщена ведуча половина 8 храпової муфти, а ведену її половину 13 виготовлено разом із шестірнею, і вона може вільно обертатися на втулці 1 у бронзових графітових підшипниках. Торці половин храпової муфти, які мають зубці, притискує один до одного пружина 7. Ведену половину 13 закриває в корпусі 5 замкове кільце 10, а замкове кільце 2 не дає корпусу 5 переміщатися вздовж втулки 1. Для амортизації ударів під час вмикання стартера під пружину 7 поставлено сталеву шайбу 6 і гумове кільце 4. Щоб запобігти спрацьовуванню зубців храпової муфти та знизити шум у момент, коли двигун запущено, а стартер ще не вимкнено, передбачено механізм блокування. У середині веденої половини 13 муфти вміщено три пластмасових сухарі 12 з радіальними отворами, в які входять напрямні штифти 11. Зовнішня поверхня сухарів має конічну форму, яка прилягає до виточки сталевого кільця 9, поставленого у ведучій половині 8 муфти. Кільце 9 притискує сухарі 12 до напрямної втулки 1. Під час передавання крутного моменту від вала стартера до вінця маховика виникає осьове зусилля, яке притискує ведучу та ведену половини храпової муфти. Коли двигун буде запущено, станеться пробуксовування храпової муфти, оскільки зміниться

напрям передавального зусилля на шестірні стартера (під час пуску – від шестірні до вінця, а коли двигун працює – в зворотному напрямі).

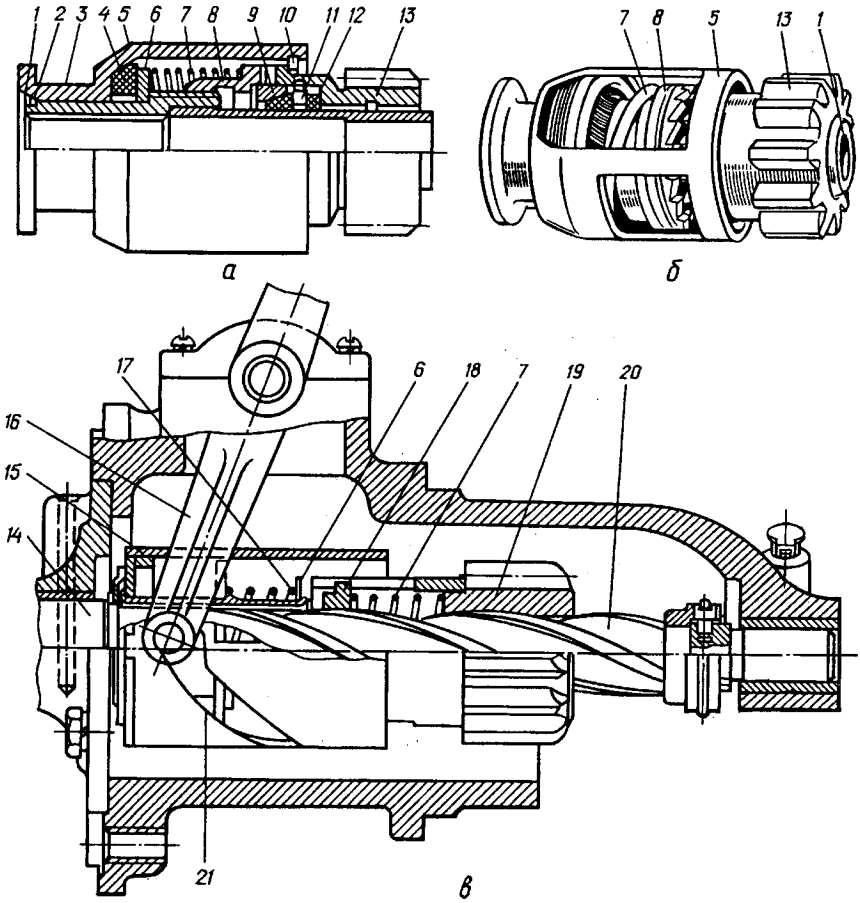


Рис. 2.11. Типи приводів стартерів дизельних двигунів (стартер СТ-142): а – розріз; б – загальний вигляд приводу з храповою муфтою; в – привод стартера СТ–103: 1 – напрямна втулка; 2, 10 – замкові кільця; 3 – втулка відведення (виготовлена як єдине ціле з корпусом); 4 –гумове кільце; 5 – корпус; 6 – сталева шайба; 7-- пружина; 8 – ведуча півмуфта; 9 – конусне кільце; 11 – штифт; 12 – сухар; 13– ведена півмуфта; 14 – вал якоря; 15 – стакан; 16 – важіль; 17 – буферна пружина; 18 – гайка; 19 – шестірня; 20 – упорне кільце; 21 – спіральний паз

Під час пробуксовування ведуча половина 8 храпової муфти відсувається від веденої 13, стискуючи пружину 7. Разом із нею відсувається й

кільце 9, звільняючи сухарі 12, які під дією відцентрових сил переміщаються вздовж штифтів 11 і блокують муфту в розщепленому стані. Після вимикання стартера ведуча половина 8 храпової муфти під дією пружини 7 притискується до веденої 13 і кільце 9 повертає сухарі 12 у початковий стан.

Хоча шестірня стартера й упирається в зубці вінця маховика, проте корпус 5 приводу разом із напрямною втулкою 1 переміщаються далі вздовж прорізів вала стартера, стискуючи пружину 7. Стрічкова різьба втулки 3 примушує ведучу половину 8 і шестірню стартера повертатися (до 30°), забезпечуючи її зачеплення з вінцем маховика. Храповий привод допускає до 5% упорів шестірні стартера у вінець маховика від загальної кількості вмикань.

На рис. 2.11, в зображено механізм привода стартера СТ-103 дизельних двигунів ЯМЗ. На спіральних шліцах вала якоря 14 поставлено гайку 18 і шестірню 19. Гайка двома зовнішніми виступами входить у поздовжні пази хвостовика цієї шестірні, а між ними розміщено пружину 7. На вал якоря вільно насаджено стакан 15 зі спіральним пазом 21. На опорній втулці стакана розміщено буферну пружину 17 і шайбу 6.

Хід шестірні на валу обмежує упорне кільце 20. Коли стартер увімкнено, тягове реле діє на важіль 16 і переміщає стакан 15, опорна втулка якого натискує на ведучу гайку 18 і підсуває її разом із шестірнею до упорного кільця 20. Коли зубці шестірні упруться в зубці вінця маховика, ведуча гайка 18 стисне пружину 7 і поверне шестірню 19, бо шліци в останній ширші, ніж на валу якоря 14.

У початковий момент пуску двигуна стакан 15 повертається завдяки тертю і спіральним пазом 21 повертається назад у початковий стан, звільняючи місце для відходу шестірні. Коли двигун буде пущено, вінець маховика почне обертати шестірню стартера, і вона, переміщуючись по спіральних шліцах, відійде у початковий стан.

Для кожного двигуна і заданих умов пуску існують оптимальні передатні числа приводу від стартера до двигуна. Проте для безредукторної передачі цей параметр може бути не більше 16, що обмежується умовами механічної міцності ведучої шестірні стартера.

З іншого боку, збільшення передатного числа дає змогу зменшити розміри і відповідно масу електродвигуна стартера, оскільки параметри змінюються обернено пропорційно частоті обертання.

В останні роки одним із головних напрямів вдосконалення систем пуску є зменшення маси активних матеріалів, ціна яких становить близько 50% собівартості стартера. При цьому, крім заміни мідних проводів обмоток на більш легкі алюмінієві і зменшення габаритних розмірів за рахунок застосування ізоляції більш високого класу теплостійкості, все більше почали застосовуватись високооборотні малогабаритні стартерні електродвигуни з вмонтованим редуктором.

Відомо, що маса стартера залежить від його потужності. Тому перевага стартера з редуктором виявлятиметься вже з потужності приблизно 1 кВт. Для малопотужних стартерів застосування редукторів не скорочує загальної маси стартера, а тому більш доцільно застосовувати саме привод.

У конструкціях стартерів із редуктором між якорем електродвигуна й шестірнею, що міститься на вихідному валу стартера, монтується редуктор, який знижує частоту обертання в 3–4 рази. При цьому частота обертання якоря електродвигуна може бути підвищена до 15000–20000 хв$^{-1}$ в режимі холостого ходу. Конструктивно редуктори виготовляються простими рядними із зовнішнім і внутрішнім зачепленнями, а також планетарні.

Найбільш перспективним є планетарний редуктор Джемса (рис. 2.12). Його перевагою є симетричність зусиль, що передаються, компактність, високий ККД.

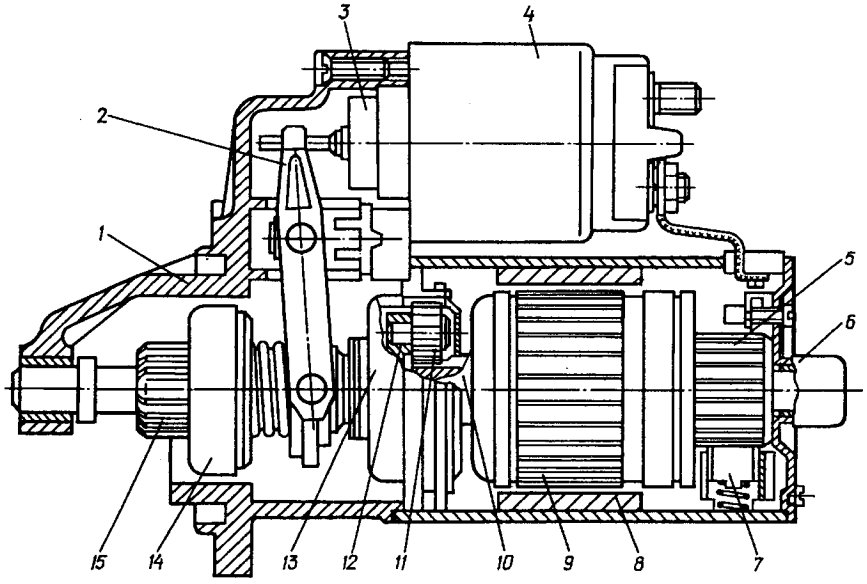


Рис. 2.12. Конструкція стартера з планетарним редуктором і збудженням від постійних магнітів:
1 – передня кришка; 2 – приводний важіль; 3 – якір тягового реле; 4 – тягове реле; 5 – колектор електродвигуна; 6 – корпус підшипника; 7 – щітка; 8 – постійні магніти; 9 – якір; 10 – первинний вал і ведуча шестірня редуктора; 11– зубчасте колесо-сателіт; 12 – водило; 13 – нерухоме центральне зубчасте колесо з внутрішнім зачепленням; 14 – муфта вільного ходу; 15 – шестірня приводу

Переваги конструкцій стартерів із редукторами: малі розміри та маса електродвигуна; зменшення навантаження на акумуляторну батарею при пуску ДВЗ завдяки застосуванню електродвигуна з малим моментом; підвищення можливості пуску (пускової кількості обертів) при низьких температурах; зниження вихідної потужності при малих навантаженнях. Недоліки цих стартерів: більш важкі умови роботи муфти вільного ходу; підвищений шум і важкі умови роботи щітково-колекторного вузла. Тому паяння з'єднань у головних колах замінюється зварюванням, застосовується більш міцна ізоляція обмоток якоря, проводиться точне балансування деталей, що обертаються.

2.4. Електричні схеми керування стартером

Схеми керування залежать від розташування стартера та акумуляторної батареї на автомобілі чи тракторі, відповідності номінальних напруг стартера і системи електрообладнання, наявності й типу пристрою для полегшення пуску двигуна.

У випадку дистанційного керування акумуляторну батарею розташовують якнайближче до стартера і з'єднують із ним під час пуску контактною системою тягового електромагнітного реле.

На схемах електропускових систем роблять такі позначення виводів стартерів: «+» – вивід для підімкнення до акумуляторної батареї; КЗ або 17 – вивід, який закорочує додатковий резистор первинного кола системи запалювання; 50 – вивід обмоток реле стартера.

Втягувальні обмотки стартерів споживають струм, який досягає 30 А. Тому, щоб захистити контакти вимикачів запалювання, потрібно для керування стартерами використовувати додаткове реле, виводи якого маркують так: К – виводи обмотки; Б – вивід контакту для підмикання до акумуляторної батареї; С, С1, С2 – виводи контактів для керування колами. Залежно від типу двигуна – дизельний чи бензиновий – схеми систем пуску мають свої особливості. Для пуску бензинових двигунів застосовують здебільшого дві схеми, відмінності яких зумовлює конструкція стартера.

Стартерами типу СТ-230, в яких немає контакту, що закорочує додатковий резистор первинного кола системи запалювання, керує додаткове реле з двома контактами С1 і С2 (рис. 2.13, а).

Стартерами типу СТ-130АЗ разом із реле, в яких є контакт КЗ або 17, керує додаткове реле з одним виводом (рис. 2.13, б).

Обидві схеми побудовано за однаковим принципом. Вивід Б додаткового реле підімкнено до амперметра в колі акумуляторної батареї. Це пов'язано з тим, що струм, який споживає реле стартера, перевищує максимальне значення шкали амперметра. Один вивід К додаткового реле

з'єднано з корпусом автомобіля, а другий підімкнено до вимикача запалювання і через його контакти та амперметр з'єднано з позитивним виводом акумуляторної батареї.

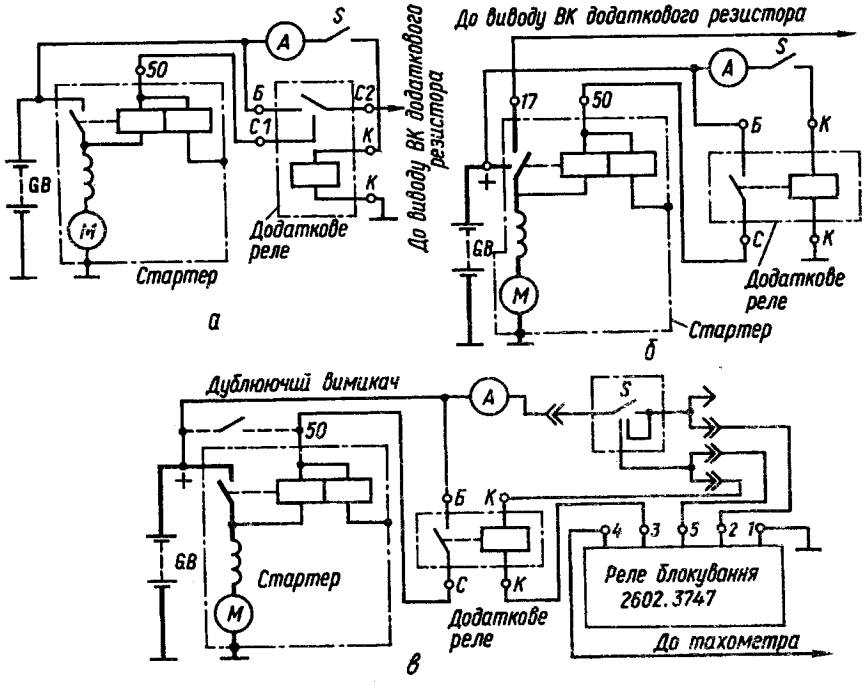


Рис. 2.13. Схеми ввімкнення стартерів:
а – СТ-130АЗ; б – СТ-230 (ГАЗ-3102 «Волга»); в – СТ-142 КамАЗ (ЗІЛ-130)

Керують стартером в обох схемах так. Після замикання контактів вимикача запалювання S в обмотці додаткового реле протікає струм і замикаються його контакти, внаслідок чого по колу стартера протікає струм двома паралельними колами, в одному з яких увімкнено утримувальну обмотку реле стартера, а в другому – послідовно втягувальну обмотку, обмотку збудження та обмотку якоря. Протікаючи крізь обмотки реле стартера, струм намагнічує осердя, якір реле стартера втягується і переміщує контактний диск, який замикає коло електродвигуна стартера та шунтує втягувальну обмотку. В увімкненому стані реле стартера утримує утримувальна обмотка.

Одночасно, або трохи раніше, через вивід 17 стартера (див. рис. 2.13, б) або через вивід С2 додаткового реле (див. рис. 2.13, а) закорочується додатковий резистор котушки запалювання.

Розмикаючись, контакти замка-вимикача розривають коло обмотки додаткового реле, далі його контакти розмикаються, і струм в утримувальній обмотці зникає. Під дією пружин контактний диск розмикає коло електродвигуна стартера, і він зупиняється.

Застосовують також схеми і без додаткового реле. У цьому разі системою пуску керує безпосередньо вимикач запалювання.

В автомобілях із дизельними двигунами системи запалювання немає. Тому в схемах увімкнення стартера цих автомобілів немає кола, яке закорочує додатковий резистор. Іноді для вмикання стартера в них ставлять дублюючий вимикач стартера, який розміщують на двигуні. За такою схемою увімкнено стартер СТ-142 (рис. 2.13, в).

У розглянутих схемах керування після пуску двигуна потрібно негайно вимикати стартер, бо, коли ведена обойма із шестірнею приводу обертатиметься тривалий час, муфта вільного ходу може зіпсуватися, внаслідок чого пошкодиться якір. Якщо стартер увімкнути, коли двигун працює, то можуть пошкодитись зубці шестірні приводу і маховика або вийде з ладу муфта вільного ходу приводу.

Пускаючи двигун, багато водіїв із запізненням вимикають стартер, що погано позначається на його довговічності. Якщо вимикач стартера несправний, то може статися рознесення колектора стартерного електродвигуна і, як наслідок, відмова стартера та розряджання акумуляторної батареї. Щоб запобігти цим небажаним явищам, використовують реле блокування стартера, яке дає змогу в 1,3–1,4 рази підвищити термін його служби. Це реле ставлять на автомобілях КамАЗ, БелАЗ, КрАЗ. Воно виконує такі функції: вимикає стартер після пуску двигуна; блокує вмикання стартера, коли двигун працює.

Реле керує стартером залежно від частоти обертання колінчастого вала двигуна, бо налагоджене на таке її значення, коли стартер має вимикатися автоматично. Воно повинне перевищувати максимально можливе значення пускової частоти обертання колінчастого вала електростартером і бути меншим за мінімальну частоту обертання колінчастого вала в режимі прогрівання двигуна після пуску. Коли частота обертання колінчастого вала досягне потрібного значення, реле блокування за сигналом від датчика розімкне коло живлення обмотки тягового реле й вимкне стартер.

Керування роботою стартера (рис. 2.14) відбувається так. Під час пуску двигуна контакти вимикача S1 (на автомобілях із дизелем його називають вимикачем приладів і стартера) спочатку ставлять у положення 1. У цьому положенні на його виході КЗ з'явиться позитивний потенціал, який через вивід 2 надходить до схеми реле блокування.

Із подачею напруги на вивід 2 через резистор R12 почнеться заряджання конденсатора С8, а через резистор R13 – заряджання конденсатора С7.

Оскільки опір резистора R13 (8,2 кОм) значно більший за опір резистора R12 (1,5 кОм), конденсатор C8 заряджатиметься швидше, ніж конденсатор C7. Тому позитивний потенціал на базі транзистора VT3 з'явиться раніше, ніж на базі транзистора VT2, і транзистор VT3 відкриється. Колектор відкритого транзистора VT3 буде з'єднано з корпусом, і його потенціал дорівнюватиме нулю. Оскільки колектор транзистора VT3 через діод VD8 і резистор R11 з'єднаний із базою транзистора VT2, то його потенціал також дорівнюватиме нулю і транзистор VT2 буде закритий.

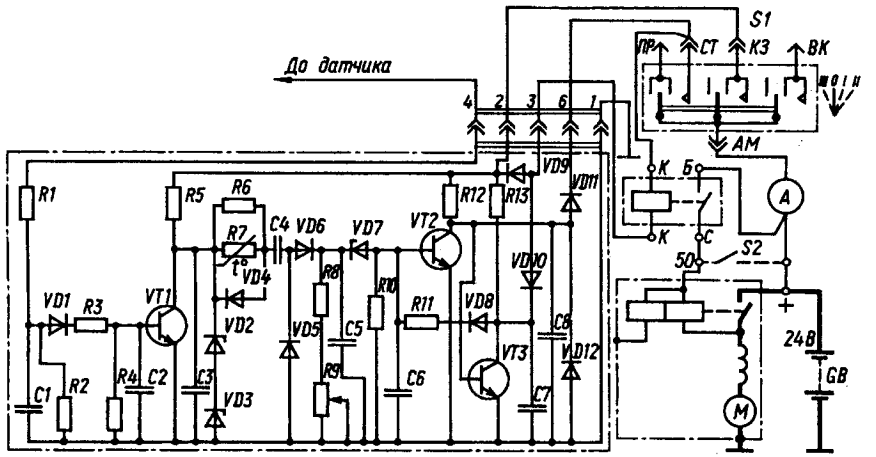


Рис. 2.14. Схема керування роботою стартера автомобіля КамАЗ із реле блокування 2602.3747

При перемиканні контактів вимикача S1 у положення II, при якому вмикатиметься стартер, напруга через вивід СТ надійде в обмотку додаткового реле стартера. Через обмотку до додаткового реле струм протікатиме по колу: вивід «+» акумуляторної батареї – вивід «+» стартера – амперметр – контакти вимикача S1 – вивід СТ вимикача S1 – обмотка додаткового реле – вивід 3 реле блокування – діод VD10 – перехід колектор-емітер транзистора VT3 – вивід 1 реле блокування – маса. Отже, контакти реле замкнуться, увімкнеться стартер, який прокручуватиме колінчастий вал двигуна.

Під час обертання вала двигуна у фазах статора генератора індукуватиметься ЕРС. З однієї з фаз синусоїдні сигнали напруги надійдуть до виводу 4 реле блокування. Через резистор R1 сигнали надійдуть до діода VD1, який пропускає тільки позитивні півхвилі. Позитивні імпульси через резистор R3 потраплять на базу транзистора VT1. У моменти появи позитивних імпульсів транзистор VT1 буде відкритий, а в період відсутності він закритий. При закритому транзисторі VT1 струм протікатиме

через резистор R5 і стабілітрони VD2 та VD3 і потенціал його колектора дорівнюватиме напрузі стабілізації стабілітронів VD2 і VD3. Таким чином, на колекторі транзистора VT1 формуються прямокутні імпульси, частота яких дорівнює частоті ЕРС на обмотці статора генератора. З появою імпульсів через резистори R6 і R7 заряджатиметься конденсатор C4, і далі через діод VD6 – конденсатор C5. Напруга, від якої заряджаються конденсатори C4 і C5 за один імпульс, буде обернено пропорційною їхній ємності. Оскільки ємність конденсатора C5 більша за ємність C4, то напруга на конденсаторі C5 буде меншою. В разі відсутності імпульсів конденсатор C4 встигне повністю розрядитись через діод VD4, відкритий транзистор VT1 і діод VD5. Конденсатор C5 за цей час розрядиться частково через резистори R8 і R9. З появою наступного імпульсу струм заряду знову протікатиме через конденсатори C4 і C5, проте напруга на конденсаторі C5 у кінці імпульсу буде більшою, ніж у кінці попереднього імпульсу. А на конденсаторі C4, який повністю розрядився, напруга знову зросте, як і в попередній раз – лише до якогось визначеного значення. Процес зростання напруги на конденсаторі C5 протікатиме до моменту досягнення нею визначеного значення, а потім зупиниться. Відбудеться пробивання стабілітрона VD7 і база транзистора VT2 дістане позитивного потенціалу відносно емітора. Транзистор VT2 відкривається і через його колектор, з'єднаний із корпусом автомобіля, конденсатор C8 швидко розрядиться. Отже, потенціали колектора транзистора VT2 і з'єднаної з ним бази транзистора VT3 дорівнюватимуть нулю. Транзистор VT3 закривається, перервавши коло живлення обмотки додаткового реле, і стартер вимкнеться.

Під час вимкнення обмотки додаткового реле в ній індукується ЕРС самоіндукції великого значення. Для захисту транзистора VT3 від пробивання в схемі встановлений діод VD9, по якому протікатиме струм самоіндукції.

Реле блокування запобігає вмиканню стартера під час роботи двигуна, оскільки імпульси з фази генератора забезпечуватимуть стан тригера, якщо транзистор VT2 відкритий, а транзистор VT3 закритий.

Як було сказано раніше, на деяких тракторних дизельних двигунах застосовуються пускові пристрої, що складаються з пускового карбюраторного двигуна та трансмісії (рис. 2.15).

Цей засіб надійний у різних температурних умовах, але складніший конструктивно і у використанні.

Запуск тракторного дизельного двигуна відбувається таким чином. Від колінчастого вала 1 пускового двигуна (рис. 2.15) крутний момент передається через шестірні 2 та 3 і диски зчеплення на вал редуктора. На валу 5 вільно посаджений ведучий диск 7, а ведений 6 з'єднаний з валом шліцами. При виключеному зчепленні вал редуктора не обертається. При

включеному зчепленні (важіль 4 переміщують вправо) ведений диск притискується до ведучого і під дією тертя, що виникає, диски будуть передавати крутний момент на вал редуктора.

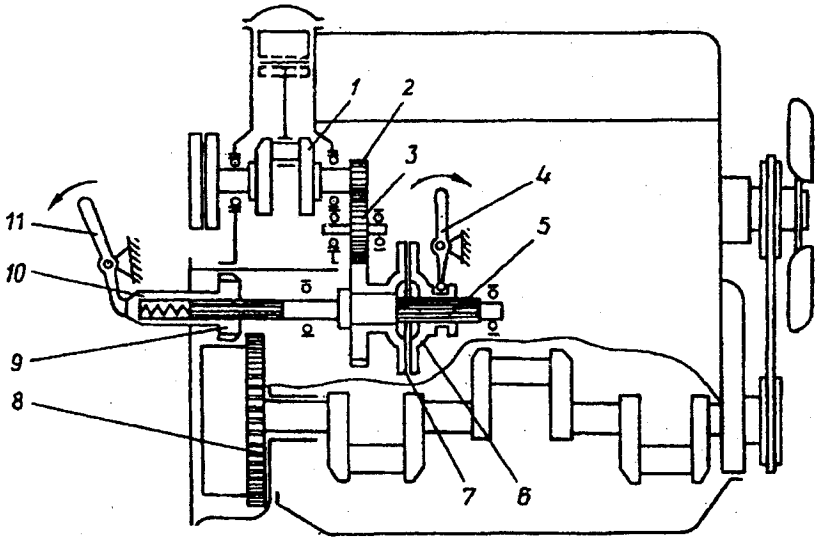


Рис. 2.15. Схема пускового пристрою:
1 – колінчастий вал двигуна; 2, 3 – шестірні; 4 – важіль зчеплення; 5 – вал передавального механізму; 6, 7 – відповідно ведений і ведучий диски; 8 – зубчастий вінець маховика дизеля; 9 – пускова шестірня; 10 – автомати вимикання; 11 – важіль вмикання пускової шестірні

Пускову шестірню 9 важелем 11 вводять в зачеплення з зубчастим кінцем маховика 8. Крутний момент передається на колінчастий вал дизеля.

Після пуску дизеля внаслідок істотного зростання частоти обертання його колінчастого вала (він при цьому стає ведучим, обертаючи через трансмісію колінчастий вал пускового двигуна) може спричинитися аварійна (руйнівна) ситуація. Щоб запобігти цьому, у механізмі вмикання розміщено обгінну муфту з автоматом вимикання 10. Одразу після пуску дизеля механізм виводить шестірню 9 із зачеплення з вінцем маховика.

У системах пуску тракторних дизелів застосовують переважно двотактні карбюраторні двигуни, наприклад двигун ПД-10 УД – двотактний, одноциліндровий, карбюраторний з кривошипно-камерною продувкою. Сам пусковий двигун запускається за допомогою електростартера СТ-362, будова якого показана на рис. 2.9.

Система запалювання пускового двигуна відокремлена від інших приладів електрообладнання трактора і забезпечує одержання необхідної для спалахування робочої суміші у циліндрі двигуна електричної іскри. Складається з магнето М124-Б1, проводу високої напруги та іскрової свічки.

Охолодження пускового двигуна рідинне, його сорочка з'єднана із сорочкою системи охолодження основного двигуна.

Мащення кривошипно-шатунного механізму здійснюється оливою, яка додається до палива: при стисненні суміші бензин випаровується і краплі оливи опиняються у зваженому стані, осідаючи на поверхнях, вони змащують їх.

Система живлення пускового двигуна складається з паливного бака, фільтра-відстійника палива, карбюратора з повітроочисником, регулятора частоти обертання колінчастого вала, випускної труби й глушника.

Трансмісія призначена для зниження частоти обертання і відповідно збільшення крутного моменту при передачі обертання від колінчастого вала пускового двигуна до колінчастого вала дизеля.

Для полегшення пуску дизелів при низькій температурі навколишнього середовища застосовують декомпресійний механізм та підігріваючі пристрої.

В більшості автотракторних двигунів керування пусковим пристроєм дистанційне з кабіни водія.

2.5. Системи полегшення пуску холодного двигуна

Аби запустити бензинові та дизельні двигуни при температурі -30 °С, потрібно застосовувати пристрої для полегшення пуску, а при температурі -40 °С і нижче – систему передпускового підігрівання охолоджувальної рідини.

Найпоширеніший пристрій для полегшення пуску дизелів – це свічки розжарювання.

Свічку розжарювання з відкритим нагрівальним елементом (рис. 2.16, а) ставлять у камері згоряння двигуна так, щоб розжарена спіраль 3 перебувала на деякій відстані від струменя розпилюваного пального. Коли струмінь пального торкається спіралі, процес запалювання поліпшується, проте термін служби свічки скорочується. Спіралі розжарювання 3 (рис. 2.16, б) штифтової свічки розміщено в закритому кожусі 5, заповненому ізоляційним матеріалом із високою теплопровідністю. Кожух свічки виготовляють із залізо-нікель-хромового сплаву інконель. Штифтову свічку в камері згоряння ставлять так, щоб конус струменя розпилюваного пального торкався розжареного кінця її кожуха.

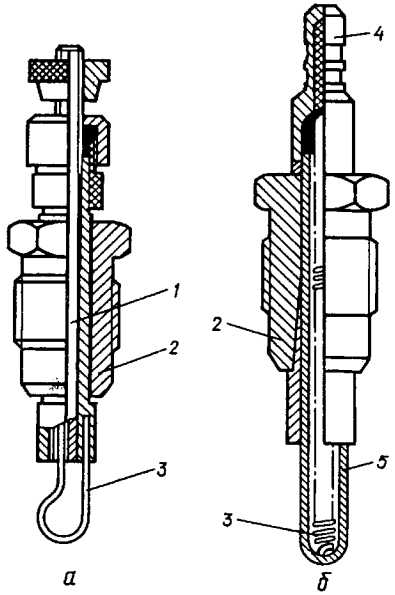


Рис. 2.16. Свічки розжарювання:
а – з відкритим нагрівальним елементом; б – штифтова: 1 – центральний електрод; 2 – корпус; 3 – спіраль; 4 – вивід; 5 – кожух спіралі

Частіше використовують однополюсні штифтові свічки, які споживають струми 5 і 10 А з напругами відповідно 12 і 24 В. Двополюсні свічки для двопровідних схем споживають струм до 50 А з напругою 1,7 В. Час прогрівання штифтованої свічки становить 1–2 хв. Через велику теплову інерцію цих свічок немає потреби ставити в їхньому колі живлення додатковий резистор. Перевага штифтових свічок порівняно зі свічками відкритого типу – це підвищена механічна міцність і великий термін служби; завдяки тому, що спіраль не окислює кисень повітря, їх можна ставити в дизелях з однопорожнинними камерами згоряння.

Ефективність застосування свічок розжарювання під час пуску дизелів залежить від робочої температури відкритої спіралі чи кожуха штифтової, яку визначає сила струму, що протікає через спіраль. Пуск дизелів у випадку застосування свічок розжарювання забезпечено до температур -10-15 °С при частоті обертання колінчастого вала 60–80 хв$^{-1}$.

У дизелях з однопорожнинними камерами згоряння застосовують електричні свічки та електрофакельні нагрівники для нагрівання повітря, яке надходить до циліндрів двигуна під час такту впуску. Мета підігрівання повітря – підвищення температури наприкінці такту стиснення для поліпшення умов утворення, запалювання та згоряння паливно-повітряної суміші.

Свічку СН-150 підігрівання повітря у впускному трубопроводі (рис. 2.17, а) потужністю 400 Вт розраховано на споживання струму 45–47 А. Спіраль 1 свічки нагрівається до температури 900–950 °С через 40–60 с після увімкнення до акумуляторної батареї.

У колі живлення свічок СН-150 передбачено контрольний елемент СЭ-52 і додатковий резистор МД-51. Свічки підігрівання ставлять на початку впускного трубопроводу або в місцях розведення в канали циліндрів.

Краще тепловідведення від спіралі 1 (рис. 2.17, б) впускному повітрю забезпечує використання фланцевих свічок, які ставлять у розняттях впускного трубопроводу, проте це призводить до великої різноманітності їхніх конструкцій та ускладнює конструкцію трубопроводу.

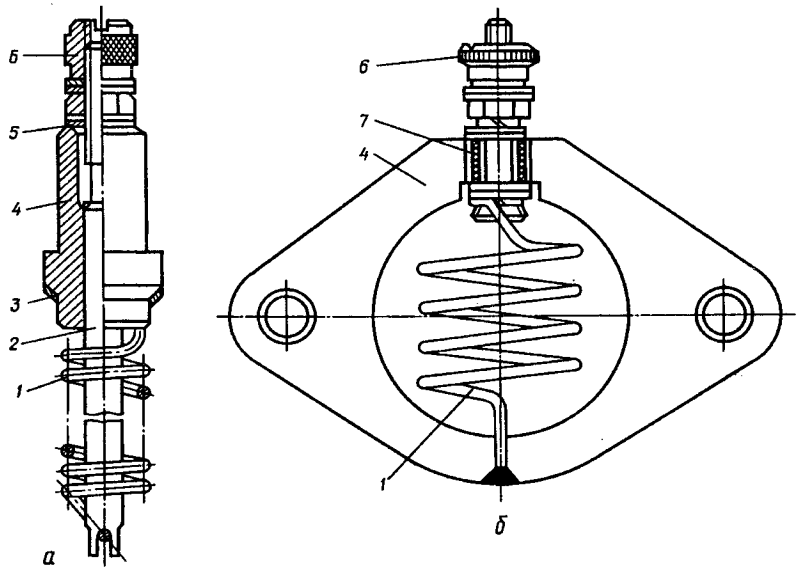


Рис. 2.17. Свічки для підігрівання повітря у впускному трубопроводі: а – СН-150; б – фланцева: 1 – спіраль розжарювання; 2 – стержень; 3 – ущільнювальна шайба; 4 – корпус; 5 – ізоляційна шайба; 6 – контактна гайка; 7 – ізоляційна втулка

Електрофакельні підігрівники повітря. Електрофакельний підігрівник повітря (рис. 2.18) в КамАЗі призначено для полегшення пуску холодного двигуна при температурі повітря до -25 °С у випадку використання зимових згущених масел і до -18 °С при використанні звичайних масел. Підігрівник увімкнений до паливної системи двигуна і працює на тому самому пальному, що й двигун. Це дає змогу використовувати його на двигунах різної конструкції, в тому числі для полегшення пуску багатопаливних двигунів. Принцип дії його ґрунтується на випаровуванні

пального в штифтових свічках розжарювання, факел підігріває повітря, що надходить у циліндри двигуна. Електрична схема (рис. 2.18, а) складається з двох електрофакельних свічок 13, які вмонтовані у впускних трубопроводах двигуна, електромагнітних паливних клапанів 15, термореле 11 з додатковим резистором, кнопкового вмикача 10, електромагнітного реле вмикання резистора свічок 12 і контрольної лампи 14.

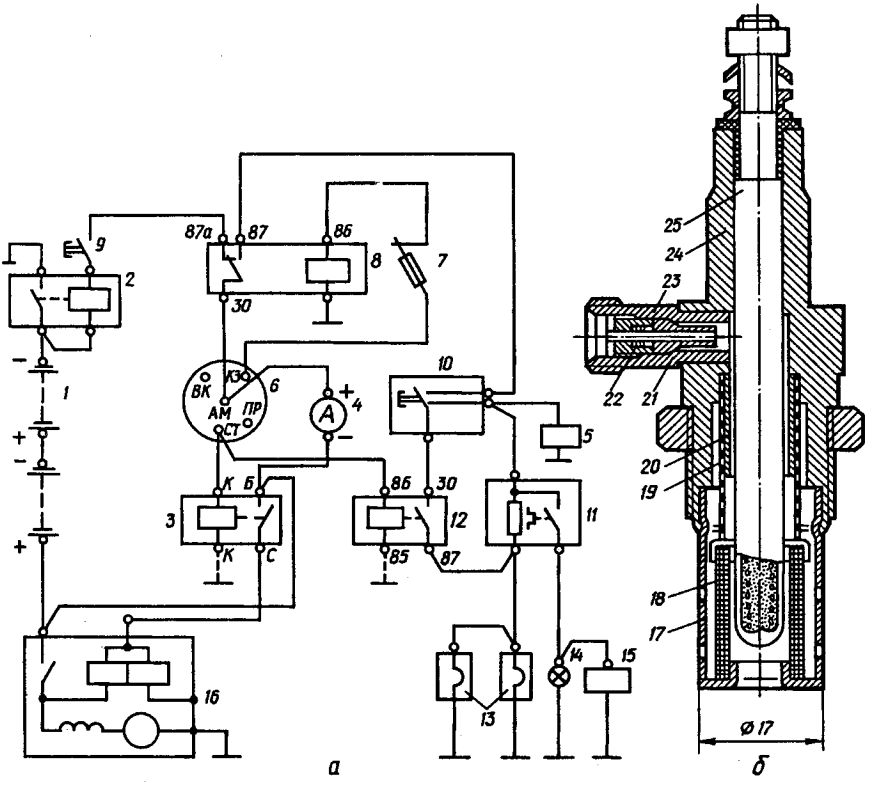


Рис. 2.18. Електрофакельний підігрівник:

а – електрична схема; б – факельна штифтова свічка: 1 – акумуляторна батарея; 2 – дистанційний вимикач; 3 – реле стартера; 4 – амперметр; 5 – реле вимикання обмотки збудження генератора; 6 – вимикач приладів і стартера; 7– запобіжники; 8 – контактор; 9 – вимикач акумуляторної батареї; 10 – кнопковий вимикач підігрівника; 11 – термореле; 12 – реле вимикання резистора свічок; 13 – свічки; 14 – контрольна лампа готовності до пуску; 15 – електромагнітний паливний клапан; 16 – стартер; 17 – екран; 18 – об'ємна сітка; 19 – сітка; 20 – трубка; 21 – жиклер; 22 – паливний фільтр; 23 – штуцер підведення пального; 24 – корпус; 25 – нагрівальний елемент; АМ, ВК, КЗ, Пр, СТ – затискачі на вимикачі приладів і стартера

Щоб запустити підігрівник, потрібно натиснути кнопку вимикача 9, повернути ключ вимикача 6 у перше положення (фіксоване) КЗ і натиснути кнопку 10. Через додатковий резистор термореле 11 струм протікає до електрофакельних свічок і нагріває їх. Із вмиканням кнопки 10 напруга потрапляє до обмотки реле 5, що розмикає коло обмотки збудження генератора, захищаючи факельні свічки від напруги, яку виробляє генератор. Через 1–2 хв залежно від температури навколишнього середовища, контакти термореле 11 замикаються, електромагнітний клапан 15 відкривається і пальне надходить до свічок 13.

Одночасно загоряється контрольна лампа 14, що сигналізує про готовність системи до пуску двигуна.

Для пуску двигуна потрібно натиснути на педаль подачі пального в двигун і повернути ключ вимикача 6 у друге нефіксоване положення «Стартер» (кнопка 10 залишається увімкненою). При цьому вмикається обмотка реле стартера 3 і надає руху тяговому реле стартера. Одночасно через реле 12 на свічки подається повна напруга акумуляторних батарей в обхід додаткового резистора термореле 11, оскільки при прокручуванні колінчастого вала двигуна стартером напруга на їхніх виводах знижується.

У період пуску паливно-підкачувальний насос низького тиску через відкритий електромагнітний клапан 15 подає пальне до попередньо розжарених нагрівальних елементів факельних свічок, в яких воно дозується, випаровується і, змішуючись із повітрям, загоряється. Факел полум'я, створений рухом повітря, що всмоктується двигуном у зоні свічок, забезпечує нагрівання повітря, яке потрапляє в циліндри двигуна.

Запустивши двигун і повернувши ключ вимикача 6 у перше положення, водій має можливість деякий час підтримувати горіння факела у впускних трубах, утримуючи увімкненою кнопку вимикача 10.

Факельна свічка (рис. 2.18, б) має нагрівальний елемент 25, вміщений всередині металевого кожуха 24, де запресована спіраль у спеціальному теплопровідному матеріалі. Пальне до свічки подається через штуцер 23 і очищається за допомогою фільтра 22. Дозується пальне жиклером 21. Всередині свічки пальне проходить по кільцевій порожнині між нагрівальним елементом 25 і трубкою 20, де воно нагрівається і випаровується. Для збільшення поверхні нагрівання і випаровування передбачена сітка 19. У нижній частині свічки до трубки кріпиться об'ємна сітка 18, яка оточена екраном 17 із двома рядами отворів для проходу повітря. Об'ємна сітка збільшує поверхню випаровування та згоряння пального. Екран запобігає зриву та затуханню факела при підвищенні швидкості руху повітря у впускних трубопроводах двигуна.

Передпускові рідинні підігрівники. Вони призначені для передпускового розігрівання холодного дизеля рідинного охолодження. Розігрівання

двигуна забезпечують, здебільшого нагріваючи рідину в системі його охолодження. Використовують підігрівники і для підігрівання масла в картері двигуна. Деякі з них не тільки розігрівають двигун, а й опалюють кабіни тракторів, вантажних автомобілів і салони автобусів незалежно від того, працює дизель чи ні.

Підігрівники системи охолодження ПЖБ-300 застосовуються на тракторах Т-150 і Т-150К, обладнаних двигунами СМД-60. Підігрівник має котел 10 (рис. 2.19), обладнаний свічкою розжарювання 8 для запалювання палива і апаратом завихрювання повітряного потоку. Котел встановлено під сорочкою охолодження двигуна і постійно під'єднано до системи його охолодження.

В котел від бачка 1 з фільтром-відстійником підведено трубку 4, по якій надходить паливо. Щоб воно не потрапило в камеру згоряння 9 при вимкнутому вентиляторі 5, бачок обладнано електромагнітним клапаном 2.

Під час роботи підігрівника між колектором 11 котла і сорочкою охолодження двигуна виникає термосифонна циркуляція гарячої охолоджувальної рідини, яка проходить трубами 6. Антифриз в колектор заливають через трубку 12, а повітря у котел нагнітають вентилятором через шланг 7.

Користуються підігрівником так. У двигуні закривають крани системи охолодження, утеплюють радіатор, відкривають заслінку вентилятора і кран фільтра-відстійника. Потім вмикають вентилятор і продувають котел з антифризом протягом 1,5-2 хв. Після цього перемикач встановлюють у положення II, а через 15-20 с після подачі порції палива в котел переводять його в положення 0.

Увімкнувши свічку розжарювання чекають, поки контрольна спіраль стане світло-червоною, після чого перемикач знову ставлять у положення II, при якому підігрівник починає працювати, і свічку розжарювання вимикають.

Охолоджуючу рідину в котел заливають спочатку в кількості 8-10 л, через 5 хв доливають ще 20 л, а через 3 хв доводять до потрібного рівня. Коли антифриз нагрівається до температури 50-60 °С, двигун можна запускати. Після його пуску перемикач переводять у положення I (продування котла), закривають кран фільтра-відстійника і через 1,5-2,0 хв вимикають зовсім. Подачу палива регулюють голкою електромагнітного клапана. Він працює нормально, якщо в момент його вмикання чути металевий стукіт.

На тракторах К-701 А встановлено комбіновану систему, яка передбачає підігрівання двигуна і, крім того, підігрівання кабіни.

Рідинні підігрівники мають найдосконалішу конструкцію. Вони забезпечують автоматичне підтримування теплового стану дизелів рідинного охолодження незалежно від того, чи працює дизель.

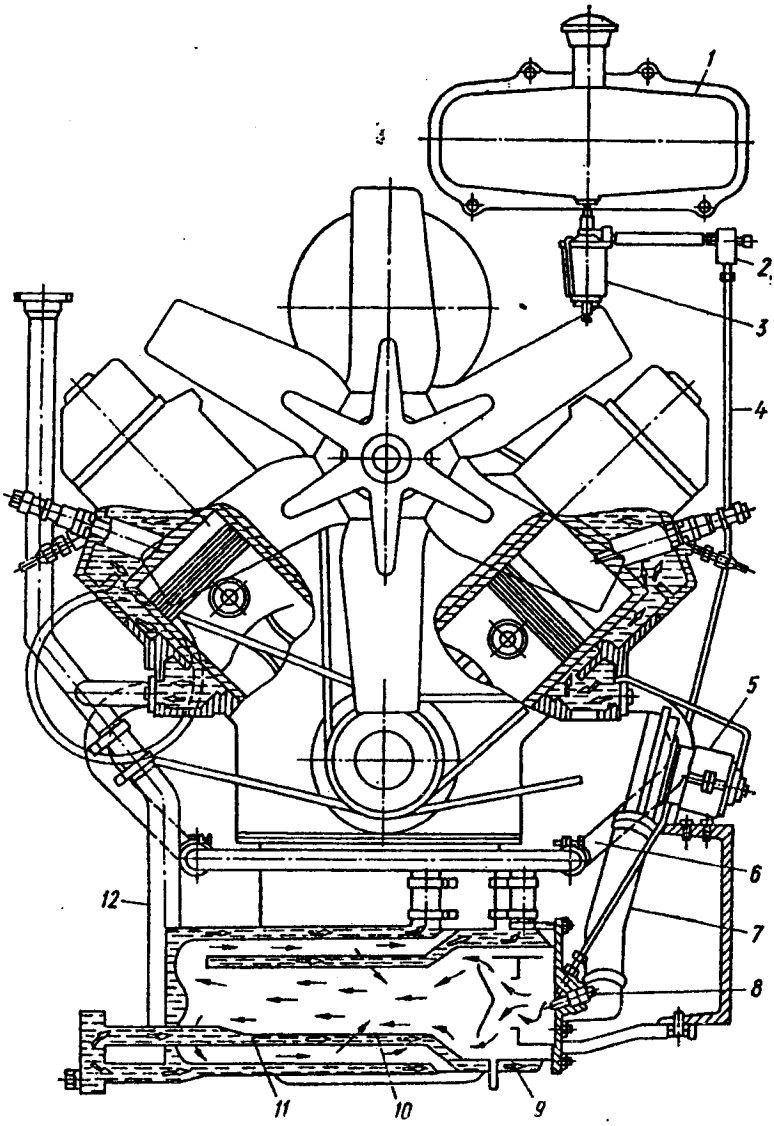


Рис. 2.19. Передпусковий підігрівник системи охолодження ПЖБ-300: 1 – паливний бачок; 2 – електромагнітний клапан; 3 – фільтр-відстійник; 4 – паливопровід; 5 – вентилятор; 6 – ліва труба гарячого антифризу; 7 – шланг підведення повітря в камеру згоряння; 8 – свічка розжарювання; 9 – камера згоряння; 10 – котел; 11 – колектор; 12 – трубка

2.6. Технічне обслуговування апаратів системи пуску

Технічне обслуговування апаратів системи пуску виконують під час чергових ТО-1, ТО-2 як безпосередньо на автомобілях чи тракторах, так і в електроцехах. Під час ТО проводять миття, очищення від масла та пилу, зовнішній огляд, а також випробовують роботу стартера (взимку ще й приладів для полегшення пуску), комутаційної апаратури. Особливу увагу звертають на надійність кріплення апаратів і з'єднання наконечників проводів із затискачами. Окислені наконечники проводів зачищають і змащують технічним вазеліном.

Через певний пробіг автомобіля чи час роботи трактора, що залежить від типу стартера, його знімають з автомобіля і перевіряють у цеху. Наприклад, стартер СТ-130АЗ рекомендується знімати з автомобіля під час кожного восьмого ТО-2, а стартер 25.3708 – через 150 тис. км пробігу під час чергового ТО-2.

Перевірка стартерів. Спочатку оглядають стартери, зняті з автомобіля чи трактора, і перевіряють підшипники ковзання. Спрацьовані втулки потрібно замінити. Потім перевіряють, чи легко переміщуються деталі та вузли приводу. Шестірню стартера разом із муфтою вільного ходу рукою пересувають по прорізах вала вперед до переднього підшипника. Вони мають переміщатися вільно, без затинань і повертатися до початкового стану під дією зворотної пружини. Коли привод важко пересувати по валу або коли він не повертається до початкового стану, його розбирають і обчищають наліт із вала шкуркою із зернистістю 140–180.

Наступна операція – перевірка та регулювання приводу стартера. У стартерах СТ-117А, СТ-103А, СТ-130АЗ (рис. 2.20) гвинтом 7, розміщеним у кришці 8, ставлять шестірню 10 приводу в початкове положення. Відстань А між торцем шестірні та площиною фланця кришки має становити 32–35 мм. Потім перевіряють зазор між торцем шестірні та упорним кільцем 9 у момент замикання контактів тягового реле. Для цього, знявши кришку, яка закриває якірець тягового реле, натискують на якірець 3 і переміщують його до моменту замикання затискачів 1 контактним диском 2 тягового реле. Цей момент визначають за допомогою двох ламп, підімкнених до тягового реле. Лампа, підімкнена до затискача КЗ, має засвічуватись трохи раніше або одночасно з іншою лампою. Відстань Б (3-5 мм) регулюють, укручуючи або викручуючи гвинт 4 в якірець 3. Перед цим треба зняти палець 5, який з'єднує гвинт із важелем 6 приводу.

У стартері СТ-103А між шестірнею та упорною шайбою ставлять по черзі прокладки завтовшки 16 і 11,7 мм. Після ввімкнення стартера з прокладкою 11,7 мм контакти замикатимуться.

У стартерах СТ-221 і 29.3708 привод не регулюють. Відстань А (рис. 2.20) має становити 21,3–21,5 мм.

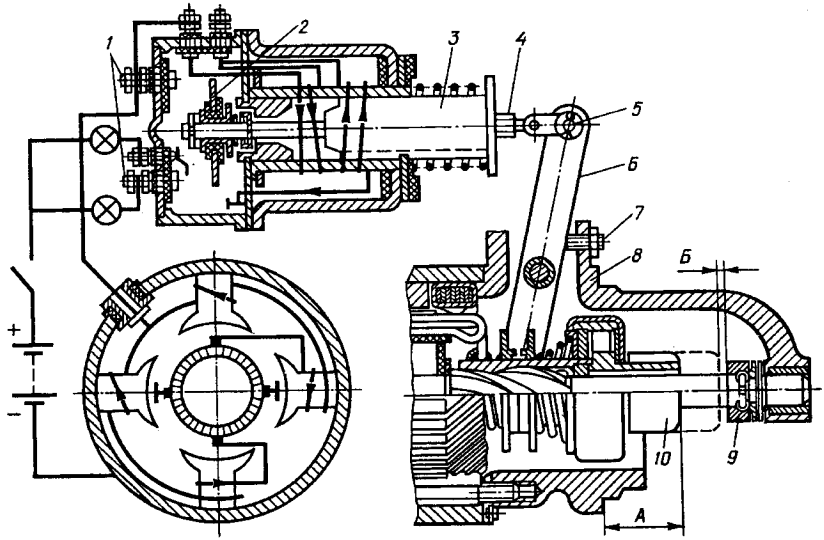


Рис. 2.20. Схема регулювання приводу стартерів СТ-117А, СТ-103А, СТ-130А3: 1 – нерухомий контакт стартера; 2 – рухомий контакт тягового реле; 3 – якірець тягового реле; 4 – гвинт; 5 – палець; 6 – важіль приводу; 7 – регулювальний гвинт; 8 – кришка стартера; 9 – упорне кільце; 10 – шестірня приводу

Стартери дизелів мають деякі особливості їх регулювань. У стартерах СТ-142, 24.3708 та 25.3708 задають зазор А. Замість зазору Б, що відповідає початковому станові шестірні, для цих стартерів задають зазор між її торцем та упорною шайбою, за якого контакти реле стартера не повинні замикатися. Під час перевірки між шестірнею та упорною шайбою ставлять прокладку певної товщини і на обмотки реле подають живлення. Замикання контактів визначають контрольною лампою чи омметром.

Спрацьовані деталі приводу і тягового реле замінюють.

Після відрегулювання стартера його перевіряють за допомогою справної зарядженої акумуляторної батареї з такою самою ємністю, що й батарея, з якою працює обстежуваний стартер. Стартер перевіряють у двох режимах: холостого ходу та повного гальмування якоря. Для перевірки стартера його вмикають за схемою на рис. 2.21.

Стартер у режимі холостого ходу перевіряють, вмикаючи його за названою схемою на 30 с. За показниками амперметра визначають струм, а частоту обертання якоря стартера вимірюють переносним тахометром, ніжку якого притискують до торця обертового вала. Показники амперметра і тахометра порівнюють із технічними умовами (табл. 2.1). Вважають, що стартер справний, якщо струм не перевищує номінального значення, а

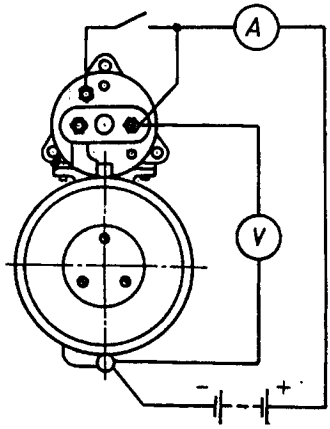


Рис. 2.21. Схема ввімкнення стартера під час перевірки

частота обертання якоря – не менша за задану.

Струм збільшується, а частота обертання якоря зменшується, порівняно із значеннями, наведеними в табл. 2.1, через такі несправності: послаблення кріплення кришок, що спричинює перекіс вала якоря; замикання пластин колектора металовугільним пилом, який утворюється в процесі спрацьовування щіток і колектора; згинання вала тощо. Стартер, який задовольняє технічні умови в режимі холостого ходу, перевіряють у режимі повного гальмування.

На деяких стартерах, наприклад на СТ-230А, отвір у кришці під вал якоря закритий заглушкою. Для вимірювання частоти обертання ручним тахометром цю заглушку потрібно зняти.

Перевіряючи стартер у режимі повного гальмування, на зубцях шестірні приводу закріплюють важіль і з'єднують його пружинним динамометром (рис. 2.22). Стартер вмикають на 3–4 с і дивляться на показники амперметра, вольтметра та динамометра. Крутний момент електродвигуна стартера:

$$M = Pl,$$

де P – сила, що її реєструє пружний динамометр, Н; l – довжина важеля, м.

Виміряні значення порівнюють із струмом у разі повного гальмування та найбільшого моменту (табл. 2.1). Вважають, що стартер справний, якщо сила споживання струму не більша, а крутний момент не менший, ніж значення, наведені в табл. 2.1. При напрузі акумуляторної батареї не менш 9 (18) В споживання струму підвищиться, а крутний момент зменшиться у випадку замикання обмотки збудження чи обмотки якоря на корпус, виткового замикання в котушках обмотки збудження, замикання пластин колектора або замикання на корпус ізольованих щіткотримачів, а також механічних несправностей. Малий крутний момент і невелика сила струму можуть бути наслідком зависання чи спрацьовування щіток, окислення чи замаслювання колектора, послаблення пружин щіткотримачів та окислення контактних поверхонь контактного диска і затискачів тягового реле.

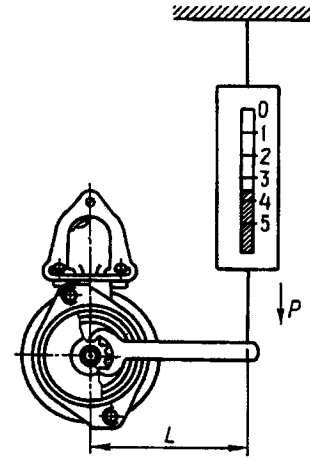


Рис. 2.22. Схема вимірювання крутного моменту стартера

Таблиця 2.1.

Технічні характеристики стартерів

Тип стартера	$U_{ном.}$, В	$P_{ном}$, кВт	$N_{ном}$, хв$^{-1}$	Режим холостого ходу			Режим повного гальмування			Застосування на автомобілях
				$I_{х.х.}$, А	$U_{х.х.}$, В	$n_{х.х.}$, хв$^{-1}$	$I_{п.г.}$, А	$M_{п.г.}$, В	$U_{п.г.}$, В	
СТ-2А	12	1,8	1100	80	12	3500	650	29,5	9	«Урал-375», ЗІЛ-131Н
СТ-4-А1	12	0,59	1600	75	12	4000	315	9	8,5	«Москвич-2138»
СТ-103-А-01	24	8	1200	110	24	5000	825	60	7	МАЗ, КрАЗ, БелАЗ
СТ-Н7А	12	1,32	1700	85	12	5000	500	16	7,8	«Москвич-2140», ІЖ-2125
СТ-130АЗ	12	1,8	1200	90	12	3400	700	22	8	ЗІЛ-431410 та модифікації
СТ-142Б	24	7,7	1500	130	24	6000	800	49	8	КамАЗ, ЗІЛ-133ВЯ
СТ-221	12	1,3	1860	35	12	5500	500	14	6.5	ВАЗ
СТ-230-А1	12	2,5	1400	85	12	4000	550	22	8	ГАЗ, ПАЗ-672, КаВЗ-685
СТ-230БЗ	12	1,5	1200	85	12	4000	550	22	8	ГАЗ-3102, -24-01, УАЗ
СТ-230К	12	1,6	1200	85	12	4000	550	22	7	ЗІЛ-431410, ЛАЗ
16.3708	24	12	-	160	24	2600	950	63,8	7,5	БелАЗ-7540, -7548 та модифікації
23.3708	12	1,5	1550	70	12	4000	660	22	7	«Москвич-2140», ІЖ-2125
25.3708	24	8	1100	110	24	5000	825	58,8	7	МАЗ, КрАЗ, БелАЗ
26.3708	12	1,15	-	70	12	5000	260	6,6	7	ЗАЗ-1102
29.3708	12	1,3	1750	60	11,5	5000	500	13,7	7	ВАЗ-2108, - 2109
35.3708	12	1,4	-	75	11,5	5000	500	13,7	7	ВАЗ
241.3708	12	2,6	1200	120	11,5	5500	1200	6,0	8	МТЗ-50М
СТ-103	24	7,0	1200	110	22	5500	825	6,0	20	К-700А; К-701
СТ-114	12	0,4	2100	45	11,5	8000	230	0,5	7	ДТ-74; ДТ-75
СТ-204	12	1,55	1400	90	11,5	5000	800	2,2	8	Т-100М; Т-130
24.370	12	3,31	1000	130	11,0	5000	1350	7,0	8,5	МТЗ-50; МТЗ-80
СТ-222	12	0,45	2100	40	11,0	8000	240	0,5	9	ДТ-75; МТЗ-50Л
СТ-362	12	0,44	2100	40	11,0	5000	230	0,5	9	Т-150; Т-150К

Обертання якоря стартера, коли шестірня загальмована, свідчить про пробуксовування муфти вільного ходу.

2.7. Перевірка деталей та вузлів системи пуску

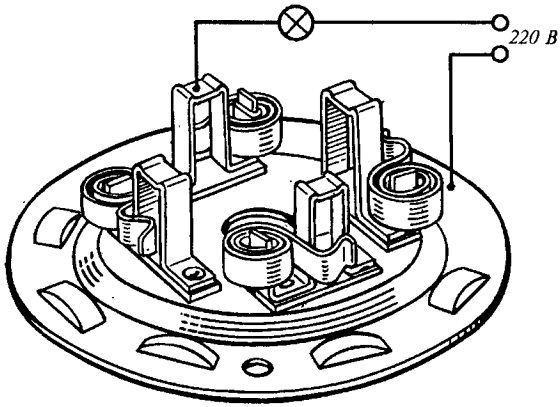


Рис. 2.23. Схема перевірки ізоляції щіткотримачів

Щітковий вузол стартера перевіряють, знімаючи захисний кожух або захисну стрічку та оглядаючи стан щіток, пружин і щіткотримачів, ізоляцію останніх (коли знято кришку) і колектора.

Замаслювання щіток та колектора призводить до зменшення притискання щіток до колектора, а це знижує силу струму в колі стартера.

Крім того, металографітовий пил, який утворюється внаслідок спрацювування щіток і колектора, осідає на поверхні кришки і може призвести до замикання ізольованих щіток на корпус, а це спричинює відмову стартера.

Замаслені колектор, щітки та щіткотримачі протирають чистою тканиною. Спрацьований колектор проточують, а потім шліфують.

Рухомість щіток у щіткотримачах перевіряють, трохи піднімаючи гаком пружину щітки та помалу смикаючи за її канатик. Щітки повинні пересуватися в щіткотримачі легко, без затинань. Вимірюють висоту щітки і, коли вона спрацювалася понад 8–10 мм, замінюють її.

Замикання щіткотримачів із корпусом перевіряють лампою під напругою 220 В (рис. 2.23).

Тиск пружин на щітки вимірюють динамометром (рис. 2.24). Для цього щітку потрібно трохи підняти й покласти між нею та колектором смужку паперу. Потім гаком динамометра зачепити за провідник щітки і, розташувавши динамометр уздовж осі щітки, підняти

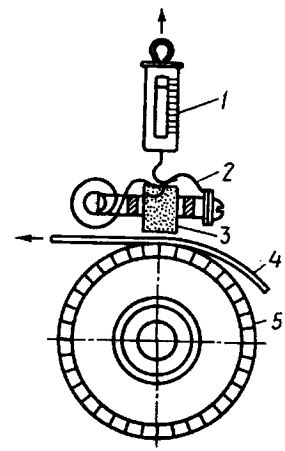


Рис. 2.24. До визначення тиску пружини щіткотримача на щітку:
1 – динамометр;
2 – провідник щітки;
3 – щітка; 4 – папір;
5 – колектор

її до вільного пересування смужки паперу. У цей момент дивляться на показники динамометра. Коли натискання пружини зменшуються більш як на 25% щодо номінального значення, то навіть за малого спрацювання щітки пружину потрібно замінити. Щоб збільшити натискання пружини, можна зігнути кронштейн її підвіски (рис. 2.25).

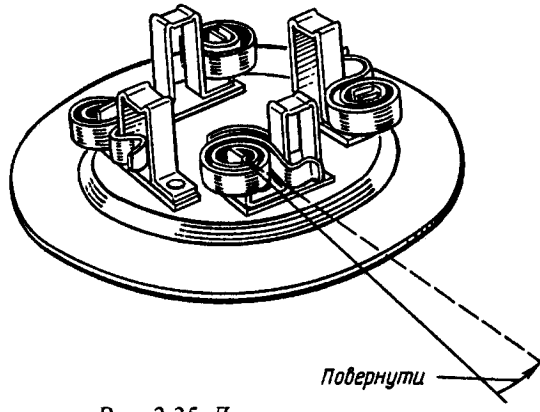


Рис. 2.25. До регулювання тиску пружин щіткотримачів

Натискання пружин на щітки має становити 90–100 Н для стартерів легкових автомобілів та 160–200 Н для вантажних.

Обривання і міжвиткове замикання визначають за допомогою омметра, вимірюючи опір цих котушок і порівнюючи значення з технічними даними.

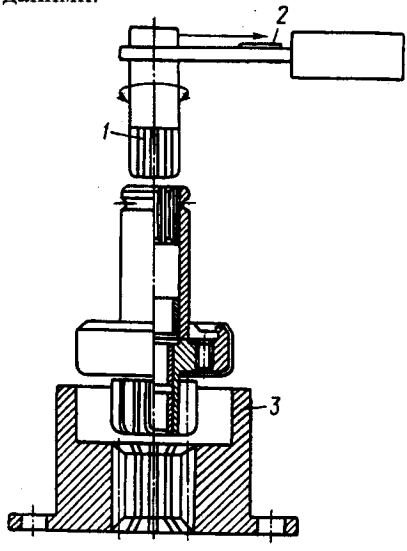


Рис. 2.26. Схема перевірки муфти вільного ходу: 1,3 – пристрої для перевірки муфти; 2 – динамометрична ручка

Муфту вільного ходу перевіряють під час перевірки стартера в режимі повного гальмування. Роликова муфта вільного ходу пробуксовує внаслідок спрацювання роликів і пазів в обоймі маточини шестірні, а також забруднення внутрішньої порожнини муфти (коли зависають плунжери чи ролики). Несправну муфту промивають бензином або замінюють. Після промивання муфту на 3-5 хв. занурюють у моторне масло. На пробуксовування муфту вільного ходу можна перевірити динамометричною ручкою 2 (рис. 2.26). Для цього до шестірні прикладають момент, який у 2,5 рази перевищує крутний момент стартера (див. табл. 2.1). У справній муфті шестірня не повинна прокручуватись. У протилежний бік шестірня має обертатися вільно без затинань.

Храпова муфта вільного ходу СТ-142 пробуксовує внаслідок затинання ведучої півмуфти на шліцах втулки. Для усунення пробуксовування потрібно зняти муфту та вийняти стопорні кільця. Розібравши муфту, її деталі промивають бензином. Ведуча півмуфта має вільно переміщатися по спіральних шліцах втулки. У зібраній муфті під час обертання шестірні від руки можна почути чітке тріщання храповика. Перед складанням деталі храпової муфти змащують моторним маслом.

Тягове реле стартера перевіряють, знімаючи кришку та оглядаючи стан контактного диска й контактів 1 (див. рис. 2.8). Окислені і підгорілі поверхні торців головок контактних болтів і диска (або контактної пластини) зачищають напилком чи абразивними шкурками, а потім шліфують. Якщо головки болтів диска (пластини) дуже спрацьовані, то болти повертають на 180° навколо своєї осі, а диск (пластину) перевертають зворотним боком.

Обривання обмоток визначають контрольною лампою з підімкненням обстежуваної обмотки до акумуляторної батареї. Перевіряючи обмотки тягового реле, від'єднують затискач проводу від електродвигуна. Для перевірки втягувальної обмотки провідники від батареї підключають до затискачів реле. Коли обмотка справна, осердя різко втягується в реле.

Реле ввімкнення перевіряють і регулюють, знімаючи кришку та оглядаючи стан контактів та зазори. Окислені контакти зачищають.

Зазор між якірцем та осердям реле (0,7–1,0 мм) регулюють, підгинаючи обмежувач підняття якірця (рис. 2.27), а між контактами (0,4–0,6 мм) – змінюючи висоту стояків контактів. Зменшуючи згин стояка, зазор зменшують, а збільшуючи згин, – його збільшують. Аби перевірити значення напруги ввімкнення реле, його потрібно ввімкнути за схемою на рис. 2.27, реостат поставити на найменший показник вольтметра і вимикачем замкнути коло. Плавно посуваючи ковзанець реостата, збільшують напругу, підведену до затискачів К обмотки реле, і контролюють напругу замикання контактів за тріском, який виникає під час замикання контактів. Контакти реле мають замкнутися, коли напруга становитиме 6-9 В. Якщо вони замикаються за

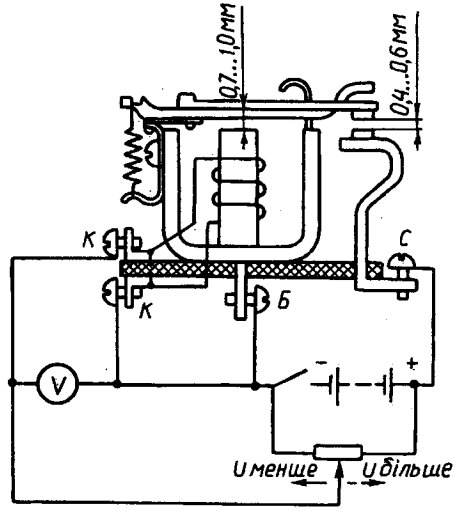


Рис. 2.27. Схема перевірки реле увімкнення стартера

меншої напруги, потрібно відігнути вниз кронштейн кріплення пружини, що посилить натяг пружини, а за більшої напруги – його відгинають угору. Реле ввімкнення можна перевірити, використавши одну акумуляторну батарею, для чого затискачі К реле підключають на виводи трьох послідовно з'єднаних акумуляторів батареї (6 В) і стежать за положенням контактів, які не повинні замикатися. Потім підключають проводи на виводи чотирьох послідовно з'єднаних акумуляторів батареї. За такої напруги живлення обмотки (8 В) контакти реле мають замикатися. У разі потреби момент замикання контактів регулюють зміною натягу пружини.

Контроль працездатності реле блокування стартера 2602.3747. Для контролю цього реле потрібно за схемою на рис. 2.28 мати такі прилади та елементи: акумуляторні батареї напругою 24 В; генератор прямокутних імпульсів амплітудою 7,5–8,0 В з плавнозмінною частотою від 0 до 100 Гц і тривалістю 1-2 мс.; частомір, який дає змогу вимірювати частоту до 100 Гц; електромагнітне реле стартера РС530; лампу розжарювання напругою 24 В; вольтметр для вимірювання напруги до 2 В; два вимикачі.

2602.3747	
Адреса	Штекери
Вимикач стартера, положення „Ввімкнено"	2
Тахометр	4
Вимикач стартера, положення „Пуск"	6
Реле стартера	3
Маса	1

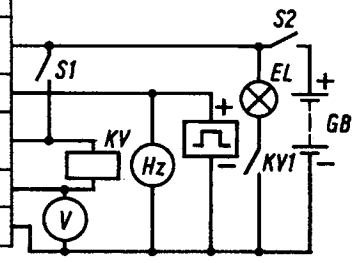


Рис. 2.28. Схема перевірки реле блокування стартера

Генератор призначений для імітування сигналу тахометра, а частотомір – для вимірювання частоти цього сигналу. Електромагнітне реле KV є навантаженням реле блокування стартера, а за допомогою лампи візуально визначають момент подавання напруги до цього реле. Вольтметром вимірюють спад напруги на комутувальних напівпровідникових елементах реле блокування стартера. Вимикачем S1 імітують поворот вимикача стартера в положення «Ввімкнено», а вимикачем S2 – у положення «Пуск».

Щоб перевірити працездатність реле блокування стартера, потрібно послідовно ввімкнути вимикачі S1 і S2. До реле KV надійде напруга живлення, його контакти замкнуться і лампа EL загориться. Напруга, яку показує вольтметр, не повинна перевищувати 2 В. Потрібно плавно збільшувати частоту сигналу генератора доти, доки лампа EL не погасне.

Частота, за якої лампа гасне, має бути в межах 17,5–30 Гц, а температура від 0 до 60 °С.

Вимикання та повторне вмикання вимикача S2 не повинно спричинити засвічування лампи EL за будь-якої частоти сигналу генератора. Щоб повторно подати напругу на реле KV, потрібно вимкнути (розімкнути контакти) вимикач S1, а тоді послідовно ввімкнути S1 і S2.

2.8. Несправності та ремонт стартерів

У процесі експлуатації автомобілів найчастіше виникають такі несправності стартерів: забоїни та задирки на посадкових місцях кришок; зривання прорізів головок гвинтів кріплення полюсних осердь через зачеплення їх залізом якоря в разі спрацювання підшипників; пошкодження ізоляції обмоток якоря та збудження внаслідок перегрівання чи забруднення; порушення ізоляції щіткотримачів; спрацювання якоря під втулки підшипника у кришках та проміжній опорі і спрацювання втулок; відмова працювати через замикання або обривання обмоток котушок реле стартера чи внаслідок окислення болтів і диска; пошкодження муфти приводу (заплішовування або проковзування роликів, тріщини на одній із півмуфт, спрацювання зубців чи забоїни торців шестірні тощо); спрацювання роликів, отворів під пальці важеля приводу.

Спрацьовування окремих деталей стартера визначають, вимірюючи спрацьовані поверхні універсальними (мікрометром, штангенциркулем, лінійкою) або спеціальними (шаблонами, калібрами) вимірювальними інструментами, а стан контактних болтів і диска реле чи вимикача – візуально. Спрацьовані мідно-графітові втулки кришок стартера замінюють новими.

Привод, що має пробуксовування чи заклинювання муфти вільного ходу, розбирають, а всі деталі дефектують. Під час розбирання муфту зі знятою пружиною затискують у патрон токарного верстата, а кожух розвальцьовують спеціальним різцем (це можна робити і в лещатах за допомогою спеціально загостреного зубила).

Ізоляцію щіткотримачів кришки, обмотки якоря та інших деталей контролюють за методикою, аналогічною для генераторів.

Забоїни та задирки на посадкових місцях корпусу і кришок видаляють дрібним напилком. Гвинти кріплення полюсних осердь із зірваними порізами замінюють новими. Задирки на внутрішній поверхні полюсних осердь корпусу та порушення ізоляції щіткотримачів усувають так само, як і під час ремонту генераторів.

У стартерах обмотки котушок збудження та якоря виготовлені з мідного проводу з великим перерізом, тому ремонт їх полягає здебільшого у заміні ізоляції (пресшпан, кабельний папір, літероїд завтовшки 0,25–0,4 мм і бавовняна стрічка).

У котушках збудження викидають пошкоджену ізоляцію, смужки ізоляції вставляють між витками, а зверху щільно обмотують бавовняною стрічкою. Вивідні кінці котушок з'єднують між собою і спаюють припоєм ПОС 40 із каніфоллю. Паяти виводи найкраще в тиглі. Відремонтовані котушки просочують ізоляційним лаком і просушують у сушильній шафі. У готові та перевірені котушки вставляють полюсні осердя і закріплюють у корпусі полюсними гвинтами за допомогою прес-викрутки.

Пошкоджену ізоляцію обмотки якоря стартера замінюють. Перед тим, як зняти проводи секції обмотки, їхні кінці відпаюють від колектора. Цю операцію краще проводити в розплавленому припої у тиглі. Відпаяні кінці секцій за допомогою вибивачки вибивають із пластин колектора та знімають верхній шар проводів обмотки. Перед тим, як знімати нижній шар проводів, слід перевірити відпайки кінців обмотки від пластин колектора. Виймаючи проводи обмотки з пазів заліза якоря, потрібно зберегти форму згину секцій. Коли обмотку деформовано, то її виправляють на плиті дерев'яним чи мідним молотком, перевіряючи форму вигину секцій за шаблоном.

Стару ізоляцію з пазів виймають повністю, а потім їх зачищають і обдувають стисненим повітрям. Замість пошкодженої торцевої ізоляції на клеї чи на ізоляційному лаку ставлять нову. Перед тим, як укладати проводи в пази, кладуть ізоляцію за допомогою спеціального пристрою, надаючи їй форми паза. В ізольований паз кладуть провід із таким розрахунком, щоб початок секції розташовувався в прорізі відповідної пластини колектора з урахуванням кроку на пазах. Між верхнім та нижнім провідниками в пазу кладуть ізоляцію з електроізоляційного картону, а в якорях стартерів підвищеної потужності – бавовняний шнур діаметром 3 мм. Закладаючи проводи обмотки в пази, користуються молотком, текстолітовою оправкою і тупим зубилом. Заклавши нижні кінці секцій у прорізи пластин колектора, на провідники накладають комірець із цупкого паперу, потім у прорізи пластин колектора запресовують верхні кінці секцій.

Аби запобігти викиданню обмотки якоря з пазів під час роботи стартера, потрібно зачеканити краї зубців осердя з обох боків паза за допомогою спеціально загостреного зубила та молотка. В якорях стартерів підвищеної потужності (СТ-103, СТ-142 та ін.) викиданню проводів обмотки запобігають, ставлячи бандажі, складені із паперових прокладок, дужок і лудженого дроту.

Бандажний дріт закладають на токарному верстаті, після чого витки дроту скріплюють дужками та пропаюють припоєм ПОС 90. Заклавши секції, кінці проводів обмотки припаюють до пластин колектора в розплавленому припої у тиглі.

Перевіряють ізоляцію обмотки, просочують і просушують якір так само, як і під час ремонтування якоря генератора.

Перемотаний якір ставлять у центрах токарного верстата і обточують колектор підрізним різцем з твердого сплаву ВК3 чи ВК8 із наступним шліфуванням скляною шкуркою. Припустиме зменшення діаметра колектора повинно не перевищувати розміру, зазначеного в технічних умовах. Після обточування ізоляцію між пластинами колектора в якорях стартерів не поглиблюють.

Якщо пластини колектора мають замикання на корпус або якщо їх кріплення на втулці послабилось, то його замінюють новим. Знімають старий і напресовують на вал якоря новий колектор за допомогою преса та напівкруглих підкладок для передавання зусилля до втулки колектора.

Погнуті сталеві кришки стартерів виправляють на плиті молотком. Тріщини та відколи чавунних та алюмінієвих кришок усувають електродуговим або газовим зварюванням.

Спрацьовані втулки підшипників замінюють новими. Дефектні втулки видаляють за допомогою преса чи інерційного знімача. Нові втулки перед запресовуванням висушують при температурі 80–120 °С протягом 1 год, після чого витримують в авіаційному маслі МС-14 протягом 2 год при температурі 180–190 °С. Після запресовування втулку розвертають під номінальний чи ремонтний розмір шийки вала якоря.

Вийнявши втулку бронзового підшипника, у стартері дизельного двигуна потрібно вийняти маслопровідний фільтр, промити його в бензині й знову просочити маслом. Перед запресовуванням нового підшипника фільтр ставлять на своє місце.

Дефектні шийки вала якоря під кришки ремонтують шліфуванням у центрах під ремонтний розмір. Ремонт втулки з муфтою вільного ходу приводу стартера полягає здебільшого у заміні спрацьованих деталей (роликів, штовхачів роликів, пружин та ін.) і зачищенні забоїн та задирок на зубцях шестірні.

2.9. Перевірка працездатності електрофакельних підігрівників

Під час підготовки до зимової експлуатації паливну систему електрофакельного підігрівника звільняють від літнього пального, промивають у бензині фільтр, жиклер штифтової свічки і свічку, коли на сітці та захисному конусі є нагар та сажа.

Перевірка технічного стану електрофакельного підігрівника складається з комплексу заходів.

Під час перевірки візуально визначають справність контрольної лампи. Стан факельних свічок оцінюють за силою споживаного струму, яка має не перевищувати 24 А. Велика сила струму чи її відсутність засвідчує несправність свічки. Час від моменту ввімкнення електрофакельного підігрівника

до засвічування контрольної лампи має становити 50–70 с за плюсових температур навколишнього повітря і 70–110 с – за мінусових. Час замкненого стану контактів термореле, який визначають за тривалістю ввімкнення контрольної лампи, має становити не менше 45 с за температури навколишнього повітря 20–25 °С і не менш як 20 с – за температури 0...–30 °С.

Зменшення часу замкненого стану контактів термореле призводить до передчасного припинення подавання пального до факельних свічок.

Про справний стан електрофакельного підігрівника свідчить наявність факела, який можна побачити крізь отвори у впускному трубопроводі під час обертання колінчастого вала дизельного двигуна електростартером. Якщо факельні штифтові свічки справні, а факела немає, перевіряють герметичність паливної системи електрофакельного підігрівника, пропускну здатність факельної свічки та роботу електромагнітного клапана.

Герметичність паливної системи перевіряють зовнішнім оглядом. Щоб перевірити тиск у паливній системі та справність електромагнітного клапана, потрібно паливопровід від'єднати від факельної свічки, прокачати систему паливно-підкачувальним насосом і через 1 хв. увімкнути електромагнітний паливний клапан. Клапан відкривається у супроводі специфічного тріску, після чого з від'єднаного від свічки паливопроводу має литися струмінь пального.

Витрату пального та силу споживаного факельною свічкою струму визначають на спеціальних стендах. Із тиском пального 100 бар і температурою 20 °С його витрата має становити 5,5–6,5 $см^3$/хв., а сила споживаного струму – 11,0–11,8 А під напругою 19 В.

Реле вимикання обмотки збудження генератора справне, якщо стрілка амперметра на щитку приладів перебуває біля позначки 30, коли двигун працює та увімкнено електрофакельний пристрій, і амперметр показує силу струму заряджання акумуляторної батареї, коли увімкнено електрофакельний пристрій. Якщо батарея повністю заряджена, а електрофакельний пристрій вимкнено, то стрілка амперметра може показувати на нульове значення.

Контрольні запитання та завдання

1. З яких основних елементів складається стартер? Як він працює?
2. Які приводи стартерів ви знаєте? Поясніть, як вони працюють.
3. Охарактеризуйте електричні схеми керування стартером.
4. Які є системи полегшення пуску холодного двигуна?
5. Поясніть, як працює передпусковий підігрівник.
6. Яке технічне обслуговування апаратів системи пуску?
7. Як випробовують стартери за допомогою контрольно-випробувальних стендів?
8. Перелічіть основні несправності стартерів та методи їх усунення.

РОЗДІЛ 3. СИСТЕМА ЗАПАЛЮВАННЯ

3.1. Загальні відомості

Суміш пального з повітрям у бензинових двигунах автомобіля чи трактора запалює електрична іскра.

Система запалювання призначена для збільшення напруги акумуляторної батареї до рівня, потрібного для виникнення електричного розряду, і подавання його в потрібний момент часу на відповідну свічку запалювання. Відомі системи запалювання в момент запалювання дістають необхідну енергію не безпосередньо від акумуляторної батареї, а від проміжного накопичувача енергії. Залежно від його типу є системи з накопиченням енергії у котушці індуктивності і в конденсаторі. До сучасних систем запалювання автомобілів та тракторів та окремих елементів, що їх вони містять, ставлять численні вимоги, основні з яких такі:

1) вторинна напруга має забезпечувати стійке безперебійне іскроутворення на всіх режимах роботи двигуна;
2) енергії іскрового розряду має вистачати для займання суміші на всіх режимах роботи двигуна;
3) стійке іскроутворення в різних умовах (забруднені свічки, коливання напруги живлення, різні зміни температури тощо);
4) стійка робота за значних механічних навантажень, які спричиняють прискорення та вібрації (прискорення, що діють на електроустаткування сучасних автомобілів, досягають 20–40 g, а іноді – 80 g; діапазон частот вібрації також досить широкий);
5) надійна робота і великий ресурс елементів та системи загалом;
6) простота обслуговування апаратів запалювання, головним чином, переривача-розподільника, кількість регулювань, налагоджень, зачищень має бути мінімальна;
7) мінімально можливий споживаний струм; мінімальні розміри й маса апаратів;
8) мінімальні вартість апарата і трудомісткість його виготовлення, технологічність конструкцій з огляду на їх масовий випуск.

Деякі з наведених вимог до сучасних систем запалювання важко поєднати. Наприклад, украй важко одночасно дістати мінімальний споживаний струм, мінімальну масу, розміри та максимальну енергію розряду в поєднанні з високою вторинною напругою.

Більшість із названих вимог полягають в одному – в системі запалювання має бути запас необхідної кількості енергії, яка повинна безперервно зростати у зв'язку з форсуванням режимів роботи двигунів. Інакше кажучи, система має створювати певну вторинну напругу незалежно від умов експлуатації та режимів роботи двигуна. Ця вимога – одна з основних.

Системи запалювання класифікують за такими ознаками:

– *за способом отримання високої напруги* для запалювання робочої суміші: системи запалювання від магнето і батарейне запалювання;

– *за типом накопичувача*: системи запалювання з накопиченням енергії в індуктивності та в ємності;

– *за способом комутації струму* в первинній обмотці котушки запалювання: контактні, контактно-транзисторні, контактно-тиристорні, безконтактні транзисторні і цифрові системи запалювання;

– *за ознакою нормування часу* накопичення енергії: системи з ненормованим і нормованим часом накопичення енергії у котушці запалювання.

Система запалювання від магнето – це генератор змінного струму з постійними магнітами, який конструктивно поєднаний з індуктивною котушкою й переривачем-розподільником. Запалювання від магнето використовується на тракторах, дорожніх машинах, де відсутня акумуляторна батарея.

У системах батарейного запалювання струм низької напруги (12 В) перетворюється на імпульси високої напруги. Джерелом електричної енергії у цих системах є акумуляторна батарея або генератор.

Системою з накопиченням енергії в індуктивності називається система, в якій енергія, необхідна для створення високої напруги, акумулюється в індуктивності первинної обмотки котушки запалювання.

У системах із накопиченням енергії у ємності енергія для іскрового розряду накопичується в конденсаторі, а як комутуючий елемент використовується транзистор (тиристорна система запалювання). У цих системах котушка застосовується лише для перетворення напруги.

У системах із ненормованим часом накопичення енергії час накопичення енергії визначається параметрами сигналу датчика і залежить від частоти обертання колінчастого вала двигуна (кут замкнутого стану контактів або ж протікання струму через котушку запалювання).

У системах із нормованим часом накопичення енергії час накопичення енергії майже не залежить від частоти обертання колінчастого вала двигуна.

3.2. Запалювання робочої суміші в бензинових двигунах

Робочий процес у циліндрі двигуна автомобіля чи трактора характеризується зміною температури та тиску робочої суміші. Зміна тиску газів за цикл може бути подана у вигляді індикаторної діаграми (рис. 3.1). Процес стискування робочої суміші починається після закриття випускного клапана в точці a_2. Він характеризується підвищенням тиску в циліндрі до моменту досягнення поршнем верхньої мертвої точки (ВМТ).

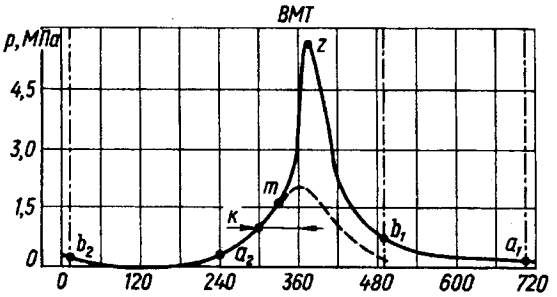


Рис. 3.1. Індикаторна діаграма чотиритактного двигуна внутрішнього згорання: a_1, a_2 – точки, що відповідають відкриттю та закриттю випускного клапана відповідно.

У точці ***к*** подається електрична іскра. Різке зростання тиску (точка ***m***) після подачі іскри пов'язане із запалюванням і згорянням робочої суміші. Після згоряння робочого заряду і його розширення зі зменшенням тиску до відкриття випускного клапана в точці b_1 виконується корисна робота циклу. Зміну тиску в циліндрі без іскрового запалювання показано на рис. 3.1 штриховою лінією.

Аналізуючи процес згоряння, можна виділити три фази. Початкова фаза горіння, або фаза формування фронту полум'я, θ_1 – це кут повороту колінчастого вала від моменту подачі іскри до моменту, коли тиск в циліндрі внаслідок виділення теплоти стає вищим за тиск від стискування. На тривалість фази θ_1 впливають склад суміші, ступінь стискування, частота обертання вала, навантаження на двигун, параметри іскрового розряду.

Основна фаза горіння θ_2 – це кут повороту колінчастого вала від кінця першої фази до моменту максимального тиску в циклі (точка *z*). Фаза θ_2 мало залежить від фізико-хімічних якостей робочої суміші і тільки при дуже сильному дроселюванні спостерігається деяке збільшення фази. Інтенсивність турбулентності суміші в циліндрі пропорційна частоті обертання вала, тому з ростом числа обертів тривалість фази зменшується. Проте, оскільки при цьому зменшується і тривалість усього циклу, фаза θ_2 практично не зменшується. Протягом фази θ_2 згоряє приблизно 90% робочої суміші.

Фаза догоряння θ_3 починається від моменту досягнення максимального тиску циклу. В цій фазі горить суміш, що прилягає до стінок циліндра. На тривалість фази догоряння впливають ті самі фактори, що й на тривалість фази θ_1, крім параметрів іскрового розряду, оскільки джерело запалювання (свічка) міститься в зоні уже повністю згорілої суміші. Отже, система запалювання впливає на процес згоряння тільки в першій фазі згоряння.

Процес запалювання робочої суміші двигуна електричною іскрою розглядався дотепер у рамках теплової та іонізуючої теорії. Згідно з першою

теорією, причиною згоряння суміші є локальне тепловиділення, згідно з другою – електророзрядом створюється сильна іонізація газу та висока місцева концентрація активних частин. Внаслідок подібності явищ теплопередачі й дифузії активних частин обидва шляхи дають схожі математичні рішення і не суперечать один одному.

Якщо розглядати іскровий розряд як миттєве точкове джерело теплоти, то можна вважати, що протягом дуже короткого часу до високої температури нагрівається невеликий кульоподібний об'єм газу, а це вимагає затрат певної кількості енергії. Кількість енергії залежить від багатьох факторів. Зі збільшенням ступеня стискування енергія, потрібна для запалення суміші, зменшується. При оптимальному значенні коефіцієнта надлишку повітря α для запалення паливної суміші необхідна енергія декілька десятих часток мілі-джоуля. Проте, враховуючи значну зміну α, а також вимоги стабільного запалювання і холодного пуску двигуна, енергія іскри повинна значно перевищувати наведене значення і бути не менше 15–30 мДж. Енергія іскри сучасних систем запалювання становить 20–100 мДж.

Напруга, прикладена до електродів свічки, має перевищувати так звану пробивну напругу $U_{пр}$, яка визначається як мінімально потрібна напруга для електричного пробою іскрового зазору свічки.

Пробивна напруга залежить від багатьох факторів. За законом Пашена, пробивна напруга пропорційна тиску в циліндрі двигуна p та зазору між електродами свічки δ, і обернено пропорційна температурі паливної суміші T:

$$U_{пр} = \frac{p\delta}{T}.$$

Зі збільшенням зазору між електродами свічки пробивна напруга зростає. На її значення також впливає форма електродів (у загострених електродів пробивна напруга менша). Якщо електроди мають різну форму (голка-площина), то пробивна напруга залежатиме від їхньої полярності (пробивна напруга менше, коли голка позитивна).

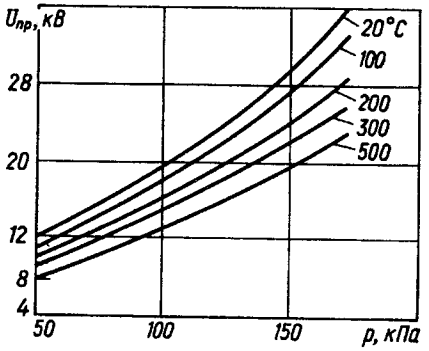


Рис. 3.2. Вплив тиску і температури на пробивну напругу

Підвищення тиску збільшує пробивну напругу (рис. 3.2), оскільки для появи іонізації необхідно, щоб електрон на шляху вільного пробігу (тобто між двома зіткненнями) встиг набрати швидкість, достатню для іонізації. Чим більша густина газу, тим більша

кількість молекул газу в 1 $см^3$ і тим коротша відстань вільного пробігу, а отже електрон рухатиметься з більшим прискоренням і для пробою потрібно прикласти більшу напругу.

Підвищення температури зменшує пробивну напругу (рис. 3.2), оскільки зменшується густина газу. Центральний електрод працюючого двигуна нагрітий до температури 700-800 °С і оточений тонкою плівкою газу меншої густини, що полегшує виникнення іонізації, і пробивна напруга знижується.

При пуску холостого двигуна стінки циліндрів і електроди свічки холодні, паливно-повітряна суміш, що потрапляє в циліндр, має низьку температуру і погано перемішана. При стискуванні суміш погано прогрівається, і краплі пального не випаровуються. Потрапляючи до міжелектродного простору свічки, ця суміш збільшує пробивну напругу на 15–20%.

Збільшення частоти обертання колінчастого вала двигуна спочатку викликає деяке збільшення пробивної напруги внаслідок зростання стискування (рис. 3.3), проте надалі $U_{пр}$ зменшується, оскільки погіршується наповнення циліндрів свіжою сумішшю і зростає температура центрального електроду свічки.

Із відкриттям дросельної заслінки, тобто зі збільшенням навантаження на двигун, зростає пробивна напруга, оскільки при цьому збільшується наповнення циліндрів і тиск у кінці ходу стискування (рис. 3.3).

При бідній суміші пробивна напруга вища, ніж при багатій. Незначне збіднення суміші спричинює спад температури центрального електрода й зростання пробивної напруги. Крім цього, під час роботи на збіднених сумішах потрібно збільшувати зазор між електродами, що також вимагає зростання пробивної напруги.

Підвищення ступеня стискування ще більше сприяє зростанню пробивної напруги.

На величину пробою впливає також форма прикладеної напруги, склад суміші й умови роботи двигуна. Максимальна пробивна напруга має бути під час запуску, особливо за низьких температур, і під час розгону двигуна.

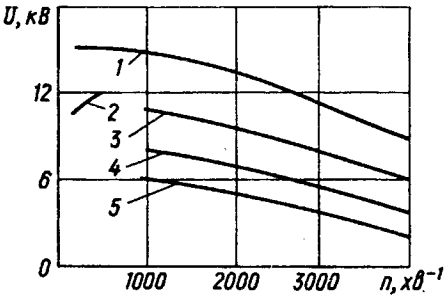


Рис. 3.3. Залежність пробивної напруги від частоти обертання колінчастого вала при різних навантаженнях: 1 – максимально можлива вторинна напруга; 2 – пробивна напруга під час пуску і холостого ходу; 3 – пробивна напруга при повному навантаженні; 4 – те саме при 1/2 навантаження; 5 – те саме при малому навантаженні

Підвищення надійності системи запалювання пов'язане зі створенням потрібного запасу вторинної напруги, який оцінюється коефіцієнтом запасу.

Коефіцієнт запасу системи запалювання оцінюють відношенням максимальної величини вторинної напруги, що створює система запалювання, до пробивної напруги свічки:

$$K_з = \frac{U_{2\max}}{U_{пр}}.$$

Аби забезпечити надійність роботи системи запалювання, слід брати коефіцієнт запасу $K_з$ = 1,4-1,6. Оскільки горіння робочої суміші в циліндрах двигуна відбувається не миттєво, то для повного згоряння робочої суміші та здобуття максимальної потужності й економічності потрібно запалювати робочу суміш не в ВМТ ходу стискування, а трохи раніше, тобто з деяким кутом випередження запалювання. Кутом випередження запалювання називається кут, на який повертається колінчастий вал двигуна від моменту подачі іскри до положення ВМТ.

Кут випередження запалювання вибирають так, щоб на кожному режимі роботи максимум тиску, який створюється в циліндрі в процесі згоряння суміші, розташовувався через декілька градусів (10-15°) після ВМТ.

На рис. 3.4 наведені залежності потужності N_e і питомої витрати пального g_e автомобільного двигуна від кута випередження запалювання. Кути випередження, за яких досягається максимальне значення потужності та економічності, називають найвигіднішими або оптимальними.

Оптимальний кут випередження запалювання визначається часом, який відводиться на згоряння суміші, і швидкістю горіння суміші. У свою чергу, час, відведений на згоряння, залежить від частоти обертання колінчастого вала, а швидкість горіння визначається складом робочої суміші й ступенем стискування.

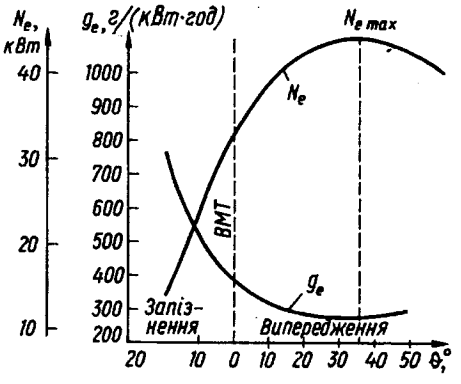


Рис. 3.4. Вплив моменту запалювання на потужність та економічність двигуна

Зі збільшенням частоти обертання колінчастого вала двигуна за один і той самий проміжок часу поршень проходить більший шлях, а колінчастий вал повертається на більший кут. Якби час згоряння пального залишався постійним при збільшенні частоти обертання колінчастого

вала двигуна, то закон зміни оптимального кута випередження запалювання був би строго лінійним. Проте, внаслідок збільшення тиску і температури в циліндрі, а також через турбулентність суміші швидкість її згоряння в декілька разів збільшується, а час згоряння відповідно в стільки ж разів зменшується.

На рис. 3.5 наведена залежність швидкості згоряння суміші від частоти обертання колінчастого вала двигуна. Різке збільшення швидкості згоряння спостерігається лише в діапазоні низьких частот обертання, тому крива найвигіднішого кута випередження запалювання зі збільшенням частоти обертання колінчастого вала зростає нелінійно (рис. 3.6).

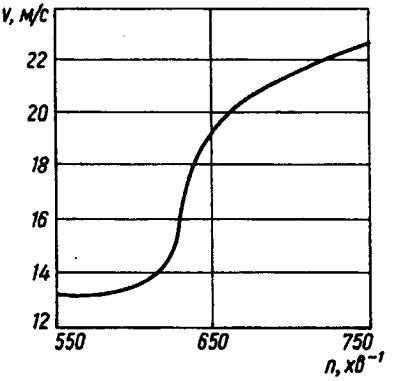


Рис. 3.5. Залежність швидкості згоряння паливної суміші від частоти обертання колінчастого вала двигуна

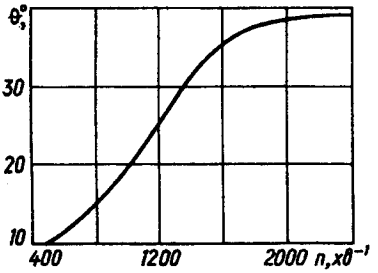


Рис. 3.6. Залежність кута випередження запалювання від частоти обертання колінчастого вала двигуна

З іншого боку, чим швидше розвивається процес згоряння робочої суміші, тим більша ймовірність виникнення детонації, тому кут випередження має бути меншим.

Швидкість згоряння робочої суміші визначається її складом, який характеризується коефіцієнтом надлишку повітря:

$$\alpha = G_Д / G_o,$$

де $G_Д$ – дійсна кількість повітря, що припадає на 1 кг пального, кг; G_o – теоретично потрібна кількість повітря для повного згоряння.

Якщо $\alpha = 1$, то суміш називається нормальною. Якщо $\alpha > 1$, то суміш буде бідною, оскільки є надлишок повітря в порівнянні з нормальною сумішшю. Якщо $\alpha < 1$, то суміш називається багатою, оскільки є недостача повітря в порівнянні з нормальною сумішшю.

Склад суміші має великий вплив на вибір найвигіднішого кута випередження запалювання. При дуже збагаченій

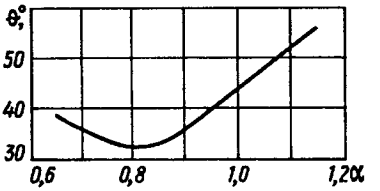


Рис. 3.7. Вплив складу суміші на кут випередження запалювання двигуна

або збідненій суміші вона взагалі не запалиться. З графіка на рис. 3.7 видно, що при $\alpha = 0{,}8–0{,}9$ кут випередження запалювання буде найменшим, отже, суміш цього складу горить із найбільшою швидкістю. При зменшенні або при збільшенні коефіцієнта надлишку повітря α проти вказаних значень кут випередження запалювання $\theta°$ необхідно збільшувати.

Збільшення ступеня стискування ε також впливає на кут випередження запалювання, оскільки при цьому зростає тиск та температура робочої суміші в кінці такту стискування, що, у свою чергу, спричинює збільшення швидкості згоряння робочої суміші. Тому із збільшенням ступеня стискування (рис. 3.8) потрібно зменшувати кут випередження запалювання.

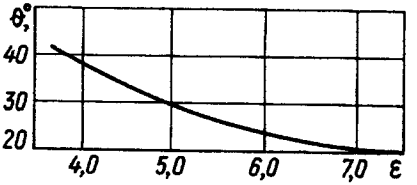


Рис. 3.8. Залежність кута випередження запалювання від ступеня стискування робочої суміші

Великий вплив на кут випередження запалювання має навантаження двигуна. Із збільшенням відкриття дросельної заслінки, тобто із збільшенням навантаження двигуна, збільшується кількість суміші, що надходить до циліндра. Внаслідок цього збільшується тиск і температура при стискуванні, які спричинюють збільшення швидкості згоряння. Тому зі збільшенням навантаження кут випередження запалювання повинен зменшуватися. На рис. 3.9 наведена залежність кута випередження запалювання від навантаження двигуна за різних частот обертання колінчастого вала.

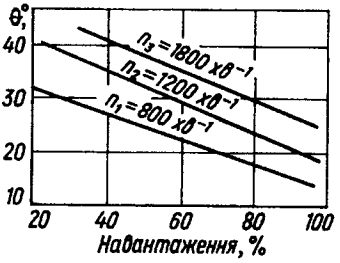


Рис. 3.9. Залежність кута випередження запалювання від навантаження двигуна при різних частотах обертання

Отже, кут випередження запалювання, залежно від режиму роботи двигуна, має автоматично регулюватися так, щоб забезпечувалися найвищі його технічні та економічні показники і було виключено детонаційне згоряння пального.

На практиці всі ці суперечливі вимоги реалізувати досить складно. Наприклад, для гарантованого усунення детонації слід знижувати ефективні показники роботи двигуна.

У класичних системах запалювання робота двигуна контролюється та регулюється за допомогою спільної дії двох механічних регуляторів випередження запалювання: відцентрового та вакуумного. Перший

із них реагує на зміну частоти обертання колінчастого вала, а другий – на зміну навантаження на двигун.

Відцентровий регулятор працює так, що зі збільшенням частоти обертання колінчастого вала кут випередження запалювання автоматично збільшується і навпаки.

Вакуумний регулятор автоматично збільшує кут випередження запалювання зі збільшенням розрідження у впускному трубопроводі двигуна (тобто зі зменшенням навантаження) і навпаки.

Механічні регулятори не мають достатньої гнучкості. Тому вони не можуть забезпечити необхідні параметри регулювання на всьому діапазоні режимів роботи двигуна. В процесі роботи рухомі частини регулятора спрацьовуються, а пружні деталі (пружини, діафрагми) протягом часу старіють. Цим регуляторам також властива інерційність. Механічні автомати випередження запалювання не можуть відтворити досить складні характеристики випередження за швидкістю, навантаженням, а також температурою двигуна. Крім цього, кутові похибки приводу датчиків-розподільників спричинюють підвищений асинхронізм іскроутворення і «розмиття» кута запалювання. Ці регулятори мають недоліки: спрацювання кулачка, резонансні явища та ін.

Системи запалювання з електронними автоматами випередження запалювання ліквідують зазначені недоліки цих систем.

Цифрові системи запалювання практично не мають рухомих частин, що забезпечує стабільність відтворення оптимального закону регулювання моменту іскроутворення в процесі роботи двигуна.

Суттєвий засіб боротьби з детонаційним згорянням і разом із тим робота двигуна з оптимальним кутом випередження запалювання – це електронні (цифрові) системи запалювання з контуром зворотного зв'язку за сигналом датчика детонації, який сприймає механічні коливання блоку або головки блоку двигуна. Як правило, за допомогою датчика детонації фіксується початок детонаційного згоряння ще до появи сильної детонації, і цифрові системи роблять коригування кута випередження запалювання в бік зменшення, й детонація припиняється. Із застосуванням цих систем значно економиться пальне, знижується токсичність і забезпечується можливість роботи двигуна на низькооктановому пальному.

3.3. Принцип дії класичної системи запалювання

Класична система батарейного запалювання (рис. 3.10) складається з таких основних елементів: джерела енергії – акумуляторної батареї 1, котушки запалювання 3, яка перетворює низьку напругу акумуляторної батареї 1 на імпульси високої напруги, потрібної для пробивання іскрового зазору свічки запалювання 6; розподільника запалювання, що має

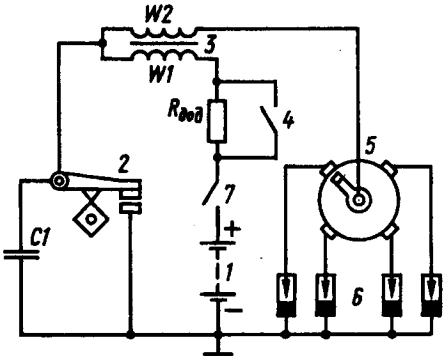


Рис. 3.10. Принципова схема класичної системи батарейного запалювання: 1 – акумуляторна батарея; 2 – переривач; 3 – котушка запалювання; 4 – вимикач додаткового резистора; 5 – розподільник; 6 – свічки запалювання; 7 – вимикач запалювання

низьковольтний переривач 2 і розподільник 5 імпульсів високої напруги. Аби зменшити іскріння на контактах переривача 2, слід паралельно до них підімкнути конденсатор С1, який є необхідним елементом коливального контуру (цей конденсатор називають первинним). Крім цього, потрібно підімкнути вимикач (замок) запалювання 7 і вимикач 4 додаткового резистора (опору $R_{дод}$), зблокованого з вимикачем стартера. Під час пуску двигуна на період увімкнення стартера опір замикають накоротко, а щоб скомпенсувати зниження первинної напруги, зменшують опір первинного кола котушки запалювання.

Класична система батарейного запалювання працює за таким принципом. Кулачок розподільника, обертаючись одночасно з приводним валиком, навперемінно замикає та розмикає контакти переривача. Після замикання контактів (коли увімкнено вимикач запалювання) через первинну обмотку котушки запалювання починає протікати струм. Первинний струм створює магнітне поле, в якому накопичується електромагнітна енергія.

Після розмикання контактів переривача виникає перехідний процес у двох індуктивно з'єднаних контурах: один утворюють первинна обмотка котушки й іскрогасильний конденсатор, а другий – вторинна її обмотка та конденсатор вторинного кола, в якому внаслідок перехідного процесу створюється висока напруга.

У момент, коли, наростаючи, вторинна напруга досягає значення пробивної напруги свічки запалювання, пробивається іскровий зазор цієї свічки з наступними розрядними процесами. Контакти лишаються розімкнені деякий час, а тоді знову замикаються, і весь цикл роботи системи батарейного запалювання повторюється, але робоча суміш займається вже в наступному за циклом роботи двигуна циліндрі.

Робочий процес утворення іскрового розряду поділяють на три етапи: наростання первинного струму після замикання контактів; розмикання контактів переривача та виникнення ЕРС високої напруги у вторинній обмотці; пробивання іскрового зазору свічки.

Первинний струм після замикання контактів наростає від нуля до граничного значення, що залежить від електричного опору кола. Внаслідок

цього виникає ЕРС самоіндукції e_L у первинній обмотці котушки запалювання, спрямована вона проти ЕРС батареї $E_б \approx U_б$, і сповільнює процес наростання струму. Для періоду наростання первинного струму справджується другий закон Кірхгофа:

$$U_б + e_L = i_1 R_1,$$

або

$$U_б - L_1 \frac{di_1}{dt} = i_1 R_1,$$

де $U_б$ – напруга на затискачах акумуляторної батареї, e_L – ЕРС самоіндукції, i_1 – струм у первинній обмотці, R_1 – активний опір первинної обмотки, L_1 – індуктивність первинної обмотки, di_1/dt – швидкість наростання струму в первинному колі.

Розв'язуючи це диференційне рівняння, дістаємо:

$$i_1 = \frac{U_б}{R_1}\left(1 - e^{\frac{-R_1}{L_1}t}\right).$$

Задаючи граничні умови $t = 0$ (момент замикання контактів) і вважаючи, що $t = \infty$ (усталений струм), маємо:
якщо

$$t=0 \text{ і } i_1=0, \text{ то } \frac{di_1}{dt} = \frac{U_б}{R_1};$$

якщо

$$t=\infty \text{ і } i_1 = \frac{U_б}{R_1}, \text{ то } \frac{di_1}{dt} = 0.$$

Максимальна сила струму первинної обмотки (струм розмикання i_p залежить від часу замкненого стану контактів):

$$i_p = \frac{U_б}{R_1}\left(1 - e^{\frac{-R_1}{L_1}t_з}\right).$$

де i_p – струм розмикання; $t_з$ – час замкненого стану контактів.

На час $t_з$ впливають частота обертання n колінчастого вала двигуна, кількість циліндрів z двигуна й час t_p розімкненого стану контактів переривача.

Позначимо $\tau_з = t_з / T$ – відносний час замкненого стану контактів, де $T = t_з + t_p$. Тоді час замкненого стану контактів переривача –

$$t_з = \tau_з T = \frac{120\tau_з}{n \cdot z},$$

де $\frac{zn}{2 \cdot 60}$ – частота замикань контактів переривача.

Остаточно сила струму розмикання:

$$i_p = \frac{U_б}{R_1}\left(1 - e^{\frac{-R_1}{L_1}\tau_з \frac{120}{nz}}\right).$$

Отже, струм розмикання i_p залежить від електричних параметрів R_1 та L_1 первинного кола. Струм i_p зменшується із збільшенням частоти обертання колінчастого вала й кількості циліндрів двигуна і зростає зі збільшенням відносного часу замкненого стану контактів $\tau_з$. Збільшити цей час можна тільки за рахунок зменшення часу розімкненого стану t_p. Проте $\tau_з = 0{,}63$ і подальшого збільшення допустити не можна, оскільки кулачок переривача в цьому разі виходить дуже гострим, що спричинює удари молоточка та підвищене спрацьовування переривача.

Після розмикання контактів переривача струм у первинній обмотці та магнітний потік, який він створив, за дуже короткий інтервал часу зникають. У вторинній обмотці котушки наводиться висока напруга 15–20 кВ, яка залежить від ряду параметрів первинного і вторинного кіл. До них належать: сила струму розмикання, коефіцієнт трансформації, індуктивність первинної обмотки, ємність обох кіл та ін.

Щоб визначити аналітичну залежність максимальної вторинної напруги від зазначених параметрів, розглянемо енергетичний баланс котушки запалювання.

Електромагнітна енергія в момент розмикання контактів, накопичена в магнітній системі котушки запалювання:

$$W_e = \frac{L_1 i_p^2}{2}.$$

Ця енергія перетворюється на електростатичну, яка накопичується в конденсаторах С1 і С2 вторинного кола і частково перетворюється на теплоту. Отже, рівняння балансу енергії у початковий момент розмикання можна записати у вигляді:

$$\frac{L_1 i_p^2}{2} = \frac{C_1 U_1^2}{2} + \frac{C_2 U_2^2}{2} + A,$$

де $U_1 = \frac{\omega_1}{\omega_2} U_2; \omega_1, \omega_2$ – кількість витків у первинній і вторинній обмотках відповідно; А – теплові втрати.

Після перетворень отримуємо:

$$U_2 = i_p \sqrt{\frac{L_1}{C_1 (\frac{\omega_1}{\omega_2})^2 + C_2}}\,\eta,$$

де η = 0,75–0,85 – коефіцієнт, який враховує зменшення вторинної напруги внаслідок теплових втрат.

Іскровий зазор свічки пробивається, коли вторинна напруга U_2 досягне значення, достатнього для цього.

З'ясовано, що електричний розряд має дві складові: ємнісну й індуктивну. Ємнісна складова – це розряд енергії, яка накопичена у вторинному колі, зумовлений його ємністю С2. Це яскрава іскра блакитного кольору. Ємнісний розряд супроводжує специфічне тріскотіння.

Індуктивна складова розряду складається з решти енергії, оскільки ємнісний розряд розпочинається і закінчується раніше, ніж вторинна напруга досягне свого максимального значення. Струм індуктивної частини розряду становить 80–100 мА, а його тривалість на 2–3 порядки більша, ніж ємнісної. Колір іскри має блідий бузково-жовтий колір.

3.4. Конструкція апаратів класичної системи запалювання

Котушка запалювання для класичних систем запалювання

Ці котушки служать не лише імпульсним трансформатором, а й накопичувачем енергії. Як індуктивний накопичувач енергії котушка повинна мати відповідну місткість магнітного поля, яку називають індуктивністю. Для збільшення індуктивності первинної обмотки застосовується феромагнітний сердечник, який роблять розімкнутим.

В класичних контактних системах запалювання застосовуються котушки, які мають індуктивність первинної обмотки 5...10 мГн при максимальному первинному струмі 3...4 А. Запас енергії складає до 40 мДж. Їх виготовляють на номінальну напругу 12 В. Вони здебільшого мають одну й ту саму будову, проте відрізняються одна від одної обмотковими даними, конструкцією вузлів та деталей, наявністю додаткових пристроїв, габаритними та установчими розмірами.

Основні частини котушки запалювання (рис. 3.11) такі: осердя 6 з первинною 4 та вторинною 3 обмотками; кришка 12 з виводами 1, 11, 14 низької та 13 високої напруги. У більшості автомобілів та тракторів застосовують котушки з додатковим резистором 8, змонтованим у керамічному ізоляторі 9.

Осердя котушки виготовляють з листів електротехнічної сталі, ізольованих один від одного окалиною, завдяки чому зменшуються вихрові струми, які утворюються внаслідок пульсацій магнітного потоку. Навколо осердя розміщено трубку 10 з електротехнічного картону, на яку кількома шарами намотано вторинну обмотку, виготовлену з великої кількості витків (17500–26000) емальованого проводу марки ПЕЛ діаметром 0,06–0,1 мм. Аби поліпшити ізоляцію, шари вторинної обмотки відокремлено один від одного конденсаторним папером. Перші та останні вісім рядів, де виникають найбільші потенціали, ізольовано чотирма-шістьма шарами,

а решту – двома шарами паперу. Щоб зменшити напругу між шарами, витки перших і останніх чотирьох рядів мотають з інтервалом 1–2 мм.

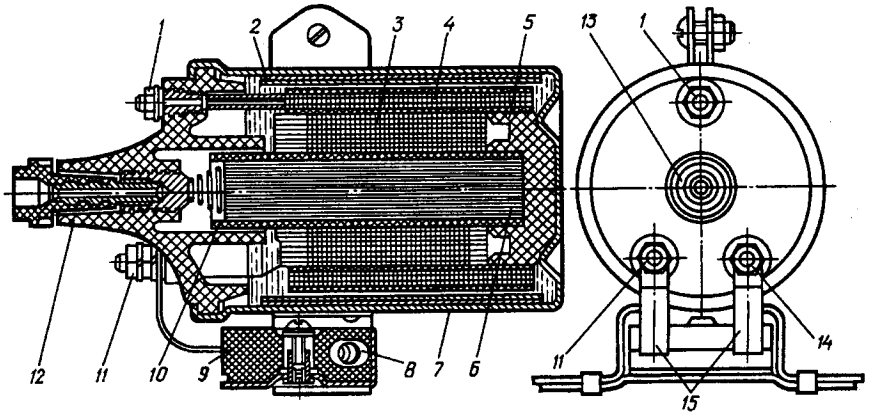


Рис. 3.11. Котушка запалювання:
1, 11, 14 – виводи низької напруги; 2 – магнітопровід; 3 – вторинна обмотка; 4 – первинна обмотка; 5 – ізолятор; 6 – осердя; 7 – кожух; 8 – додатковий резистор; 9 – керамічний ізолятор додаткового опору; 10 – картонний ізолятор; 12 – кришка передня; 13 – вивід високої напруги; 15 – шини.

Поверхню вторинної обмотки ізолюють лакотканиною та кабельним папером. Фарфоровий ізолятор 5 запобігає пробиванню вторинної обмотки на кожух 7.

Поверх вторинної намотано первинну обмотку 4 (з проводу марки ПЕЛ діаметром 0,57–0,77 мм), що має порівняно невелику кількість витків – 250–300. Міжшарову ізоляцію первинної обмотки виготовлено з кабельного паперу. Завдяки тому, що первинну обмотку розміщено ближче до кожуха 7, поліпшено її охолодження. Навколо неї розміщено магнітопровід 2, який складається з двох розрізаних уздовж осі тонкостінних циліндрів із трансформаторної сталі.

Усю конструкцію розміщено в металевому кожусі 7. Герметичність котушки забезпечує прокладка між кожухом 7 і карболітова кришка 12. Внутрішню порожнину більшості котушок заповнюють трансформаторною оливою.

Додатковий резистор 8 виготовляють у вигляді спіралі з нікелевого дроту і прикріплюють у двох половинах керамічного ізолятора 9. Кінці спіралі приварено до двох шин 15, за допомогою яких резистор приєднують до виводів 11 та 14 котушки запалювання.

Усі виводи котушки запалювання розміщені на карболітовій кришці 12. Вторинну обмотку приєднано до високовольтного виводу 13 котушки. Спіральний кінець первинної й вторинної обмоток з'єднано з виводом 1,

а первинну обмотку – з виводом 11. До виводу 14 приєднано тільки шину від додаткового резистора.

Виводи 1 і 13 не маркують. Маркування виводу 11 – ВК, а виводу 14 – ВК-Б.

Іскрові свічки запалювання. Важливим елементом запалювання є свічка. Від досконалості її конструкції та правильного добору до двигуна багато в чому залежить надійність роботи системи запалювання і двигуна.

Свічка на двигуні працює у важких умовах. Вона зазнає високих механічних і теплових навантажень, а також електричних та хімічних дій. Температура в камері згоряння коливається від 70 до 2700 °С, а повітря, що оточує ізолятор свічки в підкапотному просторі двигуна, може мати температуру від -60 до +100 °С. Через нерівномірне нагрівання окремих ділянок свічки в ній виникають теплові деформації, які небезпечні для матеріалів із різними коефіцієнтами лінійного розширення (метал, кераміка). На поверхні свічки, вкрученої у камеру згоряння, діє тиск до 10 бар. Свічка зазнає, крім того, дії імпульсів високої електричної напруги (до 26 кВ) і хімічної дії продуктів згоряння.

У процесі роботи двигуна внаслідок неповного згоряння пального на поверхні теплового конуса електродах і стінках камери свічки утворюється нагар, який шунтує іскровий зазор. Втеча струму, а іноді й розряду може статися на зовнішній поверхні ізолятора, коли вона забруднена чи покрита вологою. В процесі роботи двигуна зазор у свічці збільшується в середньому на 0,015 мм на 1 тис. км пробігу автомобіля.

Свічка (рис. 3.12, а) складається з ізолятора 1, корпуса 4, центрального 7 і бічного 8 електродів. Для герметизації свічки щодо центрального електрода застосовують термоцемент, а останнім часом – струмопровідний склогерметик 3. Герметичність між ізолятором і корпусом свічки забезпечують прокладкою 5, а також завальцьовуванням корпуса на плечко ізолятора.

У свічках деяких типів тепловий конус ізолятора виходить за торець нижньої частини корпусу, завдяки чому він краще охолоджується під час впуску холодної суміші і тепловий діапазон роботи свічки розширюється.

Для форсованих двигунів нині використовують свічки, центральний електрод яких виготовлено і покрито нікельхромовою, срібною чи платиновою оболонкою.

На рис. 3.12, б наведено екрановану холодну герметизовану свічку. Ізолятор свічки повинен мати високу механічну та електричну міцність, корозійну стійкість, стійкість проти змочування, не вбирати вологу і мати високу питому теплопровідність. Він виготовляється з керамічного матеріалу з високим вмістом оксиду алюмінію: ураліт, борокорунд, синоксаль та ін.

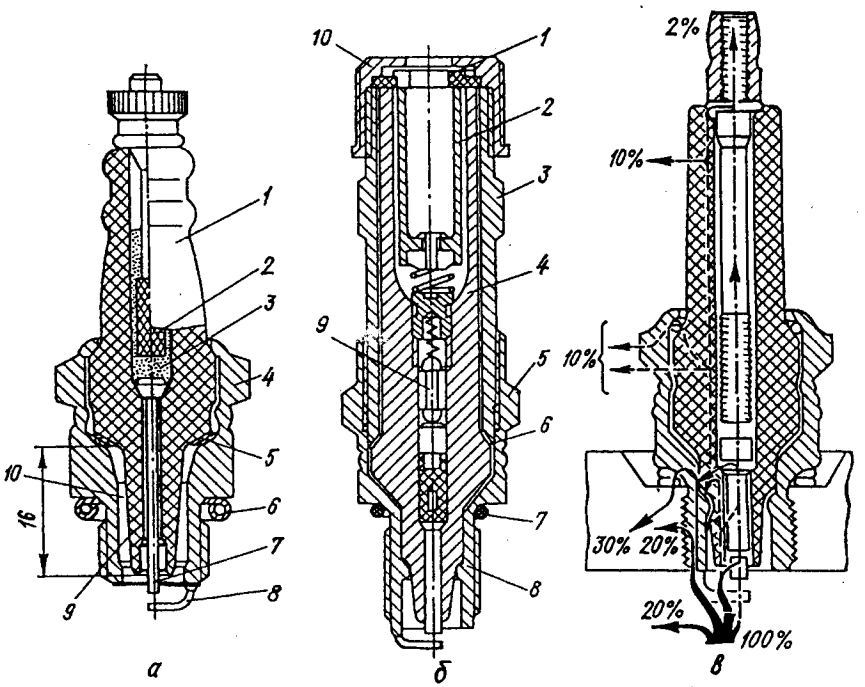


Рис. 3.12. Свічки запалювання:
а – конструкція гарячої свічки: 1 – ізолятор; 2 – контактна головка; 3 – струмопровідний склогерметик; 4 – корпус; 5, 6 – прокладки; 7 – центральний електрод; 8 – бічний електрод; 9 – тепловий конус; 10 – робоча камера; б – конструкція холодної екранованої свічки: 1 – гумове ущільнення; 2 – контактний пристрій; 3 – екран; 4 – ізолятор; 5 – корпус із боковим електродом; 6 – шайба; 7 – ущільнювальне кільце; 8 – тепловідвідна шайба; 9 – завадоприглушувальний резистор; 10 – накидна гайка; в – тепловий баланс свічки

Матеріал центрального електрода повинен мати високу корозійну та ерозійну жаростійкість і добру теплопровідність. Центральні електроди виготовляють із хромотитанової сталі 13Х25Т, а в свічках деяких типів – із ніхрому Х20Н80; бічні електроди – із нікель-марганцевого сплаву (наприклад, НИ5), корпус свічки та контактну головку з конструкційних сталей.

Далі розглянемо теплову характеристику і маркування свічок. Свічка нормально працює при температурі теплового конуса ізолятора від 400–500 до 850–900 °С. Нагар на тепловому конусі ізолятора зникає (відлущується) після нагрівання його до температури 400–500 °С, яку називають

температурою самоочищення свічки. Коли температура деталей свічки перевищить 800–900 °С, може виникнути передчасне займання суміші (жарове запалювання) під час процесу стискування, ще до моменту появи іскри.

Теплота, підведена до свічки (див. рис. 3.12, в), відводиться від неї через різні елементи конструкції (корпус – 10%, ізолятор – 10%, центральний електрод – 30%) і через робочу суміш, яка надійшла до камери згоряння – 20%). Діапазон зміни температури для всіх свічок майже однаковий, а теплові умови їхньої роботи на різних двигунах дуже відмінні. Тому одна й та сама свічка може мати температуру ізолятора на одному двигуні нижчу температури самоочищення, а на другому – вищу температури жарового запалювання. У зв'язку з цим випускаються свічки запалювання з різною тепловіддачею. Для кожного типу двигуна підбирається свічка з такою тепловіддачею, за якої температура ізолятора буде в необхідних межах. Різна тепловіддача у свічок різних типів виходить за рахунок зміни деяких конструктивних розмірів, головним чином довжини та діаметра теплового конуса (юбки) ізолятора. Чим більша довжина теплового конуса, а отже, більша площа поверхні, тим більше теплоти набере ізолятор і тим меншими будуть ступінь стискування і температура згоряння в камері двигуна, в іншому випадку ізолятор перегріється. На рис. 3.12, а наведена свічка з великою, а на рис. 3.12, б – з малою довжиною теплового конуса ізолятора. Мабуть, при роботі на одному і тому самому двигуні температура кінця ізолятора та центрального електрода у свічки на рис. 3.12, а буде вища, ніж у свічки на рис. 3.12, б. Тому свічку з більшою довжиною юбки називають гарячою, а з малою – холодною.

На високооборотних форсованих двигунах з високим ступенем стискування свічці передається значно більша кількість теплоти, ніж на низькооборотних двигунах із малим ступенем стискування. Тому для перших застосовуються холодні свічки, а для других – гарячі свічки.

Кількість теплоти, яка передається свічці, залежить не тільки від типу двигуна, а й від режиму його роботи (рис. 3.13). Дуже гаряча свічка забезпечує самоочищення під час обертів холостого ходу, проте при високій частоті обертання спричинить жарове запалювання. Дуже холодна свічка не забезпечить самоочищення на значній частині робочого діапазону частоти обертання. Правильно підібрана свічка не спричинює жарове запалювання при високих частотах обертання, проте за малих обертів не забезпечує і самоочищення. Ця обставина не призводить до порушення роботоздатності системи запалювання, оскільки двигун працює, як правило, в змінному режимі, при змінних частотах обертання й відкриття дросельної заслінки. Отже, змінюється і температура теплового конуса. Якщо ця температура нижче самоочищення, на ізоляторі

осідають струмопровідні частинки нагару, але при черговому підвищенні температури ці частинки згоряють.

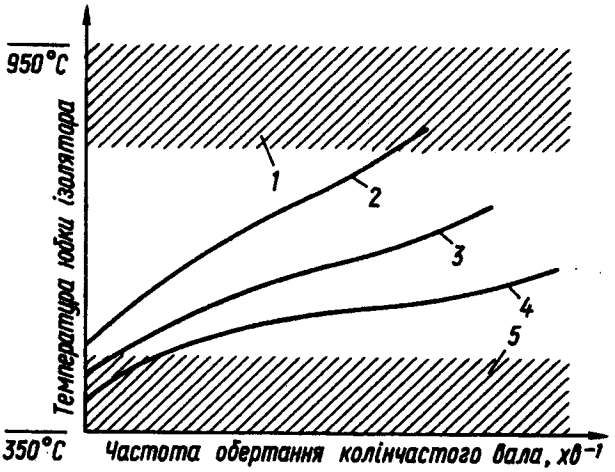


Рис. 3.13. Залежність температури теплового конуса ізолятора свічки від частоти обертання колінчастого вала: 1 – зона жарового запалювання; 2 – дуже гаряча свічка; 3 – правильно підібрана свічка; 4 – дуже холодна свічка; 5 – зона відсутності самоочищення

З викладеного вище зрозуміло, чому двигун не може тривалий час працювати в режимі, значно відмінному від звичайного. Може бути доцільним заміна свічок для даного двигуна на свічки з іншою тепловіддачею.

Теплопровідність ізолятора та його робоча температура є основними показниками для визначення жарового числа свічки.

Фізично жарове число характеризує спроможність свічки працювати в умовах еталонного двигуна без жарового запалювання. Можливі різні методи оцінки жарового числа свічки. На Україні під жаровим числом розуміють значення середнього індикаторного тиску еталонної одноциліндрової установки зі змінним ступенем стискування, при якому виникає жарове запалювання.

У деяких зарубіжних країнах під жаровим числом розуміють час, протягом якого еталонний двигун працює до початку жарового запалювання. Так, жарові числа свічок запалювання німецької фірми «Бош» становлять 45–280 од.

У країнах СНД та на Україні жарове число вибирають із такого ряду чисел: 8; 11; 14; 17; 20; 23; 26.

Іскрові свічки за конструктивним виконанням різняться діаметром різьби та типом ущільнення, довжиною різьби на корпусі, жаровим числом. Свічки в країнах СНД маркують так:

– перша літера містить діаметр різьби на корпусі: А-М14 х 1,25; М-М18 х 1,5;

– друга літера характеризує особливості конструкції свічки: К – конусним ущільненням без прокладки; М – малогабаритна;

– після літер вказується жарове число з наведеного вище ряду;

– після жарового числа можуть бути літери Н або Д, які означають довжину різьбової частини корпусу: Н = 11 мм, Д = 19 мм. Якщо літер немає, то це означає, що довжина становить 12 мм;

– літера В означає, що тепловий конус ізолятора виступає за корпус;

– літера Т означає, що герметизація на з'єднанні «ізолятор – центральний електрод» виконана термоцементом.

Якщо немає позначень на другій, четвертій, п'ятій та шостій позиціях, то це означає, що свічка не має конструктивних особливостей, довжина її різьбової частини становить 12 мм, тепловий конус ізолятора не виступає за корпус, а герметизацію на з'єднанні «ізолятор – центральний електрод» виконано іншим герметиком, ніж термоцемент.

Зразок умовного позначення свічки запалювання з різьбою на корпусі М14 х 1,25, жаровим числом 20, довжиною різьбової частини корпуса 19 мм, яка має тепловий конус ізолятора, що виступає за торець корпусу – А20ДВ.

При правильному регулюванні карбюратора, відповідності свічки двигуну за жаровим числом і хорошому стані циліндропоршневої групи тепловий конус ізолятора свічки може мати колір від сіро-жовтого до коричневого. Білий колір ізолятора означає збіднену суміш, що готує карбюратор, або те, що свічка за жаровим числом є дуже гарячою.

Якщо тепловий конус покритий оксамитовим матово-чорним нагаром, то в карбюраторі готується дуже збагачена суміш або свічка холодна (має жарове число, вище за потрібне).

Якщо нагар маслянистий і щільний, то це свідчить про значне спрацювання циліндропоршневої групи або про те, що підібрана дуже холодна свічка.

Якщо електрод, особливо центральний, має сильну ерозію, чи на тепловому конусі є краплі розплавленого металу, то це означає, що робоча суміш дуже збіднена або негерметично закріплено свічки.

У табл. 3.1 наведені дані взаємозаміни свічок, які використовуються в Україні, зі свічками, що випускаються за кордоном.

Таблиця 3.1.

Взаємозаміна свічок

Марка свічки у країнах СНД	«Iskra» Чехія	«Pal» Чехія	«Bosch», старе позначення (Німеччина)	«Bosch», нове позначення (Німеччина)	«Bosch», термопластик (Німеччина)	«Champion» (Велика Британія)	«Lodge» (Велика Британія)	NGK (Японія)
А26	FE 80	-	260T1	W4A1	W3AC	-	5H	-
А26ДВ	FE 155P	-	280X30	-	-	N64	SHLNY	-
А23	F 75	14-8	W225T1	W5A	W4AC	NR-10	HNL-85	B9H
А23ДВ	FE 135F	14-9	W230T30	W5D1	W5DC	N-84	2HLNY	BP8E8
А23В	-	-	W225T35	W5B	W4BC	L-81Y	-	-
А20	-	-	-	W5A	W4AC	-	-	B8H
А20Д	-	14-8	W200T27	-	-	-	-	B7ES
А20В	P65P	14-84	W200T35	W6B	W5BC	UL-82Y	HNY, H	BP7H
А20ДВ	FE65P	14L-84	W200T30	W6D	W5DC	N-9	HLNY, H	BP7ES
А17	F70	1407	W175T1	-	-	D91, L-7	HBH	B7H
А17В	F55P	H-7Y	W175T35	W7BC	W7BC	L-87Y	L86, CNY	BP7H
А17Д	FE 75	HL-7	W175T2	W7C	W7CC	N-5	HLN	B6ES
АН	-	14-5	WH5T1	W8A	W7AC	L10	-	B6H
АНД	FE 70	141-5	W145T2	W8C	WJCC	N-8	CHNH	B5ES
А14ДВ	FE 45 P	14L-5y	W145T30	W8D	W7DS	N14Y	BLNY	BPSES
А11	F 50	-	-	-	-	-	CN	-
А11В	-	-	-	-	-	-	-	BP2H
А11Д	FE 50	-	W125T2	-	-	N18	-	-
А11Н	F 70	-	W125T1	W8A	W7AC	H8	-	B6L
А8НТ	-	-	-	-	-	-	H8	-

Розподільники запалювання. Розподільник призначений для розмикання первинного кола котушки запалювання, розподілу імпульсів високої напруги між циліндрами двигуна в необхідній послідовності, виставляння початкового кута випередження запалювання та автоматичного регулювання цього кута залежно від частоти обертання колінчастого вала і навантаження двигуна.

Для прикладу розглянемо будову розподільника 30.3706 (рис. 3.14), який ставлять на автомобілях ВАЗ. Він складається з корпуса, переривального механізму, високовольтного розподільника, відцентрового та вакуумного регуляторів випередження запалювання, конденсатора.

Вал 1 приводу має кінець зі шліцами і обертається у двох залізо-керамічних поруватих втулках 21, які змащують оливою для двигуна крізь бічну маслянку (не зображено).

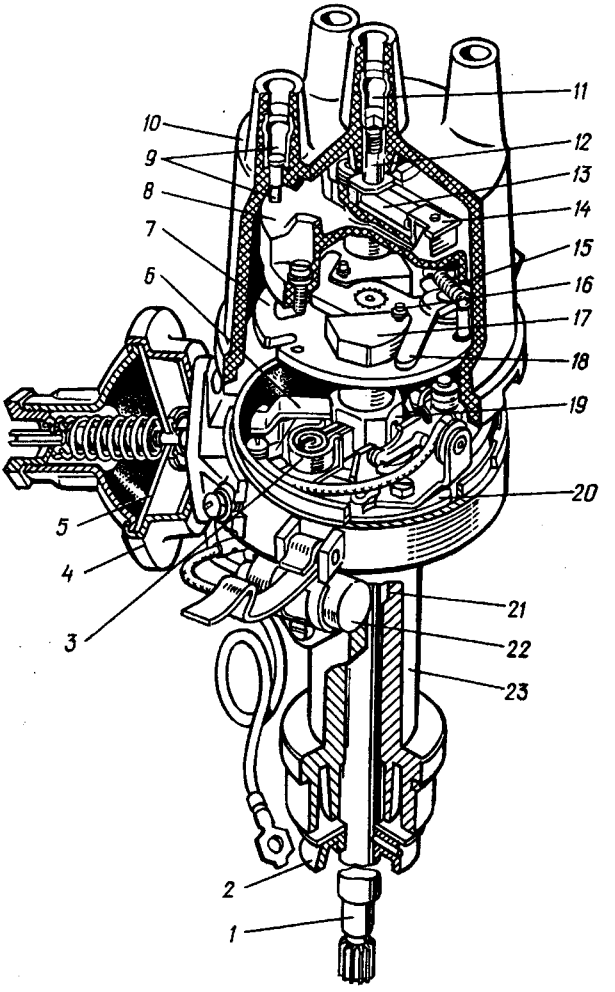


Рис. 3.14. Розподільник 30.3706:
1 – вал, 2 – масловідбивна муфта; 3 – фільц; 4 – вакуумний регулятор; 5 – діафрагма; 6 – тяга вакуумного регулятора; 7 – повідкова пластина кулачка; 8 – бігунець; 9 – бічний електрод; 10 – кришка; 11 – центральний електрод; 12 – вугільний контакт із пружиною; 13 – резистор; 14 – ротор; 15 – пружина; 16 – вісь тягарця; 17 – тягарець; 18 – повідкова пластина тягарців; 19 – кулачковий вал; 20 – рухомий диск; 21 – втулка; 22 – конденсатор; 23 – корпус

Відцентровий регулятор закріплюють на верхній частині вала приводу, що дає змогу розміщувати кулачок 19 ближче до опори валика, завдяки чому зменшується спрацювання втулок і вплив люфтів у підшипниках вала на величину зазору між контактами переривача.

Нерухомий диск переривача розміщений всередині корпусу 23 і прикріплений до нього гвинтами, а рухомий диск 20 встановлюють на кульковому підшипнику, закріпленому в отворі нерухомого диска. На рухомому диску 20 закріплено утримувач рухомого контакту, який повертається навколо кулачка 19 і змінює зазор між контактами або кут їх замкненого стану.

Рухомий контакт, який до нерухомого притискує пластинчаста пружина, провідником з'єднано з ізольованим затискачем на корпусі. До нього прикріплюють і провідник від конденсатора, закріпленого на корпусі гвинтом.

Кришка розподільника 10 має фіксований паз, який забезпечує її встановлення на корпусі 23 у певному положенні. Центральний вивід кришки 11, до якої підведено високовольтний провід від котушки запалювання, з'єднано з електродом ротора 14 через приглушувальний резистор 13 з опором 6 кОм.

У бічних виводах 9, кількість яких дорівнює кількості циліндрів (у даному розподільнику їх 4), є металеві електроди, до яких ротор 14 підводить високу напругу.

Відцентровий регулятор працює так. Зі збільшенням частоти обертання колінчастого вала тягарці 17 під дією відцентрових сил, долаючи зусилля пружин 15, розходяться. Внаслідок цього штифти тягарців, які входять у прорізи повідкової пластини кулачка, повертають її у бік обертання вала розподільника на деякий кут.

Натяг пружин регулятора добирають так, щоб за рахунок кута випередження запалювання збільшити час, потрібний для згоряння суміші, оскільки зі збільшенням частоти обертання колінчастого вала зменшується час на цикл і пальне не встигає згоріти.

Вакуумний регулятор змінює кут випередження запалювання залежно від розрідження під дросельною заслінкою карбюратора. За малих навантажень двигуна циліндри наповнені робочою сумішшю не повністю, а отже, в момент займання буде низький тиск. Водночас збільшується забруднення суміші залишковими газами, що зменшує швидкість згоряння. Тому потрібно збільшувати кут випередження запалювання при закритій чи маловідкритій дросельній заслінці.

Коли заслінка відкрита повністю, розрідження невелике і вакуумний регулятор не працює. В міру її прикривання (зі зменшенням навантаження двигуна) розрідження збільшується, діафрагма регулятора втягується, повертаючи тягою рухомий диск переривача в бік збільшення кута випередження запалювання.

Важливим регульованим параметром розподільників є зазор між контактами переривача або кут замкненого стану контактів (КЗСК). Він

дорівнює кутові повороту вала розподільника, за якого контакти переривача залишаються замкнені. Зі зменшенням КЗСК знижується струм первинного кола, за якого розмикаються контакти, а отже, і напруга у вторинному колі, що спричинює перебої у роботі системи запалювання. Оскільки КЗСК зменшується в міру спрацювання контактів, потрібно періодично його регулювати. Значення КЗСК, які забезпечують нормальну роботу системи запалювання, вносять до технічних умов на розподільники. Ці значення становлять: для восьмиіскрових розподільників (30±3)°, шестиіскрових – (39±3)°, чотириіскрових – (44±3)°.

3.5. Робота класичної батарейної системи запалювання

Прикладом класичної системи батарейного запалювання може бути система запалювання двигуна автомобіля ГАЗ-24-01 «Волга» (рис. 3.15).

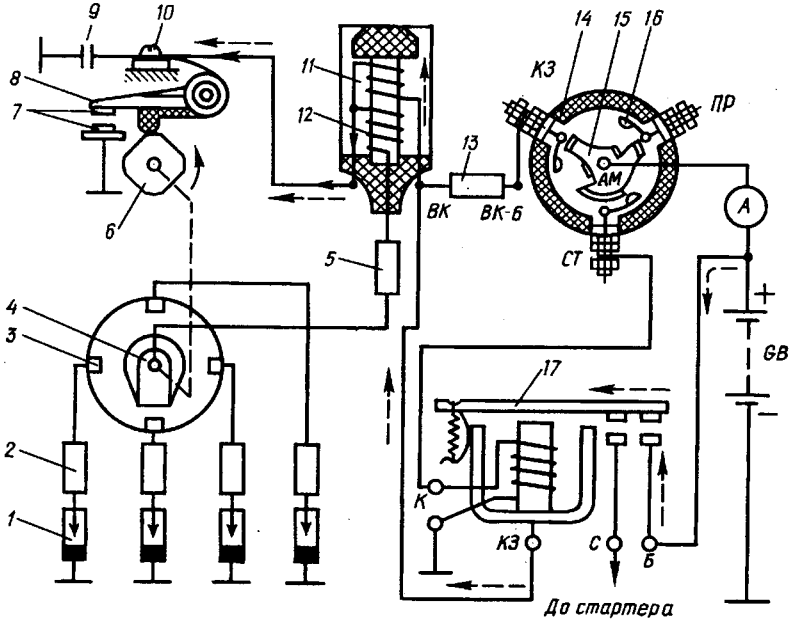


Рис. 3.15. Напівмонтажна схема системи запалювання двигуна автомобіля ГАЗ-24-01 «Волга»:
1 – свічка запалювання; 2, 5 – приглушувальні резистори; 3 – кришка розподільника; 4 – ротор розподільника; 6 – кулачок; 7 – контакти переривача; 8 – важіль переривача; 9 – конденсатор; 10 – затискач переривача; 11, 12 – первинна та вторинна обмотки котушки запалювання відповідно; 13 – додатковий резистор із затискачами ВК і ВК-Б; 14 – вимикач запалювання із затискачами КЗ, СТ, ПР та АМ; 15 – контактна пластина; 16 – пружинний контакт; 17 – реле ввімкнення стартера із затискачами К, КЗ, С та Б

Система запалювання працює так. Коли запалювання ввімкнено і контакти переривача замкнено, в первинному колі протікає струм низької напруги.

Коло струму низької напруги (рис. 3.15): плюсовий вивід батареї – амперметр – затискач АМ – вимикач запалювання 14 – контактна пластина 15 – контакт 16 – затискач вимикача КЗ – додатковий резистор 13 – первинна обмотка 11 котушки запалювання – затискач 10 переривача – важіль 8 – контакти 7 переривача – корпус автомобіля – мінусовий вивід батареї.

Коло струму низької напруги переривається в момент, коли кулачок 6, набігаючи виступом на важіль 8 переривача, спричинює розмикання контактів 7. У цей час у первинній обмотці 11 індукується ЕРС самоіндукції близько 200–300 В, а у вторинній – до 24 кВ і більше; в осерді та кільцевому магнітопроводі з'являються вихрові струми. Електрорушійна сила, індукована у вторинній обмотці, створює між електродами свічок запалювання іскровий розряд, внаслідок чого у вторинному колі з'являється струм.

Коло струму високої напруги: вторинна обмотка 12 котушки запалювання – приглушувальний резистор 5 кришки розподільника – електрод ротора 4 розподільника – іскровий зазор – електрод кришки 3 – приглушувальний резистор 2 – центральний електрод свічки запалювання 1 – іскровий зазор – маса автомобіля.

Під час пуску двигуна стартером напруга акумуляторної батареї, а отже, і в первинній обмотці котушки запалювання, знижується, що знижує високу напругу. Щоб збільшити силу струму, контакти реле стартера замикаються та закорочують додатковий резистор 13, а це знижує опір первинного кола, й отже, сила струму в ньому збільшується.

3.6. Контактно-транзисторна система запалювання. Особливості конструкції апаратів

Високі вимоги, що висуваються до системи запалювання, не може задовольнити класична система батарейного запалювання, оскільки в цьому випадку реальним способом підвищення вторинної напруги є збільшення сили струму розривання. Проте, якщо ця сила перевищить певне значення – (3,5–4,0 А при 12 В), то це призведе до ненадійної роботи контактів переривача та різкого скорочення терміну їхньої служби. А тому постала потреба створення нових пристроїв, які б дали змогу поліпшити умови займання робочої суміші в циліндрах.

Один із шляхів підвищення системою запалювання вторинної напруги – застосування напівпровідникових приладів, що працюють як керувальні ключі для переривання струму в первинній обмотці котушки запалювання. Як напівпровідникові реле найчастіше використовують потужні

транзистори, здатні комутувати струми силою до 10 А в індуктивному навантаженні без будь-якого іскріння та механічного пошкодження, що притаманне контактам переривача.

Контактно-транзисторна система запалювання (рис. 3.16) складається з елементів, що їх містить і класична система батарейного запалювання, й відрізняється від неї наявністю транзистора та відсутністю конденсатора, який шунтує контакти переривача. Схема має ту особливість, що в ній контакти переривача комутують тільки незначний струм бази $i_б$ – струм керування транзистором, тоді як струм емітера i_e в силовому колі комутує транзистор. Слід зазначити, що ця особливість контактно-транзисторної системи дає змогу позбутися головної вади класичної системи запалювання. Вторинну напругу U_2, яку розвиває котушка запалювання, в цій системі можна підвищувати у великих межах, оскільки збільшення струму i_p обмежують лише параметри транзистора, а не стійкість контактів переривача.

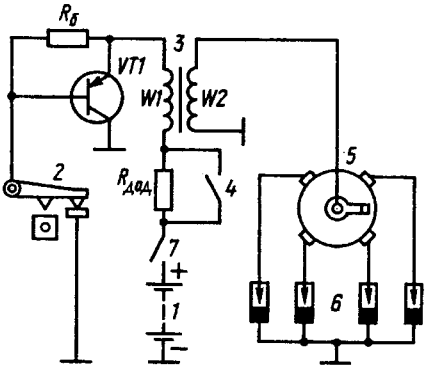


Рис. 3.16. Принципова схема контактно-транзисторної системи батарейного запалювання: 1 – акумуляторна батарея; 2 – переривач; 3 – котушка запалювання; 4 – вимикач додаткового резистора; 5 – розподільник; 6 – свічки запалювання; 7 – вимикач

Тепер опір первинного кола R_1 залежить не тільки від опору первинної обмотки та додаткового резистора, а й від опору переходу емітер-колектор відкритого транзистора $R_{е.к.}$, тобто:

$$R_{1\Sigma} = R_{w1} + R_д + R_{е.к.},$$

тоді струм розриву I_p буде визначатися із виразу:

$$i_p = \frac{U_б}{R_{1\Sigma}}\left(1 - e^{-\frac{R_{1\Sigma}}{L_1}\tau_в \frac{120}{n_{дв.}Z}}\right),$$

де $\tau_в$ – відносний час відкритого стану транзистора. Решта позначень відповідає розділу 3.3.

Особливості конструкції апаратів для контактно-транзисторної системи запалювання. За рахунок заміни контактної пари переривача на силовий транзистор який дає можливість комутувати струм розриву до 9...10 А з'явилась можливість зменшити індуктивність первинної обмотки котушки запалювання з 9...10 мГн до 4...6 мГн і, як наслідок, збільшити

швидкість зростання первинного струму при запасі енергії 80...100 мДж. Тепер при достатній надлишковій енергії можливе нормування часу накопичення з метою підтримки струму розриву в заданих межах.

Первинна обмотка котушок для контактно-транзисторних систем має менший опір і підключається до джерела енергії через один або два додаткові резистори.

Котушки електронних систем запалювання мають класичну конструкцію і виготовляються по традиційній технології, маслонаповнені, з розімкнутим магнітопроводом і в металевому корпусі. Від котушок контактної системи запалювання вони відрізняються лише обмотковими даними. Витрати міді у них більші за рахунок збільшення діаметра проводу первинної обмотки та збільшення числа витків вторинної обмотки. Ці котушки мають значно більший коефіцієнт трансформації.

Свічки запалювання на контактно-транзисторних системах не відрізняються від класичних. Але з'явилась можливість збільшення зазору між електродами з 0,35...0,5 мм до 0,7...0,8 мм. Це дає можливість двигуну працювати на бідних сумішах, зменшуються шкідливі викиди в атмосферу.

Для контактно-транзисторних систем запалювання використовуються ті самі типи переривачів-розподільників, що й для класичної системи, з тією лише різницею, що в них відсутній іскрогасячий конденсатор.

В контактно-транзисторних системах запалювання з'явився додатковий елемент – комутатор, в якому розташовується транзистор та інші елементи схеми: імпульсний трансформатор, резистори, діоди та стабілітрони для захисту транзистора. Резистори первинного кола часто об'єднуються в окремий вузол.

Прикладом контактно-транзисторної системи запалювання може служити система, що встановлюється на автомобілях ЗІЛ-130, ГАЗ-53 та інших російських автомобілях. Вона показана на рис. 3.17 і складається з комутатора 1 (ТК-102), блоку додаткових резисторів (СЭ-107), котушки запалювання 3 (Б114) та восьмиіскрового розподільника 5 типу Р13-Д, Р11-33 чи Р 137.

Система працює так. Коли запалювання ввімкнено і контакти переривача розімкнено, то транзистор закритий і в первинному колі струм не протікає. У момент замикання контактів переривача в колі керування транзистора протікає струм, силою не більше 0,8 А.

Стрілками на рис. 3.17 зображено шлях струму в колі керування транзистора: позитивний вивід батареї GB – вимикач запалювання S – додаткові резистори СЭ–107 – первинна обмотка котушки запалювання – перехід емітер-база транзистора – первинна обмотка імпульсного трансформатора – контакти переривача 2 – корпус – негативний вивід акумуляторної батареї.

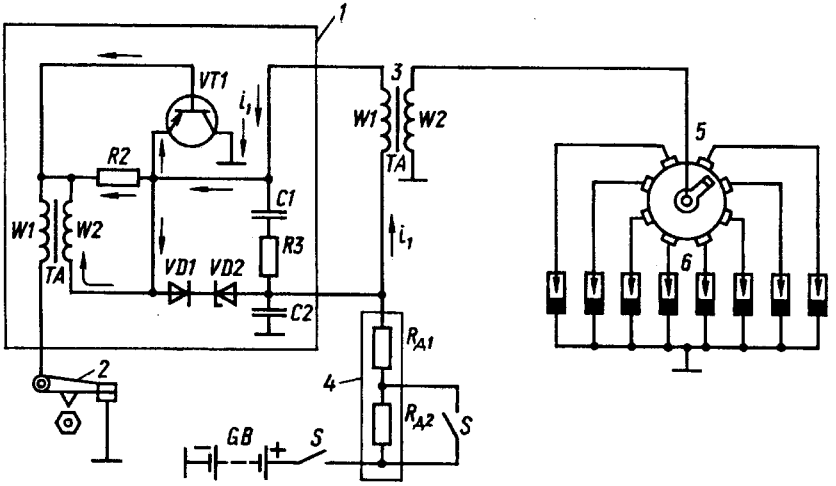


Рис. 3.17. Схема контактно-транзисторної системи запалювання VT1 – транзистор ГТ701А; VD1 – діод Д220; VD2 – стабілітрон Д8П7В; C1 – конденсатор БМБ-160-1; C2 – конденсатор К50-6 50 мкф, 25 В; R2 – резистор УЛИ-0,25-27; ТА – імпульсний трансформатор (W1 = 57, W2 = 500), 1 – транзисторний комутатор; 2 – переривач; 3 – котушка запалювання; 4 – блок резисторів; 5 – розподільник; 6 – свічки запалювання

Внаслідок протікання струму керування через перехід між базою та емітером транзистора різко знижується опір переходу емітер-колектор транзистора з кількох сотень до кількох часток ома, і він відкривається, вмикаючи коло струму низької напруги.

Коло струму низької напруги: позитивний вивід акумуляторної батареї – вимикач запалювання – додаткові резистори – первинна обмотка котушки запалювання – перехід емітер-колектор транзистора – корпус – негативний вивід батареї. Сила струму в первинному колі, коли транзистор відкритий, досягає 8 А у непрацюючому двигуні й знижується до 3 А зі збільшенням частоти обертання його колінчастого вала. Після ввімкнення стартера вимикач запалювання вмикає реле, яке спричинює замикання контактів, і первинна обмотка котушки запалювання вмикається до акумуляторної батареї, минаючи резистор (нижній за схемою). Сила струму в первинному колі зростає, а разом із цим збільшується напруга у вторинному колі запалювання.

Розмикання контактів переривача супроводжує переривання струму керування транзистора, що спричинює різке підвищення опору транзистора, і він, закриваючись, вимикає коло струму первинного кола запалювання. У момент переривання струму керування у вторинній обмотці імпульсного трансформатора індукується ЕРС.

Імпульс ЕРС вторинної обмотки трансформатора діє в колі транзистора в напрямі, супротивному струму керування, внаслідок чого прискорюється закриття транзистора за 3–5 мкс, а отже, прискорюється переривання струму в первинній обмотці котушки, і різко зменшується магнітний потік. Енергія струму взаємоіндукції вторинної обмотки трансформатора втрачається на нагрівання резистора R2, який збільшує тривалість дії запірного імпульсу.

У вторинній обмотці котушки індукується ЕРС від 17 до 30 кВ, а в первинній обмотці котушки – ЕРС самоіндукції до 100 В.

Коло струму високої напруги: вторинна обмотка котушки – розподільник – свічка запалювання – корпус.

ЕРС самоіндукції первинної обмотки котушки спричинює заряджання конденсатора С1 (1 мкФ). Надалі, коли контакти переривача розімкнені, конденсатор розряджається через первинну обмотку котушки.

Щоб запобігти перегріванню й пробиванню транзистора у разі збільшення ЕРС самоіндукції первинної обмотки, що може статися за малої частоти обертання колінчастого вала двигуна чи обривання в колі високої напруги, паралельно колу конденсатора С1 увімкнено коло з діода VD1 та стабілітрона VD2 із зустрічними напрямами прямих провідностей. Діод VD1 перешкоджає протіканню струму від акумуляторної батареї через стабілітрон VD2 поза первинною обмоткою котушки запалювання.

Зі збільшенням ЕРС самоіндукції первинної обмотки котушки запалювання понад 80 В (напруга стабілізації) стабілітрон пропускає через себе струм самоіндукції, шунтуючи дану обмотку. Завдяки протіканню струму самоіндукції по колу стабілітрона VD2 і діода VD1 напруга на затискачах первинної обмотки знижується, а це запобігає перегріванню та пробиванню транзистора.

Якщо ЕРС самоіндукції стає меншою за 80 В, стабілітрон не проводить через себе струм, і ЕРС самоіндукції витрачається на заряджання конденсатора С1.

Електролітичний конденсатор С2, увімкнений паралельно до генератора, захищає транзистор від імпульсних перенапруг, що виникають у колі генератор – акумуляторна батарея. З надходженням імпульсу напруги від генератора конденсатор С2 заряджається, а це зменшує напругу й імпульс сили струму в колі транзистора, запобігаючи його перегріванню.

У контактно-транзисторній системі запалювання контакти переривача розвантажені від струму кола первинної обмотки котушки запалювання, що ліквідує окислення та ерозію контактів. Завдяки цьому вони не потребують зачищення в процесі експлуатації в межах 100–150 тис. км пробігу автомобіля. Крім цього, усунення окислення та підгоряння контактів переривача запобігає зміні зазору між ними й розрегулюванню кута випередження запалювання під час експлуатації автомобіля.

Напруга у вторинному колі підвищується не менш як на 25% порівняно з класичною системою запалювання, а це збільшує енергію іскрового розряду.

Підвищення енергії іскрового розряду сприяє повному згорянню навіть збідненої робочої суміші, полегшує пуск двигуна та поліпшує приймальність і економічність двигуна (витрата пального знижується на 2%).

Прикладом контактно-транзисторної системи запалювання є система «Perma of t'yunid» (рис. 3.18), яку розробила та застосувала на легкових і вантажних автомобілях фірма «Ford» (США). Система складається з таких елементів: котушки запалювання 3, переривача 2, розподільника 4, вимикача запалювання S, транзисторного комутатора 1, що містить потужний транзистор VT1, стабілітрон VD1, спеціальний триобмоточний трансформатор ТА, конденсатори та резистори.

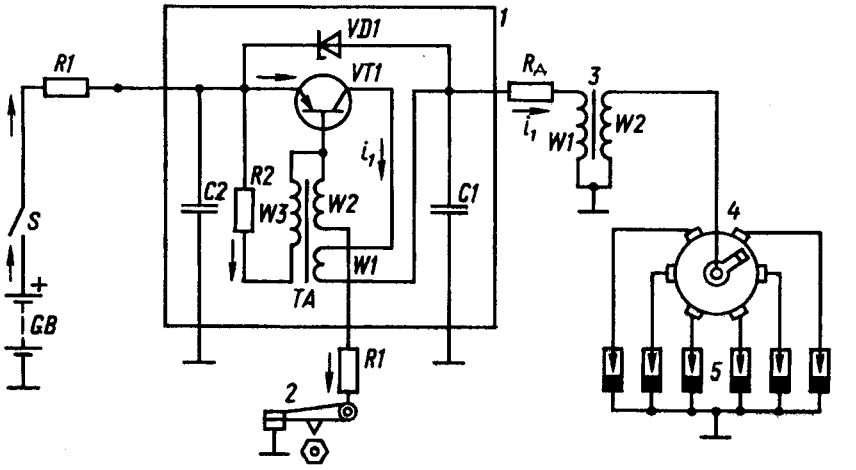


Рис. 3.18. Принципова схема контактно-транзисторної системи запалювання фірми «Ford»:
1 – транзисторний комутатор; 2 – переривач; 3 – котушка запалювання; 4 – розподільник; 5 – свічки запалювання

Система живиться від 12-вольтної акумуляторної батареї GB.

Принцип роботи системи такий, як і на автомобілях ЗІЛ та ГАЗ (див. рис. 3.17). Процес закривання транзистора формується спеціальним трансформатором із тороїдальним осердям, первинна обмотка якого увімкнена послідовно з обмоткою W1 котушки запалювання. Через котушку протікає первинний струм i_1, а обмотка W3 шунтує емітерно-базовий перехід транзистора через резистор R2. В обмотках цього трансформатора W2 та W3 виникає ЕРС при розмиканні контактів переривача. ЕРС обмотки W3 діє на емітерний перехід транзистора, підсилюючи його

закривання. ЕРС обмотки W2 також діє на базу транзистора, чим прискорює процес закривання. Умови комутації транзистором первинного струму полегшуються вмиканням конденсатора С1. Ділянку емітер-колектор транзистора захищає від перенапруги кремнієвий стабілітрон VD1, який увімкнено паралельно до цієї ділянки. Захист від випадкових перенапруг кола живлення здійснюється конденсатором С2.

Додатковий резистор $R_д$ трохи розвантажує котушку запалювання від теплового навантаження. Резистор R1 вмикається послідовно в первинне коло для обмеження сили первинного струму і для захисту транзистора від перенавантаження щодо струму.

За кількістю застосованих транзисторів усі контактно-транзисторні системи поділяють на одно- та багатотранзисторні.

На рис. 3.19 наведена схема контактно-транзисторної системи запалювання німецької фірми «Bosch», яка встановлена на різних автомобілях «Mersedes-Benz» попередніх випусків.

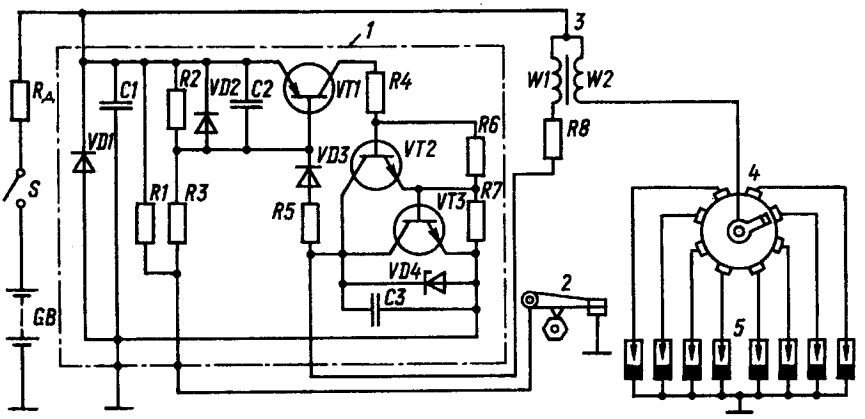


Рис. 3.19. Принципова схема контактно-транзисторної системи запалювання з проміжним транзистором фірми «Bosch»: 1 – транзисторний комутатор; 2 – переривач; 3 – котушка запалювання; 4 – розподільник; 5 – свічки запалювання

Під час замикання контактів переривача струм від акумулятора через вимикач S, додатковий резистор $R_д$, перехід емітер-база транзистора VT1, потім через резистор R3 та замкнуті контакти 2 протікає на масу автомобіля. Тому транзистор VT1 відкривається і через його емітерно-колекторний перехід та резистор R4 протікає струм на базу-емітер VT2, а потім на базу-емітер VT3 і далі до маси автомобіля. Каскад Дарлінгтона (транзистори VT2 та VT3) відкривається. Робочий струм від акумуляторної батареї через резистор $R_д$, первинну обмотку W1 котушки запалювання,

резистор R8 та колекторно-емітерний перехід силового транзистора VT3 протікає до маси автомобіля.

Із розмиканням контактів 2 ліквідується різниця потенціалів на емітерно-базовому переході транзистора VT1 і він закривається, перериваючи струм керування каскаду Дарлінгтона. При цьому первинний струм котушки запалювання розмикається, а у вторинному колі індукується висока напруга. Стабілітрон VD4 обмежує величину ЕРС самоіндукції у первинній обмотці в межах 120–140 В. Конденсатори С1, С2 і С3 та діод VD2 захищає електронний блок від коливань напруги джерел живлення. Коло зворотного зв'язку VD3, R5 призначене для того, щоб короткочасне замикання контактів (деренчання) не порушувало процесу індукування високої напруги. Це небажане замикання може виникнути за малих частот обертання колінчастого вала в момент розмикання контактів переривача на відміну від деренчання контактів за великих частот обертання.

Величина струму, що зумовлює самоочищення контактів переривача, регулюється за допомогою резистора R1, а резистори R3 та R4 обмежують струм бази.

Однією з вад контактно-транзисторної системи запалювання є те, що мала сила струму в колі керування транзистора (0,3–0,8 А) зумовлює особливі вимоги до чистоти поверхні контактів переривача. Із незначним збільшенням їхнього опору через забруднення, окислення чи замаслювання сила струму керування транзистором знижується, транзистор не відкривається і двигун не запускається. Внаслідок деренчання контактів у контактно-транзисторній системі запалювання вторинна напруга зменшується. Максимальна частота подачі іскор збільшується незначно порівняно з класичною системою. З огляду на механічне спрацювання контактів потрібно періодично регулювати зазор між ними. Тому в багатоциліндрових високообертових двигунах, які потребують великої частоти подачі іскор, іноді застосовують два незалежних кола запалювання (подвійний переривач, дві котушки запалювання).

3.7. Транзисторна безконтактна система запалювання. Принцип дії. Датчики-розподільники

Застосування безконтактних транзисторних систем запалювання дає змогу усунути вади контактно-транзисторних систем завдяки великій точності подачі іскор і відсутності контактів.

Транзисторні безконтактні системи запалювання почали застосовуватися з 80-х років минулого століття і з тих пір постійно вдосконалюються. Якщо в класичній системі запалювання контакти переривача безпосередньо розмикають первинне коло, а в контактно-транзисторній системі ці контакти комутують коло керування транзистором, то в транзисторній

безконтактній системі керування транзистора стає безконтактним. В цих системах силовий транзистор комутатора, що перериває коло первинної обмотки котушки запалювання, спрацьовує під дією електричного імпульсу, створеного безконтактним датчиком.

В ролі безконтактних датчиків з механічним приводом від розподільчого вала ДВЗ були досліджені магнітоелектричні, індукційні, електромагнітні, генераторні, оптичні та інші перетворювачі механічного обертання в електричний сигнал.

Спочатку як більш простий і достатньо надійний, широке впровадження отримав магнітоелектричний датчик. Але з розробкою датчика, що працює на ефекті Холла, останній став основним елементом для всіх наступних електронних систем запалювання, що серійно випускаються за кордоном.

На рис. 3.20 наведено принципову схему транзисторної безконтактної системи запалювання з накопиченням енергії в індуктивності з магнітоелектричним датчиком. Схема працює так. Коли хрестоподібний магніт нерухомий, транзистор VT1 закритий, і струм у первинній обмотці W1 котушки запалювання 3 не протікає. Коли магніт обертається, в обмотці датчика 2 індукується змінна ЕРС, яка керує транзистором. Під час позитивних півперіодів напруги на датчику транзистор перебуває в стані насичення, а негативних – у стані відтину. Коли транзистор відкритий, від акумуляторної батареї через перехід емітер-колектор і первинну обмотку котушки запалювання протікає струм. За негативної ЕРС транзистор закривається, струм у первинній обмотці переривається і у вторинній обмотці індукується значна ЕРС. Кількість пар полюсів магніту датчика має відповідати кількості циліндрів двигуна.

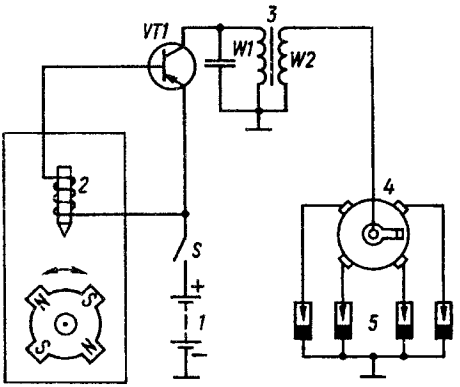


Рис. 3.20. Принципова схема безконтактної системи запалювання з магнітоелектричним датчиком:
1 – акумуляторна батарея; 2 – магнітоелектричний датчик;
3 – котушка запалювання; 4 – розподільник; 5 – свічки запалювання

Як бачимо зі схеми, контакти переривача замінено безконтактним датчиком.

Отже, замість переривачів у класичній і контактно-транзисторній системах запалювання в безконтактній транзисторній застосовано датчики-розподільники. Виготовляють їх на базі традиційних переривачів-розподільників, однак вузол переривача замінюють безконтактним датчиком.

Принципову схему магнітоелектричного датчика наведено на рис. 3.21. Під час обертання зубчастого магніта в обмотці статора згідно із законом індукції виникає змінна напруга. Коли один із зубців магніта наближається до обмотки, напруга в ній швидко зростає, досягає максимуму, потім зубець розміщується на середній лінії обмотки, після цього, коли він віддалиться, швидко змінює знак і збільшується в протилежному напрямі до максимуму. Напруга дуже швидко змінюється від позитивного максимуму до негативного, тому нульовий перехід між ними можна використати для керування системою запалювання. Зубчастий магнітний якір встановлено у звичайний корпус переривача. Кількість зубців залежить від кількості циліндрів і тактності двигуна. Напруга, яку виробляє генераторний датчик, залежить від частоти обертання якоря та його конструкції, і має забезпечити надійність запалювання навіть за малої частоти обертання під час пуску двигуна.

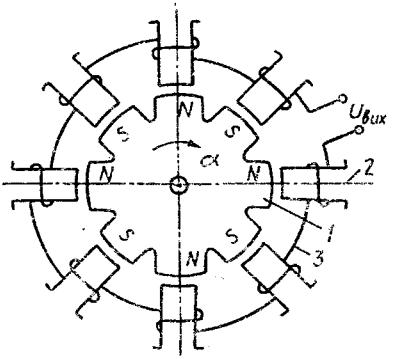


Рис. 3.21. Принципова схема магнітоелектричного датчика для чотирициліндрового двигуна: 1 – магніт, 2 – статор, 3 – обмотка

Прикладом реалізації магнітоелектричного датчика може служити датчик-розподільник 24.3706 (рис. 3.22). Він складається з таких основних вузлів: магнітоелектричного генераторного датчика із статором 13 та ротором 21, відцентрового регулятора 16, вакуумного регулятора 6. Корпус 3 вилито з алюмінієвого сплаву, а у хвостовій його частині розміщено пластину 2 октан-коректора, призначеного для ручного регулювання моменту іскроутворення та кріплення датчика-розподільника на двигуні.

Датчик-розподільник приводиться в рух через приєднувальний шип 1, який закріплено на валику 18. Для змащування підшипника 19 валика 18 та упорного підшипника 17 у корпусі поставлено маслянку 4.

Ротор 21 датчика – це кільцевий постійний магніт 26 із щільно притисненими до нього зверху та знизу 8-полюсними обоймами 25 і 27, що міцно закріплені на втулці 12, на верхній частині якої розміщено бігунець 11 високовольтного розподільного пристрою. У нижній частині втулки 12 є паз, в який входить виступ втулки, нерухомо закріплений на повідковій пластині ротора.

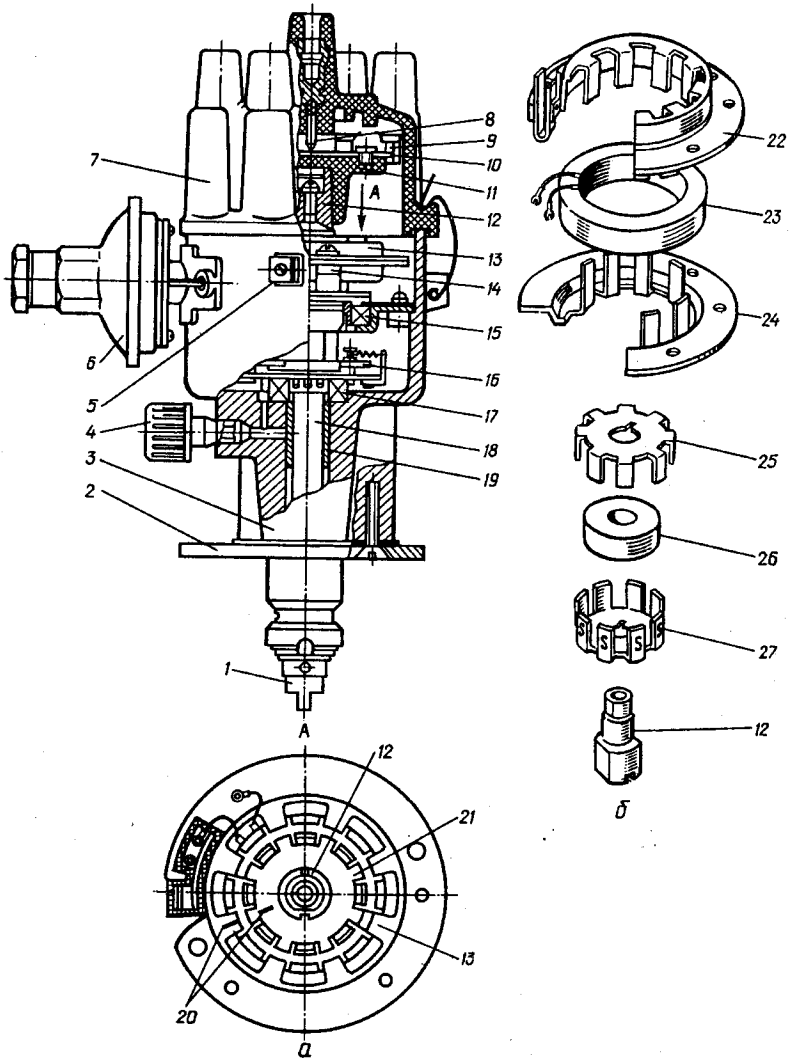


Рис. 3.22. Датчик-розподільник 24.3706:
а – загальний вигляд; б – конструкція датчика; 1 – приєднувальний шип; 2 – пластина; 3 – корпус; 4 – маслянка; 5 – вивід; 6 – вакуумний регулятор; 7 – кришка; 8 – вугільний контакт; 9, 10 – електроди; 11 – бігунець-розподільник; 12 – втулка; 13 – статор; 14 – опора; 15, 17, 19 – підшипники; 16 – відцентровий регулятор; 18 – вал; 20 – позначки, 21 – ротор; 22, 24 – полюсні пластини; 23 – обмотка; 25, 27 – обойми

Статор 13 датчика – це обмотка 23, вміщена у 8-полюсних пластинах 22 і 24, з'єднаних між собою заклепками. Статор має один ізольований вивід 5, розміщений на корпусі розподільника. Другий кінець обмотки проводами з'єднано з корпусом. Статор 13 за допомогою опор 14 поставлено на рухомій пластині, нерухомо закріпленій на внутрішній обмотці підшипника 15. Зовнішню обойму підшипника 15 закріплено нерухомо щодо корпусу 3. Рухома пластина шарнірно з'єднана з тягою вакуумного регулятора 6.

Отже, відцентровий регулятор забезпечує зміну випередження запалювання, повертаючи ротор датчика відносно статора, а вакуумний регулятор повертає статор відносно ротора.

Високовольтний розподільний пристрій має кришку 7 з дев'ятьма виводами. З внутрішнього боку в центральному виводі розміщено рухомий вугільний контакт 8, який забезпечує електричний контакт між центральним виводом і електродом 10 бігунця 11. Через електроди 9 висока напруга надходить до 8 високовольтних виводів, призначених для приєднання з проводами високої напруги від свічок запалювання.

Для встановлення початкового кута випередження запалювання на роторі й статорі датчика зроблено позначки 20, які мають збігатися, якщо колінчастий вал двигуна перебуває в положенні, що відповідає моментові іскроутворення в першому циліндрі.

Як було сказано вище, останнім часом в усьому світі на автомобілях широко застосовують датчики, принцип дії яких ґрунтується на ефекті Холла (рис. 3.23). Ефект Холла виникає в пластині, через яку протікає струм I, коли під прямим кутом на неї діє магнітне поле B. ЕРС Холла визначають за формулою:

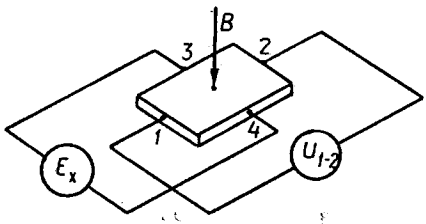


Рис. 3.23. До принципу дії датчика Холла

$$E_X = (K_H IB)/h,$$

де K_H – стала Холла; I – сила струму; B – індукція магнітного поля; h – товщина пластини.

Максимально виявляється цей ефект у пластинах із напівпровідникового матеріалу (германію, кремнію, арсеніду галію, індію).

Величина ЕРС Холла дуже мала і тому має бути підсилена поблизу пластини для того, щоб усунути вплив радіоелектричних перешкод. Тому конструктивно і технологічно елемент Холла і підсилювальна схема містять підсилювач 4, тригер Шмітта 5, вихідний транзистор 6 та стабілізатор напруги 7, які виготовлені у вигляді інтегральної мікросхеми (рис. 3.24).

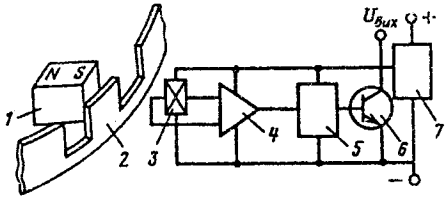


Рис. 3.24. Схема безконтактного мікроперемикача, що працює на ефекті Холла:
1 – магніт; 2 – ротор; 3 – чутливий елемент; 4 – підсилювач; 5 – тригер Шмітта; 6 – вихідний транзистор; 7 – стабілізатор напруги

Якщо обертається вал розподільника, а з ним і ротор 2, то магнітне поле, створене постійним магнітом 1, закривається екраном чи відкривається при проходженні прорізу. Якщо магнітне поле потрапляє на поверхню пластини, створюється ЕРС Холла, яка підсилюється підсилювачем 4 і надходить до бази вихідного транзистора 6, який відкривається. При закриванні екраном магнітного потоку в пластині не виникає ЕРС Холла і вихідний транзистор закривається. Отже, на виході мікросхеми знімаються сигнали прямокутної форми.

Прикладом реалізації датчика, що працює на ефекті Холла, служить датчик-розподільник 40.3706 (рис. 3.25), який має чутливий елемент із мікросхемою, описаною вище. Цей датчик горизонтального типу і має корпус 5, вилитий з алюмінієвого сплаву. Датчик-розподільник приводиться в рух через муфту 1 і вал 2, на протилежному кінці якого розміщено бігунець 11. Висока напруга між свічками запалювання розподіляється за допомогою виводів, розміщених на кришці 10, прикріпленій до корпуса 5 трьома гвинтами 12. Високовольтну частину пристрою відокремлено від решти конструкції перегородкою 9. Вал 2 обертається у втулках 3 та 6. Сальник 4 перешкоджає потраплянню масла у внутрішню частину корпуса. До рухомої пластини 7, на якій закріплено напівпровідниковий датчик 13 із магнітом, приєднано тягу від вакуумного регулятора 18.

Три виводи датчика проводами з'єднано з виводами штекера 17. У прорізі датчика 13 обертається ротор (шторка) 14, який втулкою 15 з'єднаний із повідковою пластиною відцентрового регулятора 16.

Отже, під час роботи відцентрового регулятора повідкова пластина повертає замикач відносно датчика, а під час роботи вакуумного регулятора датчик разом із рухомою пластиною повертається відносно замикача.

Котушки запалювання в безконтактних системах запалювання мають таку саму конструкцію, що й у контактно-транзисторних. Обмотки з'єднано за автотрансформаторною схемою. Особливістю конструкцій є відносно низький опір первинної обмотки (0,5 Ом), що дає змогу здобувати стабільні вихідні характеристики зі зменшенням напруги живлення до 6 В.

Усі високовольтні деталі системи виготовлено зі спеціальної пластмаси типу склонаповненого напівбутилентерефталату, дугостійкої, яка з великим запасом витримує утворювану системою високу напругу.

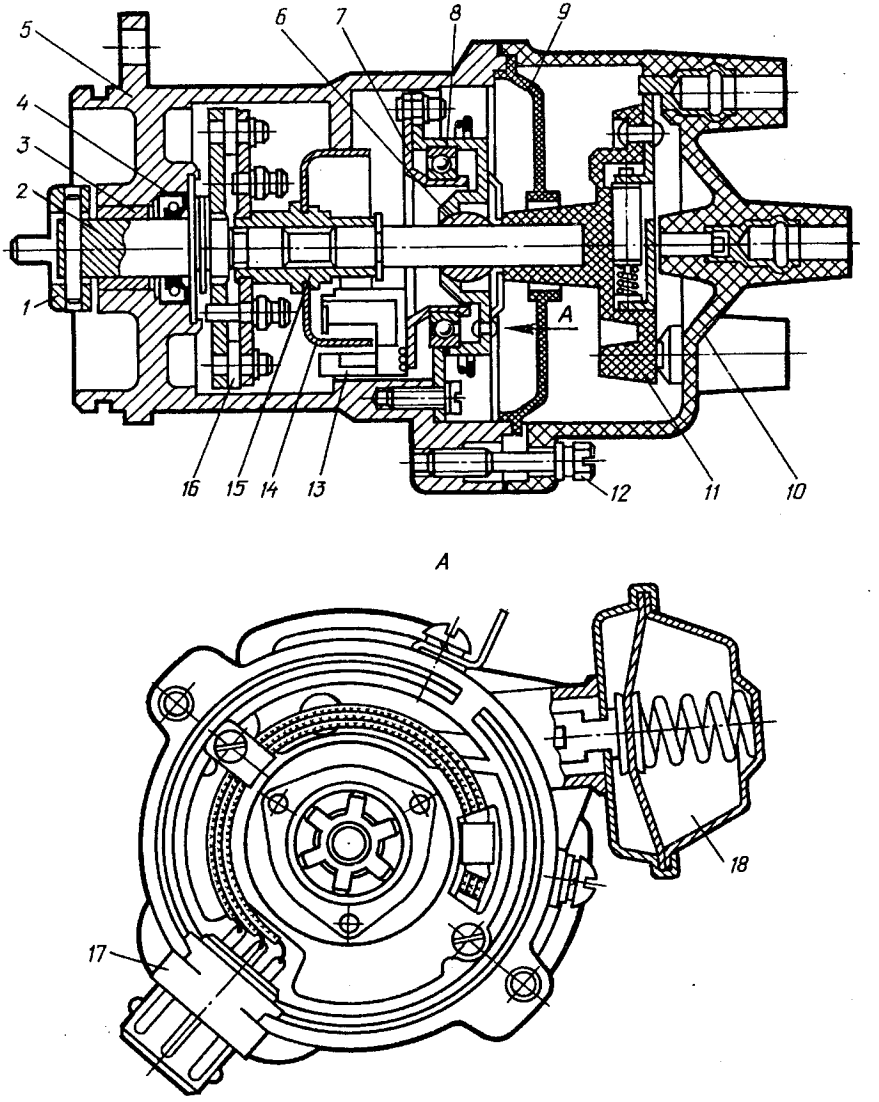


Рис. 3.25. Датчик-розподільник 40.3706:
1 – муфта; 2 – вал; 3, 6 – втулки; 4 – сальник; 5 – корпус; 7 – рухома пластина; 8 – підшипник; 9 – перегородка; 10 – кришка; 11 – бігунець; 12 – гвинт; 13 – датчик Холла; 14 – ротор-шторка; 15 – втулка; 16 – відцентровий регулятор; 17 – штекер; 18 – вакуумний регулятор

Транзисторні комутатори та їх робота у безконтактних системах запалювання. Прикладом безконтактної системи запалювання з магнітоелектричним генераторним датчиком може бути система, що встановлюється на автомобілях ГАЗ-2401, -3102, -3129, -6602 та інших модифікаціях цього заводу (рис. 3.26). Вона складається з датчика-розподільника 20.3706 чи 24.3706, транзисторного комутатора 13.373401, котушки запалювання Б116, додаткового резистора 14.3729, зблокованого з реле пуску стартера, свічок, замка запалювання.

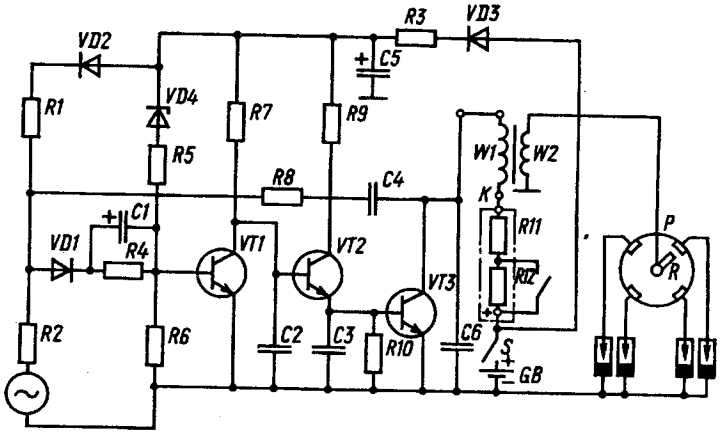


Рис. 3.26. Схема системи запалювання з безконтактним магнітоелектричним датчиком і транзисторним комутатором 13.3734.01

При включеному замку запалювання S і непрацюючому двигуні, тобто коли ротор датчика не обертається, або при негативному півперіоді сигналу датчика база VT1 має нульовий потенціал і він закритий. База VT2 через VD3, резистори R3 та R7 отримує позитивний потенціал, і він відкривається. Струм, що протікає через VT2, створює на R10 перепад напруги з плюсом біля бази VT3, і він також відкривається. Через відкритий транзистор VT3 у первинній обмотці котушки запалювання протікатиме струм.

У наступний момент при повороті ротора датчика на деякий кут до бази VT1 через R2, VD1 та R4 надійде позитивний імпульс. Тоді транзистор VT1 відкриється, шунтуючи входи VT2 та VT3, які закриються.

У момент закриття транзистора VT3 струм через первинну обмотку W1 переривається і у вторинній обмотці W2 виникає імпульс високої напруги, який надходить через розподільник до відповідної свічки запалювання.

Стабілітрон VD4 та резистори R3 і R5 призначені для обмеження напруги живлення, конденсатори C2, C3, C5 і C6 – для згладжування імпульсів напруги, що виникають у системі. Конденсатор C4 і резистор R8

створюють позитивний зворотний зв'язок, що сприяє прискоренню перехідного процесу (відкриттю VT1 і закриттю VT2 і VT3). Діод VD3 захищає транзистори у разі випадкової зміни полярності джерела живлення. Резистор R2 обмежує струм магнітоелектричного датчика.

На рис. 3.27 наведена система запалювання німецької фірми «Bosch» з безконтактним генераторним датчиком. Транзистори VT1 і VT2 створюють моностабільний мультивібратор, транзистор VT3 підсилює сигнал, а транзистор VT4 перемикає первинне коло. При стійкому стані мультивібратора база-емітер транзистора VT1 з'єднано, і він закритий, а транзистори VT2, VT3 та VT4 проводять струм, оскільки є протікання струму керування по колу: «+» акумулятора – замок запалювання S – резистор R5 – діод VD3 – база-емітер VT2 – база-емітер VT3 – маса автомобіля. При відкритому транзисторі VT3 є і струм керування VT4 по колу: «+» акумулятора – замок запалювання S – емітер-база – VT4 – резистор R7 – колектор-емітер VT3 – маса. Якщо транзистор VT4 відкрито, то струм протікає і через первинну обмотку котушки запалювання: «+» акумулятора – замок запалювання – емітер-колектор VT4 – додатковий резистор $R_{д2}$ – первинна обмотка котушки запалювання – маса.

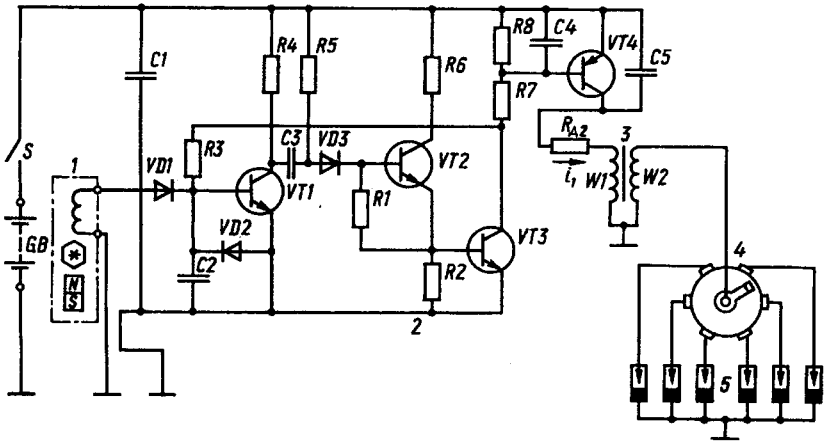


Рис. 3.27. Схема транзисторної системи запалювання фірми «Bosch» із керуванням безконтактним датчиком:
1 – магнітоелектричний датчик; 2 – транзисторний комутатор;
3 – котушка запалювання; 4 – розподільник; 5 – свічки запалювання

Із подачею на базу транзистора VT1 позитивного потенціалу, що виробляє генераторний датчик, моностабільний мультивібратор перемикається. Транзистор VT1 відкривається, а транзистори VT2, VT3 та VT4 закриваються, струм у первинній обмотці котушки запалювання припиняється, а у вторинній виникає ЕРС високої напруги. Цей стан зберігається доти,

доки напруга конденсатора С3, що заряджається через резистор R5, досягає значення, потрібного для відкриття транзистора VT2. При цьому мультивібратор повертається у вихідне положення. Резистор R6 призначений для прискорення процесу перемикання. Діод VD1 відсікає негативний півперіод датчика, що не використовується для керування. Складений транзистор VT3–VT4 потрібен через значний струм керування силового транзистора, оскільки регулювання значного струму керування бази за допомогою лише подільника напруги незадовільне за потужністю та нагріванням.

Розглянуті вище дві безконтактні системи запалювання мають вади, оскільки не передбачають обмеження амплітуди струму первинного кола. В них амплітуда високовольтного імпульсу на вторинній обмотці котушки запалювання, як і в контактній системі, залежить від частоти обертання двигуна, а також від напруги в бортовій мережі.

На зміну таким комутаторам (з нерегульованою амплітудою первинного струму) прийшли комутатори, в яких струм заряду індуктивності, тобто час проходження струму через первинну обмотку, підтримується постійний в заданих межах шляхом керування часом відкритого стану вихідного транзистора. Це захищає вихідний транзистор комутатора від перевантажень по струму, а також стабілізує амплітуду струму заряду при зміні напруги в бортовій мережі. Вихідна напруга U_{2max} при цьому також стабілізується.

Так, на передньоприводних автомобілях ВАЗ-2108, -2109, -1111 та ЗАЗ-1102 встановлено безконтактну систему запалювання, яка містить транзисторний комутатор 36.3734 та датчик-розподільник 40.3706.

Принципову схему транзисторного комутатора цієї системи запалювання зображено на рис. 3.28, а діаграму, яка пояснює принцип дії роботи, – на рис. 3.29.

Комутатор містить:

– вхідний інвертор, виконаний на транзисторі VT1;

– вузол захисту від проходження струму в котушці запалювання у випадку замкнених контактів вимикача запалювання і непрацюючого двигуна; виконаний на підсилювачі DA1.1;

– обмежувач струму, виконаний на підсилювачі DA1.4 та резисторах R36 і R37;

– вихідний підсилювач, виконаний на транзисторах VT3 і VT4;

– стабілізатор напруги живлення, виконаний на резисторі R30 і стабілітроні VD4;

Якщо колінчастий вал обертається, то з датчика Холла (точка α на рис. 3.28) до бази транзистора VT1 надходять імпульси прямокутної форми (діаграма α на рис. 3.28). Транзистор VT1 інвертує імпульси, що надійшли, формуючи на виході (див. точку б на рис. 3.28) сигнал *б* (див. діаграму б на рис. 3.28), який служить для заряджання інтегратора, складеного на підсилювачі DA1.2.

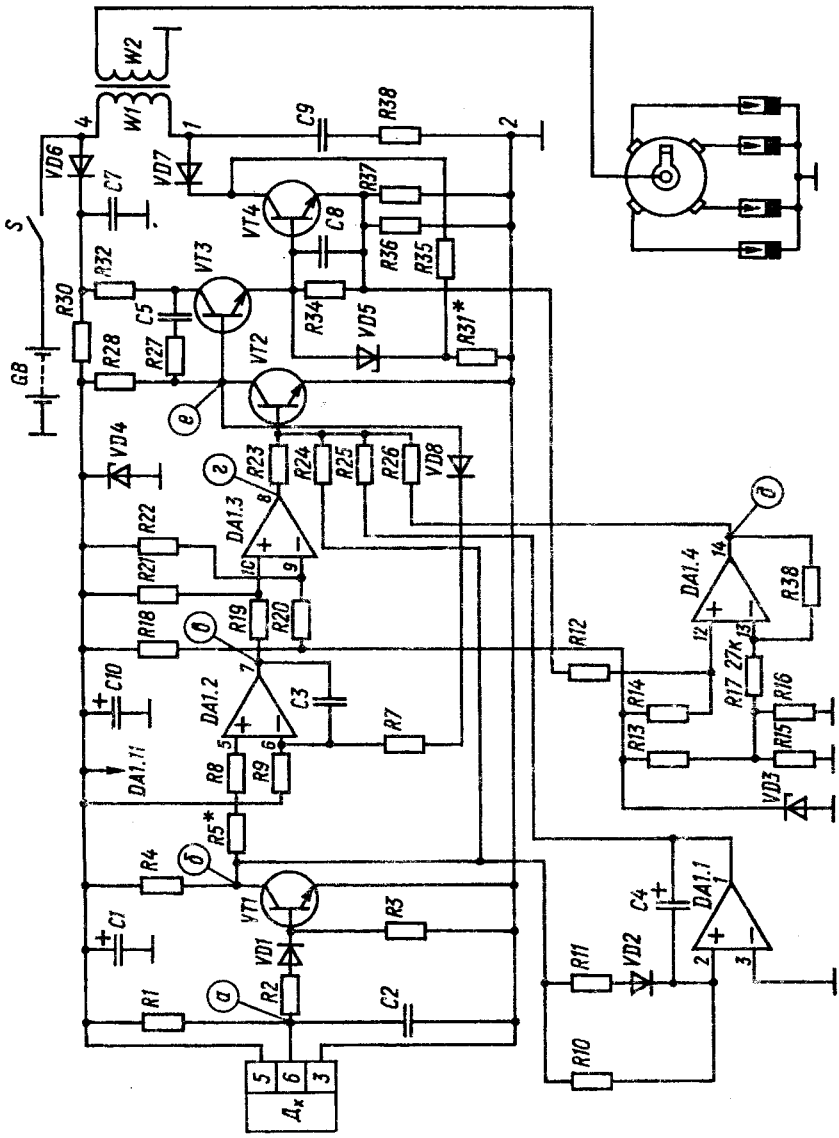


Рис. 3.28. Електрична схема комутатора 36.3734 безконтактної системи запалювання з напівпровідниковим датчиком Холла

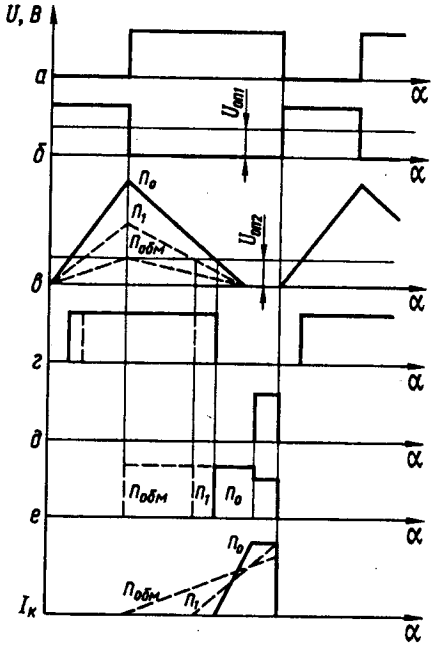


Рис. 3.29. Діаграма принципу роботи безконтактної системи запалювання з датчиком Холла

Увімкнення в коло зворотного зв'язку підсилювача конденсатора С3 забезпечує лінійний характер зарядного процесу. До другого входу інтегратора із подільника напруги R28–R7–R9 надходить опорний сигнал, знак якого протилежний знаку сигналу *б*. Поки з інвертора до входу інтегратора надходить сигнал *б*, конденсатор заряджається. Максимальний рівень напруги заряду залежить від параметрів кола R4–R5–R8–C3. Резистор R5 є наладнаним під час регулювання максимального рівня напруги заряду. Процес розряджання визначає коло R28–R7–R9–C3, параметри якого добирають так, щоб воно закінчилося раніше, ніж надійде новий керувальний сигнал *б* для заряджання.

Сигнал з інтегратора (див. точку *в* на рис. 3.28) через резистор R19 надходить до входу компаратора, виконаного на підсилювачі DA1.3, де він порівнюється з опорним сигналом $U_{оп2}$, що його задають резистори R18 та R20. У момент, коли сигнал з інтегратора перевищить сигнал $U_{оп2}$ (див. діаграму *в* на рис. 3.29), на виході компаратора (див. точку *г* на рис. 3.28) з'являється прямокутний сигнал *г* (див. діаграму *г* на рис. 3.29).

Сигнал *г* із компаратора надходить до входу схеми порівняння, яка складається з транзистора VT2 і резисторів R23, R24, R25 та R26. До цього самого входу через резистор R24 надходить сигнал *б* з інвертора. Ці сигнали формують початок і кінець сигналу *е* на виході логічної схеми. Тривалість сигналу *е* визначає час відкритого стану вихідного транзистора VT4. Поки сигнал *б* або *г* надходить до бази транзистора VT2, він відкритий, а потенціал у точці е (див. рис. 3.28) дорівнює нулю, оскільки вона через колектор-емітер відкритого транзистора VT2 з'єднана з корпусом. Якщо керувальні сигнали зникають, то транзистор VT2 закривається і на базі транзистора VT3 через резистор R30 та R28 з'являється керувальний сигнал *е*.

Сигнал *е* відкриває вихідний каскад VT3–VT4, внаслідок чого наростає струм $I_к$ у первинному колі котушки запалювання (див. діаграму $I_к$ на рис. 3.29). Якщо струм у первинному колі досягає граничного значення,

наприклад, за малих частот обертання або ж при замиканні на масу, то починає працювати схема обмеження струму. Функцію обмежувача струму виконують компаратор DAI.4 і резистори R36 та R37, увімкнені паралельно, із сумарним опором 0,05 Ом. Зростаючий первинний струм, проходячи по резисторах R36 і R37, створює на них спад напруги, рівень якої компаратор DAI.4 порівнює з опорною напругою $U_{оп3}$, яку визначають подільник напруги R18–R13–R15 і резистор R17. Опорна напруга $U_{оп3}$ відповідає заданому струму обмежувача. Щоб опорну напругу задати точніше, паралельно резистору R15 увімкнено налагоджувальний резистор R16. Коли напруга, яка надходить з резисторів R36 і R37 через резистор R12 до компаратора, зрівнюється із сигналом $U_{оп3}$, спрацьовує компаратор DAI.4 і на його виході в точці *д* з'являється сигнал *д* (діаграма *д* на рис. 3.29). Поява сигналу *д* через резистор R26 на базі транзистора VT2 спричинює невелике відкриття, зменшуючи значення сигналу *е* (діаграма *е* на рис. 3.29), тобто трохи відкритий транзистор VT2 шунтує вхід (базу) транзистора VT3, зменшуючи при цьому струм бази транзистора. Це спричинює перехід транзистора VT3 з режиму насичення (повністю відкритий) на активний режим. Транзистор VT4 також переходить до активного режиму, на його переході колектор-емітер створюється спад напруги, завдяки якому фіксується заданий рівень струму первинного кола.

Вузол захисту проходження струму в котушці запалювання, коли контакти S замкнені, а двигун не працює, виготовлено з використанням підсилювача DAI.1, що є інтегратором. Коли в стані спокою з датчика Холла надходить імпульс, то транзистор VT1 відкритий не повністю, а лише на 95-96% (цього досягають співвідношенням R4 та R10), то в точці *б* імпульс незначний, і конденсатор С4 вузла захисту починає заряджатися цим струмом. Через 2–5 с на виході підсилювача формується напруга, яка, надійшовши через резистор R25 до входу транзистора VT2, відкриває цей транзистор; вимикається вихідний каскад, який знеструмлює коло котушки запалювання. Час заряджання конденсатора С4 вибирають таким (великим), щоб за мінімальної частоти обертання двигуна напруга на виході інтегратора не перевищувала 0,15 В за час, коли немає сигналу в точці *б*, що не впливає на роботу логічної схеми. З появою наростаючого фронту нового імпульсу *б* конденсатор починає розряджатися по колу резистори RIO–R11 – діод VD2. Параметри кола розряджання добирають так, щоб конденсатор С4 розряджався дуже швидко.

Час накопичення енергії у котушці запалювання регулюється так. Як видно з діаграми *в* рис. 3.29, зі збільшенням частоти обертання двигуна ($n_{обм} > n_1 > n_0$) напруга на виході інтегратора DAI.2 як функція кута повороту колінчастого вала наростає повільно. Це можна пояснити тим, що зі збільшенням частоти обертання зростає частота обертання шторок і зменшується тривалість заряджання конденсатора С3. З цієї причини у

момент переходу конденсатора С3 із режиму заряджання в режим розряджання напруга на ньому зменшується зі збільшенням частоти обертання. Отже, як бачимо з діаграми *в*, зі збільшенням частоти обертання розрядна вітка раніше (за кутом повороту) зменшується до опорної напруги $U_{оп2}$, раніше зникає сигнал *г*, з'являється сигнал *д*, відкривається вихідний каскад і починає протікати струм $I_к$ у первинному колі котушки запалювання.

Регулювання часу накопичення розпочинається від частоти обертання n_0, яка відповідає мінімальній частоті обертання колінчастого вала, до частоти $n_{обм.}$ З подальшим збільшенням частоти обертання напруга заряду конденсатора не перевищує напруги $U_{оп2}$. При цьому компаратор на підсилювачі DAI.3 блокується і сигнал *е* на виході схеми порівняння збігається за фазою з сигналом датчика *а* та інвертованим сигналом *б*.

Крім нормування часу накопичення енергії як функції частоти обертання колінчастого вала, регулюється і функція напруги живлення за рахунок увімкнення до входів компаратора DAI.3 резисторів зміщення R21 та R22. Опорний рівень компаратора також є функцією напруги живлення. Чим вищий рівень напруги живлення, тим нижчий опорний рівень компаратора DAI.3.

Схема комутатора 36.3734 містить також і додаткові елементи: діод VD7 захищає вихідний транзистор від переполюсування джерела живлення, стабілітрон VD5 захищає від імпульсів, які виникають у первинній обмотці котушки запалювання. Коли імпульс перенапруги перевищує припустимий рівень, то на подільнику R31–R35 формується напруга, за якої пробивається стабілітрон VD5. Вихідний транзистор VT4 при цьому відкривається на час дії імпульсу, а напруга, прикладена між колектором та емітером транзистора VT4, не перевищує припустимої.

Схема містить: джерело стабілізованого живлення на резисторі R30 і стабілітроні VD4; стабілізатор напруги R18–VD3 компараторів A1.3 та A1.4; діод VD6 захисту від переполюсування джерела живлення та конденсатори C1, C7 та C10 у колі живлення для захисту схеми та датчика від шкідливих імпульсів, які виникають у бортовій мережі.

Схему комутатора 36.3734 реалізовано на дискретних елементах із застосуванням спеціально розробленої мікросхеми К1401УД1, яка складається з чотирьох підсилювачів. Як вихідний використано спеціально розроблений транзистор КТ848А. Комутатор має шість робочих виводів: три виводи призначені для приєднання до датчика і по одному – до корпуса автомобіля, котушки запалювання і для живлення комутатора.

Більш досконалою являється конструкція комутатора 3620.3734, в якому забезпечується висока точність підтримки параметрів струму первинної обмотки при різних дестабілізуючих факторах (нестійка робота двигуна, перехідні процеси двигуна, старіння радіоелементів і т.д.) це досягається за рахунок адаптивного регулювання часу проходження струму

через первинну обмотку котушки запалювання. Схема комутатора забезпечується наявністю стабілізуючого зворотнього зв'язку між виходом та входом вихідного транзистора.

З комутаторами 36.3734 та 3620.3734 працює котушка запалювання 27.3705, яка має коефіцієнт трансформації 82; опір первинної обмотки 0,45 Ом, вторинної 4,5 кОм, індуктивність L1=3,75 мГн, L2=23,5 мГн.

3.8. Цифрові та мікропроцесорні системи запалювання

Найважливіший фактор, який визначає потужність двигуна, його паливну економічність та токсичність відпрацьованих газів, – це його робота при оптимальних кутах випередження запалювання на всіх режимах. Механічні регулятори випередження запалювання, що застосовуються в класичних та електронних системах запалювання, не можуть забезпечити необхідні параметри регулювання в усьому діапазоні роботи двигуна. Рухомі частини регулятора у процесі роботи спрацьовуються, а отже, неминучі люфти в сполучних деталях, які створюють нестійкість моменту запалювання (асинхронізм) за кутом повороту колінчастого вала.

Через те, що паливно-повітряна суміш між циліндрами двигуна розподіляється нерівномірно, найвигідніший момент запалювання також має бути різним для різних циліндрів, а цього існуючі системи запалювання врахувати не можуть. Крім того, нестійкість моменту запалювання не дає змоги задовольнити всезростаючі вимоги щодо токсичності відпрацьованих газів, а тому потрібно застосовувати спеціальні системи рециркуляції відпрацьованих газів чи каталітичні окислювачі.

Іще одна обставина є принциповою вадою всіх раніше розглянутих систем запалювання. Це наявність високовольтного розподілу іскор по циліндрах за допомогою ротора, що знаходиться в кришці розподільника, оскільки комутація та передача високої напруги реалізується через електричну іскру. Це, крім значних витрат енергії, призводить до вигорання контактів в ізоляційній кришці розподільника і, як наслідок, до асинхронізму іскор на 2-3° між виводами розподільника.

Подальше вдосконалення автомобільних систем запалювання пішло шляхом усунення цих недоліків. На заміну розглянутих раніше систем прийшли нові системи запалювання четвертого покоління – це системи з електронно-обчислювальними пристроями керування і без високовольтного розподілу енергії по свічках циліндрів.

Цифрові та мікропроцесорні системи запалювання мають три принципові відмінності від попередніх систем, а саме:

1 – блоки керування (контролери) є електронно-обчислювальними блоками дискретного принципу дії, виконані з застосуванням мікроелектронної технології (на універсальних, або на великих інтегральних

мікросхемах) і призначені для автоматичного керування моментом (кутом випередження) запалювання;

2 – застосування мікроелектронної технології дозволяє значно розширити функції електронного керування: стало можливим впровадження в систему запалювання бортової самодіагностики та принципів схемотехнічного резервування;

3 – вихідні каскади цих систем, як правило, багатоканальні і не мають високовольтного розподільника запалювання.

Цифровими називаються системи запалювання, які забезпечують автоматичне регулювання випередження моменту запалювання за будь-якою характеристикою залежно від частоти обертання та навантаження двигуна, режимів його роботи і температури, а також складу робочої суміші, за допомогою електронного цифрового блока (контролера). У випадку спрацювання деталей у процесі експлуатації ці системи не потребують обслуговування та регулювання. Параметри системи 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 блок пам'яті.

Мікропроцесорними називаються цифрові системи запалювання, які для опрацювання інформації використовують мікропроцесор або мікро-ЕОМ. 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.

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 L 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 ω колінвала) в електричний сигнал (в частоту проходження електричних імпульсів). Друга половина – зубчастий диск.

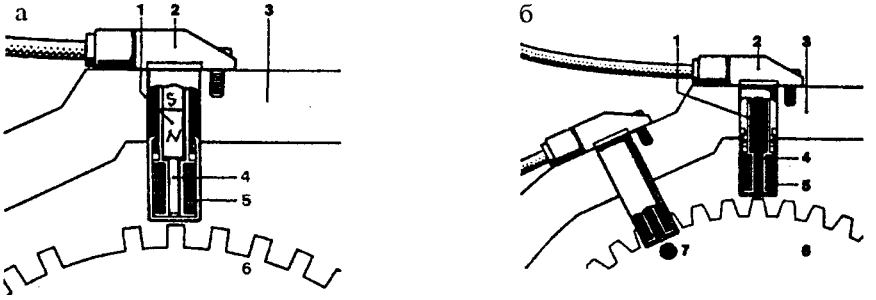


Рис. 3.30. Індуктивні датчики:
А – датчик частоти колінчастого вала з функціями ДКІ та ДПВ;
Б – датчики ДКІ та ДПВ; 1 – постійний магніт N-S; 2 – корпус датчика;
3 – картер зчеплення; 4 – феромагнітний сердечник; 5 – котушка;
6 – зубчастий диск чи вінець маховика; 7 – штифт для ДПВ

Принцип дії індуктивного датчика ґрунтується на першому законі електромагнітної індукції і полягає в тому, що збільшення або зменшення (зміна) магнітного потоку Ф через витки *W* котушки індуктивності L викликає виникнення в них (в витках) електрорушійної сили (ЕРС).

$$E_д = W\frac{d\Phi}{dt}.$$

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.

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 «Lucas» для автомобілів «Ford» використовує датчик Холла, який вмонтовано в серійний переривач замість контактів або безконтактного переривача. Німецька фірма «Bosch» та японська «Hitachi» 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°, а решта 180° не закрито і магнітне поле потрапляє на напівпровідникову пластинку, яка виробляє ЕРС Холла. Таким чином, половину оберту датчик виробляє ЕРС, а решту півоберту – ні.

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 врівноважується 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.

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

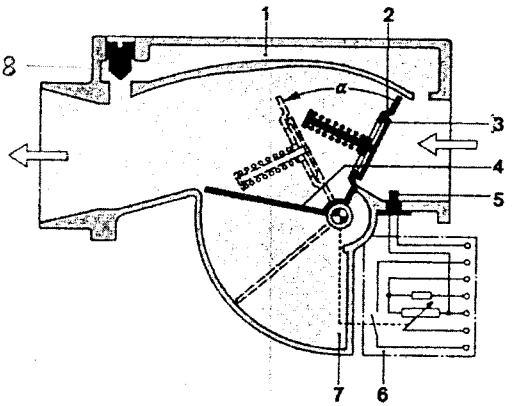


Рис. 3.31. Вихрьовий вимірювач витрати повітря:
1 – обвідний канал; 2 – повітряна заслінка витратоміра (ротаметр); 3 – клапан заслінки; 4 – заслінка демпфера; 5 – датчик температури повітря; 6 – потенціометричний датчик положення ротаметра; 7 – демпферна камера

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 1 і є вхідною інформацією для електронно-керуючого пристрою.

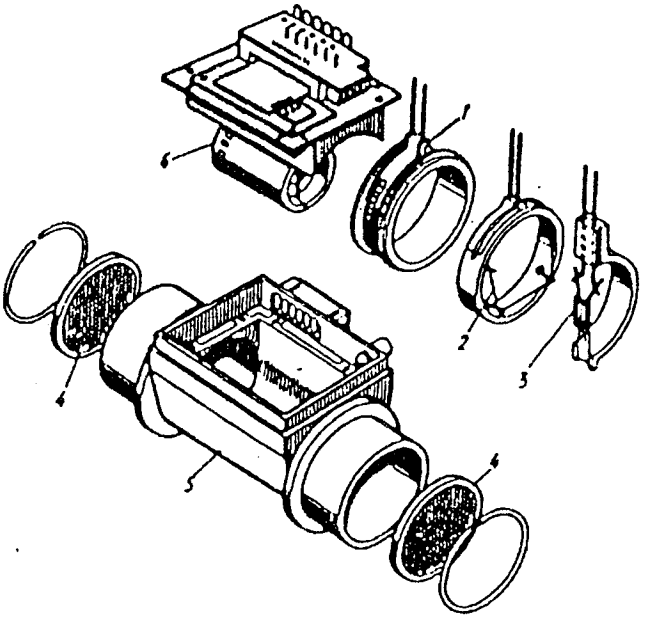


Рис. 3.32. Термоанемометричний вимірювач витрати повітря:
1 – прецизійний резистор; 2 – вимірювальний елемент;
3 – термокомпенсаційний елемент; 4 – стабілізуючі решітки;
5 – пластмасовий корпус; 6 – внутрішній вимірювальний канал

Крім розглянутих датчиків, широке застосування отримали термоанемометричні вимірювачі витрати повітря з плівковим чутливим елементом

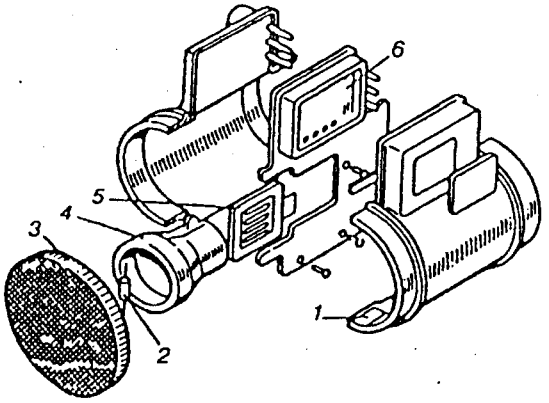


Рис. 3.33. Термоанемометричний витратомір з плівковим чутливим елементом: 1 – корпус; 2 – датчик температури повітря; 3 – стабілізуюча решітка; 4 – внутрішній вимірювальний канал; 5 – чутливий елемент; 6 – електронна схема

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 потрібному місці. У міру прогрівання двигуна омічний опір чутливого елементу такого датчика зменшується і, відповідно, зменшується спад напруги в розетці 4 електричного розняття. Температура вводиться в ЕБК як додатковий параметр, що поряд з частотою обертання і навантаженням двигуна дозволяє визначити кут випередження запалювання.

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.

Датчики температури. За допомогою цих датчиків контролюється

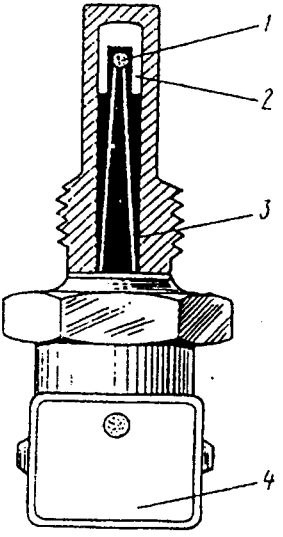


Рис. 3.34. Датчик температури охолоджуючої рідини: 1 – термістор; 2 – ізолятор; 3 – ущільнювач; 4 – електричне розняття

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

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

Напруга на вході електронної схеми підсилення пропорційна тиску інерційної маси на кварцеву пластину (п'єзоелемент):

$$U_{п.е.} = \frac{Q_z}{C + C_з} = \frac{eF_zP_z}{C + C_з},$$

де Q_z – заряд в Кл;

e – п'єзоелектрична постійна (для кварцу $2{,}1 \cdot 10^{-11}$ Кл/кг);

P_z – питомий тиск в кг/см^2;

F_z – поверхня грані прямокутної призми в см^2;

C – ємність кварцевої пластини;

$C_з$ – ємність схеми, включаючи ємність з'єднань.

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, плоскою пластиною, круглою шайбою або трубчастим циліндром, що визначається конструкцією опори та місцем прикладання зовнішнього зусилля до п'єзоелемента.

Прикладом датчика детонації може служити датчик, представлений на рис. 3.35. 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.

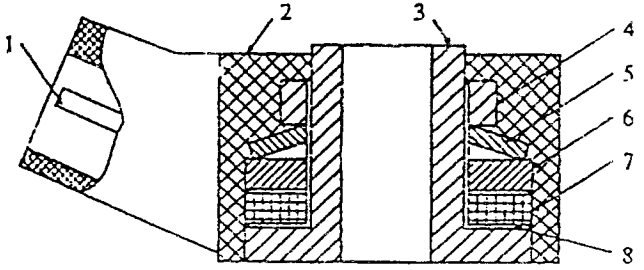


Рис. 3.35. Датчик детонації:
1 – електричний контакт; 2 – корпус; 3 – стакан; 4 – гайка; 5 – конусне притискне кільце; 6 – інерційна маса; 7 – п'єзоелемент; 8 – кільце

При роботі двигуна його деталі вібрують. Вібрація передається інерційній масі 6 датчика, яка діє на п'єзоелемент 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 посилання 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 блокові 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. Струмовивідні 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.

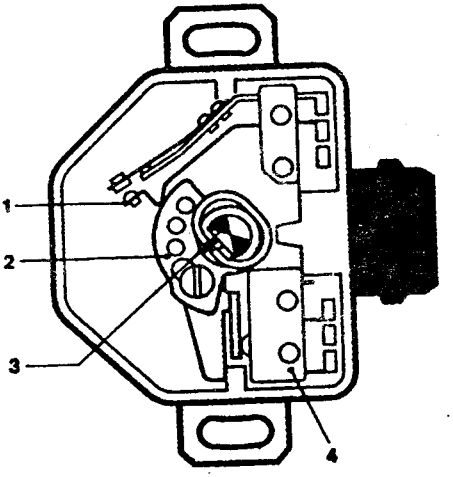


Рис. 3.36. Датчик положення дросельної заслінки:
1 – контакт повного навантаження;
2 – кулачок; 3 – вісь заслінки;
4 – контакт холостого ходу.

Основні вимоги до датчика положення дросельної заслінки: висока довговічність і стабільність сигналів при відсутності деренчання 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 кодуючим диском. Чутливість датчика може бути менше 1° 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.

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 утворять 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.

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 ходу 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.

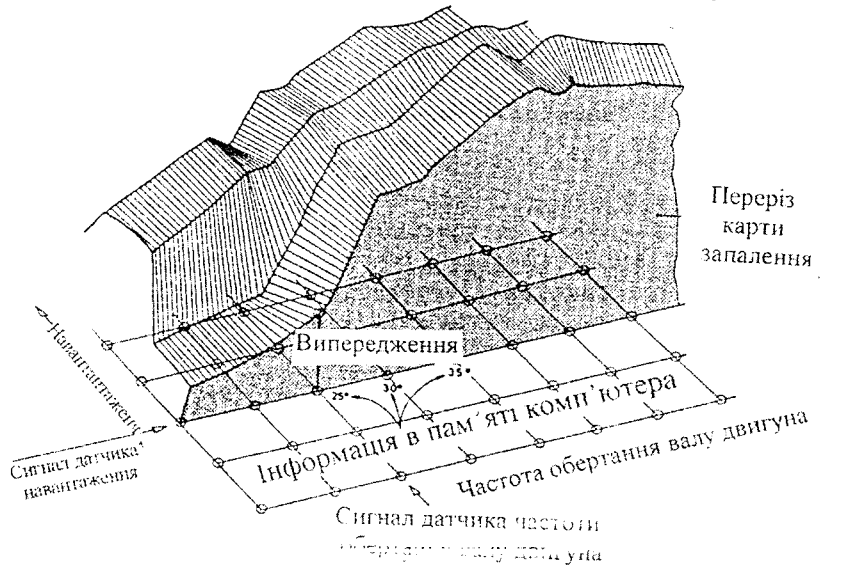


Рис. 3.37. Карта кутів випередження запалювання

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 зберігається 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 регістрації несправностей в елементах системи є регістратор несправностей, який займає частину об'єму оперативної пам'яті і представляє собою запам'ятовуючий пристрій з інтерфейсом для бортової самодіагностики. Всі регістратори несправностей зберігають інформацію і після виключення запалювання, але інформація, як і вся оперативна пам'ять,

руйнується, якщо від бортової мережі відключити акумуляторну батарею. Інформація регістраторів 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 багатовиводні (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.

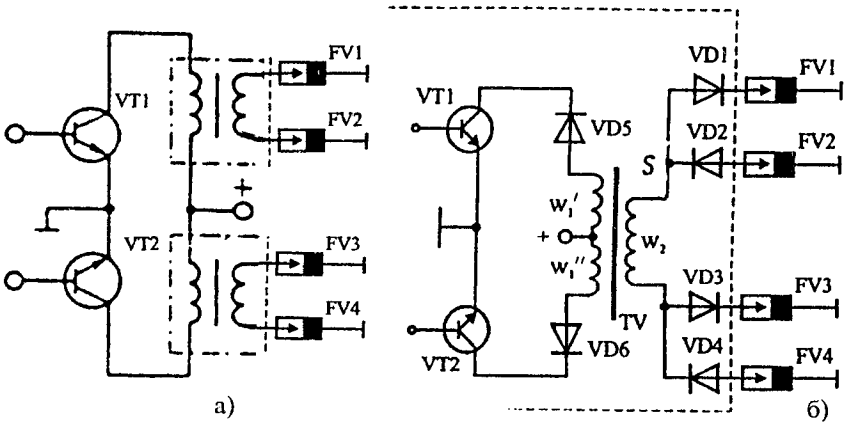


Рис. 3.38. Схеми низьковольтного розподілу іскор: а) з двома двохвивідними котушками запалювання; б) з чотирьохвивідною котушкою запалювання

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.

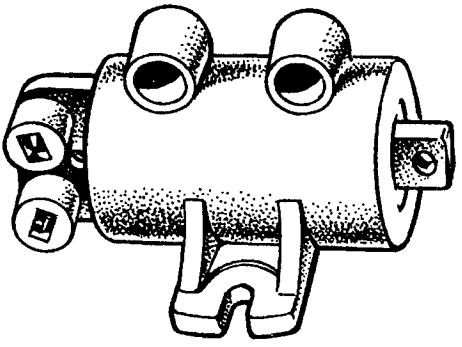


Рис. 3.39. Загальний вигляд котушки запалювання 29.3705

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.

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 направленням укладки витків в первинних обмотках. Якщо в точці S (рис. 3.38, б) напруга має позитивну полярність, відкриваються верхній та нижній діоди для свічок FV1 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 S 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 двохвивідні котушки запалювання із замкнутим магнітопроводом (рис. 3.40).

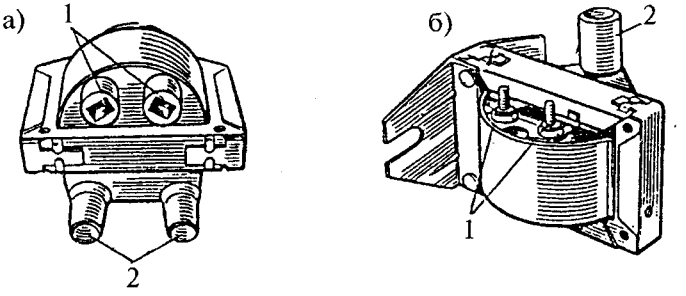


Рис. 3.40. Котушки запалювання із замкнутим магнітопроводом: а – 3009.3705; б – 3112.3705; 1 – виводи первинної обмотки; 2 – виводи вторинної обмотки

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, число витків W1 = 115; W2 = 8008. 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 магнітопровода дозволяє зменшити габарити та вагу котушки, підвищити ККД перетворення енергії, зменшити витрати обмоткового проводу та електротехнічної сталі, покращити параметри іскрового розряду.

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 Bosch.

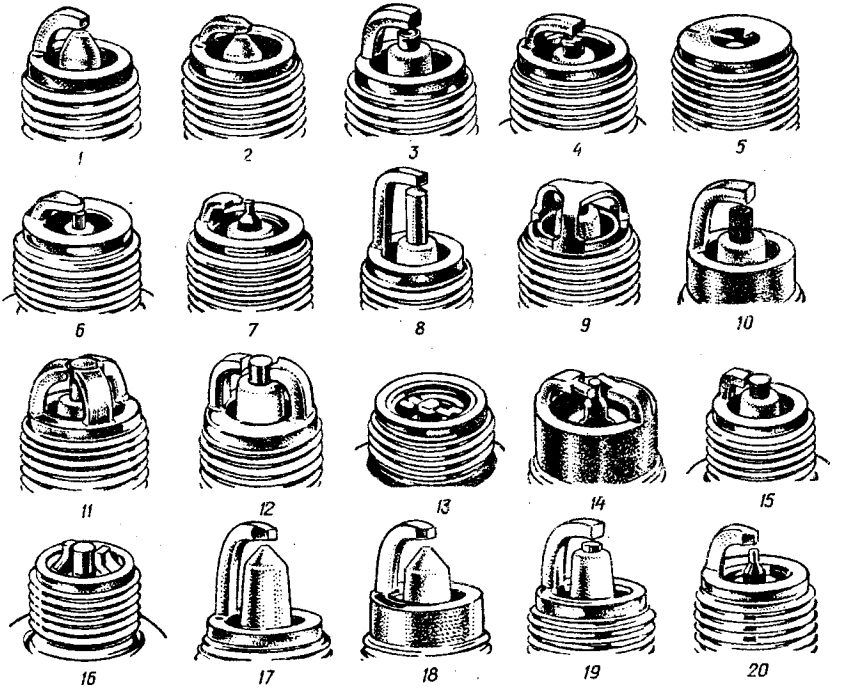


Рис. 3.41. Приклади конструкцій електродів свічок запалювання

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 сплющені 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.

Проводи 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-приглушуючим 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 імпортного 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,

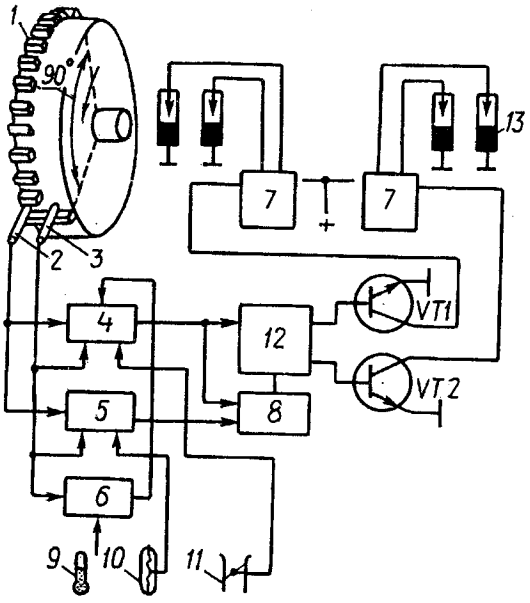


Рис. 3. 42. Принцип дії цифрової системи запалювання:
1 – вінець маховика; 2 – датчик імпульсів; 3 – датчик початкового положення; 4, 5 – лічильники; 6 – задавач часових інтервалів; 7 – котушка запалювання; 8 – блок формування сигналу вимикання каналів; 9 – датчик температури; 10 – датчик тиску; 11 –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

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 8.

Вимикач запалювання, свічки запалювання та проводи високої напруги такі самі, як і в безконтактний 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 клеми «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°.

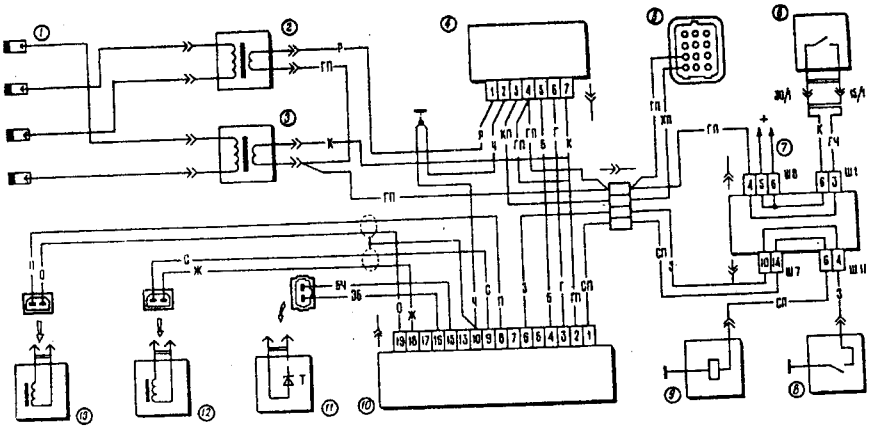


Рис. 3.43. Схема цифрової системи запалювання:
1 – свічки запалювання; 2 – котушка запалювання 2 та 3 циліндрів; 3 – котушка запалювання 1 та 4 циліндрів; 4 – комутатор; 5 – колодка діагностики; 6 – вимикач запалювання; 7 – монтажний блок; 8 – кінцевий вимикач карбюратора; 9 – електромагнітний клапан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

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$^{-1}$. 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.

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).

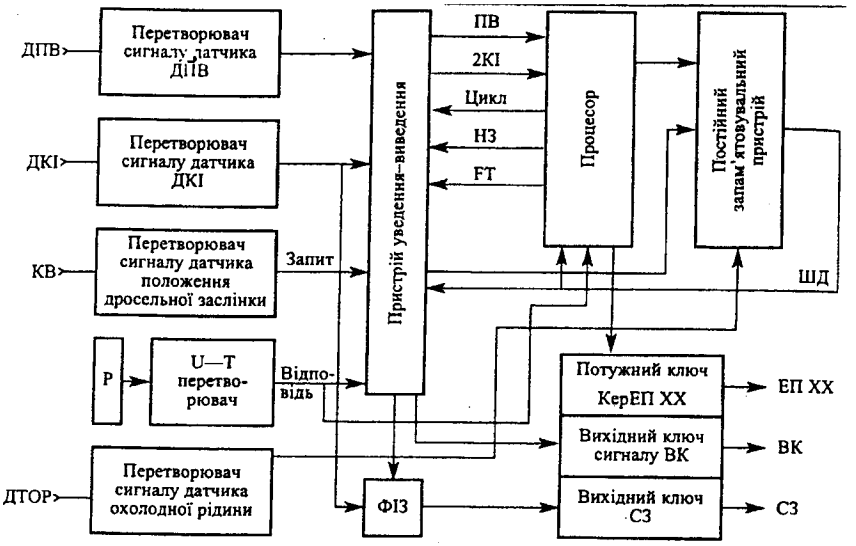


Рис. 3.44. Структурна схема контролера МС 271503: 2КІ – подвоєні кутові імпульси; ІЗ – імпульс запалювання; ДТОР – вхід сигналу від датчика температури; FT – тактова частота; UT – напруго-часовий інтервал; ШД – шина даних; СЗ – сигнал запалювання; ФІЗ – формувач імпульсів запалювання; КІ – кутові імпульси

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 (1 с) кількості подвоєних кутових імпульсів (2КІ).

Характеристика регулювання двигуна за оптимальним законом, тобто кут повороту колінчастого вала двигуна φ_1, що відстежує контролер, – це додаток до 180° (для чотирициліндрових двигунів) кута випередження

запалювання $\varphi_1 = 180° - \theta$. Він зберігається в пам'яті постійного запам'ятовуючого пристрою у вигляді таблиці 32 х 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 φ_1. Під час розрахунку подвоєних кутових імпульсів, починаючи від імпульсу, що видає ДПВ, до значення коду кута φ_1, який визначив контролер на виході процесора, формується імпульс моменту запалювання.

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

Аби підвищити точність розрахунків кута в блоці керування, використовується метод лінійної інтерполяції. Якщо значення частоти обертання відрізняється від значень, закладених у таблицю, то опорні значення кодів кутів інтерполюють за формулою:

$$\varphi_x = \varphi_1 \pm \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{n_2 - n_1}(n_x - n_1),$$

де φ_x, φ_1, φ_2 – кути повороту колінчастого вала, що відповідають поточній частоті обертання, коду частоти n_1, коду частоти n_2; n_1, n_2 – відповідно менше та більше опорне (табличне) значення частоти обертання, що близьке до коду поточної частоти обертання; n_x – код поточної частоти обертання колінчастого вала двигуна.

Інтерполяція для значень за тиском (розрідженню) виконується аналогічно.

У чотириціліндрових 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 φ_1, починає стежити за наступною половиною оберта колінчастого вала φ_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.

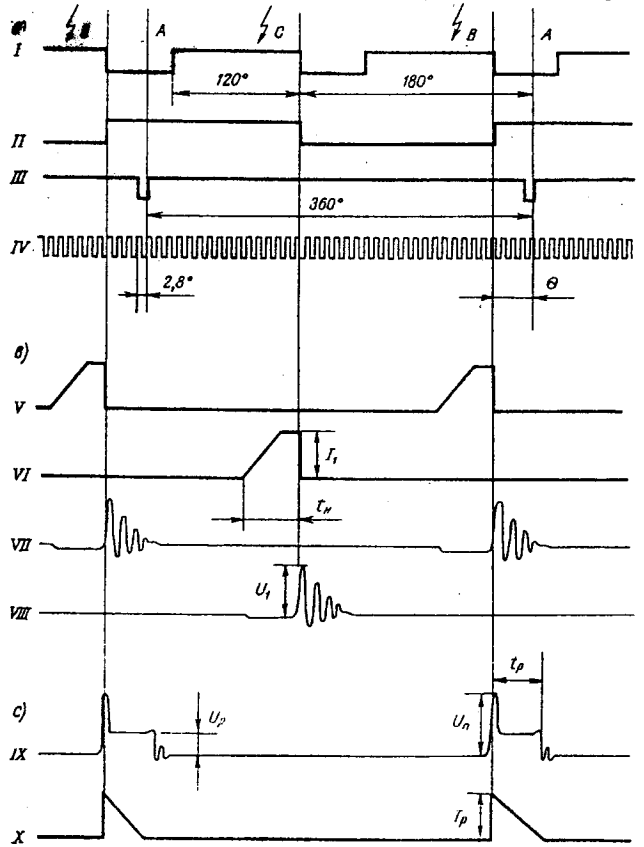


Рис. 3.45. Осцилограми імпульсів напруги та струмів, діючих на виходах контролера (а), комутатора (в) та у вторинному колі котушки запалювання (с): I – сигнал «Момент запалювання», II – сигнал «Вибір каналу»; III – сигнал «Початок відліку»; IV – сигнал «Кутові імпульси»; V – імпульси струму на виході 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; A – ВМТ 1-го і 4-го циліндрів; B – момент запалювання в 1-му і 4-му циліндрах; C – момент запалювання в 2-му і 3-му циліндрах; θ – кут випередження запалювання; I_1 і U_1 – струм і напруга в первинній обмотці котушки запалювання; $t_н$ – час накопичення струму; $U_п$ – напруга пробивання свічки; $I_р$, $U_р$ і $t_р$ – струм, напруга і час розряду між електродами свічки

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 U_{on}, котушок запалювання; комутує струм розривання потрібної сили I_p для забезпечення заданих вихідних параметрів системи запалювання; стабілізує струм розривання залежно від зміни напруги живлення мережі електропостачання; перериває протікання струму через первинне коло котушок запалювання, коли вимикач запалювання ввімкнено, а двигун не працює; робить низьковольтовий розподіл енергії між циліндрами двигуна.

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 R13 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.1 (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 U_{on2}. Вихідний сигнал компаратора ДАІ.4 надходить до логічних схем VT4 і VT5 (діаграма г).

Кут замкненого стану $a_з$, який визначає час вмикання первинного кола котушки $t_з$, утворюють дві складові: сталий кут a_1 і кут a_2, що лінійно збільшується із зростанням частоти обертання. У цьому випадку напруга заряду конденсатора С5 знижується пропорційно до частоти обертання. Регулювання $t_з$ за необхідним законом, розпочинається з частоти n_0 (початок регулювання), за якої конденсатор С5 заряджається до максимального рівня напруги джерела живлення.

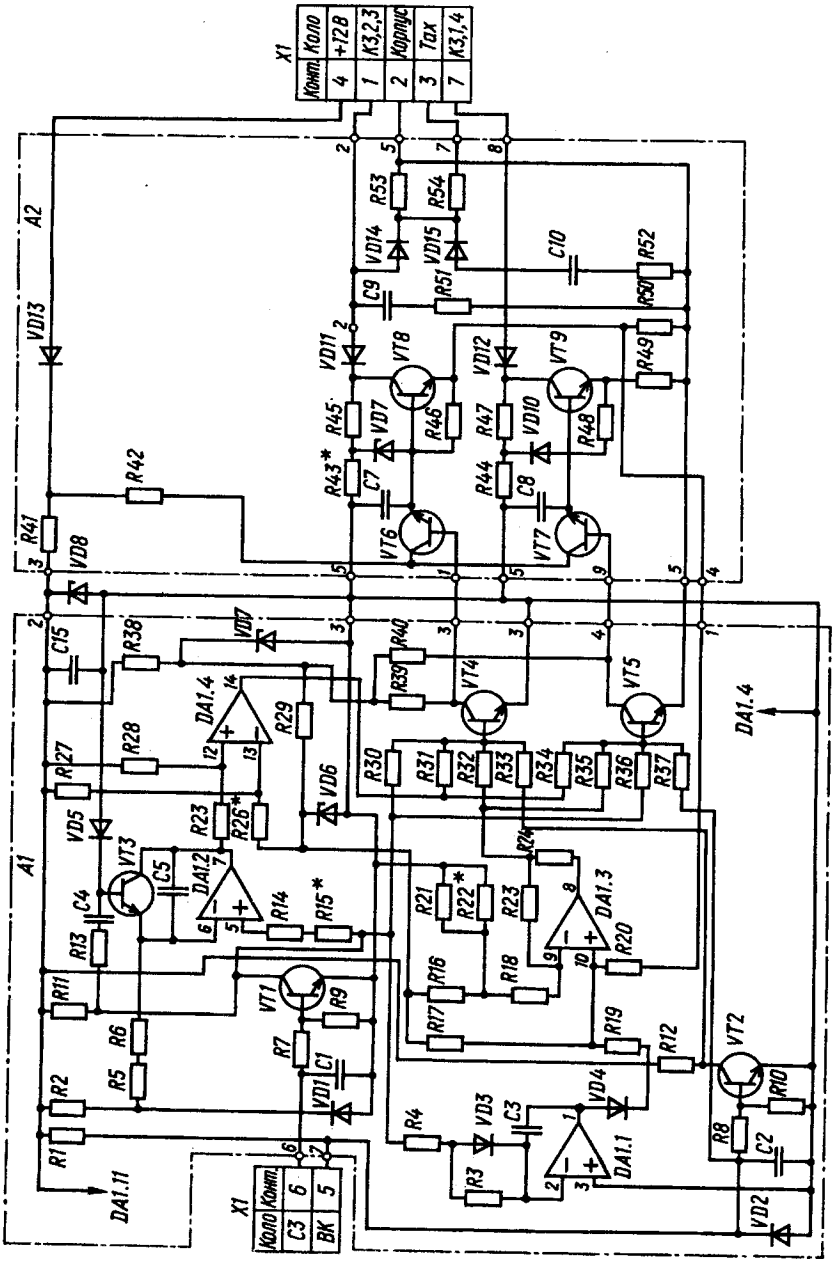


Рис. 3.46. Електрична схема двоканального комутатора 6420.3734

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

Для прискорення розряджання конденсатора С5 призначений транзистор VT3, який відкриваючись шунтує конденсатор С5. Транзистор VT3 швидко відкривається і по колу R11, R13 протікає струм, якщо конденсатор С4 заряджений. Проте розряджається він набагато швидше, ніж конденсатор С5, оскільки має значно меншу ємність.

Компаратор DAI.4 не тільки нормує час $t_з$ як функцію частоти обертання колінчастого вала за рахунок резисторів зміщення R27 та R28, 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 DAI.1. Сигнал з інвертора VT1 через резистори R4 і R3 надходить до входу інтегратора DAI.1. Тривалість інтегрування помітно перевищує тривалість проходження іскор на мінімально можливій частоті обертання колінчастого вала двигуна (50–100 хв$^{-1}$). Завдяки цьому до логічних схем VT4 і VT5 надходить практично нульовий сигнал. Якщо двигун не працює, а з контролера до входу комутатора надходить сигнал низького рівня, то транзистор VT1 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 DAI.1 сигнал лінійно зростатиме і за 2–8 с досягатиме рівня, потрібного для відкриття транзисторів VT4 або VT5, внаслідок чого протікання струму через котушку припиниться.

Вихідними каскадами VT4, VT6, VT5 і VT7, призначеними для керування силовими вихідними транзисторами VT8 і VT9, керує сигнал ВК контролера через ключовий каскад, виконаний на транзисторі VT2 (КТ342А).

Коли до бази транзистора VT2 від контролера надходить сигнал ВК, який відповідає рівню логічної одиниці, транзистор VT2 відкритий, струм через опір R33 не протікає, і транзистор VT4 закритий. Водночас відкривається транзистор VT5, оскільки до його бази через резистор R37 надходить сигнал ВК. У цьому випадку працює силовий вихідний транзистор VT8, який комутує струм у первинній обмотці котушки запалювання, що обслуговує другий та третій циліндри.

Коли сигнал ВК переходить від одиниці до нуля, транзистори VT2 і VT5 закриваються, однак відкривається транзистор VT4, оскільки через опори R12 та R33 протікає струм його бази.

Схему обмеження струму виконано на компараторі ДАІ.3. Якщо вихідні транзистори VT8 чи VT9 увімкнено, то зростаючий емітерний струм зумовлює на резисторах R49 та R50 спад напруги, який компаратор ДАІ.3 порівнює з напругою подільника R17, R26, R27. Транзистор VT4 закритий доти, доки спад напруги на R49, R50 не зрівняється з U_{on} компаратора ДАІ.3. Після цього відкривається транзистор VT4, який шунтуючи вхід VT6, зменшує вхідний струм підсилювача потужності та змінює режим роботи підсилювача VT6–VT8 чи VT7–VT9. З режиму насичення підсилювач переходить в активний режим, у цьому випадку на переході емітер-колектор транзистора VT8 або VT9 створюється спад напруги, який фіксує заданий рівень струму комутації.

Стабілітрон VD7 (VD10) разом з подільником напруги R43, R45 (R44, R47) захищає потужний вихідний транзистор VT8 (VT9) від імпульсів перенапруг, які виникають у первинній обмотці котушки запалювання. Якщо імпульсна напруга перевищує напругу пробивання стабілітрона, на подільнику R43, R45 формується імпульс, який закриває транзистор VT8 (VT9) на час дії імпульсів перенапруги, а напруга, прикладена до колектора-емітера, не перевищує припустимої. Стабілітрон VD8 і резистор R41 стабілізують напругу живлення, а VD6, R26, R27 – напругу компараторів ДАІ.4 та ДАІ.3. Діод VD3 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 (VD14. VD15. R53. R54).

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

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

– датчик частоти імпульсів G 28;
– датчик положення кулачкового вала G 40, що працює на ефекті Холла;
– датчик температури охолоджувальної рідини G 62;
– датчик G 61 контролю детонаційного згоряння;
– датчик положення дросельної заслінки J 338;
– датчик тиску і температури у впускному трубопроводі F-96;
– двохвивідні котушки запалювання з кінцевим потужнісним каскадом (N 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.

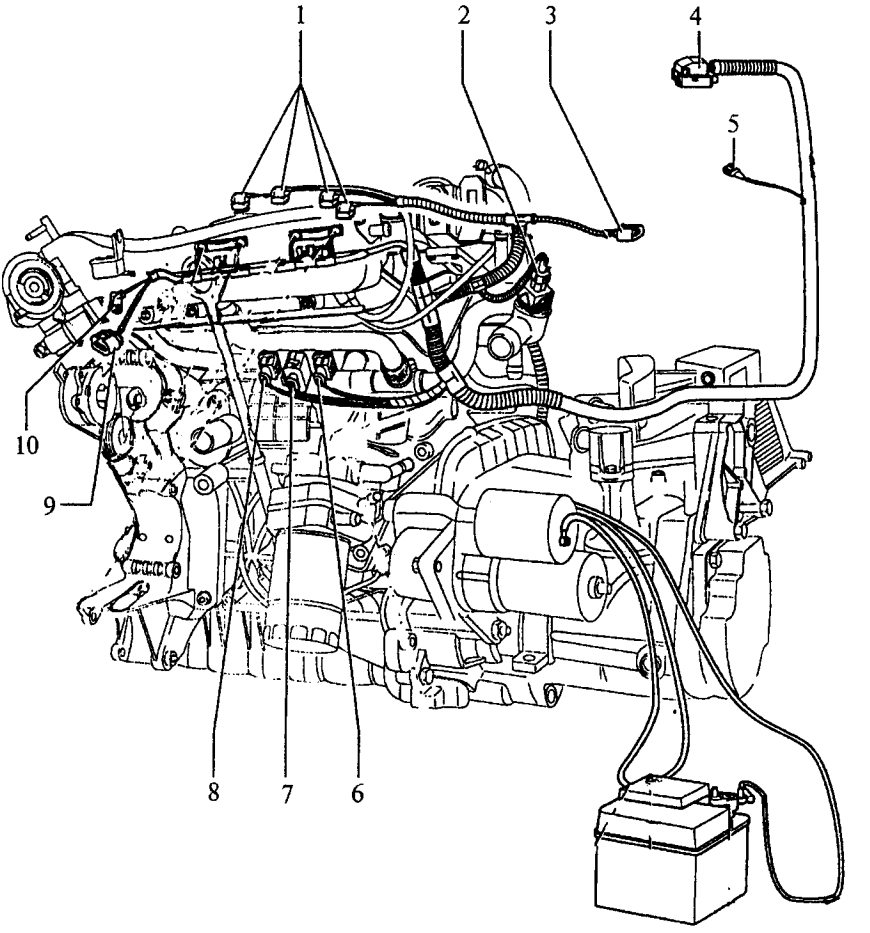


Рис. 3.47. Розташування елементів системи запалювання двигуна «Super b»: 1 – штекерні з'єднувачі для котушок запалювання; 2 – датчик температури охолоджуючої рідини; 3 – штекер датчика тахометра; 4 – багатоконтактний штекерний з'єднувач блоку керування Simos 3.2; 5 – штекер датчика тиску у впускному колекторі; 6 – датчик детонаційного згоряння 3, 4 циліндрів; 7 – датчик частоти обертів колінчастого валу; 8 – датчик детонаційного згоряння 1, 2 циліндрів; 9 – штекер датчика положення дросельної заслінки; 10 – датчик положення кулачкового вала (датчик Холла)

Керування моментом іскроутворення здійснюється в цій системі на основі обчислених мікропроцесором оптимальних значень кута випередження запалювання, відповідних швидкості обертанню 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 G 28 (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 G 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.

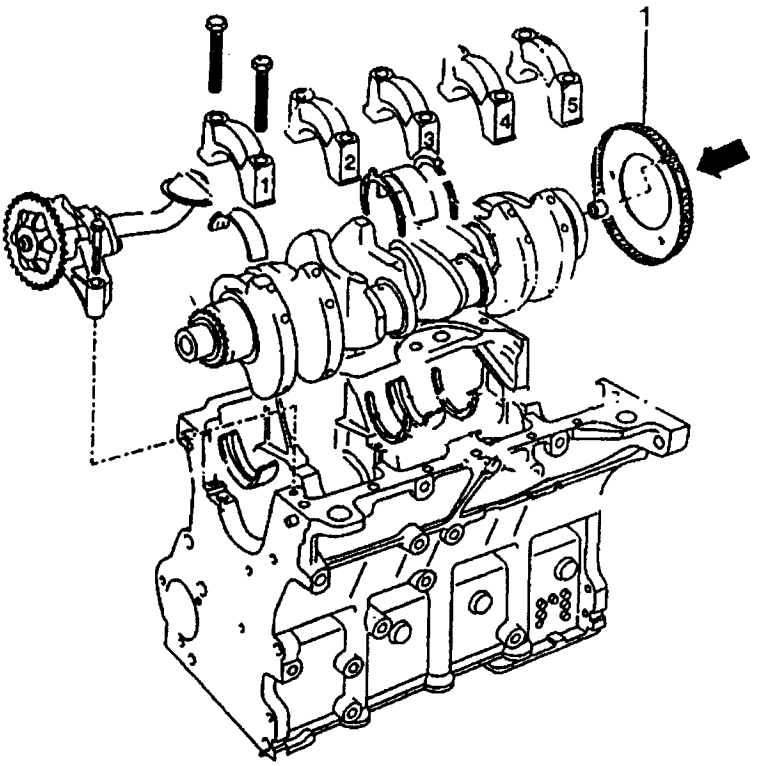


Рис. 3.48. Розташування імпульсного колеса на двигуні

Датчики детонаційного згоряння пального. На боковій поверхні блоку циліндрів двигуна «Super b» встановлено два датчики детонаційного згоряння пального: G 61 та G 66 (див. поз. 6 та 8 на рис. 3.47 або поз. 5 та 7 на рис. 3.49). Перший з них контролює детонаційне згоряння в 3, 4, а другий – в 1, 2 циліндрах. Для припинення детонаційного згоряння мікропроцесор зменшує кут випередження запалювання для кожної пари циліндрів з 15° до 2° з кроком 0,5°, 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.

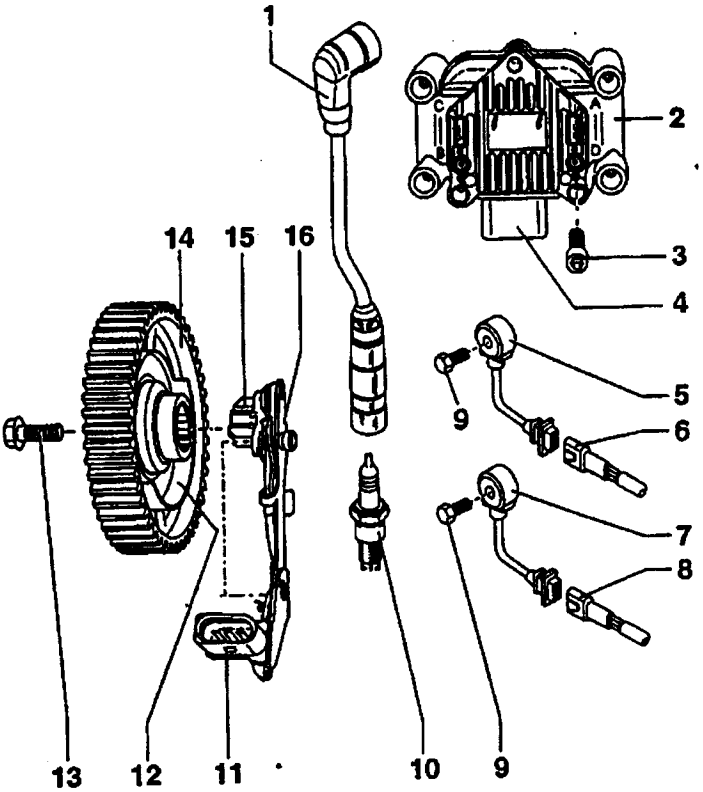


Рис. 3.49. Елемент мікропроцесорної системи запалювання: 1 – провід високої напруги з завадопоглинаючим резистором та наконечником для свічки; 2 – двохвиводні котушки запалювання високої напруги зі штекерними з'єднувачами; 4; 5 – датчик детонаційного згорання G 61 3 та 4 циліндрів; 7 – датчик детонаційного згорання G 66 1 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

3.9. Система запалювання з накопиченням енергії в конденсаторі

Системи запалювання, де енергія для іскрового розряду накопичується в конденсаторі, а в якості силового реле служить тиристор, часто називають тиристорними. У цих системах котушка запалювання не накопичує енергію, а лише перетворює напругу.

Ці системи запалювання застосовують здебільшого на потужних і високооборотних двигунах, оскільки швидкість наростання вторинної напруги в них приблизно в 10 разів більша, ніж у класичних чи транзисторних системах запалювання. Тому пробивання іскрового зазору свічки надійно забезпечено навіть тоді, коли ізолятори свічки забруднені й покриті нагаром. Завдяки цьому тиристорні системи запалювання не чутливі до втрат струму через забруднений ізолятор свічки. Сила струму під час іскрового пробивання запалювання велика, а тривалість розряджання порівняно мала (не більше 300 мкс).

Як приклад розглянемо тиристорну систему запалювання з імпульсним накопиченням енергії у конденсаторі (рис. 3.50). Система складається з транзистора VT1, що працює в режимі ключа; підвищуючого трансформатора TV із замкнутим магнітопроводом; накопичувального конденсатора C1 та котушки запалювання 3. Увімкненням вимикача S і при розімкнутих контактах переривача 2 транзистор VT1 переходить у відкритий стан. Струм бази протікає від батареї 1 через резистори $R_{дод}$, R1 та R2 на базу-емітер і на масу. Через відкритий транзистор протікає струм по первинній обмотці трансформатора: «+» акумулятора – додатковий резистор $R_{дод}$ – первинна обмотка W1 – колекторно-емітерний перехід транзистора VT1 – маса. В трансформаторі створюється магнітне поле.

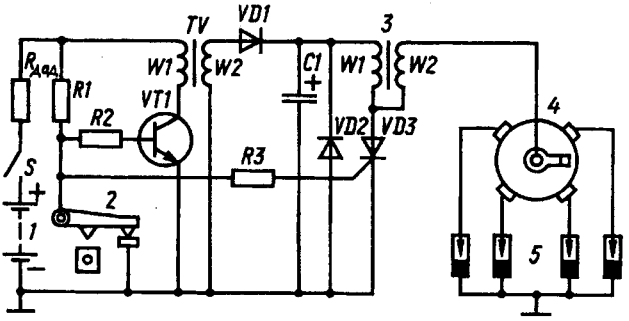


Рис. 3.50. Принципова схема тиристорної системи запалювання: 1 – акумуляторна батарея; 2– переривач; 3 – котушка запалювання; 4 – розподільник; 5 – свічки запалювання

Коли контакти переривача замикаються, то вони шунтують коло бази транзистора, і він закривається, внаслідок чого струм в первинній обмотці трансформатора припиняється, а у вторинній обмотці трансформатора W2 виникає ЕРС, яка через діод VD1 заряджає конденсатор C1 до 200–400 В. Тиристор VD3 у цей час закритий, оскільки його коло керування шунтоване контактами переривача 2.

Із розмиканням контактів переривача 2 з'являється струм керування тиристора. Від батареї 1 через резистори $R_{дод}$, R1 та R3 струм потрапляє

на керуючий електрод, і тиристор VD3 проводить струм. Конденсатор C1 розряджається через первинну обмотку W1 котушки запалювання 3. В обмотці W2 індукується імпульс високої напруги.

У розглянутій тиристорній системі запалювання можна здобути більш високу швидкість зростання вторинної напруги U_{2m}, що зменшить вплив забруднення на неї. Крім цього, в розглянутій системі запалювання напруга U_{2m} може бути практично незмінною зі зміною числа обертів від пускових до максимальних, оскільки конденсатор встигає повністю зарядитися на всіх режимах роботи двигуна.

На автомобілях «Mersedes-Benz», «Porche», «Alfa Romeo» застосовується контактно-тиристорна система запалювання німецької фірми «Bosch» (рис. 3.51). Системи запалювання з накопиченням енергії в ємності можуть бути і безконтактними.

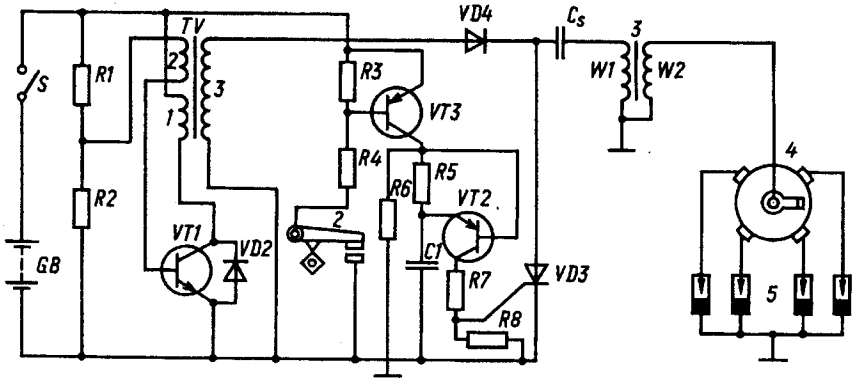


Рис. 3.51. Принципова схема контактно-тиристорної системи запалювання фірми «Bosch»:
1 – транзисторний комутатор; 2 – переривач; 3 – котушка запалювання; 4 – розподільник; 5 – свічки запалювання

Після вмикання замка запалювання S транзистор VT1 відкривається, бо з подільника напруги, складеного з резисторів R1, R2, до бази транзистора надходить відкривальний позитивний потенціал. Збільшуючись, колекторний струм транзистора протікає через обмотку 1 трансформатора TV, а в обмотці 2 внаслідок цього індукується вторинна напруга, яка збільшує позитивну перенапругу бази транзистора VT1 та прискорює зростання колекторного струму. Проте колекторний струм збільшується лише до певного рівня (границі насичення), до того ж в обмотці 2 індукується негативна напруга і транзистор закривається. Після зникнення закривального імпульсу транзистор знову відкривається і процес повторюється. Завдяки трансформаторному зворотному зв'язку транзистор VT1 постійно працює в режимі «включено-виключено». У цьому випадку

колекторна напруга змінюється між позитивною напругою живлення і незначною залишковою напругою транзистора, тобто на виході цього каскаду виникають прямокутні імпульси.

У цій схемі транзистор VT1 працює в релейному режимі, а тому постійна напруга на пульсуючу перетворюється з великою ефективністю. Стабільність частоти так званого однотактного запірного осцилятора невисока, проте ця вада не принципова. Трансформаторний зворотний зв'язок одночасно дає змогу дістати змінну напругу, достатню для заряджання накопичувального конденсатора. Цього досягають за допомогою обмотки 3 трансформатора TV, а діод VD2 випрямляє отриману в неї на виході змінну напругу. У цій схемі постійна зарядна напруга конденсатора становить близько 450 В.

Після замикання контактів переривача 2 до бази транзистора VT3 надходить негативний потенціал і транзистор VT3 починає пропускати струм. У цьому випадку колекторний струм цього транзистора протікає через резистор R5 і заряджає конденсатор C1, напруга якого прикладається до бази-колектора транзистора VT2. Тому, коли конденсатор заряджається, база транзистора VT2 одержує додатковий потенціал, внаслідок чого він закривається.

Після розмикання контактів переривача 2 розривається негативний потенціал бази і транзистор VT3 закривається. Внаслідок цього до бази транзистора VT2 через резистор R6 знову надходить негативний потенціал і транзистор відкривається. Конденсатор C1 розряджається через відкритий перехід емітер-колектор транзистора VT2, і до керувального електрода тиристора VD3 надходить керувальний імпульс, а обкладки накопичувального конденсатора Cs замикаються накоротко через тиристор VD3. Якщо струм, який протікає через тиристор VD3, зменшується до нуля, то він закривається, конденсатор Cs знову заряджається і процес повторюється.

Досить складна система керування тиристором (рис. 3.51) запобігає несприятливому впливу імпульсів перешкод, зумовлених деренчанням контактів. Якщо після замикання контактів переривача вони через відскакування рухомого контакта розмикаються, то транзистор VT3 на короткий час відкривається, проте напруга конденсатора C1 на цей час ще не встигає досягти рівня, здатного спричинити запалювання тиристора. Це означає, що створене коло, яке складається з елементів CI, R5, переважає в часі між замиканням контактів переривача і розмиканням внаслідок деренчання рухомого контакта. Із вмиканням замка запалювання конденсатор Cs заряджається, тому регулювати та перевіряти запалювання потрібно дуже обережно.

В системах запалювання з накопиченням енергії в конденсаторі котушка запалювання виконує функцію лише підвищуючого імпульсного трансформатора, її габарити при цьому можуть бути значно зменшені.

Це дозволяє виготовляти індивідуальні котушки запалювання для кожної свічки і монтувати їх безпосередньо на свічках. Для цієї системи не потрібні високовольтні проводи, котрі є джерелом радіоперешкод. Крім того, виключається «холоста» іскра.

3.10. Система запалювання від магнето

Системи запалювання пускових двигунів потужних тракторних дизелів є автономними, а робоча бензиново-повітряна суміш в них запалюється від магнето. В магнето конструктивно об'єднані генератор змінного струму низької напруги зі збудженням від постійних магнітів, трансформатор та переривач з розподільником. Іскрове запалювання від магнето не потребує стороннього джерела електричної енергії.

За конструкцією та способом виконання магнітної системи існуючі магнето суттєво відрізняються між собою, однак принцип дії всіх магнето однаковий.

Принцип дії магнето такий. При обертанні двополюсного магніта між полюсами осердя індукційної котушки в замкнутому магнітопроводі наводиться магнітний потік, який змінюється за величиною і напрямком (рис. 3.52).

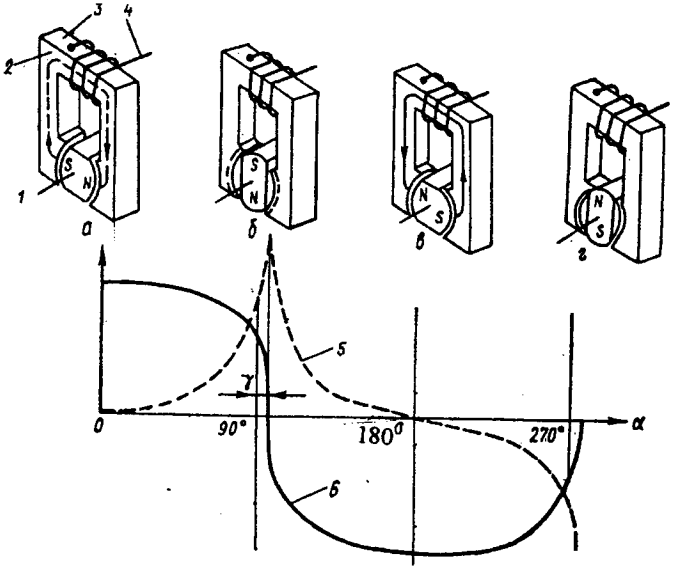


Рис. 3.52. Принципова схема і графік зміни магнітного потоку та ЕРС в первинній обмотці:
1 – магнітні полюси ротора; 2 – магнітопровід; 3 – осердя індукційної котушки; 4 – первинна обмотка; 5 – ЕРС в первинній обмотці; 6 – магнітний потік в осерді; а – кут обертання магніта

При цьому в обмотках котушки збуджується змінний струм, напруга якого залежить від частоти обертання магніта і кількості витків в первинній та вторинній обмотках. У первинній обмотці ефективне значення напруги становить 15-20 В, вторинній – 1000-1500 В. Але для живлення запальних свічок напруга повинна бути 15000-25000 В. Щоб одержати таку напругу, використовують явище трансформації. В певний момент, коли струм первинної обмотки буде найбільшим і досягатиме 5 А, коло первинної обмотки розмикається переривником, що призводить до зміни магнітного потоку в магнітному контурі, а отже, і в осерді індукційної котушки. В результаті у вторинній обмотці тепер вже збуджується електричний струм високої напруги (15000-25000 В), який і направляється до запальних свічок. Отже, величина напруги залежить від інтенсивності магнітного потоку в осерді і кількості витків в обмотках:

$$E_1 = -W\frac{d\Phi}{dt},$$

де W_1 – кількість витків первинної обмотки;

Ф – магнітний потік.

Велична магнітного потоку і значення ЕРС у первинній обмотці залежать від положення магніту між полюсами осердя індукційної котушки. У початковому положенні і орієнтації магнітних полюсів (див. рис. 3.52, а) магнітний потік найбільший, що призводить до зростання ЕРС в первинній обмотці. При повороті двополюсного магніта на кут 90° від горизонтального положення магнітний потік спадає, а ЕРС в первинній обмотці досягає найбільшої величини. При цьому первинний струм досягає також найбільшого значення. Саме в цей момент переривник і розмикає коло первинної обмотки і при зникненні магнітного поля у вторинній обмотці індукуються імпульси високої напруги (див. рис. 3.52, в).

Кут, що визначає положення ротора магнето в момент розмикання контактів переривача, називається абрисом магнето. Найвигіднішу величину абриса визначають експериментальним шляхом і для магнето різних типів вона неоднакова. При неправильній установці абриса сила струму знижується і, як наслідок, зменшується U_{2max}. При значному відхиленні абриса від найвигіднішого значення магнето не буде пробивати іскровий проміжок свічки. В такому разі необхідно встановити абрис відповідно до інструкції заводу-виробника.

При подальшому провертанні двополюсного магніта на кут 180° (рис. 3.52, в) магнітний потік знову досягає максимальної величини, але в результаті зміни положення полюсів напрям його буде протилежним і на графіку він розміщується нижче осьової лінії. Далі процес повторюється. При повороті двополюсного магніта на кут 270° (див. рис. 3.52, г) магнітний потік зменшується, а значення ЕРС у первинній обмотці досягає

найбільшої величини, переривник розмикає коло первинної обмотки і у вторинній індукуються імпульси високої напруги.

Паралельно до первинної обмотки увімкнено конденсатор, який зменшує іскріння контактів і, крім того, поліпшує процес формування імпульсу високої напруги. Процес проходить так. При найбільшому значенні ЕРС первинної обмотки конденсатор заряджається і, отже, стає своєрідним джерелом живлення. Як тільки переривник розмикає коло первинної обмотки, у вторинній обмотці збуджується перший імпульс струму високої напруги. При розімкнутих контактах переривника в первинну обмотку надходить струм з конденсатора, збуджуючи новий магнітний потік в осерді, а отже, і новий імпульс високої напруги у вторинній. Ємність конденсатора вибирають так, щоб запас електричної енергії забезпечив виконання кількох циклів надходження струму до первинної обмотки, а отже, збудження струму високої напруги у вторинній обмотці. В результаті за один цикл роботи магнето після розмикання контактів переривника у вторинній обмотці збуджується не один імпульс високої напруги, а ціла послідовна серія. Отже, у запальній свічці виникає не одна, а декілька послідовних іскор, які поліпшують підпалювання стиснутої робочої суміші у циліндрах двигуна. Особливо це необхідно при пуску двигуна у холодну пору року, а також при використанні палива з вмістом оливи або гасу, температура спалахування якого вища. Конструктивно конденсатор встановлюється в магнето як окрема деталь або виконується у вигляді металевих стрічок, намотаних на первину обмотку індукційної котушки і підключених до електричного кола.

У системах запалювання основних і пускових двигунів тракторів встановлюються магнето різних типів і марок, проте принцип їх дії залишається загальним. Відрізняються вони кількістю вивідних проводів, напрямком обертання та способом кріплення на двигуні.

На рис. 3.53 показана будова одноіскрового магнето.

Корпус магнето виготовлений із цинкового сплаву. Він має два полюсних башмаки 9 з металевих пластин, між якими обертається ротор 10. У корпусі встановлена також індукційна котушка, переривник 13, конденсатор 11. На корпусі магнето розміщено вимикач 1, що з'єднує первинну обмотку з корпусом. Магнето закріплюється на двигуні за допомогою фланця. Повертаючи на певний кут корпус магнето у пазах, регулюють постійний кут випередження запалювання робочої суміші, що становить, наприклад, для пускових двигунів П-350 і ПД-10М 27° (магнето М-214Б і М-24А1), а для П-23М – 25° (М-48В1).

У корпусі магнето між полюсними стояками 7 обертається ротор 10 – двополюсний постійний магніт. На передньому кінці вала встановлена напівжорстка муфта 8 привода або муфта випередження запалювання, а на задньому – кулачок 13 переривника.

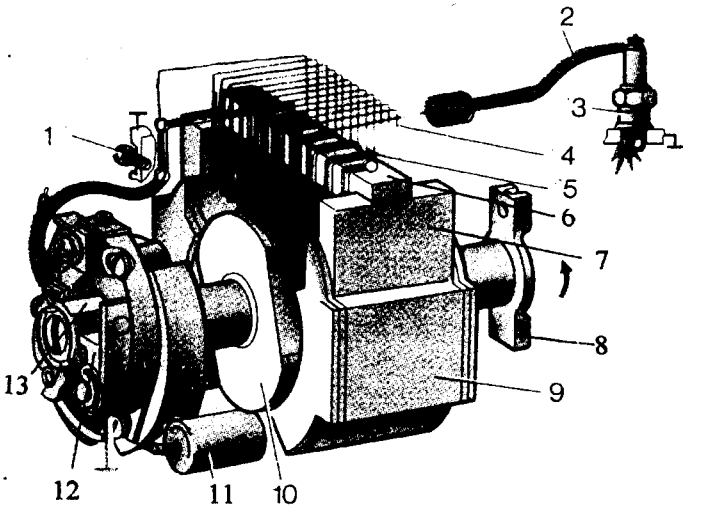


Рис. 3.53. Одноіскрове магнето:
1 – вимикач запалювання; 2 – провід високої напруги; 3 – свічка запалювання; 4 – вторинна обмотка; 5– первинна обмотка; 6 – осердя індукційної котушки; 7 – полюсний стояк; 8 – муфта приводу; 9 – полюсний башмак; 10 – ротор; 11 – конденсатор; 12 – рухомий контакт; 13 – кулачок

На полюсних стояках встановлено індукційну котушку, на осерді 6 якої розміщені дві ізольовані одна від одної обмотки 4 та 5. Первинна обмотка 5 низької напруги виготовлена з проводу великого діаметра, а вторинна 4, навпаки, має велику кількість витків з тонкого проводу. Щоб забезпечити відповідне підвищення напруги у вторинній обмотці індукційної котушки магнето (що працює за принципом трансформатора), вони мають такі дані: первинна – 160-180 витків з проводу діаметром 0,73-0,93 мм, а вторинна – 11-13 тис. витків з проводу діаметром 0,07-0,08 мм. Опір первинної обмотки становить приблизно 0,3, а вторинної – 8000 Ом.

Первинна обмотка одним кінцем з'єднана з осердям, тобто з корпусом магнето, а другим – з переривником і початком вторинної обмотки. Кінець вторинної обмотки з'єднується з клемою виводу високої напруги, тобто з запальною свічкою, а в багатоіскрових магнето – з розподільником високої напруги. З торців котушки захищена гетинаксовими пластинами, а зовні – ізоляцією з капрону та поліетилену. У деяких типах магнето (М-27, М-145) вторинна обмотка не з'єднується з первинною і має два самостійні виводи.

Для розривання кола первинної обмотки застосовують контактний переривник з двох контактів. Нерухомий контакт з'єднаний з корпусом магнето, а рухомий 12 на спеціальному диску, причому молоточок з контактом

ізольований від нього і з'єднаний з кінцем первинної обмотки трансформатора напруги. Розмикання контактів здійснюється кулачковою муфтою, закріпленою на валу ротора в певному положенні відносно полюсів магніту. Контакти повинні розмикатися в момент найбільшого значення ЕРС у первинній обмотці, яка виникає при повороті магніту на відповідний кут від вертикального положення.

На кулачковій муфті є виступ, а в багатоіскрових магнето виступів кілька. Отже, при обертанні ротора кулачок 13 під час кожного оберту один раз (в багатоіскрових магнето кілька разів) розмикає контакти, які замикаються знову після провертання кулачка під дією зворотньої пружини.

Залежно від напрямку обертання магнето важілець і нерухомий контакт переривника встановлюються праворуч або ліворуч від осі, отже переривники бувають правого і лівого обертання. При провертанні рухомого диска відносно корпуса встановлюється постійний кут випередження запалювання (до 30°). Автоматичне його регулювання здійснюється за допомогою спеціального регулятора, встановленого на приводному валу ротора.

Ротор обертається у двох шарикопідшипниках. Внутрішні їх обойми закріплені на валу ротора, а зовнішні – запресовані у корпус і кришки магнето або встановлені з пресшпановою прокладкою, щоб виключити можливість провертання обойм при нагріванні корпуса і кришок магнето.

Працює магнето так. Під час обертання ротора полюси по черзі підходять до стояків, в результаті чого в осерді за кожен оберт двічі з'являється і зникає магнітний потік, тобто створюється змінне за величиною і напрямком магнітне поле. Внаслідок його зміни в первинній і вторинній обмотках індукується ЕРС. Якщо контакти замкнуті, у первинній обмотці виникає струм низької напруги (2–30 В), який проходить через витки первинної обмотки, рухомий контакт переривника, нерухомий контакт, корпус і до початку обмотки. При проходженні струму в осерді індукційної котушки створюється нове магнітне поле, силові лінії якого перетинають обидві обмотки. Воно досягає найбільшого значення при повороті магніту на 8-12^0 у бік обертання від нейтрального положення, первинний струм при цьому досягає також найбільшої величини (до 5 А). Якщо в цей момент розімкнути електричне коло первинної обмотки, то струм відразу ж зникає, а разом з ним і магнітне поле. Зникаючи, воно перетинає витки обмоток індукційної котушки, в результаті чого в первинній обмотці виникає ЕРС самоіндукції 200-300 В, а вторинній – ЕРС взаємоіндукції близько 2000-25 000 В. Під дією ЕРС у первинній обмотці виникає струм розмикання, а у вторинній – струм високої напруги, що і надходить до запальної свічки. Для зменшення струму самоіндукції та іскріння між контактами в момент їх розмикання, а також підвищення напруги у вторинній обмотці паралельно до контактів вмикають конденсатор.

Між клемою виводу вторинної обмотки і корпусом передбачено додатковий іскровий проміжок, розряд у якому виникає при перевищенні високої напруги у 1,5 рази. Це необхідно для запобігання пробою вторинної обмотки індукційної котушки в разі зменшення навантаження у колі високої напруги, що може статися при знятті проводу високої напруги з клеми запальної свічки. Під час роботи електричний розряд між електродами іскрового проміжку не виникає, оскільки зазор між ними збільшений. Іскровий проміжок регулюють гвинтом розрядника так, щоб він становив 10-11 мм.

Для вимикання струму високої напруги, що необхідно для зупинки двигуна, натискають на кнопку вимикача, контакти якого замикають первинну обмотку на корпус. При цьому слід пам'ятати, що при замиканні первинної обмотки на корпус магнето працює в режимі найвищої потужності, а це призводить до надмірного розмагнічування ротора. Для кращої збереженості магнето, а також інших механізмів перед зупинкою необхідно зменшити частоту обертання колінчастого вала. У деяких типів магнето (М-124Б та ін.) зупинити двигун можна з робочого місця, для чого на корпусі є клема дистанційного керування.

На дво– і більше циліндрових двигунах встановлюють багатоіскрові магнето, до складу яких входять додатково розподільник струму високої напруги по запальних свічках.

Наприклад, двоіскрове магнето М-48В1 (рис. 3.54) лівого обертання з автоматичним регулятором випередження запалювання має дві клеми 20 виводу високої напруги і бігунок 19, до якого подається струм високої напруги через струмознімач 6.

Магнето приводиться в дію від колінчастого вала двигуна за допомогою шестеренної або іншої передачі, що забезпечує синхронізацію моменту запалювання при відповідному положенні поршня у циліндрі. Передаточне число в механізмі привода магнето залежить від робочого цикла двигуна (двотактний, чотиритактний) та конструкції самого магнето. При цьому враховується, що у двотактних двигунах один робочий хід відбувається за один оберт, а у чотиритактних – за два, крім того, кулачкова муфта може мати кілька виступів, а на роторі можливе розміщення кількох пар магнітів. Так, для забезпечення роботи одноциліндрового двоактного пускового двигуна ПД-10М2 у магнето М-124Б1 з двополюсним магнітом і кулачковою муфтою з одним виступом один цикл, тобто одна іскра, відбувається за один оберт ротора. А у одноциліндрового чотиритактного двигуна один цикл роботи магнето, тобто одна іскра, повинен здійснюватись за два оберти колінчастого вала. Отже, частота обертання ротора магнето повинна бути вдвічі меншою, ніж у колінчастого вала.

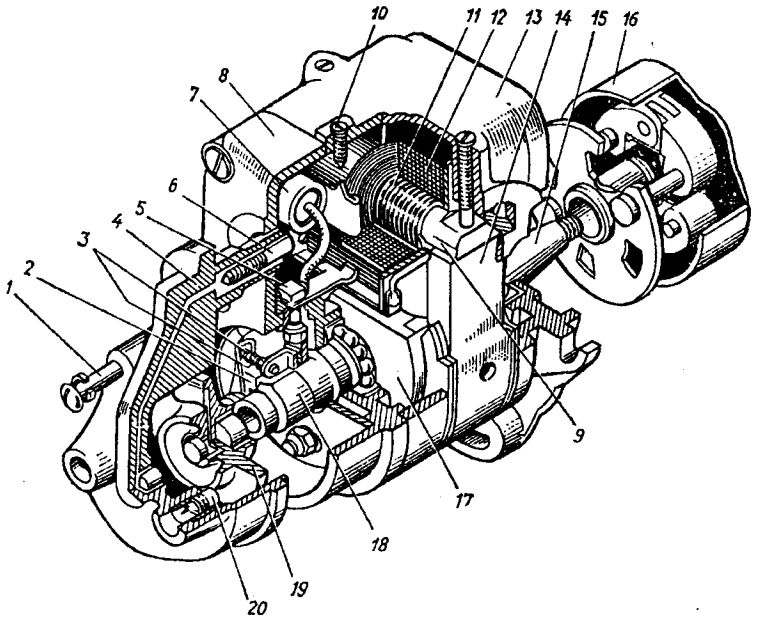


Рис. 3.54. Двоіскрове магнето:
1 – гвинт кріплення кришки розподільника; 2 – важіль переривника; 3 – контакти; 4 – кришка розподільника; 5 – клема; 6 – струмознімач; 7 – конденсатор; 8 – кришка магнето; 9 – осердя; 10 – розрядник; 11 – обмотка (первинна) низької напруги; 12 – обмотка (вторинна) високої напруги; 13 – корпус; 14 – полюсний башмак; 15 – вал ротора; 16 – муфта випередження запалювання; 17 – ротор; 18 – кулачок переривника; 19 – бігунок розподільника; 20 – клема виводу високої напруги

У чотирициліндровому чотиритактному двигуні (Л-12) встановлюється магнето з двополюсним магнітом і щоб забезпечити два цикли роботи, тобто два іскрових розряди, за один оберт колінчастого вала (два робочі ходи у циліндрах) кулачкова муфта привода переривника має два виступи.

Для забезпечення пуску двигуна і створення умов для карбюрації (приготування робочої суміші з палива і повітря) частота обертання колінчастого вала повинна становити 30-40 $хв^{-1}$, тобто близько одного оберту за дві секунди. А мінімальна частота обертання ротора магнето для забезпечення іскроутворення – 150-250 $хв^{-1}$, отже при пуску двигуна колінчастому валу треба надати такої самої частоти обертання. А це вимагає застосування спеціальної системи привода (стартери, редуктори тощо) і до того ж практично виключає можливість пуску двигунів вручну.

Щоб забезпечити пуск двигуна при незначній частоті обертання колінчастого вала, наприклад, один оберт за секунду, в деяких типах магнето застосовують пусковий прискорювач, який надає ротору частоту обертання близько 150-200 $хв^{-1}$. При цьому забезпечується утворення іскри в пусковому режимі, а також автоматичне запізнення моменту запалювання, що необхідно при пуску двигуна вручну.

Прискорювач складається з двох напівмуфт, зв'язаних між собою пружиною. При повільному обертанні вала ведена напівмуфта залишається нерухомою до визначеного моменту, після чого собачка її звільняє і ротор різко провертається на 45°, забезпечуючи іскроутворення. Після пуску двигуна напівмуфти блокуються відцентровим пристроєм і обертаються як одне ціле.

Технічні характеристики магнето наведені в таблиці 3.2.

3.11. Експлуатація системи запалювання та її основні несправності

У процесі експлуатації систем запалювання потрібно уважно стежити за монтажем їхніх елементів. З'єднання проводів між собою, а також корпусів апаратів із «масою» мають забезпечувати надійний контакт. У контактно-транзисторних, безконтактних та мікропроцесорних системах запалювання категорично заборонено замикати накоротко вивідні затискачі, а також перемикати з'єднувальні проводи, що не передбачено монтажною електросхемою автомобіля.

Під час експлуатації автомобіля чи трактора в системі запалювання можуть виникнути різні несправності, а саме: не запускається двигун; двигун запускається, однак після вимикання стартера зупиняється; двигун запускається важко; не працює один або кілька циліндрів двигуна; циліндри двигуна працюють із перебоями; зниження потужності та економічності двигуна.

Двигун не запускається. Під час обертання колінчастого вала двигуна стартером не виникає іскровий розряд між електродами всіх свічок запалювання, немає спалахів робочої суміші в окремих циліндрах двигуна.

Основні несправності: обривання чи пробивання ізоляції високовольтного проводу, який з'єднує котушку запалювання з розподільником; несправний ротор розподільника; пробивання ізоляції вторинної обмотки котушки запалювання; обривання проводів у колі низької напруги, пробивання транзистора в комутаторі безконтактної або контактно-транзисторної системи; замаслювання, велике окислення чи підгоряння контактів переривача; замикання затискача переривача або важільця з корпусом; обривання провідника конденсатора або замикання його обкладок між собою (у контактній системі запалювання).

Таблиця 3.2

Технічні характеристики магнето

Показники	М-10А	М-24 А1	М-47Б1	М-48В1	М-124А1	М-1124Б1	М-130
На якій машині встановлюється	Т-100М	Т-74, ДТ-75	Т-100 П-46	Т-130	Т-150, Т-150К	Т-150, Т-150К, КСКУ-6, ПД-10М2	ПД-8
Напрямок обертання	Лівий	Правий	Правий	Лівий	Правий	Правий	Правий
Кількість розмикань контактів за один оберт ротора	2	1	2	2	1	1	1
Зазор між контактами, мм	0,25-0,35	0,25-0,35	0,25-0,35	0,25-0,35	0,25-0,35	0,25-0,35	0,25-0,35
Частота обертання ротора для іскроутворення, $хв^{-1}$:							
мінімальна	150	250	150	150	250	250	150
максимальна	2500	4500	2500	2500	4500	4500	3000
Муфта випередження запалювання	-	МС-100	МС-22А	МС-22А	НС-100	МС-22	МС-100
Пусковий прискорювач	ПУ 20-3218	-	-	-	-	-	-
Кут випередження запалювання (муфтою, прискорювачем), град.	25	16-18	8-26	8-26	8-26	8-26	8-26
Робоча муфта, $хв^{-1}$:							
початок	-	700-1200	900-1000	900-1000	700-1200	700-1200	-
кінець	-	1700-2000	1700-1800	1700-1800	1700-2000	1700-2000	-
Ємність конденсатора, мкФ	0,14-0,25	0,14-0,25	0,14-0,25	0,14-0,25	0,14-0,25	0,14-0,25	0,14-0,25
Маса магнето, кг	2,7	1,8	2,7	2,7	1,8	1,8	1,8

У безконтактній транзисторній системі запалювання виникають й інші несправності, які спричинюють відмову датчика та транзисторного комутатора.

Для комплексної перевірки всієї системи запалювання (за винятком свічок) від'єднують проводи (чи один провід) від наконечників свічок запалювання та розташовують їх на 5–10 мм від корпуса двигуна. Увімкнувши запалювання стартером або пусковою ручкою, обертають колінчастий вал двигуна і стежать за іскроутворенням у зазорах. Якщо іскри утворюються без перебоїв, то прилади, апарати та кола системи запалювання справні. У цьому випадку перевіряють стан свічок запалювання.

Якщо іскри в зазорах між корпусом двигуна та проводами, від'єднаними від наконечників свічок запалювання, не утворюються, перевіряють розподільник. Для цього виймають високовольтний провід котушки запалювання з центрального входу розподільника, розташовують його наконечник на відстані 5–10 мм від корпуса двигуна й, увімкнувши запалювання, стартером чи пусковою ручкою обертають колінчастий вал двигуна і стежать, чи виникають іскри в зазорі між наконечником проводу та корпусом двигуна. Проте можна і не обертати колінчастий вал двигуна, а зняти кришку розподільника, замкнути контакти, ввімкнути запалювання і за допомогою важільця переривача розмикати та замикати їх. Періодичне розмикання та замикання контактів переривача можна забезпечити також, обертаючи ротор розподільника в обидва боки в межах кута, що його допускають вирізи в повідковій пластині відцентрового регулятора випередження запалювання.

Якщо іскри утворюються без перебоїв, то котушка та первинне коло справні, а несправний розподільник запалювання.

Чи пробито ізоляцію ротора, можна з'ясувати, якщо розташувати провід високої напруги на невеликій відстані від електрода ротора і, увімкнувши запалювання, розмикати та замикати контакти переривача. Якщо в утвореному зазорі виникатимуть іскри, ротор несправний (пробитий). Несправний ротор, приглушувальний резистор і кришку розподільника замінюють. Кришку розподільника та ротор не відновлюють.

Якщо на проводі від котушки запалювання високої напруги немає, перевіряють коло струму низької напруги, котушку запалювання та переривач.

Справність первинного кола можна перевірити за допомогою амперметра. Для цього вмикають запалювання і пусковою ручкою повільно обертають колінчастий вал двигуна. У фазі замикання контактів переривача стрілка амперметра відхилятиметься у бік розряду, а у фазі розмикання – у бік нульової поділки шкали. Якщо під час обертання колінчастого вала двигуна стрілка амперметра не коливається, то первинне коло несправне.

Аби детально перевірити коло низької напруги, потрібно пусковою ручкою замкнути контакти переривача і до затискача низької напруги переривача підімкнути контрольну лампу. Вмикають запалювання та періодично розмикають і замикають контакти переривача. Якщо лампа горить, коли контакти розімкнено, і не горить, коли замкнено, то коло струму низької напруги разом із первинною обмоткою котушки запалювання, додатковим резистором, комутатором (у контактно-транзисторній системі) і переривачем справне, тобто коло не обірване.

Якщо лампа, підімкнена до затискача переривача, не горить після розмикання контактів, то перевіряють переривач і коло низької напруги від джерела струму до переривача. Для цього провід від'єднують від затискача переривача, а між наконечником з'єднувального проводу та корпусом підключають контрольну лампу і вмикають запалювання. Якщо лампа горить, то коло до переривача справне, проте несправний переривач, тобто його важілець і провід замкнулися на корпус або замкнулися обкладки конденсатора.

Якщо лампа, підімкнена до затискача переривача, горить, і коли контакти замкнено, то вони або дуже окислені, або обірваний провід від затискача переривача до важільця чи провід, який з'єднує рухомий диск переривача з корпусом. Щоб перевірити стан контактів проводу, який з'єднує затискач переривача з важільцем, і проводу, який з'єднує рухомий диск переривача з корпусом, потрібно, увімкнувши запалювання та підімкнувши лампу, з'єднати провідником контакти між собою. Якщо лампа гасне, то проводи справні, а дуже окислені контакти переривача зачищають. Для цього потрібно зняти важілець і пластину нерухомого контакту та абразивним дрібнозернистим бруском чи пластиною зчистити горбик з одного контакту і трохи згладити поверхню другого, який має заглибину. Обробляючи поверхню контактів, не треба повністю видаляти заглибину, бо залишиться тонкий шар їхньої вольфрамової частини, а це призведе до скорочення терміну служби. Зачищаючи контакти, потрібно стежити, аби їхні площини залишилися паралельними.

Аби перевірити конденсатор у контактній системі на автомобілі, потрібно з центрального входу кришки розподільника вийняти високовольтний провід і піднести його наконечник на відстань 5–10 мм до корпуса двигуна. Знімають кришку та ротор розподільника. Потім вмикають запалювання і пусковою ручкою чи стартером обертають колінчастий вал двигуна, стежачи за іскроутворенням між контактами переривача, а також між наконечником високовольтного проводу і корпусом двигуна.

Якщо конденсатор справний, то між контактами переривача іноді виникатимуть невеликі іскри, а в зазорі між наконечником високовольтного проводу та корпусом двигуна вони утворюватимуться без перебоїв. У випадку зменшення ємності конденсатора між контактами переривача

виникатимуть інтенсивні іскри, а в зазорі між наконечником високовольтного проводу та корпусом двигуна вони утворюватимуться з перебоями та малою довжиною. Якщо обкладки конденсатора замкнено, то струм низької напруги не перериватиметься, і отже, не буде іскріння між контактами переривача, а також між наконечником високовольтного проводу й корпусом.

Аби перевірити справність транзисторного комутатора ТК102, від його затискача і затискача Р від'єднують проводи, підключають лампу до наконечника проводу і вмикають запалювання. Якщо коло низької напруги справне, лампа горить. Якщо лампа не горить, то треба перевірити, чи справне коло, контрольною лампою, по черзі підмикаючи її до затискачів кола низької напруги.

Якщо коло низької напруги справне, від'єднаний провід підключають до затискача комутатора і приєднують до неї контрольну лампу. Потім, увімкнувши запалювання, періодично замикають і розмикають затискач Р комутатора з корпусом. Якщо транзистор комутатора справний, у момент замикання затискача на корпус лампа не горить, бо її закорочує (шунтує) відкритий транзистор. Якщо лампа не горить, коли від'єднано затискач Р, або не гасне, коли цей затискач з'єднано з корпусом, то транзисторний комутатор ТК102 несправний. Якщо комутатор справний, підключають від'єднаний провід до затискача Р і періодично замикають та розмикають контакти переривача, увімкнувши запалювання. Якщо лампа, підімкнена до безіменного затискача комутатора, не гасне чи не горить, то несправний переривач.

У безконтактній транзисторній системі запалювання коло низької напруги перевіряють, підмикаючи контрольну лампу до наконечника проводу, від'єднаного від затискача КЗ комутатора. Якщо запалювання ввімкнено, а лампа не горить, перевіряють коло, послідовно підмикаючи лампу в інші точки. Потім перевіряють комутатор.

Щоб перевірити транзисторний комутатор 13.3734, потрібно приєднати провід до затискача КЗ. Лампою перевіряють, чи є напруга на затискачі «+» (повинна не горіти). Потім періодично з'єднують провідником затискачі «+» і Д комутатора. Якщо комутатор справний, то лампа має засвітитися, коли ці затискачі з'єднати.

Для перевірки обмоток датчика один провід від лампи потужністю 1–3 Вт підключають до його затискача, а другий – до затискача «+» акумуляторної батареї чи комутатора. Якщо обмотка справна, лампа горітиме.

Щоб перевірити прилади безконтактної системи, за винятком датчика і транзисторного комутатора, а також, коли несправні датчики та комутатор, потрібно до котушки запалювання увімкнути аварійний вібратор. Якщо двигун з аварійним вібратором працює, то несправний датчик або комутатор. Слід зауважити, що коли система запалювання працює з аварійним

вібратором, то порушується кут випередження запалювання (потрібно поставити пізніше запалювання), а контакти вібратора дуже окислюються.

Двигун запускається, але після вимикання стартера зупиняється. Основні несправності обривання або перегоряння додаткового резистора котушки запалювання; обривання чи поганий контакт у наконечниках проводу, який з'єднує затискач вимикача запалювання з додатковим резистором (затискач ВК-Б або «+»); несправний вимикач запалювання.

Під час пуску двигуна стартером коло струму первинної обмотки котушки запалювання замикають за допомогою реле ввімкнення стартера або тягового реле, тому обривання резистора й кола до котушки запалювання не впливають на роботу системи запалювання, і двигун запускається. Щоб забезпечити роботу двигуна в дорожніх умовах, обірваний резистор потрібно замінити, а коли нового немає – замкнути провідником обидва затискачі несправного резистора. Повернувшись у гараж, потрібно зняти провідник і поставити справний резистор.

Двигун запускається важко. В період пуску двигуна виникають нерегулярні спалахи робочої суміші в окремих його циліндрах. Проте після пуску та прогрівання двигун працює нормально.

Основні несправності: розряджена акумуляторна батарея; нагароутворення на нижній і волога на верхній частинах ізолятора свічок запалювання; волога на роторі та кришці розподільника.

Якщо акумуляторна батарея розряджена, то під час пуску двигуна стартером напруга на ній дуже знижується. Це можна бачити, насамперед, із поганої роботи стартера. Крім цього, зменшується сила струму в первинній обмотці, а отже, і напруга у вторинній обмотці котушки запалювання. Коли напруга у вторинній обмотці котушки запалювання мала, іскра між електродами свічок запалювання не виникає.

Аби полегшити пуск двигуна пусковою ручкою, коли акумуляторна батарея розряджена, тимчасово можна з'єднати відрізком проводу затискачі ВК і ВК-Б додаткового резистора у первинному колі запалювання, і це підвищить силу струму в останньому і напругу у вторинному колі. Запустивши двигун, провід, який замикає ці затискачі, обов'язково знімають. Інакше перегріються обмотки котушки запалювання, а в транзисторній системі – і транзистор. Перегрівання може призвести до теплового руйнування ізоляції обмоток і пробивання транзистора.

Нагароутворення на ізоляторах свічок запалювання збільшується, якщо несправні двигун та система живлення, а також коли неправильно підібрано до двигуна свічки запалювання.

Волога і бруд на ізоляторах свічок, високовольтних проводах, роторі та кришці розподільника сприяють збіганню струму високої напруги, що значно зменшує напругу, підведену до електродів свічок запалювання, та ускладнює пуск. Крім цього, по вологій поверхні ротора та кришці

розподільника може статися іскровий пробій, що призводить до вигоряння ізоляції та утворення тріщин. Аби уникнути цього, потрібно періодично (особливо після миття автомобіля) протирати насухо ротор і кришку розподільника.

Не працює один чи кілька циліндрів двигуна. Основні несправності: не працює свічка запалювання; несправні приглушувальні резистори в наконечниках високовольтних проводів обривання або пробивання ізоляції високовольтного проводу, підімкненого до свічки; пробивання кришки розподільника.

Маючи ці несправності, двигун працює нестійко, значно знижується його потужність, він дуже коливається на опорах, збільшується витрата пального.

З'ясовано, що коли не працює один циліндр, втрата пального в 4-циліндровому двигуні зростає приблизно на 30%, а у 8-циліндровому – на 15%.

Аби виявити непрацюючий циліндр під час роботи двигуна, потрібно по черзі вийняти високовольтні проводи з бічних виводів кришки розподільника, або по черзі зняти наконечники зі свічок. Коли провід від'єднано від непрацюючого циліндра, двигун і далі працюватиме з перебоями, а коли від працюючого – ці перебої збільшуватимуться. Виявивши непрацюючий циліндр, послідовно перевіряють свічку, приглушувальний резистор її наконечника, високовольтний провід і кришку розподільника.

Непрацююча свічка запалювання не така нагріта, як працюючі. Оглядаючи ззовні свічку, з'ясовують її стан (чи є тріщини на ізоляторі, нагар, бруд та масло на ньому, а також зазор між електродами та їхній стан). Замінюючи свічки на двигуні, потрібно ставити тільки їхні типи, рекомендовані заводом-виробником. Коли установлено холодні (із великим жаровим числом) свічки, то на ізоляторі може утворюватися чорний нагар, якщо його температура буде меншою за температуру самоочищення (400–900 °С). Нагар на ізоляторі не згоряє і замикає центральний електрод свічки на корпус. По шару нагару витікає струм високої напруги і свічка не працює. Несправні свічки очищають або замінюють.

Щоб перевірити наконечник свічки, його слід поставити на свічку працюючого циліндра. Коли й цей циліндр не працює, наконечник несправний.

Оглядаючи кришку розподільника, слід звернути увагу на те, чи є тріщини або сліди пробивання ізоляції біля бічних електродів, а також чи є волога, масло та бруд. Кришку розподільника з вигорілою поверхнею та тріщинами замінюють. Внутрішня та зовнішня поверхні кришки мають бути чисті й сухі. Наконечники високовольтних проводів, які повинні щільно входити у бічні виводи кришки розподільника, потрібно міцно прикріплювати до наконечників свічок запалювання.

Проводи протирають, очищають від бруду та масла, а з пробитою ізоляцією замінюють.

Циліндри двигуна працюють із перебоями. Двигун працює нерівномірно, коли плавно відкривати дросельну заслінку, і виникають значні коливання на опорах у режимі холостого ходу.

Основні несправності: погіршився контакт у місцях прикріплення проводів на затискачах приладів; послабилося кріплення переривача-розподільника до двигуна; спрацювалися рухомі деталі переривача; обірвалися проводи між його рухомими та нерухомими дисками; зменшилася пружність пружини важільця переривача; окислилися чи замаслилися контакти переривача; змінився зазор між ними; послабилося кріплення корпуса конденсатора до корпуса переривача-розподільника; зменшилася ємність конденсатора; несправна котушка запалювання; пошкоджено кришку розподільника; порушився зазор між електродами свічок запалювання; утворився надмірний нагар на ізоляторах свічок; виникли тріщини у них; підвищилася напруга генератора (для безконтактних транзисторних систем запалювання).

Контакт у місцях прикріплення проводів порушується через нещільності та окислення наконечників. Коли двигун працює, то внаслідок вібрації порушується контакт, і струм у колі переривається. Щоб запобігти цьому, потрібно періодично підтягувати кріплення наконечників проводів на затискачах апаратів і щільно встановлювати наконечники високовольтних проводів у виводах кришки розподільника, котушки запалювання та наконечників свічок, а також підтягувати кріплення переривача-розподільника до двигуна.

Значне спрацювання підшипників валика приводу кулачка переривача спричинює биття кулачка, внаслідок чого порушуються момент розмикання контактів і зазор між ними. Несправність усувають, заміняючи втулки, і в разі потреби шліфують валик приводу.

Нерівномірне спрацювання виступів кулачка переривача через погане змащування або забруднення робочої поверхні призводить до нерівномірного переривання струму у первинному колі для різних циліндрів двигуна. Рівномірність спрацювання перевіряють, вимірюючи зазор на кожній грані кулачка. Спрацьований кулачок заміняють.

Обірваний провід, який з'єднує рухомий диск переривача з корпусом, створює умови для протікання струму тільки через кульковий підшипник. У цьому випадку шар масла в ньому порушує контакт у колі низької напруги, що спричинює перебої у запалюванні, особливо в період пуску двигуна. Обірваний провід замінюють.

Перебої у запалюванні виникають також, коли корпус конденсатора нещільно прикріплено до корпуса переривача в контактній системі запалювання, а також, коли зменшилася ємність конденсатора внаслідок

пробивання його діелектрика без замикання обкладок. У цьому випадку збільшується іскріння між контактами. Вони окисляються, швидкість зникнення струму низької напруги в момент розмикання контактів знижується, і напруга у вторинному колі спадає, що спричинює перебої у запалюванні робочої суміші.

Ізоляція вторинної обмотки котушки запалювання пробивається, якщо вона перегрівається, наприклад, внаслідок тривалої роботи із закороченим додатковим резистором, старіння ізоляції, неповного введення наконечників високовольтних проводів в отвори виводів кришки розподільника. Коли пробито ізоляцію вторинної обмотки, то під час кожного розмикання контактів переривача всередині котушки виникає іскровий розряд, внаслідок чого свічки працюють із перебоями.

Міжвиткове замикання первинної обмотки котушки запалювання через теплове руйнування ізоляції витків проводу зменшує опір первинного кола, що призводить до збільшення сили струму та перегрівання первинної обмотки. Міжвиткове замикання виявляють за нагріванням котушки або опором первинної обмотки. Перевірка конденсатора і котушки запалювання наведена в підрозділі «Двигун не запускається».

Тріщини та пробивання ізоляції кришки розподільника між бічними електродами виникають через забруднення чи зволоження поверхні кришки.

Витік струму високої напруги між бічними електродами кришки спричинює несвоєчасне займання робочої суміші в кількох циліндрах двигуна, який через це працює нерівномірно.

Тріщини та нагари в кришці розподільника виявляють візуально, перевіряючи водночас рухомість вугільного резистора в її центральному вводі. У разі зависання резистор і гніздо протирають. Пошкоджену кришку замінюють.

Свічка запалювання може призвести до перебоїв у роботі циліндрів двигуна, коли на нижній частині її ізолятора відклався нагар і зашунтував електрод або коли вона перегрілася і спричинила жарове запалювання чи тріщини в ізоляторі.

Ізолятори перегріваються, якщо на двигун встановили свічки з малим тепловідведенням (низьким жаровим числом). Ці свічки перегріваються, після вимикання запалювання двигун ще кілька секунд працює, але з нерівномірним обертанням колінчастого вала.

Порушення зазору між електродами свічки змінює напругу та енергію іскрового розряду, а тому робоча суміш у циліндрі двигуна може й не займатися, і він працюватиме з перебоями. Зазор цей відновлюють, підгинаючи бічний електрод; контролюють за допомогою щупа.

У безконтактних системах запалювання в транзисторному комутаторі передбачено захист від перенапруг, тому коли напруга генератора

перевищує 18 В, транзисторний комутатор не працює, а це спричиняє різке зменшення частоти обертання колінчастого вала двигуна.

Зниження потужності та економічності двигуна. Під час руху автомобіля двигун розвиває невелику потужність, частіше доводиться вмикати низькі передачі, двигун втрачає приймальність, у разі збільшення навантаження чути детонаційні стукотіння, двигун перегрівається, збільшується витрата пального.

Основні несправності: неправильно поставлене запалювання; несправні регулятори випередження запалювання; порушено зазор між контактами переривача.

Неправильно поставлене запалювання дуже впливає на потужність, економічність і стійкість роботи двигуна. Якщо іскра між електродами свічки утворюється з великим випередженням, то різко підвищується тиск газів у циліндрі до того, як поршень стане у ВМТ, а це перешкодить його руху. Внаслідок цього зменшується потужність та економічність двигуна. Крім цього, погіршиться сприйнятливість двигуна і під навантаженням він працюватиме із стукотінням, а на малій частоті обертання працюватиме нестійко.

Коли робоча суміш займається у ВМТ чи пізніше, то вона згоряє при збільшенні об'єму; тиск газів у циліндрі дуже знижується порівняно з нормальним запалюванням, і потужність та економічність двигуна зменшуються. У цьому випадку догоряє суміш у циліндрі протягом усього такту розширення, а це призводить до перегрівання двигуна та погіршення сприйнятливості автомобіля.

Нормальна робота відцентрового регулятора найчастіше порушується внаслідок обривання та послаблення натягу пружин тягарців, що призводить до збільшення кута випередження запалювання понад норму для малих та середніх частот обертання колінчастого вала двигуна.

Обривання пружин виявляють, повертаючи кулачок переривача в напрямі робочого обертання в межах прорізів повідкової пластини. Коли пружини обірвані, то кулачок обертається вільно, не чинячи опору. Обірвані пружини замінюють.

Нормальна робота вакуумного регулятора порушується внаслідок втрати герметичності його вакуумної камери, послаблення пружини діафрагми, затинання підшипника між рухомим та нерухомими дисками переривача і послабленням гвинтів кріплення регулятора до корпусу розподільника.

Герметичність регулятора порушується внаслідок пошкодження трубки, приєднаної до регулятора, нещільності затягування штуцера й пошкодження діафрагми. Усе це призводить до підсмоктування повітря всередину регулятора, внаслідок чого знижується розрідження в порожнині вакуумної камери, і регулятор не змінює кута випередження запалювання в потрібних межах, коли змінюється навантаження двигуна.

Послаблення пружини діафрагми регулятора внаслідок старіння чи неправильного регулювання сприяє збільшенню кута випередження запалювання за малих і середніх навантажень двигуна. Пошкоджену трубку та регулятор із пошкодженою діафрагмою ремонтують чи замінюють новими.

3.12. Технічне обслуговування систем запалювання

Під час обслуговування автомобіля система запалювання потребує підвищеної уваги. У цьому випадку розподільники класичної та контактно-транзисторної систем запалювання, не знімаючи з автомобіля, очищають ззовні від пилу, бруду та масла. Знявши кришку, очищають її внутрішню поверхню, протирають контакти, змащують підшипники, фільц, вісь важільця та кулачкової муфти. Внутрішню поверхню кришки доцільно протирати чистою ганчіркою, змоченою в бензині.

Датчики-розподільники також очищають і змащують у точках, передбачених інструкцією з експлуатації.

Зовнішній огляд і перевірка свічок запалювання. Під час ТО-2 потрібно викрутити свічки запалювання та перевірити їхній стан. Справна свічка повинна бути сухою, без нагару на ізоляторі. Нижня частина ізолятора матиме червоно-коричневий колір. Ясно-жовтий чи білий колір ізолятора свідчить про перегрівання свічки через те, що її з'єднання з головкою блока пропускає гази. Якщо ізолятор, корпус і електроди вкриває сухий шар нагару, то це – мале жарове число свічки, неправильно відрегульовано карбюратор або пальне не відповідає потрібному ґатункові. Якщо усю вкручувану частину свічки вкриває товстий шар масла, то це – велике жарове число свічки, неправильно встановлено запалювання, в циліндри надходить багата суміш або прориває масло.

Перегрівання свічки, білий ізолятор і корпус, густо вкритий нагаром, свідчить про раннє запалювання, мале жарове число, бідну суміш і погане охолодження.

Від нагару свічки очищають за допомогою приладу 514-2М або Э-203. Заздалегідь круглим щупом слід перевірити зазор між електродами свічки і, коли треба, відрегулювати його, підігнувши боковий електрод.

Діагностування системи запалювання на автомобілі. Одним з досконалих методів перевірки системи запалювання – осцилографування, за допомогою якого можна зафіксувати процеси, що перебігають у первинному та вторинному колах цієї системи за час між послідовними іскровими розрядами в циліндрах. Електронний промінь, падаючи на екран трубки, спричиняє характерне світіння протягом 0,01–0,05 с. Під дією вимірюваної високої чи низької напруги промінь прямує вгору й одночасно зліва праворуч до початку наступного періоду. Потім він швидко повертається у початковий стан, і процес повторюється.

Оскільки всі періоди ідентичні, то промінь багаторазово прямує одними й тими самими ділянками екрана електронно-променевої трубки, спричиняючи її постійне світіння, що дає змогу візуально спостерігати начебто «завмирання» процесу зміни напруги.

Для реалізації цього методу діагностування фірмами Німеччини, Японії, Угорщини, Росії та інших країн створено і впроваджено в практику ряд тестерів, мотор-тестерів, осцилоскопів які дають можливість спостерігати на екрані осцилограми первинної та вторинної напруги системи запалювання. Порівнюючи ці осцилограми з еталонними можна робити висновки про технічний стан окремих елементів системи запалювання. Такі установки є універсальні і широко використовуються в АТП та на СТО для діагностування класичних, контактно-транзисторних та безконтактних систем запалювання автомобілів різних заводів виробників.

Коли на автомобілях стали встановлюватись цифрові та мікропроцесорні системи запалювання, що мають контролери та мікроЕОМ які зберігають в пам'яті всі відхилення від нормальної роботи того чи іншого елементу системи запалювання, з'явилась можливість знімати (зчитувати) з пам'яті інформацію про ці несправності. Тому нові діагностичні установки мають можливість проводити самодіагностування автомобіля шляхом зчитування з пам'яті інформацію про несправність елементів системи запалювання (датчиків) комутатора, котушок, свічок запалювання і інших елементів, а також електронного обладнання автомобіля в цілому.

Для такого діагностування прилад з'єднується з діагностичною колодкою автомобіля і при працюючому чи непрацюючому двигуні знімається інформація про стан того чи іншого елементу системи електронного обладнання.

Для поглибленого діагностування автомобілів деякі фірми випускають додаткове обладнання у вигляді перехідників (діагностична шафа з гніздами). Вона приєднується між роз"ємом що передає вхідну та вихідну інформацію в бортовий комп'ютер та самим комп'ютером. В такому разі двигун запускається, працює на всіх режимах і з'являється можливість знімати всі сигнали, що надходять та виходять з комп'ютера, аналізувати їх, порівнюючи з еталонними та робити висновки про технічний стан того чи іншого елементу електронного обладнання автомобіля.

Кожна фірма, що виробляє автомобілі, розробляє і впроваджує такі діагностичні інформаційні системи для своїх автомобілів.

Для прикладу розглянемо інформаційну систему VAS 5051, що застосовується при сервісному обслуговуванні та ремонті автомобілів Volkswagen в тому числі і автомобілів "Skoda". Ця діагностично-інформаційна система дозволяє виконувати такі функції:

– виконувати автоматичну системну перевірку електронних систем автомобіля (самодіагностування автомобіля);

– у відповідності з тест-планом проводити спрямований пошук несправностей;
– проводити виміри електричних сигналів за допомогою вимірювального інструменту;
– виводити результати діагностування на друк або інші носії інформації.

Інформаційна система VAS 5051 дозволяє проводити діагностування та тестування наступних агрегатів, вузлів і систем автомобіля:
- двигуна (систем запалювання, живлення та охолодження);
- трансмісії (коробки передач, зчеплення);
- ходової частини (підвіски, шин);
- системи електропостачання (генераторної установки, акумулятора);
- гальм;
- рульового керування;
- систем освітлення, світової та звукової сигналізації;
- кузова (встановлення дверей, регулювання сидіння, люка даху, подушок безпеки, центрального замка, іммобілайзера (протикрадіжну систему), систему охолодження та підігріву повітря, блока керування кліматом салону, склоочисників, освітлення салону, радіо- і телеустаткування та інше);
- панелі приладів, систем індикації та контролю.

Крім того, за допомогою вимірювального приладу в режимі мультиметра на екрані осціллографа можливе тестування роботи котушки запалювання, високовольтних проводів, свічок запалювання, перевірка діодів, вимірювання величин струму, напруги, опору.

Будова приладу. Інформаційна система VAS 5051 складається з тестера, рухливої рами, кабелів для підключення діагностичного і вимірювального устаткування, принтера.

Тестер працює від напруги змінного струму від 120 до 230 В, а також від електричної бортової мережі автомобіля (якщо це забезпечує діагностичний кабель). Від вбудованого акумулятора прилад може працювати приблизно 30 хв., завдяки чому при зміни робочого місця його не потрібно виключати.

Тестер реагує на команди, які вводяться натисканням пальця (або іншим тупим предметом) безпосередньо на відповідне зображення на сенсорному екрані. Завдяки наявності інфрачервоного порту існує можливість бездротового підключення принтера.

На лицьовій стороні розміщені світлодіоди і сенсорний екран.

На лівій стороні приладу розташоване розняття для підключення його до електромережі.

На правій стороні розміщені дисковід для дискет 3,5 дюйми, пристрій для читання CD-ROM, вихід аудіо сигналу, інфрачервоний порт для принтера та вимикач – "Вкл / Викл".

На верхній стороні тестера розташовуються розняття кабелів для вимірювального устаткування, а також рукоятка для перенесення приладу.

Кабелі для підключення діагностичного і вимірювального устаткування утворюють вимірювальний інтерфейс між системою VAS 5051 і автомобілем. Вони одержують вихідні сигнали з об'єкта, що діагностується, та передають їх до приладу VAS 5051 для наступної обробки.

У комплект кабелю для підключення вимірювального встаткування входить: вимірювальна лінія U/R/D (плюсовий полюс); вимірювальна лінія COM (мінусовий полюс); два однакових вимірювальних кабелі для ЦЗО; електровимірювальні кліщі на 50 А.

Кліщі для підвищеної напруги призначені для одержання амплітуди напруги запалювання і відстеження процесу проходження напруги в системі запалювання. Їх можна розкрити та обжати навколо кабелю високої напруги в двигуні автомобіля. У цьому випадку вони діють як ємнісний подільник напруги. Для вимірів підходять проводи діаметром від 5 до 9 мм.

Підготовка приладу до роботи

1. Підключити тестер VAS 5051 до електромережі за допомогою трьохжильного кабелю живлення із заземлюючим контуром. При цьому повинні засвітитися зеленим світлом двоколірні світодіоди СД1, розташовані вгорі на лицьовій стороні тестера, почне працювати вбудований вентилятор охолодження тестера.

2. Включити тестер, перемкнувши чорний вимикач "Вкл / Викл" на правій стороні тестера в положення "I".

3. Пуск / завантаження. Перевівши вимикач у положення "Вкл", починається запуск програмного забезпечення тестера. Завантаження програми з жорсткого диска в оперативну пам'ять відбувається в автоматичному режимі. Під час запуску тимчасово висвітиться напис "VAS 5051".

Після появи стартової сторінки (рис. 3.55) тестер готовий до роботи.

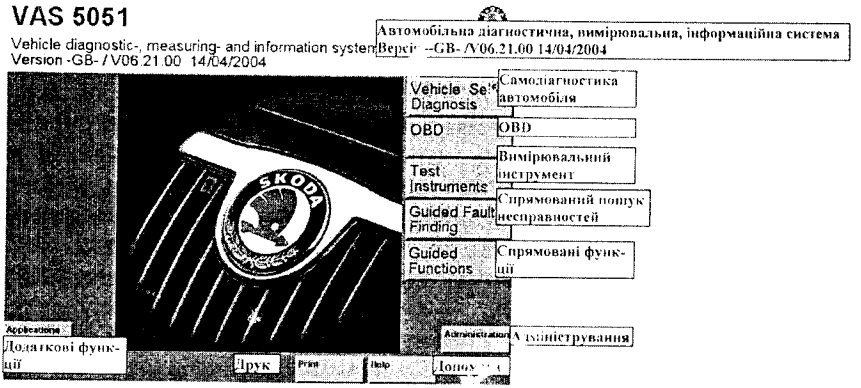


Рис. 3.55. Стартова сторінка тестера VAS 5051

Подальше керування тестером здійснюється через сенсорний екран. На ньому з'являються діалогові вікна з інформацією, перелік операцій, малюнки і підписані кнопки (клавіші) для вибору функцій та операцій.

4. Підключення вимірювальних кабелів.

а). Підключити вимірювальну лінію COM до гнізда тестера з позначенням "COM" (чорного кольору).

Для вимірювання напруги підключіть 4-мм банановий контактний штекер з 3-полюсною штепсельною вилкою вимірювальної лінії U/R/D у червоне гніздо з позначенням "U/R/D"

б) Підключити кабель в одне із синіх гнізд на тестері, відзначених як "DSO1" або "DSO2" Гніздо "DSO1" можливо використати також як другий канал для мультиметра.

в) Підключити штекер відповідного кабелю до гнізда з позначенням "DIAG" (чорного кольору).

5. Порядок роботи із заставками. Заставка (відображення даних на екрані) як приклад наведена на рис. 3.56.

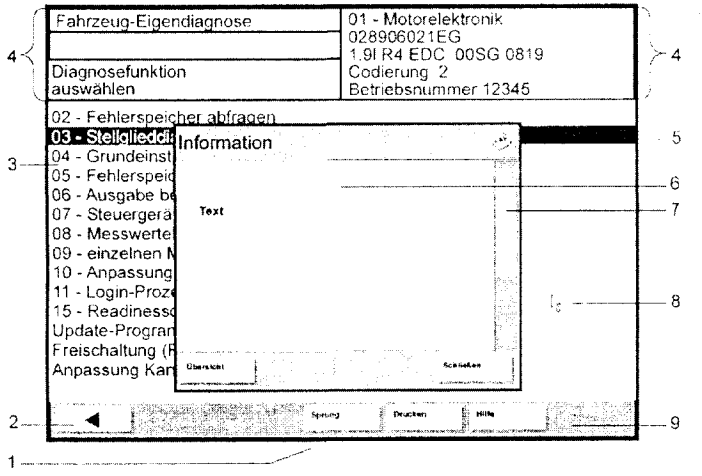


Рис. 3.56. Приклад роботи з екраном:
1 – сторінка екрану; 2 – кнопка керування в рядку керування; 3 – робоче вікно; 4 – ліве і праве інформаційне вікно; 5 – виділений рядок; 6 – діалогове вікно; 7 – лінійка прокручування; 8 – курсор; 9 – рядок керування

У лівому вікні відображається наступна інформація:

- 1-й рядок: найменування режиму (наприклад, "Самодіагностика автомобіля"; "Вимірювальна техніка"; "Пошук несправностей"; "Адміністрація");
- 2-й рядок: найменування функції, активованої у відповідному режимі (наприклад, "Ідентифікація автомобіля");

– 3-й і 4-й рядки: посібник з експлуатації (наприклад, вибір функції діагностики) або відображення поточного стану (наприклад, функція не доступна); більш докладна інформація з відображуваної функції.

У правому інформаційному вікні відображаються результати або раніше обрані операції. У режимі "Вимірювальна техніка" у ньому відображаються також повідомлення про помилки. У режимі "Самодіагностика автомобіля" можливо вибрати один з відображуваних у списку приладів керування, що ставляться до блоку двигуна.

Діалогове вікно являє собою невелику заставку, яка висвічується поверх основної заставки. У ньому відображаються додаткова інформація, варіанти керування і повідомлення про помилки, необхідні для виконання наступних кроків обраної програми.

Рядок керування знаходиться в нижній частині заставки. За допомогою кнопок цього рядка можливо викликати допоміжні та службові функції. Кожне натискання однієї із кнопок веде до зміни робочого вікна. У рядку керування перебувають максимум сім кнопок керування. Кількість кнопок залежить від заставки та від її поточного стану.

Самодіагностування мікропроцесорної системи запалювання автомобіля Skoda Octavia

В режимі „Самодіагностування автомобіля" при підключеному діагностичному кабелі і ввімкненому запалюванні автомобіля прилад VAS 5051 проводить опитування автомобільного комп'ютера про наявність електронних систем та їх модифікації, про наявність несправностей та помилок в цих системах і виводить результати опитування на екран. При потребі ці результати можна зберегти на жорсткому диску чи на дискеті або роздрукувати на принтері.

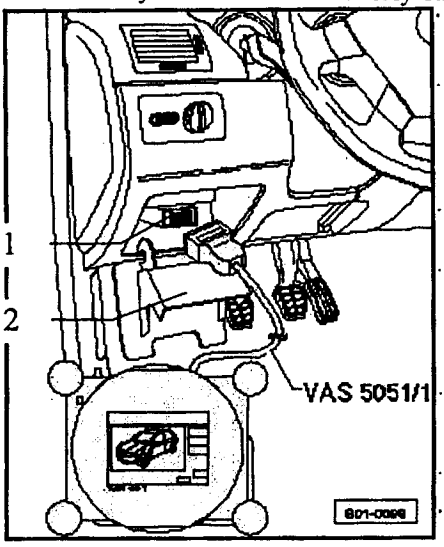


Рис. 3.57. Розташування з'єднувального діагностичного рознімання на автомобілі

Послідовність виконання робіт. Підключення приладу до автомобіля і виведення інформації про системи на його екран.

Центральне гніздо *1* під'єднання діагностичного кабелю VAS 5051/5A для приладу VAS 5051 у автомобіля Octavia знаходиться зліва внизу під панеллю приладів *2* (рис. 3.57). Послідовність дій така:

1. Під'єднати штекер діагностичного кабелю до гнізда *1* автомобіля (рис. 3.57).

2. Під'єднати прилад до зовнішньої електромережі 220 В.

3. Включити прилад. Перевести вимикач Вкл/Викл в положення „I". Після включення вимикача, починається „запуск" приладу. Далі відбувається завантаження програм з жорсткого диску в оперативну пам'ять приладу VAS 5051. Під час запуску тимчасово висвічується напис „VAS 5051". Після того, як з'явиться початкова сторінка (рис. 3.56), прилад готовий до роботи.

4. Увімкнути нейтральну передачу автомобіля.

5. Увімкнути запалювання (ключ провернути один раз без включення стартера).

6. Вибрати режим роботи приладу — **„Самодіагностування автомобіля"** на стартовій сторінці (рис. 3.55), далі на екрані відкриється наступна сторінка (рис. 3.58) із списком назв електронних систем автомобілів, які можуть бути встановлені на автомобілях "Skoda", їх стан та їхні номери — надалі адреси.

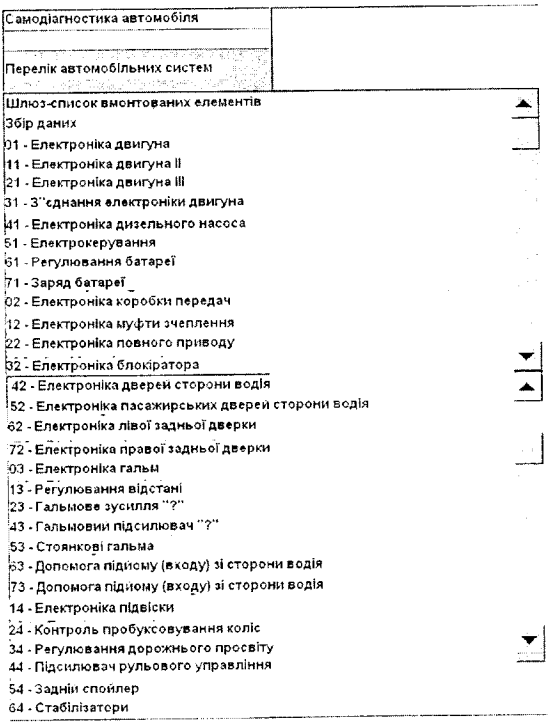


Рис. 3.58. Перелік можливих електронних систем автомобіля Skoda Octavia

7. Далі натискаємо на рядок 01 Engine electronics (Електроніка двигуна). Після цього відбувається з'єднування приладу VAS 5051 через діагностичний кабель з даною системою та проводиться її самодіагностування.

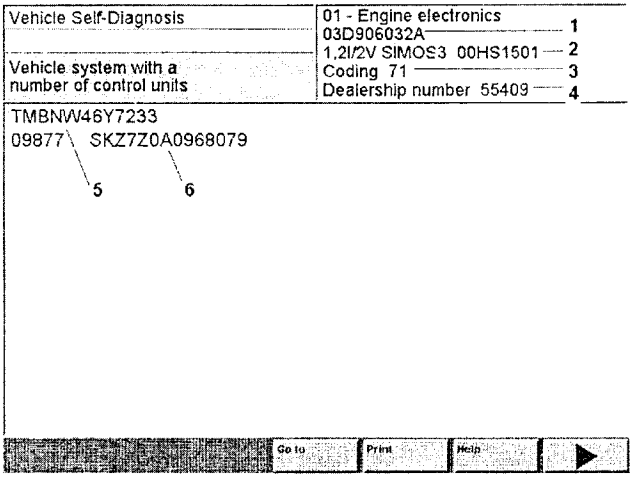


Рис. 3.59. Ідентифікація блоку керування

На екрані діагностичного приладу VAS 5051 відобразиться ідентифікація блоку керування (рис. 3.59) з додатковою інформацією:

- 1 – номер блоку керування, як запасної частини в Каталозі запасних частин.
- 2 – позначення деталі і виробника, а також версія програмного забезпечення панелі приладів;
  1.21/2V – робочий об'єм двигуна та кількість клапанів на циліндр.
  SIMOS 3 – позначення системи.
  00 – кількість представлених каналів адаптації.
  HS – механічна коробка передач.
  1501 – версія софтвера (програмного забезпечення).
- 3 – кодування блоку керування.
- 4 – номер дилера із приладу VAS 5051 за допомогою якого було проведено останнє кодування.
- 5 – ідентифікаційний номер автомобіля, **VIN**–код.
- 6 – ідентифікаційний номер блоку керування іммобілайзером.

8. Вибрати – на екран буде виведено перелік функцій, які можна застосувати до даної системи.

9. Вибрати функцію 02–Зчитування пам'яті несправностей.

Після цього на екран буде виведено список несправностей, які зберігаються в пам'яті, або ж з'явиться зображення рис. 3.60 (фрагмент екрана) за відсутності помилок в даній системі.

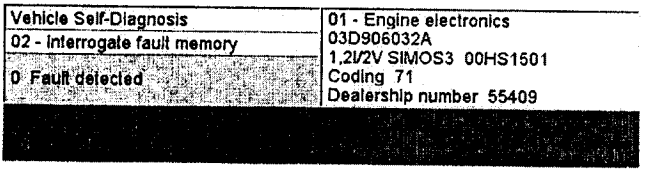


Рис. 3.60. Фрагмент екрана приладу за відсутності несправностей

За наявності помилок в пам'яті несправностей тестер виведе на екран номери помилок з пояснювальним текстом (рис. 3.61).

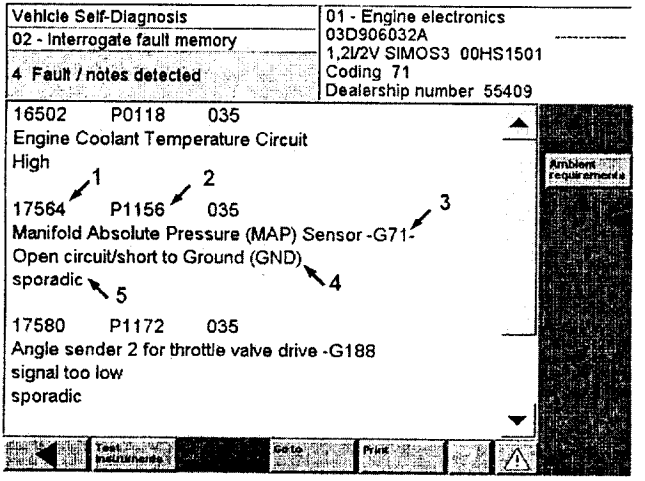


Рис. 3.61. Позначення несправностей

Позначення помилки включає в себе:

1. Номер помилки.

   Таблиці несправностей, які знаходяться у відповідній літературі по ремонту, класифікуються у відповідності з номером помилки.
2. Код SAE. Має значення лише для автомобілів, що експлуатуються в США.
3. Місце помилки.

   Описується елемент, який спричиняє помилку.
4. Тип помилки 1.

   Описується невідповідність даних, які спричиняють помилку.
5. Тип помилки 2 – „Спорадична" (Випадкова помилка, яка виникла один раз на 50 пусків двигуна).

   Виводиться на екран, якщо помилка спорадична.
9. Користуючись зображенням на екрані тестера і таблицею помилок – визначається несправність в системі запалювання двигуна.
10. Вибрати функцію 05–Очищення пам'яті несправностей.

На екран буде виведений запит для підтвердження вибраної дії. Необхідно вибрати „Так".

11. Вибрати функцію 06–Кінець виходу.
12. Вимкнути запалювання.

На рис. 3.62 показана послідовність та результати самодіагностування автомобіля Skoda Oktavia.

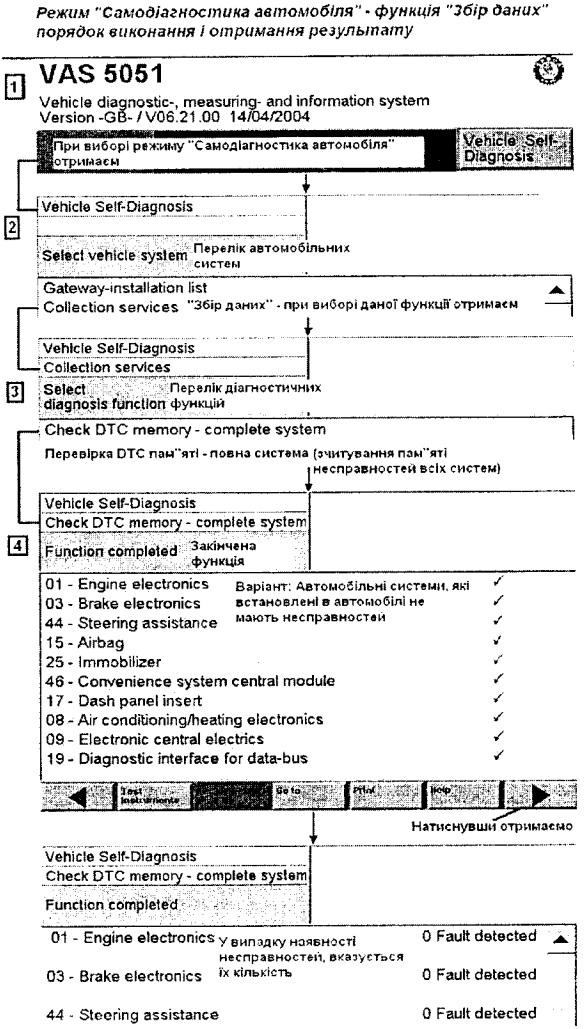


Рис. 3.62. Послідовність виконання та результати самодігностування автомобіля Skoda Octavia

За результатами даного самодіагностування автомобіля Skoda Octavia несправностей не виявлено.

Перевірка датчиків мікропроцесорної системи запалювання за допомогою діагностичного приладу VAS 5051

Перевірка датчиків може проводитись за допомогою приладу VAS 5051 в режимі "Вимірювальна техніка" (Test instruments) або за допомогою вимірювального блоку V.A.G 1598/31 (вимірювальної шафи).

У режимі "Вимірювальна техніка" надається можливість налагодити потрібні властивості вимірювальної техніки й провести необхідні вимірювання. Результати вимірювань відображаються на екрані в цифровому або графічному вигляді.

У режимі "Вимірювальна техніка" доступні наступні функції:

1. Мультиметр.
2. DSO (ЦЗО цифровий запам'ятовувальний осцилограф).

Мультиметр.

Вимірювальні функції на екрані приладу розділені на два функціональні блоки (рис. 3.63):

1) Функціональний блок 1 екрану (виміри по вимірювальній лінії U/R/D) дає змогу здійснити:

1) вимірювання напруги;
2) магістральне вимірювання сили струму;
3) вимірювання опору;
4) перевірку діодів;
5) перевірку цілісності кола проводів.

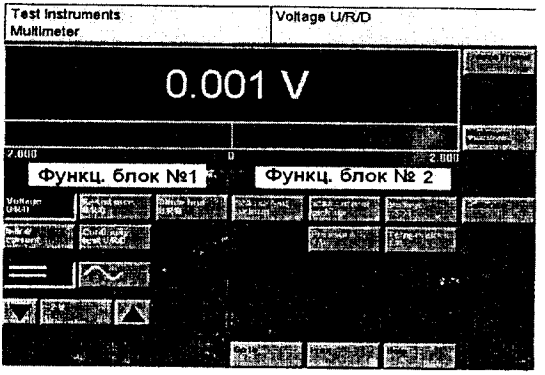


Рис. 3.63. Мультиметр

2) Функціональний блок 2 екрану (вимірювання за допомогою електровимірювальних кліщів, вимірювального кабелю-DSO1) дає змогу виміряти:

1) силу струму 50 А за допомогою електровимірювальних кліщів;
2) силу струму 500 А за допомогою електровимірювальних кліщів;
3) напругу за допомогою вимірювального кабелю DSO1.

Кнопки, якими здійснюється вибір функціонального блоку, відрізняються на екрані написами, зробленими різним кольором.

Обов'язкові умови при проведенні перевірки:

- Напруга акумуляторної батареї як мінімум 11.5В (перевірку провести навантажувальною вилкою без навантаження).
- Заземлення на „масу" між двигуном (на картері коробки передач) і кузовом (під акумуляторною батареєю) в порядку.
- Всі запобіжники у відповідності з актуальною схемою з'єднань в порядку.

Перевірка електропроводів і деталей системи запалювання за допомогою випробувального блоку -V.A.G. 1598/31-

Конструкція вимірювального блоку V.A.G 1598/31 (рис. 3.64) дозволяє одночасне з'єднання із джутом проводів блоку керування двигуном так і з самим блоком керування.

Це має ту перевагу, що електронне керування двигуна залишається працездатне навіть з приєднаною вимірювальною шафою (наприклад для зняття сигналу при працюючому двигуні).

Поглиблену перевірку датчиків і електропроводів, які входять в систему запалювання, необхідно проводити при наявності помилки в пам'яті несправностей, спричиненої тим чим іншим елементом системи.

При наявності помилки, у випадку коли двигун запускається, значення параметрів, які вимірюються, можна вивести на екран тестера VAS 5051 в аналітичному вигляді через функцію 08 – Зчитування блоку отриманих величин. Невідповідність даних, по відношенню до нормативних, дає привід для більш детальної перевірки елементів з'єднань, які спричиняють помилку.

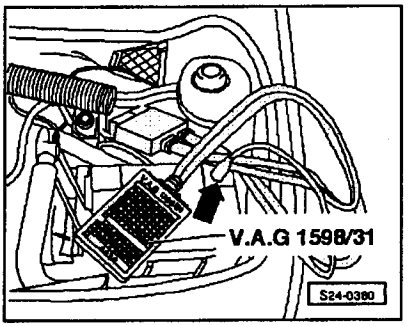


Рис. 3.64. Підключення вимірювальної шафи VAG 1598/31

Для цього додатково до діагностичного приладу VAS 5051 і його вимірювальних ліній необхідно користуватись випробувальним блоком -V.A.G. 1598/31-.

З'єднання вимірювального блоку V.A.G 1598/31 з автомобілем.

1. Вимкнути запалювання **(обов'язково!).**

2. Звільнити доступ до блоку керування шляхом демонтажу елементів конструкції кузова автомобіля.

Блок керування двигуном автомобіля SUPERB знаходиться зліва від акумуляторної батареї в вологозахисному футлярі.

3. Викрутити гвинти кріплення кришки футляра.
4. Відкрити кришку.
5. Зняти скобу, яка утримує блок керування.
6. Вивести блок керування із футляра.
7. Відпустивши фіксатори штекерних з'єднань, від'єднати штекерні з'єднання від блоку керування двигуном.
8. Приєднати випробувальний блок V.A.G 1598/31 до обох штекерних з'єднань в джгуті проводів і до блоку керування. Приєднати затискач для з'єднання з „масою" – стрілка (рис. 3.64) випробувального блоку до „– мінуса" акумуляторної батареї.

Після такого підключення автомобіль повністю залишається працездатним.

Перевірка датчика G40 – Холла

Датчик G 40 служить для визначення положення розподільчого валу, а значить і про момент запалювання в першому циліндрі двигуна, працює на ефекті Холла.

Місце знаходження датчика на двигуні – передня частина двигуна, привідний шків розподільчого валу.

Для перевірки слід задіяти слідуючі контрольні і вимірювальні прилади, допоміжне обладнання.

- Діагностичний прилад VAS 5051.
- Кабель діагностичної установки VAS 5051/5A
- Випробувальний блок V.A.G 1598/31.
- Допоміжний вимірювальний комплект V.A.G 1594 A.
- U/R/D – лінія VAS 5051/7.
- DSO кабель VAS 5051/8.

Умови проведення перевірки:

- Діагностичний прилад VAS 5051 з'єднати з автомобілем через діагностичний кабель VAS 5051/5Ата приєднати до зовнішньої електромережі і ввімкнути.
- До тестера приєднати джути проводів U/R/D – лінія VAS 5051/7 і DSO кабель VAS 5051/8 у відповідні гнізда.
- До автомобіля приєднати випробувальний блок V.A.G 1598/31.

Порядок виконання роботи:

1. Поставити нейтральну передачу в КПП автомобіля.
2. Запустити двигун і залишити його працювати на обертах холостого ходу.
3. Вибрати режим роботи тестера – Самодіагностика автомобіля.
4. Вибрати систему 01 – Електроніка двигуна.

5. Вибрати функцію 08 – Зчитування блоку отриманих величин.
6. Ввести номер каналу 012.
7. Виведені параметри екрану розшифровані в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Положення розподільного валу відносно колінчастого

Зчитування блоку вимірювальних величин канал 012				<Зображення на екрані		
об/хв	xxx,x%	xx	xx			
1	2	3	4	<Зображуване поле	Необхідне значення	Отримане значення
			Номер зуба колінчастого валу при зміні кромки розподільчого вала верх – низ		26-30	
			Номер зуба колінчастого валу при зміні кромки розподільчого вала низ – верх (осцилограма)		86-90	
	Навантаження двигуна				12,0-37,0	
Оберти двигуна (холостий хід)					580-830	

8. Заповнити графу „Отримане значення" таблиці 3.3 в протоколі випробувань.
9. Перейти в режим роботи тестера – Вимірювальна техніка, вибравши відповідну піктограму знизу екрану в рядку керування.
10. В цьому режимі перейти у вікно DSO (ЦЗО) шляхом вибору у рядку керування і далі DSO.
11. Користуючись схемою (рис. 3.65) і даними таблиці 3.4, зняти осцилограму сигналу з датчика Холла.

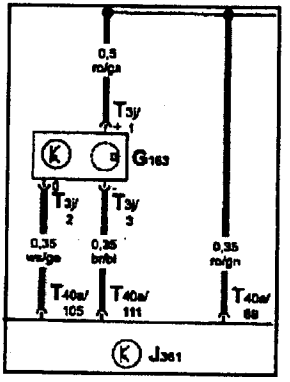


Рис 3.65. Схема підключення приладу для зняття осцилограми G40

Таблиця 3.4

З'єднання для зняття сигналу датчика Холла

DSO кабель VAS 5051/8 приєднання щупа	Випробувальний блок -V.A.G. 1598/31-, гніздо номер
„+"	89
„–"	105

12. У нормально працюючого датчика осцилограма сигналу повинна відповідати зображенню, як на рис. 3.66.

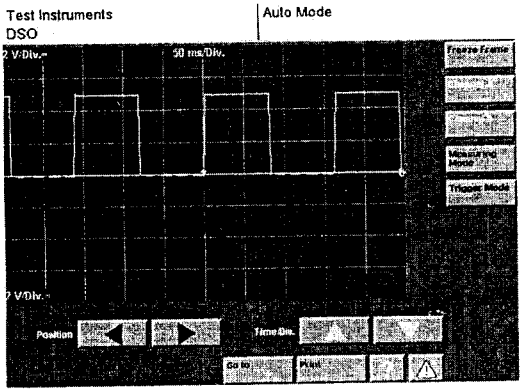


Рис. 3.66. Осцилограма еталонного сигналу з датчика Холла.

У випадку якщо вона не відповідає нормі то необхідно провести подальшу перевірку:

1. Відключити кабель DSO від випробувального блоку.
2. Вимкнути запалювання.
3. Від'єднати штекерну колодку від датчика Холла – G40 до двигуна.
4. Перейти в режим мультиметра, вибравши і далі – мультиметр.
5. Вибрати режим вимірювання напруги.
6. Включити запалювання автомобіля.

Користуючись схемою (рис. 3.65) і даними таблиці 3.5, перевірити живлення датчика (номер контакту знаходиться на штекері під пильником) за допомогою щупів U/R/D – лінії VAS 5051/7 – **перший контакт в таблиці – плюсовий щуп.**

Таблиця 3.5

Перевірка живлення датчика Холла – G40

3-х контактний штекерний з'єднувач, контакт №	Необхідне значення, В	Отримане значення, В
1+3	5,0В	
„+АКБ"+3	Напруга АКБ	

Якщо напруга відповідає нормі, то ймовірно несправний датчик.

Якщо напруга не відповідає нормі, то виконати такі операції:

1. Від'єднати щупи.
2. Вимкнути запалювання.
3. За допомогою схеми (рис. 3.65) і таблиці 3.6 перевірити електропроводи з'єднання датчика і блоку керування на обрив, замикання на масу, або ж замикання в джгуті проводів між собою.

Таблиця 3.6

Перевірка електропроводів з'єднань датчика Холла – G40

3-х контактний штекерний з'єднувач, номер контакту	Випробувальний блок -V.A.G. 1598/31-, гніздо номер
1	89
2	105
3	111

Дані перевірки занести до таблиці 3.7.

Таблиця 3.7

Дані перевірки електропроводів з'єднань датчика G40 – Холла

Параметр, що перевіряється	Нормативне значення		Дані вимірювань		Висновок
Електропровід контакту 1	КЗ	На «масу»	КЗ	На «масу»	
	0 Ом	+∞			
2	0 Ом	+∞			
3	0 Ом	+∞			
4	0 Ом	+∞			
5	0 Ом	+∞			
6	0 Ом	+∞			

Якщо виявилось, що електропроводи не мають пошкоджень, то ймовірно, що несправний блок керування двигуном, який слід поглиблено перевірити або замінити.

Зробити висновок про стан датчика G40 – Холла і електропроводи з'єднань.

Перевірка датчика частоти обертання G28

Датчик частоти обертання колінчастого валу двигуна G28 знаходиться в кривошипній камері зліва-ззаду двигуна, перед картером муфти зчеплення.

Порядок виконання роботи:

1. Виконати робочі операції №№ 1-7 щодо перевірки датчика G 40.
2. Натиснути на педаль акселератора, збільшивши оберти двигуна, і слідкувати за полем 1 екрану, значення обертів повинно збільшуватись.
3. Для зняття осцилограми перейти в режим роботи тестера „Вимірювальна техніка".
4. Користуючись схемою (див. рис. 3.67) і таблицею 3.8, виконати з'єднання для отримання осцилограми.

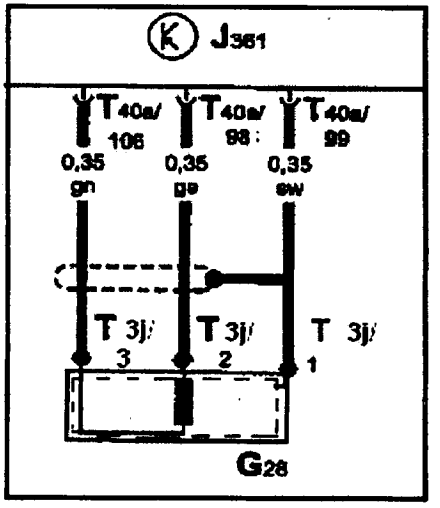


Рис. 3.67. Схема підключення приладу для зняття осцилограми сигналу датчика частоти обертання G 28

Таблиця 3.8

З'єднання для зняття сигналу датчика G28

DSO кабель VAS 5051/8, приєднування щупа	Випробувальний блок -V.A.G. 1598/31-, гніздо номер
„+"	98
„–"	106

У нормально працюючого датчика вид осцилограми повинен бути таким, як зображено на рис. 3.68.

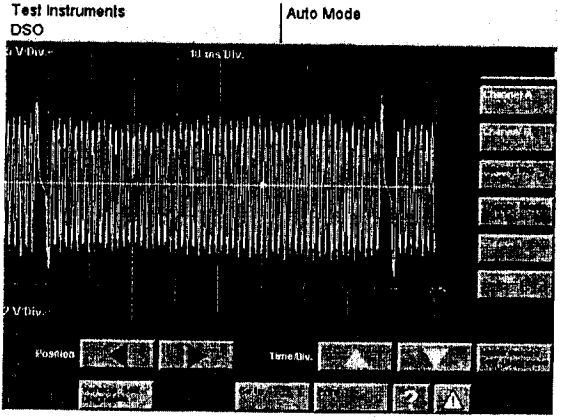


Рис. 3.68. Осцилограма еталонного сигналу датчика G 28

Якщо необхідне значення не досягнуто, то слід виконати наступні операції:

1. Відключити кабель DSO від випробувального блоку.
2. Вимкнути запалювання.
3. Перейти в режим мультиметра (див. вище).
4. Вибрати режим

– перевірка опору.
5. Перевірити опір датчика і з'єднувальні електропроводи в цілому на можливу несправність через гнізда 98 і 106 випробувальної шафи – V.A.G. 1598/31.

Дані вимірювань занести до таблиці 3.9 протоколу випробовувань.

Таблиця 3.9

Дані перевірки датчика частоти обертання G28

Параметр, що перевіряється	Нормативне значення	Дані вимірювань	Висновок
Опір датчика частоти обертання G28	480 – 1000Ом		

Якщо дані не задовольняють нормативним то слід перевірити електропроводи з'єднань за вищевикладеною методикою та відповідно до схеми на рис. 3.67 і табл. 3.10.

Таблиця 3.10

З'єднання для перевірки електропроводів датчика G28

3-х контактний штекерний з'єднувач, номер контакту	Випробувальна шафа -V.A.G. 1598/31-, гніздо номер:
1	99
2	98
3	106

Зробити висновок про стан датчика G28 та проводи з'єднань.

Перевірка датчика температури охолоджувальної рідини G62

Місце знаходження датчика на двигуні – зверху ззаду блока циліндрів в системі охолодження за клапанною кришкою.

Порядок виконання роботи:

1. Виконати робочі операції №№1-5 щодо перевірки датчика G 40.
2. Ввести номер каналу 004.

Пояснення до зображення на екрані наведені в таблиці 3.11.

Зчитати значення температури охолоджувальної рідини в полі «3» екрану та записати їх до таблиці 3.11.

Запустити двигун (порядок проведення викладено вище).

При працюючому двигуні температура повинна рівномірно зростати.

Таблиця 3.11

Основні функції температур

Зчитування блоку вимірювальних величин канал 004				<Зображення на екрані		
xxx об/хв	xx,x В	xxx,x °С	xxx,x °С			
1	2	3	4	<Зображуване поле	Необхідне значення	Отримане значення
			Температура впускного повітря		-39,8–105,0	
		Температура охолоджувальної рідини			80,0–115,0	
	Напруга живлення блоку керування двигуном				11,9–14,7	
Оберти двигуна (оберти холостого ходу)					580–830	

Якщо зображення в полі «3» екрану має значення -40,5 °С або 139,5 °С – це говорить про наявну несправність, в цьому випадку слід:

1. Роз'єднати 4-х контактний штекер ний з'єднувач датчика.
2. По вищевикладеній методиці перевірити опір на контактах 3 і 4 датчика.

Необхідні значення в залежності від температури представлені на графіках (рис. 3.69).

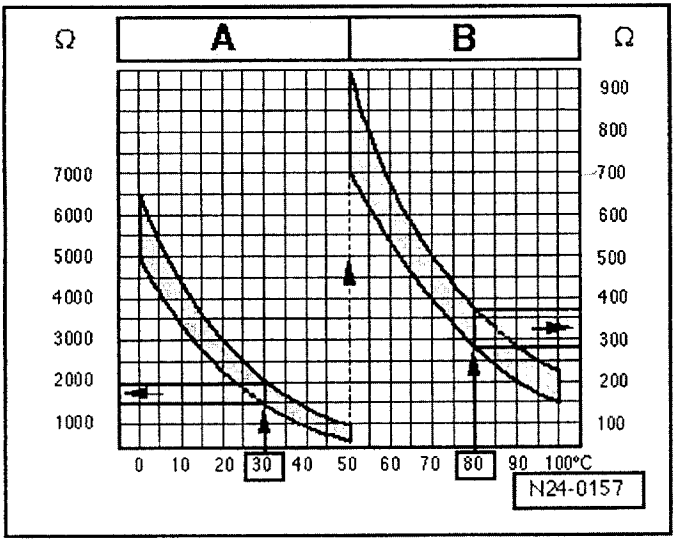


Рис. 3.69. Залежність опору датчика G 62 від температури

Якщо необхідне значення не досягнуто, то ймовірно несправний датчик температури охолоджувальної рідини і його слід замінити.

Якщо необхідне значення досягнуто, то за вищевикладеною методикою перевірки електропроводів і користуючись таблицею 3.12 перевірити електропроводи на обрив, коротке замикання на масу і замикання всередині джгута проводів.

Таблиця 3.12

З'єднання для перевірки електропроводів датчика G62

4-х контактний штекерний з'єднувач, номер контакту	Випробувальна шафа -V.A.G. 1598/31-, гніздо номер
3	83
4	104

Дані випробувань занести до таблиці 3.13.

Таблиця 3.13

Дані перевірки датчика G62

Параметр, що перевіряється	Нормативне значення		Дані вимірювань		Висновок
Опір датчика – G62– по графіку рис. 3.69	При 30 °С 1500–2000 Ом				
Електропровід контакту 1	КЗ	На «масу»	КЗ	На «масу»	
	0 Ом	+ ∞			
2	0 Ом	+ ∞			

В протоколі випробувань зробити висновок про технічний стан датчика G62 і електропроводів з'єднань.

Перевірка датчиків детонації G61 і G66

Датчики детонації служать для зменшення кута випередження запалювання при виникненні детонаційного згоряння в циліндрах. Місце встановлення датчиків на двигуні – зліва на кривошипній камері під впускним колектором.

Порядок виконання роботи:

1. Перейти в режим роботи тестера [redacted] – Вимірювальна техніка.
2. Перейти на заставку DSO.
3. Включити запалювання.
4. У відповідності до схеми рис. 3.70 і даним таблиці 3.14 провести з'єднання для перевірки датчиків детонації G61 і G66.

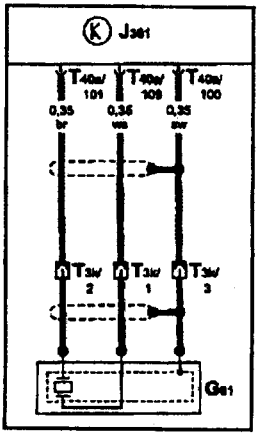


Рис. 3.70. Схема підключення приладу для зняття осцилограм сигналу датчиків детонації G 61 та G 66

Таблиця 3.14

З'єднання для зняття сигналу датчиків G61 і G66

DSO кабель VAS 5051/8, приєднування щупа	Випробувальний блок -V.A.G. 1598/31-, гніздо номер
„+",G61	101
„–",G61	109
„+",G66	102
„–",G66	110

5. Легко постукати по гвинту кріплення датчика.

Якщо датчик справний то отримаємо осцилограму, як на рис. 3.71.

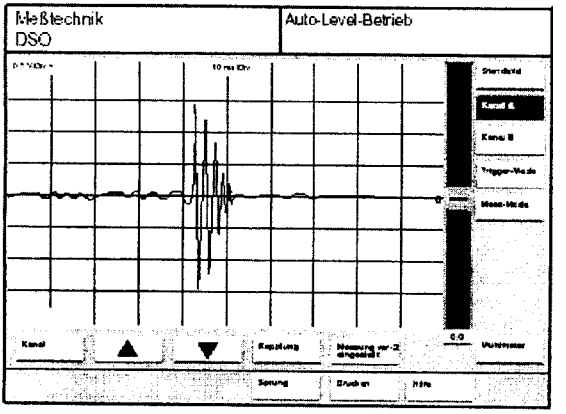


Рис. 3.71. Осцилограма справної роботи датчика детонації при постукуванню по ньому

Якщо осцилограма не відповідає нормі, то слід виконати такі дії:

1. Відпустити гвинт кріплення датчика і закрутити його з зусиллям 8Н·м.
2. Повторити перевірку.
3. Виконати перевірку електропроводів за вищевикладеною методикою і відповідно до схеми на рис. 3.70 і табл. 3.15.

Таблиця 3.15

З'єднання для перевірки електропроводів датчиків G61 і G66

3-х контактний штекерний з'єднувач для датчика G61 і G66 відповідно, номер контакту	Випробувальна шафа -V.A.G. 1598/31-, гніздо номер:
1	109
2	101
3	100
1	110
2	102
3	103

Якщо електропроводи не мають несправностей, ймовірно несправний датчик і його слід замінити.

Зробити висновок про технічний стан датчиків детонації G61 і G66.

Перевірка решти датчиків та елементів системи запалювання автомобіля «Skoda» (датчика положення дросельної заслінки, датчика тиску температури у впускному трубопроводі, котушки та свічок запалювання, а також діагностування та перевірка інших елементів електронного обладнання автомобілів «Skoda» див. рис. 3.58) проводиться за аналогічною методикою яка описана в Методичних вказівках по експлуатації приладу VAS 5051.

Контрольні запитання та завдання

1. Накресліть схему і поясніть принцип дії батарейного запалювання.
2. Виведіть формулу для сили струму розривання первинного кола.
3. Виведіть формулу для максимальної вторинної напруги.
4. Що називають пробивною напругою? Які фактори впливають на її значення?
5. Накресліть принципову схему та опишіть принцип дії контактно-транзисторної системи запалювання.
6. Яка основна відмінність безконтактної системи запалювання від контактно-транзисторної?
7. Поясніть принципи дії датчика Холла. Назвіть основні вузли та деталі датчика-розподільника 40.3706.
8. Як працює генераторний датчик?

9. Чому робоча суміш має займатися раніше, ніж поршень дійде до ВМТ?
10. Які основні деталі свічки запалювання? Як добирають і маркують свічки?
11. Опишіть будову котушки запалювання. Які особливості двохвивідних котушок?
12. Як регулюють кут випередження запалювання зі збільшенням частоти обертання в різних системах запалювання?
13. Як має змінюватися запалювання зі зміною навантаження двигуна?
14. Які основні принципи побудови цифрових систем запалювання?
15. Як працює система запалювання з комутатором 13.3734.01?
16. Як працює транзисторний комутатор 36.3734?
17. Поясніть будову і принцип дії двоканального комутатора 42.3734.
18. Поясніть систему запалювання від магнето.
19. Поясніть діагностування системи запалювання за допомогою мотор-тестерів.

Розділ 4. СИСТЕМИ ПАЛИВОПОДАЧІ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ

4.1. Загальні відомості

Останнім часом (після 2000 р.) випуск карбюраторних двигунів внутрішнього згорання в усьому світі щорічно зменшується, поступаючись місцем двигунам із впорскуванням бензину.

Шляхи удосконалення карбюраторних двигунів практично вичерпані. Їхні показники за останні 10 років мало змінилися: літрова потужність збільшилась лише на 3-5%, крутний момент збільшився на 4-6%, а мінімальна частота обертання колінчатого вала знизилась лише на 100-400 $хв^{-1}$.

Це пояснюється тим, що карбюратор працює на принципі пульверизації, при якому розпилення бензину відбувається в струмені повітря, що всмоктується в циліндри двигуна. При цьому створюються достатньо крупні краплі пального, що не забезпечує якісного перемішування бензину та повітря. Погане перемішування та крупні краплі сприяють осіданню бензину на стінках впускного колектора і на стінках циліндрів під час впуску паливно-повітряної суміші.

А при примусовому розпиленні бензину під тиском через калібровані отвори форсунки частинки пального можуть мати значно менші розміри порівняно з розпиленням бензину при пульверизації. Особливо ефективно бензин розпилюється вузьким пучком при високому тиску.

Встановлено, що при розпиленні бензину на частки діаметром менше 10...15 мкм його перемішування з киснем повітря відбувається на молекулярному рівні. Це робить паливно-повітряну суміш більш стійкою до впливу перепадів температури та тиску в циліндрах двигуна та довгих трубах впускного колектора, що сприяє більш повному її згоранню.

Бензинові двигуни з електронним впорскуванням бензину покращили енергетичні показники двигунів на 15...20% через менші гідравлічні втрати у впускному трубопроводі, та наявності можливостей використання наддуву. Паливна економічність збільшилась на 25%, тому що можливе застосування більшої ступені стискування без детонаційного згорання та більш точне дозування суміші по циліндрах на всіх експлуатаційних режимах. Зменшилась токсичність випускних газів.

Електронні системи впорскування бензину дозволяють оптимізувати сумішеутворення.

У міру розвитку систем впорскування бензину на двигуни встановлювались механічні, електронні та цифрові системи. На даний час структурні схеми систем впорскування пального в основному стабілізувались.

Системи впорскування бензину можна класифікувати за рядом ознак.

За способом реалізації впорскування:

– електронно-механічні;

– механічні;

– електронні;

– електронні комбіновані.

За місцем впорскування:

– впорскування у впускний колектор:

а) центральне, в змішувальну камеру;

б) багатоточкове, розосереджене впорскування у зону впускних клапанів;

– безпосереднє впорскування в циліндр.

За способом впорскування:

– безперервне;

– періодичне, дискретне.

За типом вузлів, що дозують паливо:

– плунжерні насоси;

– форсунки;

– регулятори тиску.

За способом регулювання кількості суміші, яка подається:

– пневматичні;

– механічні;

– електронні.

За параметрами регулювання складу суміші:

– за кутом повороту дросельної заслінки;

– за розрідженням у впускній системі;

– за витратою повітря.

За принципом керування системою:

– програмні (найкращий рівень автоматичних систем);

– програмно-адаптивні (це системи зі зворотним зв'язком запровадження, синтезу, обчислення інформації; самоналагоджуються залежно від сигналу на вході);

– адаптивні мають зворотний зв'язок інформації від багатьох датчиків, які оптимізують дозування палива, запалювання суміші, регулювання за рядом критеріїв: економічність, токсичність та ін.

Найбільш перспективні системи впорскування – електронні, із комп'ютерним адаптивним керуванням, багатоточковою паливоподачею і ступінчастою системою запалювання.

4.2. Системи центрального впорскування з електронним керуванням

Вперше система центрального одноточкового імпульсного впорскування палива для бензинових двигунів легкових автомобілів була розроблена фірмою Bosch у 1975 році. Ця система отримала назву "Mono-Jetronic" (Mono-jet-одиночний струмінь) і була встановлена на автомобілі Volkswagen.

Ця система дає змогу значно поліпшити потужність та економічні показники двигуна, а також зменшити токсичність відпрацьованих газів. Керуючи карбюратором, вона забезпечує оптимальний склад паливно-повітряної суміші. Тому його називають карбюратором з електронним керуванням.

На відміну від звичайних карбюраторів, система центрального впорскування з електронним керуванням дає змогу процес дозування пального повністю відокремити від процесу сумішеутворення.

Дозують пальне дозувальні пристрої, які діють за принципом дискретного дозування. В системах центрального впорскування пальне надходить безпосередньо до змішувальної камери. Відокремлення процесів дозування пального та сумішеутворення дає змогу застосувати різні методи його інтенсифікації.

Перевага системи центрального впорскування з електронним керуванням полягає у тому, що вона дає змогу звичайні карбюратори замінювати на карбюратори з електронним впорскуванням.

Завдяки відокремленню функцій дозування та сумішеутворення можна використати різні методи для інтенсифікації розпилення пального (наприклад, дифузори зі змінним перерізом, ультразвук).

За допомогою системи центрального впорскування з електронним керуванням (рис. 4.1) можна оптимально дозувати пальне в широкому діапазоні експлуатаційних режимів роботи (з урахуванням тиску навколишнього середовища, температури та інших чинників).

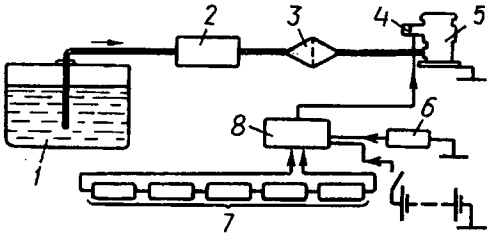


Рис. 4.1. Схема системи центрального впорскування з електронним керуванням: 1 – паливний бак; 2 – насос; 3 – фільтр; 4 – форсунка; 5 – змішувальна камера; 6 – датчик запускальних імпульсів; 7 – датчики; 8 – електронний блок керування

Змішувальна камера системи – вертикальна з падаючим потоком паливної суміші. Система працює так. Пальне з бака насос через фільтр подає до форсунки, розміщеної на змішувальній камері. Процес дозування пального на всіх режимах залежить від частоти та тривалості імпульсів, що

їх посилає виготовлений на транзисторах електронний пристрій, який живиться від акумуляторної батареї автомобіля.

Кількість чинників, які враховуються під час дозування пального, залежить від кількості датчиків, розміщених відповідно до цільового призначення, а дозувальний процес практично не залежить від конструкції змішувальної камери. Саме камера багато в чому визначає ефективність гомогенізації пальної суміші. Розглянемо деякі види змішувальних камер.

Змішувальна камера, що наведена на рис. 4.2, а, має ту відмінну особливість, що в ній електромагнітну форсунку розміщено всередині вздовж потоку повітря, і тому форсунка має сприятливу аеродинамічну форму. Підведення пального та повітря для його розпилення, а також підімкнення до кола електропостачання здійснюють через радіальні ребра.

Корпус камери – це труба 1 із дросельною заслінкою 6. Всередині труби розміщено електромагнітну форсунку 5. Для інтенсифікації розпилення пального в зону розпилювача по обвідній трубці 7 подають повітря з наддросельного простору, в якому створено тиск, подібний до тиску навколишнього середовища.

Пальне дозує клапан 8 форсунки 5, який після надходження до обмотки 4 імпульсу електричного струму відкриває отвір сідла-розпилювача 9. Пальне під сталим тиском через штуцер 2 і канал 3 надходить до внутрішньої порожнини форсунки, а з неї, коли відкривається клапан, – до змішувальної камери. В режимі холостого ходу дросельна заслінка закрита, а подавання пального регулюють гвинтом 10. Командні імпульси електричного струму від електронного блока надходять до затискача 11 і далі до електромагнітної обмотки форсунки.

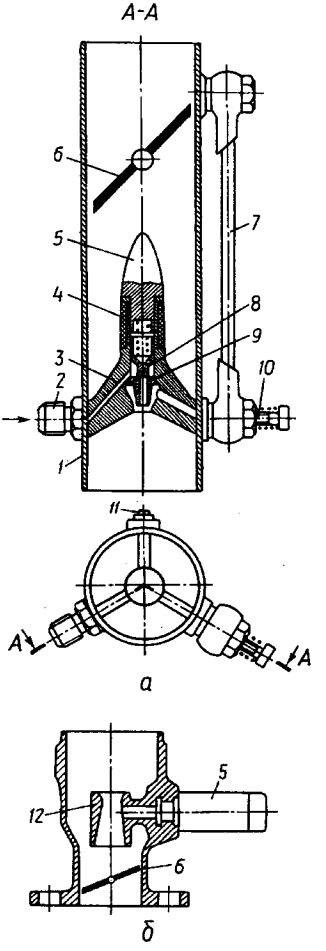


Рис.4.2. Схема змішувальної камери карбюратора з електронним керуванням: а) із розташуванням форсунки всередині; б – те саме ззовні; 1 – впускний колектор; 2 – штуцер; 3 – паливний канал; 4 – обмотка; 5 – форсунка; 6 – дросельна заслінка; 7 – трубопровід; 8 – клапан; 9 – розпилювач; 10 – регулювальний гвинт; 11 – вісь; 12 – дифузор

Розглядувана камера має ту позитивну якість, що струмені пального спрямовані вздовж осі повітряного потоку, а тому воно добре розпилюється в режимах холостого ходу та за малих навантажень. До вад належить велика висота, поганий доступ до форсунки, зменшення подачі повітря, що розпилює пальне, із збільшенням навантаження.

У змішувальній камері, наведеній на рис. 4.2, б, пальне надходить до малого дифузора 12, а форсунку 5 розташовано ззовні, тому її можна швидко замінити при несправності. Пальне в режимі холостого ходу і за малих навантажень розпилюється в зоні дросельної заслінки 6.

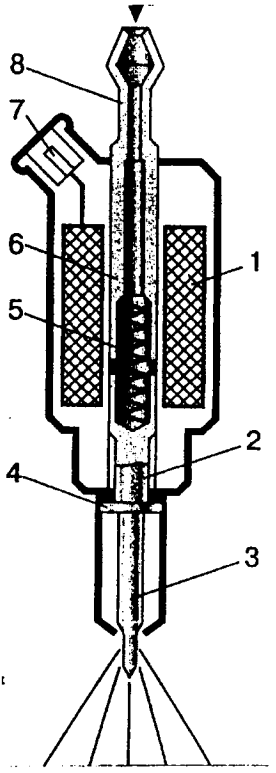


Рис. 4.3. Конструктивна схема електромагнітної форсунки.
1 – обмотка електромагніту; 2 – якір; 3 – запираючий елемент; 4 – упор; 5 – пружина; 6 – магнітопровід; 7 – вихідні контакти; 8 – штуцер для палива

Головним та найбільш відповідальним елементом цієї системи є форсунка (рис. 4.3) робота якої пов'язана з гідравлічними, механічними, електромагнітними та електричними процесами, що протікають одночасно.

Форсунки відкриваються автоматично і здійснюють дозування та розпилення пального. Як правило, форсунки розробляються для кожної моделі двигуна як показано на рис. 4.2, вони постійно вдосконалюються, тому можна відмітити широку різновидність їх конструкцій.

Форсунки працюють в імпульсному режимі при частоті спрацьовування від 10 до 200 гц в умовах вібрації двигуна, підвищених температур і при цьому повинні забезпечувати лінійність характеристики дозування пального в межах 2-5 % протягом усього терміну служби (близько 600 млн. циклів роботи).

Сигнал на початок впорскування пального подається на обмотку 1 (рис. 4.3) електромагніту, розташовану в металевому корпусі. В корпусі розташований також запираючий елемент 3 клапану, який притискується до сідла пружиною 5. Коли на обмотку електромагніту від електронного блоку керування подається електричний імпульс прямокутної форми визначеного часу, запираючий елемент переміщується, пересилюючи опір пружини, і відкриває отвір розпилювача. Пальне поступає у впускний патрубок двигуна. після припинення електричного сигналу запираючий елемент під дією пружини повертається в сідло. Кількість впорскнутого пального за цикл

при постійному тиску на вході в форсунку залежить тільки від тривалості керуючого імпульсу.

В реальній форсунці час відкритого стану клапану не співпадає з тривалістю керуючого імпульсу. Після подачі керуючого електричного імпульсу на форсунку в обмотці електромагніту виникає ЕРС самоіндукції яка перешкоджає зростанню магнітного потоку в системі. Відкриття клапану відбувається з затримкою в часі. Після припинення подачі керуючого імпульсу внаслідок самоіндукції магнітний потік що зберігається перешкоджає швидкому відпусканню запираючого елементу.

Підвищити швидкодію електромагнітної форсунки можливо за рахунок зменшення числа витків обмотки електромагніту та її індуктивності. Однак при цьому зменшується опір обмотки та збільшується сила споживаного нею струму.

На рис. 4.4 показана функціональна схема центрального впорскування пального "Mono-Jetronic" фірми "Bosch", а на рис. 4.5 блок центрального впорскування цієї системи.

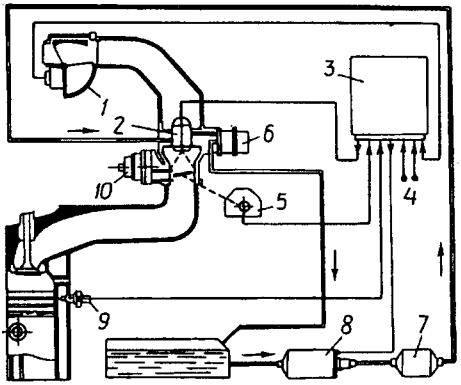


Рис. 4.4. Система центрального впорскування пального фірми "Bosch": 1 – вимірювач витрати повітря; 2 – форсунка; 3 – блок керування; 4 – джерело електропостачання; 5, 9 – датчики положення дросельної заслінки та температури відповідно; 6 – стабілізатор переходу тиску пального; 7 – паливний фільтр; 8 – паливний насос; 10 – регулятор перепускання повітря

Система центрального впорскування складається з електронного блоку керування 3 на базі мікропроцесора, змішувальної камери з дросельною заслінкою, форсунки 2, стабілізатора тиску 6, паливного насосу з електроприводом 8, паливного фільтра 7, датчика температури охолоджувальної рідини 9; регулятора частоти обертання в режимі холостого ходу 10. Дія регулятора ґрунтується на зміні положення дросельної заслінки або перепуску повітря в обхід дросельної заслінки. Після обробки

інформації з датчика частоти обертання мікропроцесор формує керуючий сигнал, що подається на форсунку.

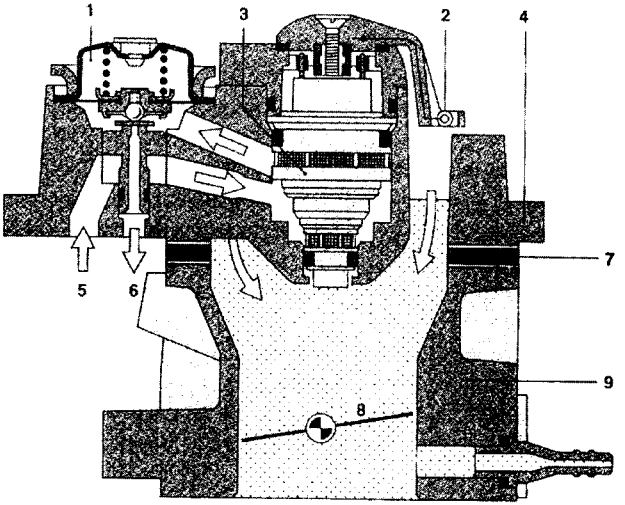


Рис. 4.5. Блок центрального впорскування системи "Mono-Jetronic": 1 – регулятор тиску; 2 – датчик температури; 3 – форсунка; 4 – верхня (гідравлічна) частина; 5 – подача пального; 6 – повернення пального; 7 – теплоізолююча пластина; 8 – дросельна заслінка; 9 – нижня частина

Японська фірма "Hitachi" також розробила та встановлює на автомобілях систему центрального впорскування пального, що показана на рис. 4.6.

Цією фірмою передбачено встановлення ультразвукового вібратора за форсункою для кращого розпилювання пального. Система впорскування фірми "Hitachi" має регулятор частоти обертання колінчастого вала, який діє за принципом регулювання положення дросельної заслінки чи перепускання повітря з її обминанням. Інформація про реальну величину n, здобута з датчика частоти обертання колінчастого вала та оброблена мікропроцесором у вигляді сигналу надходить до виконавчого пристрою (дискретного електродвигуна) який діє на дросельну заслінку чи електромагнітний клапан і регулює витрату повітря через обвідний (байпасний) канал, обминаючи дросельну заслінку. Ця система також має датчик кисню (λ-зонд) який дає змогу адаптивно підтримувати стехіометричний склад паливної суміші та одночасно забезпечує програмово-адаптивний принцип дозування пального. Відомі два типи датчиків кисню. В одному з них чутливим елементом є діоксид цирконію ZrO_2, в іншому – діоксид титану TiO_2. Обидва типи датчиків реагують на парціальний тиск кисню.

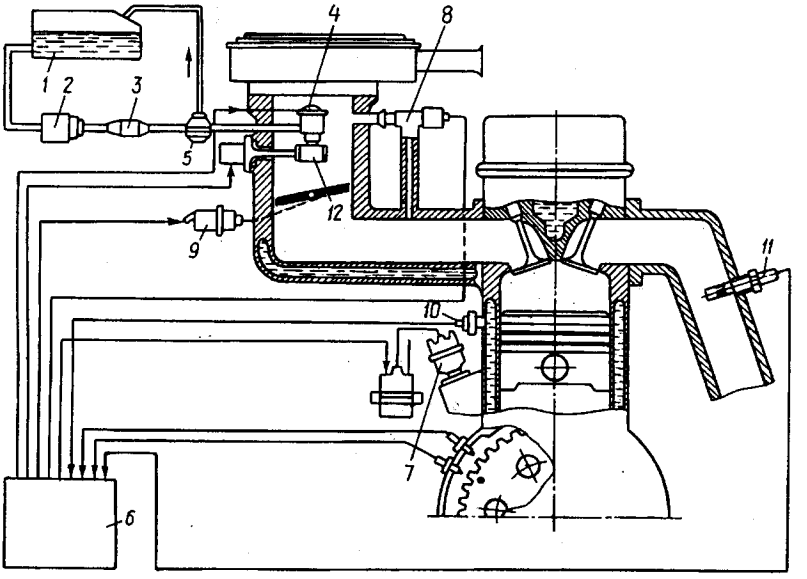


Рис. 4.6. Система центрального впорскування бензину фірми "Hitachi": 1 – паливний бак; 2 – паливний насос; 3 – фільтр; 4 – форсунка; 5 – стабілізатор тиску; 6 – електронний блок керування; 7, 9, 10 – датчики стартових імпульсів, положення дросельної заслінки; і температури охолоджувальної рідини відповідно; 8 – регулятор перепускання повітря; 11 – λ-зонд; 12 – ультразвуковий розпилювач

Цирконієвий датчик (рис. 4.7) має два електроди – зовнішній 4 та внутрішній 5.

Обидва електроди виготовлені із пористої платини або її сплаву і розділені шаром твердого електроліту. Електролітом служить діоксид цирконію ZrO_2 з добавкою оксиду ітрію Y_2O_3 для підвищення іонної провідності електроліту. Середовище, що оточує внутрішній електрод, має постійний парціальний тиск кисню. Зовнішній електрод, що омивається відпрацьованими газами в випускній системі двигуна має змінний парціальний тиск кисню. Іонна провідність твердого електроліту, що виникає внаслідок різниці парціальних тисків

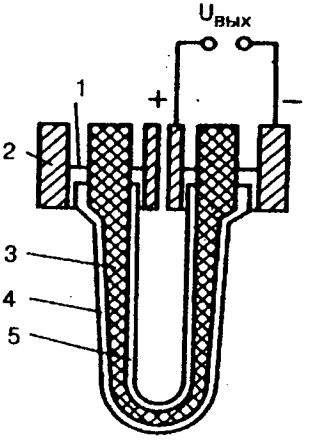


Рис. 4.7. Схема цирконієвого датчика кисню (λ-зонду): 1 – електропровідне ущільнення; 2 – корпус; 3 – твердий електроліт; 4, 5 – зовнішній та внутрішній електроди

кисню на внутрішньому та зовнішньому електродах викликає появу різниці потенціалів між ними.

При низькому рівні парціального тиску кисню у відпрацьованих газах, коли двигун працює на збагаченій суміші ($\alpha<1$) датчик, як гальванічний елемент генерує високу напругу (700...1000 мВ). При переході на збіднену суміш ($\alpha>1$) парціальний тиск кисню у відпрацьованих газах відчутно збільшується, що призводить до різкого спаду напруги на виході датчика до 50...100 мВ. Такий різкий спад напруги датчика при переході від збагачених до збіднених сумішей дозволяє визначити стехіометричний склад суміші з похибкою не більше ±0,5%. Конструкція датчика кисню на основі діоксиду цирконію показана на рис. 4.8.

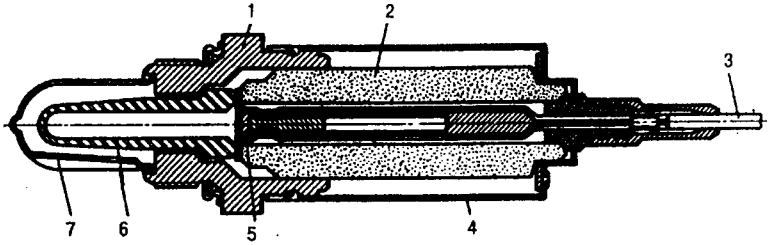


Рис. 4.8. Цирконієвий датчик кисню:
1 – металевий корпус; 2 – ущільнення; 3 – з'єднувальний провід;
4 – кожух; 5 – контактний стержень; 6 – активний елемент із двоокису цирконію; 7 – захисний ковпак з прорізями

4.3. Системи розподіленого (багатоточкового) впорскування пального

Останнім часом на переважній більшості двигунів сучасних легкових автомобілів широкого розповсюдження набули системи впорскування пального в яких бензин подається у впускний колектор не через одну центральну форсунку, а через декілька форсунок, число яких дорівнює числу циліндрів двигуна. Такі системи були встановлені на автомобілях (BMW-316i, 318i, 520i, 525, «Вольво» – 740, 760, ВАЗ-21083, 21093, 21099, 21102). При цьому впорскування здійснюється на гарячі впускні клапани переривчато однією або двома порціями за робочий цикл двигуна і з точним дотриманням геометрії розпилу (рис. 4.9).

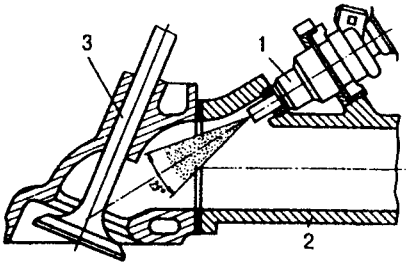


Рис. 4.9. Схема розташування форсунки при впорскуванні пального в зону впускного клапана:
1 – електромагнітна форсунка;
2 – впускний трубопровід;
3 – впускний клапан

Такі системи означаються індексом «L» (від німецького слова "Lade" – точна порція, заряд), що вказує на відміряне по кількості пального перериваєте та розподілене по циліндрах впорскування бензину. Для реалізації такого способу впорскування необхідне застосування електрокерованих форсунок, тривалість відкритого стану яких визначається тривалістю електроімпульсу керування. Це дозволяє точно та швидко корегувати якість паливно-повітряної суміші, яка подається в циліндри при різних режимах роботи двигуна.

Системи впорскування бензину групи «L» широко випускаються різними зарубіжними фірмами: Bosch та VAG – Німеччина, Citroen – Франція, Lucas – Англія, FIAT – Італія, Siemens – Нідерланди, SAAB – Швеція, General-Motors і Ford – США, Toyota, Honda, Subaru, Mitsubishi, Nissan та Mazda – Японія.

Загальна кількість розроблених та впроваджених у виробництво різновидностей та модифікацій цих систем – понад 60 найменувань. Їх різниця одного від іншого незначна, тому розглядувати кожну систему немає необхідності. Найбільш типовим представником систем цієї групи є система «L-Jetronic» фірми Bosch.

На рис. 4.10 показана спрощена функціональна схема системи «L-Jetronic».

Якщо порівнювати цю систему з системою «Mono-Jetronic» то можливо відмітити, що принцип формування часу впорскування бензину та зв'язки між елементами в цих системах одинакові. В них є ряд ідентичних складових частин: ЕБК – електронний блок керування 11; механічний датчик обертів двигуна (ДОД) 4 з вакуумним регулятором навантаження двигуна (ДНД) 5, потенціометричний датчик положення дросельної заслінки (ДПД) 1 з мікровимикачем в крайніх положеннях, датчик температури вхідного повітря (ДТП) 3, датчик температури двигуна (ДТД) 7, датчик концентрації кисню у випускних газах (ДКК) 8, додатковий клапан подачі повітря 16.

На відміну від «Mono-Jetronic» система «L-Jetronic» працює на кожний циліндр окремо, і додатково обладнана пусковою форсункою 18 та потенціометричним витратоміром повітря (ПВП) 2 з повітряною демпферною камерою з датчиком температури вхідного повітря, вимикачем бензонасоса та з обвідним повітряним (байпасним) каналом, який працює під час прогрівання двигуна.

На рис. 4.11 показана система розподіленого впорскування пального «L-Jetronic».

Електричний паливний насос 2 подає бензин з баку 1 через фільтр 3 в розподільну магістраль, де за допомогою стабілізатора 4 підтримується постійний перепад тиску на вході і виході форсунок 10. Стабілізатор перепаду тиску підтримує постійний тиск і забезпечує повернення надлишкового пального назад в бак. Цим забезпечується циркуляція пального в системі та виключається створення парових пробок. З розподільної

магістралі пальне поступає до робочих форсунок, котрі подають його в зону впускних клапанів. Кількість впорскнутого палива задається електронним блоком керування 5 залежно від температури тиску, об'єму повітря що поступає, частоти обертання колінчатого вала та навантажень двигуна. Враховується також температура охолоджуючої рідини.

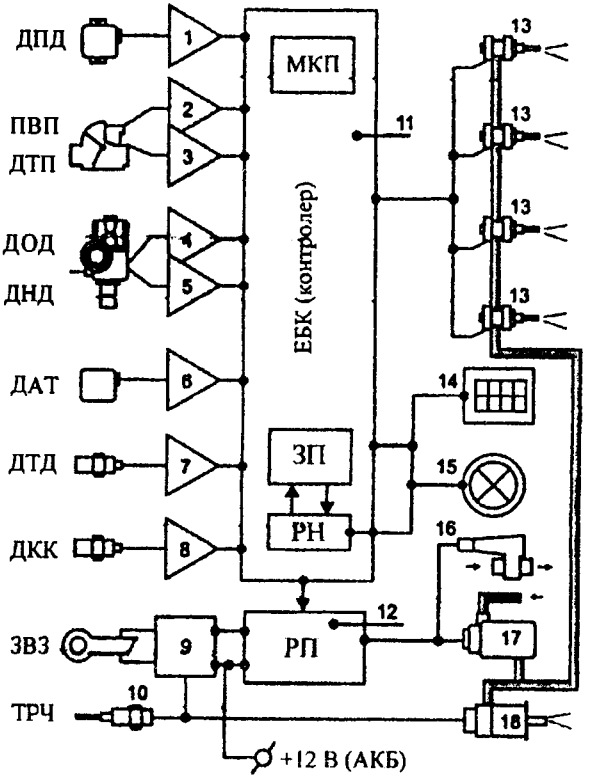


Рис. 4.10. Спрощена функціональна схема системи «L-Jetronic»: 1-10 – вхідні пристрої керування: ДПД – датчик положення дроселя; ПВП – електропотенціометр витратоміра повітря; ДТП – датчик температури повітря; ДОД – датчик частоти обертання ДВЗ; ДНД – датчик навантаження двигуна (вакуумний регулятор); ДАТ – датчик атмосферного тиску; ДТД – датчик температури ДВЗ; ДКК – датчик концентрації кисню (λ-зонд); ЗВЗ – замок вмикача запалювання; ТРЧ – термореле часу; 11 – ЕБК впорскуванням з мікропроцесором МКП, запам'ятовуючим пристроєм ЗП, реєстратором неполадок РН; 12 – реле РП керування пуском ДВЗ; 13 – клапанні електромагнітні форсунки; 14 – діагностичне розняття; 15 – лампа; 16 – клапан додаткової подачі повітря; 17 – електробензонасос; 18 – пускова форсунка

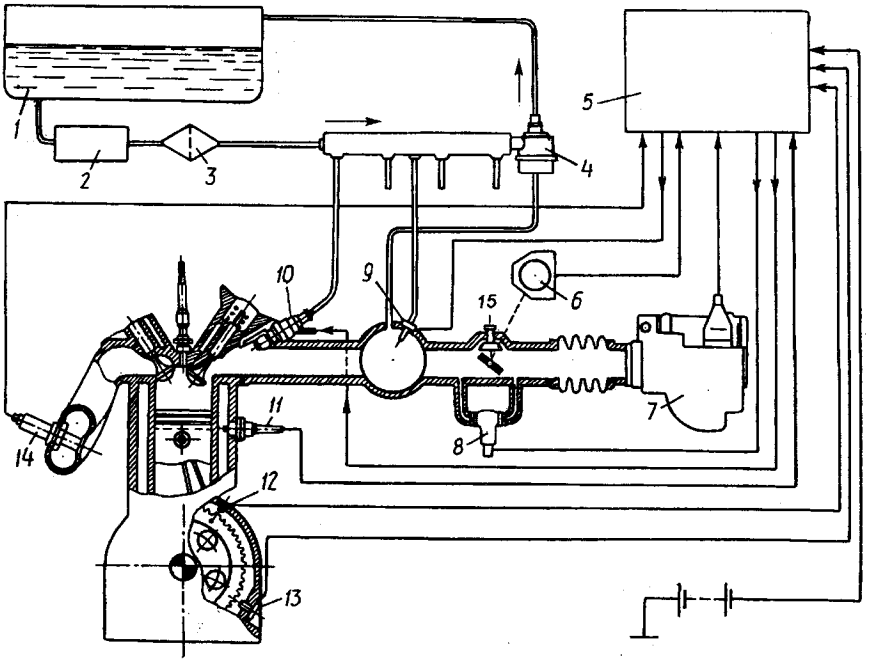


Рис. 4.11. Схема впорскування пального «L-Jetronic»: 1– паливний бак; 2 – насос; 3 – фільтр; 4 – стабілізатор перепаду тиску; 5 – блок керування; 6, 11-14 – датчики положення дросельної заслінки, температури, стартових імпульсів, частоти обертання вала та вмісту кисню відповідно; 7 – вимірювач витрати повітря; 8 – автомат перепускання повітря на холостому ході; 9, 10 – пускова та робоча форсунки відповідно; 15 – гвинт регулювання частоти обертів вала на холостому ході

Об'єм повітря, що поступає в двигун є головним параметром, що визначає дозування пального. Повітря поступає в циліндри через вимірювач 7 витрати повітря у впускний колектор. Повітряний потік, що поступає в двигун відхиляє напірну вимірювальну заслінку вимірювача витрати повітря на визначений кут. При цьому за допомогою потенціометра електричний сигнал, пропорційний куту повороту заслінки, поступає в блок керування, котрий визначає необхідну кількість пального та видає на електромагнітні клапани імпульси керування моментом впорскування пального. Електронна схема керування дозування пального отримує живлення від акумуляторної батареї і починає працювати при включенні запалювання.

Незалежно від положення впускних клапанів, форсунки впорскують паливо за один або два оберти колінчатого валу. Якщо впускний клапан

в момент впорскування пального форсункою закритий, пальне накопичується в просторі перед клапаном і поступає в циліндр при наступному його відкриванні разом з повітрям.

Кількість поступаючого в циліндри двигуна повітря регулюється дросельною заслінкою, якою керує водій. В системі передбачений регулятор 8 витрати повітря на холостому ході, розташований біля дросельної заслінки. Він забезпечує додаткову подачу повітря при холодному пуску та при прогріванні двигуна. У міру прогрівання двигуна, починаючи з температури охолоджуючої рідини 50-70 °С, регулятор припиняє подачу додаткового повітря. Після цього при закритій дросельній заслінці повітря поступає лише через верхній байпасний канал, переріз якого можна змінювати регулюючим гвинтом 15, що забезпечує можливість регулювання частоти обертів в режимі холостого ходу.

Стабілізатор перепаду тиску 4 підтримує постійний надлишковий тиск пального відносно тиску повітря у впускному колекторі. В цьому випадку циклова подача палива форсункою 10 залежить тільки від часу на протязі якого відкритий її клапан. Таким чином, основний принцип електронного керування впорскування пального полягає в широкий модуляції електричного імпульсу, який керує форсункою при умові підтримки постійного тиску пального.

Тривалість часу впорскування пального форсункою корегується в залежності від температури охолоджуючої рідини по інформації від датчика 11.

На режимах повного відкриття дросельної заслінки та розгону автомобіля необхідно збагачення горючої суміші, що забезпечується електронним блоком керування по інформації від датчика 6 положення дросельної заслінки. При відкритті заслінки контактна система датчика дає імпульси, котрі призводять до збагачення суміші в режимі розгону автомобіля.

В датчику 6 положення дросельної заслінки передбачена контактна пара, від замкнутого або розімкнутого стану якої залежить відключення або включення паливоподачі в режимі примусового холостого ходу. Подача палива припиняється при закритій дросельній заслінці коли частота обертання колінчатого валу двигуна більше 1000 $хв^{-1}$, і поновлюється при зменшенні частоти обертання до 900 $хв^{-1}$.

Введений в систему датчик кисню 14 забезпечує підтримку стехіометричного складу суміші.

При запуску автомобільного двигуна люба система впорскування пального повинна забезпечувати збагачення паливно-повітряної суміші. В системі «L-Jetronic» це забезпечується пусковою форсункою 9, котра включається в роботу при температурі меншій 20 °С. Тривалість впорскування бензину пусковою форсункою не пов'язана з роботою стартера, а залежить від ступеня достартового нагрівання ДВЗ і може лежати в межах від 0,5

до 10 с. Якщо температура двигуна ≥20 °С то пускова форсунка не включається (контакти термореле часу розімкнуті). Якщо температура двигуна <-30 °С, то максимальна тривалість впорскування (10 с) обмежується спрацьовуванням термореле часу від внутрішньої біметалевої пластини під дією електричного струму. Якщо двигун не запускається на протязі перших 8...10 с, то електробензонасос відключається від бортової мережі автомобіля за допомогою спеціального реле керування.

По конструкції пускові форсунки відрізняються від форсунок для центрального та розподіленого впорскування.

Як правило, вона складається з корпусу з фланцем кріплення 3 (рис. 4.12) в який завальцований пластмасовий каркас 1, обмотки 2 електромагніту.

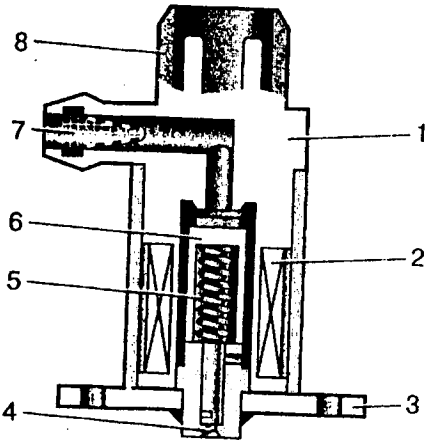


Рис. 4.12. Пускова форсунка:
1 – пластмасовий каркас; 2 – обмотка електромагніту; 3 – фланець кріплення форсунки; 4 – розпилювач; 5 – пружина; 6 – запираючий елемент; 7 – паливоподаючий штуцер з фільтруючим елементом; 8 – електричні контакти

Запираючий елемент 6 є якорем електромагніту. В нижній частині корпусу розташований відцентровий розпилювач. При подачі пального пускова форсунка постійно знаходиться у відкритому стані.

Для подачі палива до форсунок в системах впорскування палива використовуються електричні паливні насоси.

В основному використовуються насоси роторного типу (рис. 4.13).

Насоси можуть встановлюватись як поза, так і всередині паливного бака. При зовнішній установці насос становить собою автономний агрегат, що об'єднує насос та електродвигун водному корпусі.

При розташуванні в баці насос становить собою єдиний агрегат, що включає сам насос, паливопроводи, демпфірувальний пристрій, фільтр, проводи електроживлення тощо.

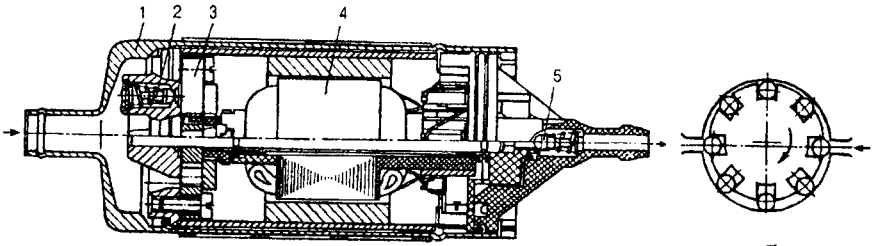


Рис. 4.13 Електричний паливний насос
а – подовжній розріз; б – схема дії; 1 – корпус насоса; 2 – запобіжний клапан; 3 – роликовий насос; 4 – електродвигун; 5 – зворотний клапан

Бензоподаючим пристроєм електробензонасоса є шиберний гідронагнітач, схема дії якого показана на рис. 4.13 б. Він працює по принципу проштовхування окремих порцій бензину відцентровими роликами через ексцентричну насосну порожнину. Головна насосна порожнина ексцентрично зміщена відносно центра обертання ротора, в якій і обертається ротор з роликами.

Працює центробіжний гідронагнітач так. Ротор насосу приводиться в дію від електродвигуна 4. Під дією відцентрових сил всі ролики насосу щільно притискуються до стінки ексцентричної статорної порожнини і починають кататися по стінці. Ця порожнина є головною насосною порожниною нагнітача щільно підходить до стінки насосної порожнини ролики майже повністю утоплюються в направляючі пази. Там де зазор між ротором і статором нагнітача максимальний, відцентрові ролики виступають із пазів майже наполовину свого діаметра. Таким чином через впускну щілину насосної порожнини відбувається захоплення чергової порції бензину черговим набігаючим роликом. Ця порція інтенсивно проштовхується у випускний отвір кришки нагнітача, а звідти вправо через всі деталі електродвигуна до вихідного штуцера електробензонасосу. Прокачування бензину через внутрішню частину електродвигуна підвищує його надійність. Має місце постійне та ефективне промивання колекторно-щіткового механізму та змащування проточним бензином осі обертання, на який обертається ротор нагнітача та якір електродвигуна. В конструкції електробензонасоса немає підшипників качення. А втулки ковзання із тугою посадкою на вісь краще працюють з рідким мащенням – бензином. Крім того, бензин інтенсивно охолоджує електродвигун, котрий ніколи не перегрівається.

Крім німецької фірми «Bosch», фірма «Siemens» (Нідерланди) також розробила та випускає систему розподіленого впорскування пального, що встановлюється на західноєвропейських та американських автомобілях. Вона успішно конкурує на міжнародному ринку з фірмою «Bosch».

Система випускається в трьох варіантах: Fenix-1, Fenix-2 та Fenix-3. Ці варіанти мають незначні конструктивні відмінності.

Система Fenix (рис. 4.14) складається з набору датчиків, ЕБК та комплекту виконавчих механізмів. Датчиками системи є: датчик кута повороту колінчатого валу 17 – електромагнітний який знімає інформацію з додаткового зубчастого вінця, що має спеціальний профіль та жорстко з'єднаний з колінчатим валом; датчик абсолютного тиску 8 у впускному колекторі двигуна – напівпровідниковий; датчик положення дросельної заслінки 7 – контактний визначає положення холостого ходу та повного навантаження двигуна; температури охолоджуючої рідини – напівпровідниковий; температури повітря у впускному колекторі 6 – напівпровідниковий; датчик кисню 16 – чутливий елемент на основі двоокису цирконію; датчик детонації 5 – п'єзоелектричний.

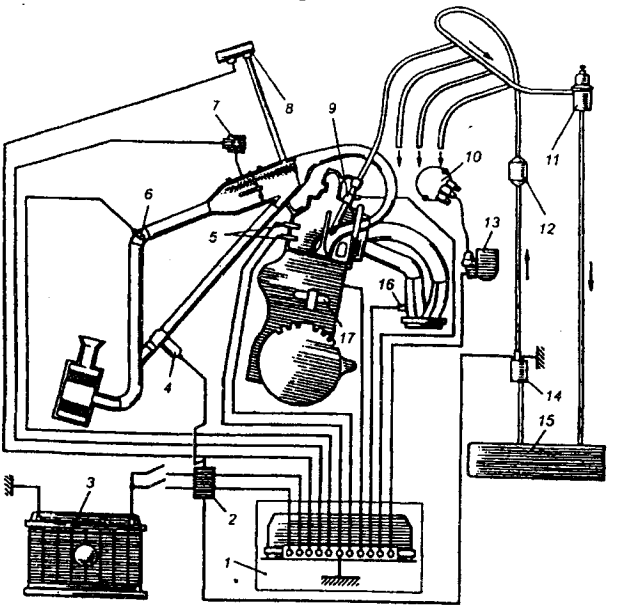


Рис. 4.14. Система впорскування пального Fenix.
1 – ЕБК; 2 – головне реле; 3 – акумуляторна батарея; 4 – клапан регулювання частоти обертання колінчатого валу двигуна на холостому ході; 5 – датчик детонації; 6 – датчик температури вхідного повітря; 7 – датчик кута повороту дросельної заслінки; 8 – датчик тиску вхідного повітря; 9 – форсунки; 10 – розподільник запалювання; 11 – регулятор тиску; 12 – паливний фільтр; 13 – блок системи запалювання; 14 – паливний насос; 15 – паливний бак; 16 – датчик кисню (λ-зонд); 17 – датчик ВМТ та частоти обертання колінчатого валу

Електронний блок керування 11 виготовлений повністю цифровим на базі мікропроцесора. Аналогова інформація, що поступає від датчиків перетворюється в цифрову форму за допомогою аналогово-цифрового перетворювача.

Паливний насос 14 має запобіжний клапан, а на виході – зворотний клапан, щоб підтримувати тиск в системі живлення при непрацюючому двигуні. Насос розміщено біля паливного бака. Регулятор тиску 11 регулює повернення бензину в паливний бак так, щоб тиск впорскування незалежно від розрідження у впускному трубопроводі, залишався постійним. Призначення демпфера тиску полягає в тому, щоб згладжувати зміни тиску та зменшувати завади.

Електромагнітні форсунки 9 змонтовані у впускному колекторі двигуна. вони синхронно впорскують бензин перед впускним клапаном один раз за оберт колінчатого валу.

4.4. Системи безпосереднього впорскування бензину (група «D»)

Ідея безпосереднього впорскування палива в циліндри досить давно і достатньо вивчена та відпрацьована в дизельному двигуні. У бензинових ДВЗ безпосереднє впорскування стали застосовувати зовсім недавно. В цьому є певні причини, основною з яких є висока складність реалізації.

Безпосереднє впорскування бензину в циліндри (чи в камери згорання) ДВЗ має багато переваг порівняно з впорскуванням у впускний колектор (в системах групи «Mono») чи на впускні клапани (в системах групи «L»).

Ці переваги такі:

- впорскування бензину в циліндр реалізується під високим тиском, чим досягається значне здрібнювання його крапель і висока кінетична енергія струменя впорскування;
- є повна рівномірність розподілу палива в циліндрах;
- відбувається внутрішнє утворення суміші;
- забезпечується перемішування компонентів паливно-повітряної суміші на молекулярному рівні.

Системи безпосереднього впорскування бензину в циліндри (чи в камери згоряння) об'єднують в групу «D», яка одержала свій індекс від німецького слова «direkt», що означає «безпосередній».

Двигуни з такою системою постачання палива винятково економічні. Але широкому впровадженню систем впорскування групи «D» перешкоджає їх висока конструктивна складність, а також значна трудомісткість в ремонті і налагодженні. Через низькі змащувальні властивості бензину паливний насос високого тиску (основний компонент системи «D»)

не є надійним. Гідромеханічні форсунки закритого типу, якими оснащуються системи групи «D», працюючи під високим тиском, потребують встановлення їх безпосередньо в головку блока циліндрів за допомогою різьбового з'єднання, що виключає можливість ефективного охолодження їх струменем бензину. Камера згоряння з реалізацією внутрішнього утворення суміші повинна мати спеціальну конфігурацію, яку важко теоретично описати і розрахувати. Її форму підбирають експериментально в процесі розробки конструкції двигуна. Для систем впорскування групи «D» потрібні спеціальні свічки запалювання. Бензинові трубопроводи і їхні з'єднання повинні мати винятково високу експлуатаційну надійність. Перебороти всі ці труднощі «під силу» не кожній моторобудівній фірмі.

Новий стимул до впровадження систем безпосереднього впорскування бензину на двигунах легкового автомобіля виник з розробкою насос-форсунок високого тиску. Ці пристрої забезпечують можливість впорскування бензину з роздрібненням циклової подачі на окремі порції. Кожна порція, момент і тривалість її впорскування в циліндр строго регламентуються електронною системою керування. При цьому всі три параметри змінюються згідно з закладеною у ЕБК програмою залежно від навантажувального, швидкісного і теплового режимів двигуна.

Прикладом системи безпосереднього впорскування з керованою цикловою подачею бензину може бути система, розроблена фірмою Toyota для двигуна TD-4. Основним вузлом цієї системи є комбінований пристрій – насос-форсунка (рис. 4.15).

В цьому пристрої односекційний одноплунжерний насос високого тиску 100...150 бар) розташований безпосередньо в корпусі 6 закритої гідромеханічної форсунки і приводиться в дію кулачком розподільчого вала 10. В насосній частині форсунки встановлені гільза з отвором наповнювального клапану 4, циліндричний поршень 12 і зливний канал 5. Робочий рух плунжера вниз забезпечується дією кулачка розподільчого вала 10, а зворотний пружиною 7. Наповнення бензином підплунжерної порожнини 9 гільзи відбувається в положенні плунжера вище наповнювального отвору і продовжується доти, поки він не перекриється плунжером, який опускається.

Тиск під плунжером почне зростати тільки в тому випадку, якщо будуть одночасно перекриті отвори наповнювального і зливного каналів. Бензин для заповнення робочої порожнини насос-форсунки подається звичайним для систем впорскування способом – електробензонасосом низького тиску.

Впорскування бензину в циліндр відбудеться тільки тоді, коли тиск під плунжером перевищить тиск для відкривання клапана закритої форсунки.

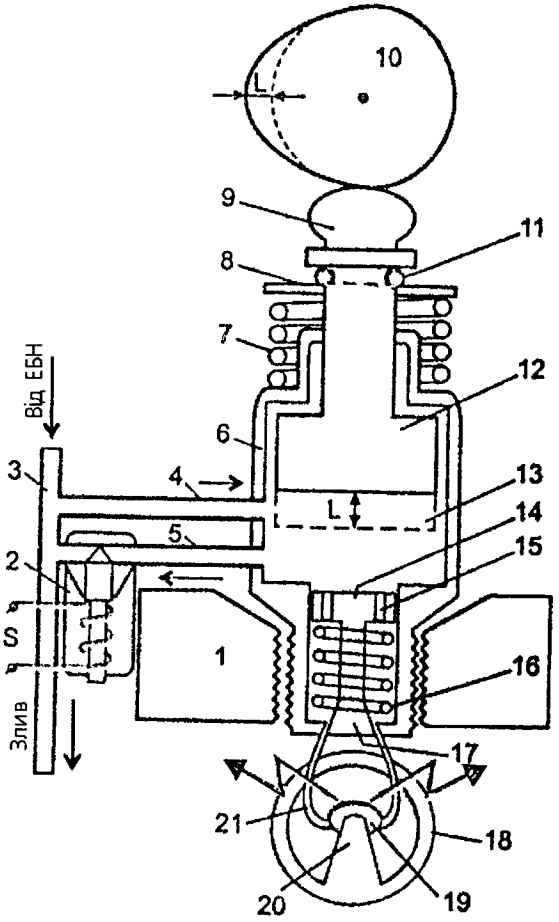


Рис. 4.15. Насос-форсунка фірми «Toyota»:
1 – фрагмент блоку циліндрів в зоні камери згоряння; 2 – магніто-електричний гідроклапан в зливному каналі; 3 – головна бензомагістраль; 4 – подаюча бензомагістраль; 5 – зливний канал; 6 – корпус насос-форсунки; 7 – пружина плунжера; 8 – опорна тарілка пружини плунжера; 9 – штовхач плунжера; 10 – кулачок розподільного вала; 11 – запірне кільце опорної тарілки; 12 – поршень плунжерного насоса; 13 – робоча порожнина насос-форсунки; 14 – гідромеханічна форсунка закритого типу високого тиску (100-150 бар); 15 – перепускний канал з порожнини плунжерного насосу в порожнину форсунки; 16 – зворотна пружина запірного клапана форсунки; 17 – дисковий запірний клапан форсунки; 18 – свічка запалювання; 19 – центральний електрод свічки; 20 – боковий електрод; 21 – конус факелу розпилення бензину L-хід плунжера

Впорскування декількома порціями за один хід плунжера вниз здійснюється за рахунок багаторазового (за кількістю порцій) скидання тиску в робочій порожнині насос-форсунки нижче ніж 100 бар (тиск, при якому запірний клапан форсунки закривається).

Зниження тиску відбувається тоді, коли відкривається запірний електромагнітний клапан у зливному каналі 2. Цим клапаном керує електронна автоматика впорскування і він спрацьовує досить швидко, тому що за один цикл подачі бензину потрібно встигнути сформувати 3-4 порції палива. Для підвищення надійності порційного впорскування, об'єм робочої порожнини під плунжером має бути більшим від об'єму максимальної циклової подачі. На зворотному ході плунжера нагору запірний клапан зливного каналу є постійно відкритим і робоча порожнина насос форсунки наповнюється бензином зі зворотної бензомагістралі доти, поки плунжер не відкриє отвір прямого наповнювального каналу. З цього моменту бензин під напором електробензонасосу починає протікати через порожнину насос-форсунки від вхідного до зливного отвору. Таким чином, реалізується промивання й охолодження насос-форсунки в інтервалі часу від кінця попереднього до початку чергового впорскування.

Основна перевага порційного впорскування бензину полягає в тому, що в камері згоряння до моменту спалаху створюється багатошарова структура паливо-повітряного заряду. Це дає повне спалювання палива дуже бідних паливо-повітряних сумішей (α=2,0). Економія палива досягає 30-35%. Підвищуються рівномірність крутного моменту і питома потужність двигуна.

Функціональні можливості насос-форсунки і електронного керування цикловою подачею в двигуні «TD-4» доповнені ретельним підбором об'єму і форми камер згоряння в головці циліндрів і в поршнях, місця і геометрії розташування форсунок і свічок запалювання, форми і далекобійності факела розпиленого бензину.

Зазначені схемно-конструктивні рішення дали змогу одержати багато принципово нових ефектів:

– склад паливо-повітряної суміші в циліндрі до моменту примусового запалення від свічки запалювання перебуває під контролем і формується ЕБК за допомогою впорскування, і завжди є неоднорідним. Поблизу електродів свічки розташована порівняно невелика область, в якій склад паливо-повітряної суміші близький до нормального. Це забезпечує надійне запалювання паливо-повітряної суміші в циліндрі. З віддаленням від електродів свічки до периферії камери згоряння склад паливо-повітряної суміші збіднюється. Згоряння такої бідної суміші забезпечується факелом «відкритого вогню», який утворюється внаслідок загоряння нормальної паливо-повітряної суміші біля електродів свічки запалювання;

– порційне впорскування палива сприяє утворенню неоднорідності паливо-повітряної суміші не тільки за складом, але і за температурою.

Так, температура суміші з віддаленням від свічки запалювання знижується і біля стінок камери згоряння виявляється найнижчою, тому що на периферію бензин попадає в останній момент впорскування.

Отриманий ефект істотно знижує критичний поріг появи детонацій. В результаті можна використовувати низькооктановий бензин (типу АИ-92 замість АИ-98) для двигуна з високим ступенем стискування (більшим за 10,5). Однак двигуни, що працюють на сильно збідненій ПП-суміші, породжують винятково складну технічну проблему – необхідність нейтралізації оксиду азоту NO_x, кількість якого у відпрацьованих газах таких двигунів значно збільшена.

4.5. Комплексні електронні системи керування двигуном

Як тільки в різні системи керування автомобільними двигунами стали впроваджувати електронну автоматику, стало ясно, що багато функцій цих систем є однакові. наприклад, для нормального функціонування системи запалювання потрібно постійно визначити частоту обертання і навантаження двигуна. Але те саме необхідно визначити для роботи системи впорскування. Функцію визначення частоти обертання двигуна виконує датчик Холла або будь-який інший безконтактний електроімпульсний датчик. Таким чином, датчик частоти обертання стає загальним для двох електронних систем автоматичного керування двигуном. Цілком очевидно, що створювати дві багато в чому однакові системи керування недоцільно. простіше і дешевше усі функції керування двигуном звести в єдину систему. Так, на автомобільних двигунах з'явилися ЕСАК – комплексні електронні системи автоматичного керування. Прикладом комплексної системи є система «Motronic» фірми «Bosch» яка показана на рис. 4.16. Вона має декілька різновидностей: Mono-Motronic, P-Motronic, KE-Motronic, Motronic 1.1; M 1.7; 3.1 та ін.

Система є комплексом, що складається з апаратури впорскування палива L-Jetronic і електронної цифрової системи запалювання.

Об'єднаний електронний ЕБК формує вихідні сигнали як для керування роботою електромагнітних форсунок, так і системою запалювання.

У систему запалювання входять: котушка запалювання, високовольтний розподілювач і свічки. Високовольтний розподілювач виконує тільки функції розподілу високої напруги свічок двигуна, що дозволяє значно зменшити його висоту порівняно зі звичайними переривачами-розподільниками. Кут випередження запалювання встановлюється за тривалістю імпульсу, який формується під час проходу феромагнітного додаткового зуба на маховику мимо індукційного датчика. У момент завершення імпульсу спрацьовує електронний ключ, що керує роботою котушки запалювання. Зміна кута випередження запалювання при зміні частоти обертання двигуна здійснюється зміною тривалості імпульсу, а при зміні навантаження за зміною імпульсів, що передаються на форсунки. Синхронізація подачі імпульсів на форсунки відбувається за допомогою рахівника ЕБК.

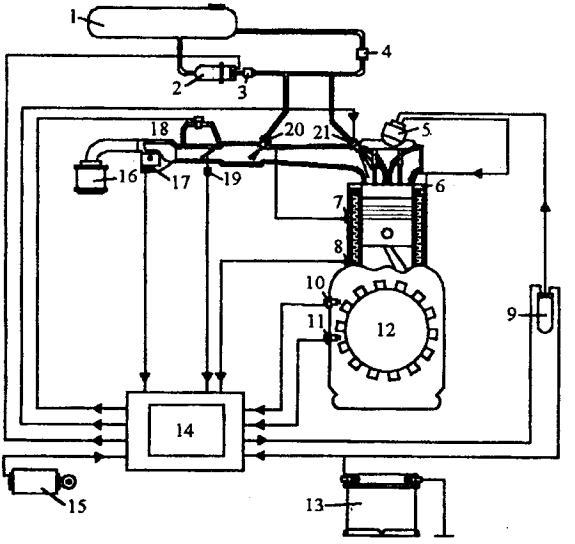


Рис. 4.16. Схема системи «Motronic»:
1 – паливний бак; 2 – паливний насос; 3 – паливний фільтр; 4 – регулятор тиску; 5 – розподілювач запалювання; 6 – свічка запалювання; 7 – реле часу; 8 – датчик $t_д$; 9 – котушка запалювання; 10 – датчик n; 11 – датчик кутових імпульсів; 12 – зубчастий вінець маховика; 13 – акумуляторна батарея; 14 – ЕБК; 15 – вимикач запалювання; 16 – повітряний фільтр; 17 – вимірювач кількості повітря; 18 – регулятор холостого ходу; 19 – вимикач дросельної заслінки; 20 – пускова форсунка; 21 – робочі форсунки

Для синхронізації впорскування палива в апаратурі «Motronic» використовується той же імпульс, який знімається з датчика позначки початку відліку, що і для системи запалювання.

До важливих переваг системи «Motronic» потрібно віднести здатність коригувати та переналагоджувати роботу двигуна у випадках: зміни атмосферних параметрів (температури, вологості, тиску); експлуатаційного зношування деталей; зміни октанового числа бензину; зменшення герметичності впускного колектора; часткової втрати компресії в циліндрах. Такі системи є адаптивними щодо зміни параметрів і проводять автокоригування початкових характеристик і регулювальних параметрів ДВЗ.

4.6. Електронні системи керування паливоподаванням автомобільних дизелів

Якщо для бензинових автомобільних двигунів системи впорскування та системи багатовимірного керування робочим циклом на базі спеціальних мікропроцесорів уже серійно випускають, то для дизелів зроблено тільки

перші кроки в галузі застосування електроніки в системах подавання пального та його регулювання. Це можна пояснити низкою чинників, насамперед тим, що створювати системи подавання пального під тиском 100 бар і більше дуже важко. Виконавчі пристрої таких систем (форсунки та насоси високого тиску) повинні забезпечувати подавання пального безпосередньо до камери згоряння дизеля за дуже малі інтервали часу (2–5 мс).

Крім цього, етап електронного оснащення дизелів провадять у складних умовах: коли потрібно підвищувати економічність пального, якість якого знижується; переходити на багатопаливність, газодизельний процес; використовувати синтетичне пальне, паливні композиції із застосуванням метанолу тощо. Слід зазначити, що збільшуються вимоги і до екологічних характеристик дизеля, і насамперед до димності та шуму.

Роль мікропроцесорної системи керування робочим циклом зростає в перспективних адаптивних двигунах. Широкі можливості перед засобами електронної автоматики постають і в галузі регулювання дизелів.

Замінивши традиційні відцентрові чутливі елементи мікропроцесорними системами, можна досягти дво- і багаторежимного регулювання, особливо у випадках збільшення та зменшення навантаження й набагато скоротити час перехідних процесів із властивими їм коливаннями частоти обертання вала двигуна.

Нині розроблено дві системи керування паливоподаванням дизельних двигунів: перша з них безпосередньо керує запірною голкою форсунки; друга виконує гідроелектричне керування. Якщо в системах впорскування бензину у двигунів з іскровим запалюванням тиск пального перебуває в межах 0,05–0,2 бар, то в сучасних дизелях він досягає 150, а іноді навіть 200 бар. В акумуляторних системах тиск рідко перевищує 40–60 бар, проте й він утруднює створення форсунок з електронним керуванням.

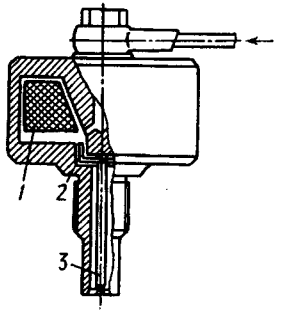


Рис. 4.17. Форсунка з магнітоелектричним (електродинамічним) приводом

Розроблено та детально досліджено системи дозування пального, які діють за принципом керування голкою форсунки з магнітоелектричним приводом. Ця форсунка (рис. 4.17) складається з корпуса, нерухомої електромагнітної котушки 1, рухомої котушки 2 і запірної голки 3. Швидкодія цієї форсунки становить 0,2–0,5 мс, чого цілком досить, аби керувати паливоподаванням автомобільних дизельних двигунів із середньою швидкохідністю (1500–2000 хв–1). Вона працює з тиском пального 40–60 МПа. Електронні системи безпосереднього керування запірною голкою форсунки добре працюють і мають задовільні характеристики паливоподавання. Основна їхня вада – велика електрична потужність керування

та обмеження тиску пального, що її зумовлює акумуляторний принцип систем. Найчастіше застосовують системи з електрогідравлічним приводом форсунки, або по-іншому їх називають як акумуляторні системи. Проте в них рух голки форсунки надає пальне, а малогабаритний клапан з електромагнітним керуванням виконує роль гідравлічного перемикача. Цей принцип керування дає змогу на два і більше порядки зменшити потрібну потужність керуючих імпульсів, сформованих блоком керування. Система працездатна за високих швидкісних режимів (забезпечує роботу двигуна на частотах обертання вала до 4800 хв [1]).

Вимоги до збільшення тиску впорскування добре задовольняють системи, вмонтовані в насос-форсунку. Невеликим клапаном з високою швидкодією, що ним керує електромагніт, можна не лише виконувати електронне регулювання подачі пального у швидкообертових дизелях, а й забезпечувати впорскування пального під високим тиском. Це дає змогу застосовувати невідокремлені камери згоряння з високою паливною економічністю двигунів.

Насос-форсунка, яка працює з мікропроцесорною системою керування паливоподаванням автомобільного дизеля (рис. 4.18), забезпечує поєднання високого тиску подачі пального з гнучкістю систем мікропроцесорного регулювання. На базі мікропроцесорної техніки реалізовано багатовимірні адаптивні системи керування, які враховують зміну якості пального (фракційний склад і цетанове число), технічний стан двигуна, особливо його паливної апаратури, температуру та тиск повітря на вході та виході турбокомпресора та ін.

Адаптивні системи керування, хоч і складні, проте практично не здорожчують силової установки транспортних засобів загалом, бо з двигуна знімають найскладніші механічні системи керування. Економічної ефективності досягають здебільшого за рахунок економії пального. Крім цього, завдяки здатності адаптуватися

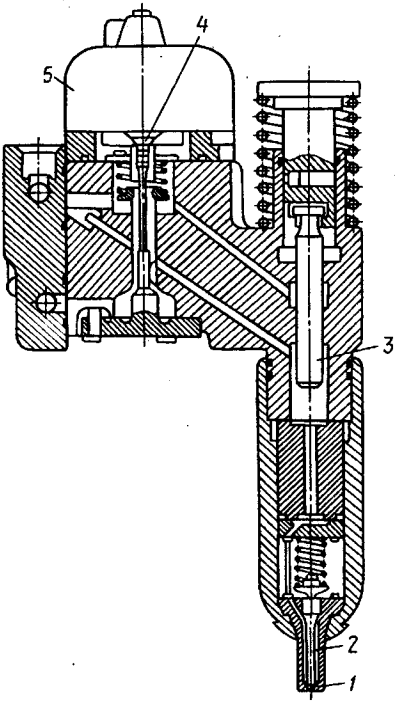


Рис. 4.18. Схема насоса-форсунки, якою керує мікропроцесорна система: 1 – розпилювач; 2 – запірна голка; 3 – плунжер насоса; 4 – клапан з електромагнітним керуванням; 5 – привод клапана

до експлуатаційних умов силова установка працює за оптимальних для даних умов параметрів циклу.

Найактуальнішим питанням розробки адаптивних систем керування двигунів є створення простих і надійних датчиків із необхідними метрологічними характеристиками та виконавчих пристроїв, які з прийнятними енергозатратами могли б пересувати рейку насоса високого тиску.

Ефективно застосовувати засоби електронної автоматики в комплексі можна не лише для подачі пального, а й для керування кутом випередження та кількістю пального, що подається.

Використання засобів електронної автоматики для керування дизелями дає змогу без особливих труднощів ввести в контур керування й інші підсистеми, застосовувати які в традиційних механічних регуляторах важко або неможливо.

Система керування силовою установкою автомобіля, що її розробила й виготовила фірма "Toyota" (рис. 4.19), дає змогу не тільки підвищити його ефективність, а й поліпшити динамічні якості.

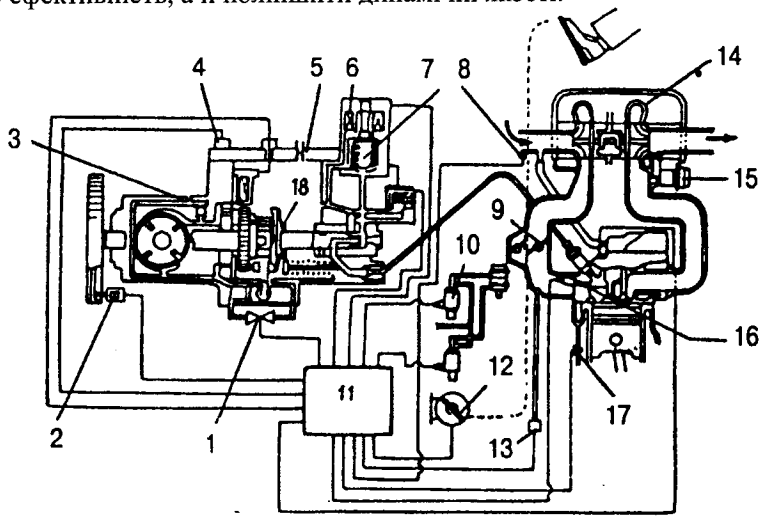


Рис. 4.19. Система керування дизелем "Toyota":
1 – спеціальний клапан керування; 2 – датчик кута повороту колінчатого валу; 3 – канал входу пального; 4 – коригуючий опір; 5 – канал виходу надлишкового палива; 6 – електромагніт перепускного клапана; 7 – електромагнітний клапан; 8 – датчик температури повітря, що входить в двигун; 9 – повітряна заслінка; 10 – клапан; 11 – електронний блок керування; 12 – датчик відкриття педалі акселератора; 13 – датчик тиску поступаючого в двигун повітря; 14 – система турбонадуву; 15 – клапан; 16 – датчик спалахування; 17 – датчик температури охолоджуючої рідини; 18 – датчик частоти обертання колінчастого вала

Система забезпечує керування кількості пального, що подається, моментом початку подачі пального, повітряною заслінкою, частотою обертання колінчастого вала на холостому ходу та свічкою накалювання під час пуску двигуна.

Керування кількості пального, що подається, проводиться електронним блоком керування на підставі даних про частоту обертання колінчатого вала та положення педалі акселератора, з урахуванням поправок на температуру та тиск повітря на вході, температуру охолоджуючої рідини і т.д.

Момент подачі пального вибирається блоком керування за сигналами датчиків кута повороту педалі акселератора, тиску повітря на вході. Використовуючи сигнали датчика спалахування, встановленого в камері згорання, блок керування забезпечує співпадання зареєстрованого моменту спалахування з розрахунковим.

Керуючи повітряною заслінкою в порожнині впускного колектора, можна зменшити вібрацію двигуна на холостому ході та усунути вібрації при зупинках двигуна.

При відмовах системи керування повітряна заслінка автоматично наполовину відкривається, що попереджує надмірне зростання числа обертів двигуна.

Отримуючи інформацію від різних датчиків, блок керування забезпечує подачу такої кількості пального, щоб частота обертання в режимі холостого ходу не відрізнялась від розрахункової.

4.7. Експлуатація, регулювання та пошук несправностей системи паливоподачі ДВЗ

Застосування системи впорскування пального замість звичайного карбюратора – це новий етап в розвитку автомобільної техніки. Системи паливоподачі бензинових двигунів з впорскуванням пального та сучасні системи паливоподачі дизелів при багатьох своїх перевагах набагато складніші та дорожчі карбюраторних. Відповідно, дорожчі їх обслуговування та ремонт.

Для полегшення пошуку та виявлення несправностей в системах паливоподачі як і в системах запалювання автомобілі обладнують вмонтованими засобами та системами діагностування.

Ці системи передбачають виконання як самостійних функцій діагностування, так і операцій діагностування з застосуванням зовнішніх контрольно-діагностичних засобів, які підключаються до спеціальних діагностичних штекерів. До виводів таких штекерів підводиться діагностична інформація, сигнали ЕБК та можуть підводяться сигнали окремих датчиків.

В електронному блоці керування для регістрації несправностей є регістратор несправностей. він займає значну частину об'єму оперативної пам'яті ЕБК і представляє собою запам'ятовуючий пристрій з інтерфейсом для самодіагностики.

Під'єднавшись до діагностичного штекера, можна зняти інформацію із запам'ятовуючого пристрою, тобто зчитати коди несправностей, які виникли під час експлуатації з моменту попереднього діагностування.

Зовнішні засоби діагностування можуть зчитувати поточні значення сигналів більшості вмонтованих автомобілі датчиків в режимі реального часу і виводити їх на дисплей чи на друкувальний пристрій, а також здійснювати пошук несправностей. По завершенні діагностування оператор-діагност може витерти з запам'ятовуючого пристрою всю накопичену інформацію про несправності, які мали місце в процесі експлуатації, починаючи з моменту попереднього діагностування.

Для часткової уніфікації систем діагностування розроблено ряд міжнародних стандартів. В Європі для автомобілів, починаючи з 1994 р. випуску, а для дизелів – з 1996 року такі вимоги встановлені в міжнародному стандарті ISO 9141-CARB. "Дилерські" (спеціалізовані для конкретних моделей автомобілів) зовнішні засоби діагностування дозволяють реалізувати максимальну кількість функцій, передбачену ЕБК та системою самодіагностування цих моделей автомобілів.

"Універсальні" діагностичні сканери на відміну від дилерських мають обмежений діапазон функцій і деякі з них можуть обмежуватись тільки зчитуванням з пам'яті кодів несправностей. Це так звані "коде-рідери" (Code Reader) – зчитувачі кодів.

Для всіх систем керування роботою двигуна, трансмісії та інших систем і пристроїв автомобілів, що мають мікропроцесор, самодіагностування є стандартною функцією.

Тому, під час експлуатації систем паливоподачі ДВЗ за допомогою діагностичних сканерів проводиться самодіагностування цих систем.

Прикладом може служити сканер VAG 5051 фірми «Siemens» який використовується при сервісному обслуговувані та ремонті автомобілів Volkswagen Group, призначення та будова якого детально описана в 3-му розділі цього підручника.

Цей сканер та аналогічні спеціалізовані діагностичні системи застосовуються на автомобілях, які мають спільний бортовий мікропроцесор, що керує системою запалювання, системою впорскування бензину і антиблокувальною системою гальм, трансмісією та іншими системами і пристроями автомобіля.

Для самодіагностування системи впорскування бензину слід вибрати режим сканера "Самодіагностування автомобіля". Потім вибрати сторінку "Електроніка двигуна". Для зчитування пам'яті несправностей вибрати функцію 02, після цього на екран буде виведено коди несправностей, які зберігаються в пам'яті.

Наприклад, для автомобіля Skoda Fabia деякі коди несправностей системи впорскування зведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Номери кодів	Місце несправності
16486	Вимірювач маси повітря G 70
16496, 16497	Датчик температури впускного повітря G 42.
16500, 16501, 16502	Датчик температури охолоджуючої рідини G 62.
16514, 16515, 16516, 16517, 16518	Лямбда зонд перед каталізатором G 39.
16520, 16521, 16522, 16523, 16524	Лямбда зонд після каталізатора G 130.
16555, 16556	Система дозування пального
16585, 16586, 16587	Форсунки 1,2 та 3 циліндрів відповідно.
16719	Датчик частоти обертів двигуна G 28.
16725, 16726	Датчик положення розподільчого валу G 40.
16785, 16786, 16788	Система зворотної магістралі випускних газів.
16845	Вимірювач рівня палива.
16890, 16891	Регулювання холостого ходу.
16985, 16988, 16990	Дефект блоку керування.

Поелементне діагностування системи впорскування бензину також можна проводити за допомогою сканера VAG 5051 за методикою, аналогічною до діагностування датчиків системи запалювання (див. розділ 3)

Для цього прилад переводиться в режим "Вимірювальна техніка", а вимірювальний блок (вимірювальна шафа) VAG 1598/31 з'єднується як посередник між ЕБК та розняттям з проводами, що до нього підключаються.

Крім самодіагностування та діагностування за допомогою спеціалізованих сканерів можливо проводити перевірку та регулювання окремих вузлів системи впорскування бензину.

Так в системі "L-Jetronic" для перевірки тиску подачі пального паливним насосом від розподільчої магістралі від'єднують трубопровід, а на це місце під'єднують манометр. Електронасос підключають безпосередньо до акумуляторної батареї. Тиск палива має бути в межах 2,5-3,0 бар. Продуктивність паливного насоса перевіряють при напрузі на клемах електродвигуна 12 В. Сила споживаного струму має бути в межах 6,5 А. Кінець паливопроводу опускають в мірну посудину і включають електронасос на 1 хв. При тиску в магістралі 3 бар в посудині має бути 2,2 л пального.

Пускову форсунку перевіряють на герметичність при тиску пального в системі 3 бари. Із розпилювача форсунки повинно витікати не більше 0,3 $см^3$ пального за 1 хв. Конус розпилення при роботі форсунки має бути 80°, а продуктивність 93±11 $см^3$/хв під тиском в системі 3,0 бар і 85±10 $см^3$/хв під тиском 2,5 бар. Опір обмотки пускової форсунки при 20 °С=3…5 Ом.

В робочих форсунках справність електропроводки перевіряють вольтметром, який приєднується до клем від'єднаних від форсунок при включеному запалюванні. При включеному стартері перевіряється періодичність впорскування палива форсунками. Всі форсунки повинні впорскувати пальне одночасно та через рівні проміжки часу. Герметичність форсунок перевіряється під тиском палива в системі 3,5 бар. Із форсунок не повинно витікати більше 1 краплі за хвилину.

Перевіряють також і кут конуса розпилення та продуктивність форсунки, котрі мають бути 30° та 176±5,3 $см^3$/хв відповідно при тиску в системі 2,5 бар.

Як робочі, так і пускові форсунки неремонтопридатні.

Регулювання холостого ходу проводиться гвинтами якості та кількості робочої суміші. Гвинтом кількості суміші встановлюють частоту обертання колінчастого вала в межах 900±50 $хв^{-1}$. Частота обертів знижується при прокручуванні гвинта за часовою стрілкою. Вміст окислу CO у відпрацьованих газах для системи "L-Jetronic" має бути в межах (0,5±0,2)%. Причинами підвищеного вмісту CO можуть бути: підсос повітря через отвір масломірного щупа; підвищений рівень масла в картері; прорив відпрацьованих газів в картер; негерметичність впускних та випускних клапанів; несправність вимірювача витрати повітря; невиключення пускової форсунки; порушення в роботі електронних пристроїв впорскування пального, негерметичність робочих форсунок. Для регулювання холостого ходу використовують тахометр та газоаналізатор.

Можливі несправності системи впорскування пального системи "L-Jetronic" з вказівками що саме слід перевірити, і при несправності замінити, наведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Можливі несправності системи впорскування, "L-Jetronic"

Несправності	Перелік приладів і систем, які слід перевірити
Двигун не запускається (температура <20 °C).	1, 2, 3, 4, 8, 10, 15, 16, 17, 18, 23
Двигун не запускається (температура $T_{дв}$>60 °C)	1, 2, 3, 4, 10, 15, 16, 17, 18, 23
Утруднений пуск двигуна (температура масла $T_м$<20 °C)	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23
Утруднений пуск двигуна (температура масла >60 °C)	2, 3, 4, 9, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 23
Двигун запускається і зупиняється	1, 3, 4, 5, 7, 10, 13, 15, 16, 17, 18, 22, 23
Двигун працює нестійко на холостому ході під час прогрівання	3, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 23
Холостий хід двигуна не відповідає нормативному значенню	7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23

Двигун працює з перебоями на холостому ході	5, 6, 10, 11, 15, 16, 17, 19, 21
Двигун "трясе" при розгоні	2, 3, 4, 5, 6, 10, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 23, 24
Двигун "трясе" при русі з постійною швидкістю	2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 24
Двигун "трясе" на примусовому холостому ході	10, 11, 15, 16, 17, 18, 20
Стук в двигуні при збільшенні частоти обертів колінчатого валу	6, 15, 16, 17
Двигун не має достатньої потужності	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24
Підвищені витрати пального	6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 16, 17, 19, 20, 24
Підвищений вміст CO та CH у відпрацьованих газах на холостому ході	8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 24
Низький вміст CO та CH у відпрацьованих газах на холостому ході	2, 3, 4, 10, 11, 13, 15, 16, 17, 19, 22, 23
Двигун не розвиває повної потужності	1, 3, 6, 9, 10, 1, 12, 13, 15, 16, 17, 19, 20, 22, 23, 24.

Перелік приладів та систем, що підлягають перевірці (в табл. 4.2):

1 – паливний насос; 2 – фільтр очистки палива; 3 – тиск впорскування форсунок; 4 – тиск, що створює паливний насос; 5 – продуктивність паливного насоса; 6 – якість бензину; 7 – клапан додаткової подачі пального; 8 – термореле; 9 – пускова форсунка; 10 – робочі форсунки; 11 – датчик температури охолоджуючої рідини; 12 – вимикач дросельної заслінки; 13 – корпус дросельної заслінки; 14 – пневмопривід дросельної заслінки; 15 – вимірювач витрати повітря; 16 – електронний блок керування; 17 – електропроводи та їх з'єднання; 18 – реле включення паливного насосу; 19 – повітряний фільтр; 20 – система охолодження двигуна; 21 – герметичність з'єднань у впускному тракті двигуна; 22 – відсутність подачі повітря в двигун; 23 – впускний колектор двигуна; 24 – відсутність паливної суміші при частковому навантаженні двигуна

Контрольні запитання

1. Перелічіть переваги і зазначте недоліки систем впорскування бензину порівняно з карбюрацією.
2. Розкажіть про можливості підвищення техніко-економічних і екологічних показників роботи ДВЗ, які відкриває застосування систем впорскування бензину.
3. Перелічіть типи систем впорскування бензину.
4. Охарактеризуйте головні типи систем впорскування, застосованих на автомобілях.
5. Наведіть схему системи «Mono-Jetronic».
6. Наведіть схему системи «L-Jetronic».
7. Охарактеризуйте системи безпосереднього впорскування бензину.
8. Особливості комплексної системи керування ДВЗ.
9. Охарактеризуйте електронні системи керування паливоподачею дизелів.

Розділ 5. СИСТЕМА ОСВІТЛЕННЯ ТА СИГНАЛІЗАЦІЇ

5.1. Загальні відомості

Система освітлення та сигналізації відіграє важливу роль у підвищенні продуктивності автомобіля чи трактора та безпеки руху в темну пору доби. У цей час відбувається близько 50% дорожньо-транспортних пригод, хоча кількість автомобілів та тракторів на дорогах значно менша, ніж удень. Уночі також трапляється більше дорожньо-транспортних пригод зі смертельними наслідками, оскільки на світлі зіниця ока людини звужується за 2–5 с, а в темряві вона розширюється за 15–300 с. Отже засліплення на деякий час позбавляє водія можливості бачити, а це спричинює аварії.

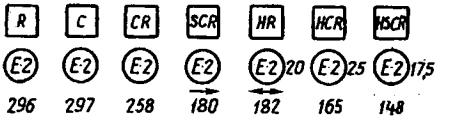
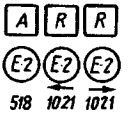
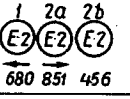
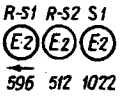
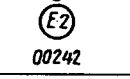
Міжнародні автомобільні перевезення та експорт автомобілів потребують міжнародної регламентації. Згідно з Правилами Європейської економічної комісії ООН (ЄЕК ООН) прийнято перелік освітлювальних та світлосигнальних приладів, які обов'язково потрібно встановлювати на автомобілі чи тракторі, а також норми на їх розташування. Згідно з цими правилами транспортні засоби обладнують такими світловими та світлосигнальними приладами: фарами далекого і близького світла, протитуманними фарами, передніми ліхтарями (габаритними вогнями, покажчиками повороту, стоянковими вогнями; задніми ліхтарями (габаритними вогнями, покажчиками поворотів, сигналами гальмування, освітленням заднього ходу, стоянковими вогнями, протитуманними фарами); бічними ліхтарями (бічними повторювачами покажчиків повороту, стоянковими вогнями); ліхтарями освітлення номерного знака, світлоповертачами; додатковими фарами (прожекторами, фарошукачами); розпізнавальними знаками (ліхтарями) автопоїзда.

Світлові прилади, які успішно пройшли перевірку на відповідність Правилам ЄЕК ООН, одержали знак міжнародного затвердження (табл. 5.1). Він має вигляд кола, в яке вписано літеру Е і номер країни, яка провела офіційне затвердження. Знак наносять на розсіювач світлового приладу. Номери країнам надано в хронологічній послідовності: 1 – Німеччина, 2 – Франція, 3 – Італія, 4 – Нідерланди, 5 – Швеція, 6 – Бельгія, 7 – Угорщина, 8 – Чехія та Словаччина, 9 – Іспанія, 10 – Югославія, 11 – Велика Британія, 12 – Австрія, 13 – Люксембург, 14 – Швейцарія, 16 – Норвегія, 17 – Фінляндія, 18 – Данія, 19 – Румунія, 20 – Польща, 21 – Португалія. Під знаком або праворуч нього вказують порядковий номер офіційного затвердження.

Під знаком над порядковим номером офіційного затвердження може міститися горизонтальна стрілка. Для фар, сконструйованих для експлуатації у країнах із лівостороннім рухом на дорогах, стрілка на фарі головного освітлення спрямована праворуч. Двобічну стрілку мають фари, які внаслідок переміщення лампи чи оптичного елемента можна використовувати при право- і лівосторонньому рухах. На фарах, що використовуються на дорогах із правостороннім рухом, стрілки не наносять.

Таблиця 5.1.

Знаки міжнародного затвердження світлових приладів

Світловий прилад	Знак міжнародного затвердження
Фари головного освітлення	
Габаритні вогні	
Покажчики повороту	
Сигнали гальмування	
Світлоповертачі	
Задні протитуманні ліхтарі	

Стрілка на розсіювачах світлосигнальних ліхтарів вказує напрям, у якому геометричний кут видимості в горизонтальній площині має найбільше значення. Встановлюючи передні та задні покажчики повороту, слід стежити за тим, щоб вістря стрілки було спрямоване до ближчої бічної частини автомобіля, а бічні покажчики повороту – до передньої частини.

Над знаком офіційного затвердження фар головного освітлення наносять квадрат, у який вписують літери C, R, S, H. Поодинокі літери C і R означають, що фара відповідає міжнародним нормам щодо близького чи далекого світла. Дві літери CR означають, що оптичну систему фари розраховано для роботи в режимі як близького, так і далекого світла. Щоб

позначити суцільноскляний оптичний елемент (лампу-фару), у квадрат потрібно вписати літеру S, а коли її немає, то це означатиме, що використано металоскляний елемент. Фари з додатковою літерою H у квадраті розраховано на застосування тільки галогенних ламп. Цифри праворуч знака на фарах із галогенними лампами відповідають заокругленому значенню максимальної сили далекого світла галогенного оптичного елемента.

На розсіювачах задніх габаритних вогнів у квадраті над колом знака офіційного затвердження наносять літеру R, а передні габаритні вогні позначають літерою A.

Знак офіційного затвердження покажчиків повороту відмінний тим, що над колом нанесено категорію світлового приладу: 1 – для передніх, 2а і 2в – відповідно для одно- та дворежимних задніх покажчиків повороту. Різні типи бічних покажчиків повороту поділено на категорії 3, 4 і 5.

Одно- і дворежимну роботу сигналів гальмування кодують знаками S1 і S2. Ліворуч кола знака офіційного затвердження на світлоповертачах різних категорій наносять римські цифри I, II і III. Світлоповертачі I і II категорій призначені для транспортних засобів завширшки відповідно 1,6 м і більше та менше 1,6 м, а III категорії – для причепів і напівпричепів.

5.2. Автомобільні та тракторні світлові прилади

Світлові прилади складаються з таких вузлів: оптичного елемента, корпуса та елементів, які підводять електричну енергію. Основним вузлом є оптичний елемент, що складається з лампи розжарювання, відбивача та розсіювача. Відбивач призначений для формування сильного вузького потоку променів у потрібному напрямі. Переважна частина відбивачів фари має форму параболоїда, який утворюється від обертання параболи навколо осі.

Парабола на осях координат *x–y* описується рівнянням:

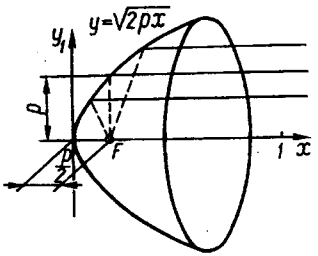


Рис. 5.1. Параметри параболічного відбивача: 1 – вісь обертання; F – фокус; p – характеристика параболи

$$y=\sqrt{2px};\ x=\frac{y^2}{2p},$$

де p – характеристика параболи.

Важливою точкою параболи є фокус F, що міститься на осі x на відстані p/2 від точки перегину кривої (рис. 5.1).

Якщо у фокусі дзеркального параболічного відбивача розташувати точкове джерело світла, то проміння, що потрапляє на його поверхню, відбиваючись, утворює вузький потік, направлений паралельно осі. Якщо джерело світла вивести з фокуса, то

відбитий потік відхилиться від осі, що використовується при створенні ближнього світла.

Параболічні відбивачі автомобільних та тракторних фар збільшують силу світла лампи в потрібному напрямі в 200–400 разів, забезпечуючи необхідну освітленість дороги на великих відстанях. Наприклад, лампа із силою світла понад 50 кд без відбивача забезпечує освітленість 1 лк на відстані близько 7 м, а з відбивачем сила світла у центрі світлового отвору фари зростає до 10000–40000 кд, а освітленість 1 лк буде досягнута на відстані 100–200 м.

Обчислюючи освітленість дальніх ділянок дороги, беруть до уваги тільки потік відбитих променів, оскільки частина світлового пучка джерела, яка проходить повз відбивач крізь світловий отвір у вигляді дуже розбіжного потоку, освітлює лише близькі ділянки дороги у межах 5–10 м. Цю частину пучка, яку називають неперетвореною, зазвичай екранують, бо через великий кут розсіювання вона погіршує видимість під час руху в тумані чи у дощову погоду.

Відбитий світловий потік остаточно формує розсіювач, який виготовляють з оптично прозорого матеріалу. Світловий потік формують зроблені на його внутрішній поверхні заломлювальні елементи: циліндричні лінзи, які забезпечують розсіювання пучка в одній площині та його поворот в іншій; сферичні лінзи, що розсіюють пучок в обох площинах; еліпсоподібні лінзи, які дають змогу дістати різні кути розсіювання у взаємно перпендикулярних площинах; призми, що змінюють напрям частини світлового потоку; лінзопризми, які розсіюють світловий пучок, коли його частина змінює орієнтацію.

Фари мають задовольняти дві вимоги: добре освітлювати дорогу перед автомобілем чи трактором і не засліплювати водіїв зустрічних транспортних засобів.

Принципи формування пучків далекого і близького світла неоднакові. У сучасній фарі типу CR це зроблено завдяки використанню двониткової лампи. Одна з ниток лампи, яку розташовують у фокусі відбивача, забезпечує утворення пучка далекого світла, а друга, розташована поза фокусом, – світлового пучка, що не створює високої освітленості для ока водія зустрічного автомобіля.

Принципи побудови світлооптичної схеми далекого світла однакові у всьому світі, а світлорозподіл зустрічного роз'їзду (тобто близьке світло) можна робити за американською чи європейською схемами. У фарі типу CR європейського типу (рис. 5.2, а) застосовано двониткову лампу 2. Нитку далекого світла 3 розташовують уздовж оптичної осі відбивача 1 так, щоб її зовнішній край містився в його фокусі. Симетричний пучок світла, сконцентрований відбивачем, потрапляючи на розсіювач, формується так, що найбільшу концентрацію щодо оптичної осі

випромінювання має в горизонтальній площині з відхиленнями ±1,5°, а у вертикальній – ±0,75°.

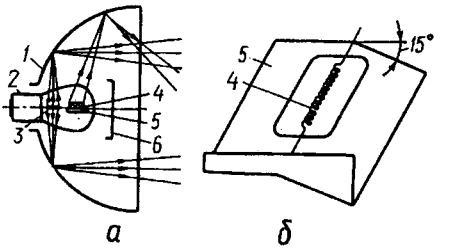


Рис. 5.2. Фара європейського світлорозподілу:
а – хід променів; б – конструкція екрана нитки близького світла;
1 – відбивач; 2 – лампа; 3 – нитка далекого світла; 4 – нитка близького світла; 5 – нижній екран; 6 – екран прямих променів

Нитку близького світла 4 (рис. 5.2, а) висунуто вперед відносно точки фокуса і піднято вгору відносно оптичної осі. Знизу її закрито металевим екраном 5, який запобігає потраплянню на нижню частину відбивача світлового потоку лампи. Тому, коли увімкнене близьке світло, у фарах європейського типу працює тільки верхня частина відбивача, від якої пучок світла одержує напрям вниз і трохи праворуч. Екран 5 із лівого боку за напрямом променів (рис. 5.2, б) повернено на 15°. У більшості оптичних елементів є екран прямих променів 6 (рис. 5.2, а).

У фарах з американською системою світлорозподілу нитку близького світла виготовлено у вигляді спіралі циліндричної форми і зміщено догори та праворуч відносно фокуса, коли дивитися на відбивач із боку світлового отвору. Спіраль близького світла розташовано впоперек оптичної осі.

Коли джерело світла забрано з фокуса, пучок світла, що його відбив параболоїд, відхилиться від оптичної осі й поділиться на дві частини. Одна, більша, яка потрапляє на внутрішню поверхню відбивача, спрямована праворуч і вниз відносно оптичної осі, а друга, відбита від зовнішньої частини параболоїда, – ліворуч і догори в очі водія зустрічного транспортного засобу.

На кожному транспортному засобі, розрахункова максимальна швидкість якого перевищує 40 км/год., потрібно ставити не менше двох фар далекого світла. Загальна кількість фар має бути парна. На кожному транспортному засобі слід ставити дві фари близького світла. Фари далекого світла мають випромінювати біле світло, можна застосовувати й фари із селективно-жовтим світлом. Далеке світло повинно освітлювати дорогу на відстані не менше 100 м, а близьке – 30 м. Фари близького світла потрібно розташовувати не нижче 500 мм і не вище 1200 мм від дороги. Відстань від площини бічного габариту транспортного засобу до зовнішнього

краю світлового отвору повинна становити не більше 400 мм, а між внутрішніми краями останнього – не менше 600 мм.

За конструктивним виконанням головні фари є круглі та прямокутні (рис. 5.3). Тривалий час кругла форма переважала (рис. 5.3, а). Застосовують два типорозміри круглих фар: із діаметрами оптичного елемента 178 і 146 мм відповідно для дво- та чотирифарної системи освітлення.

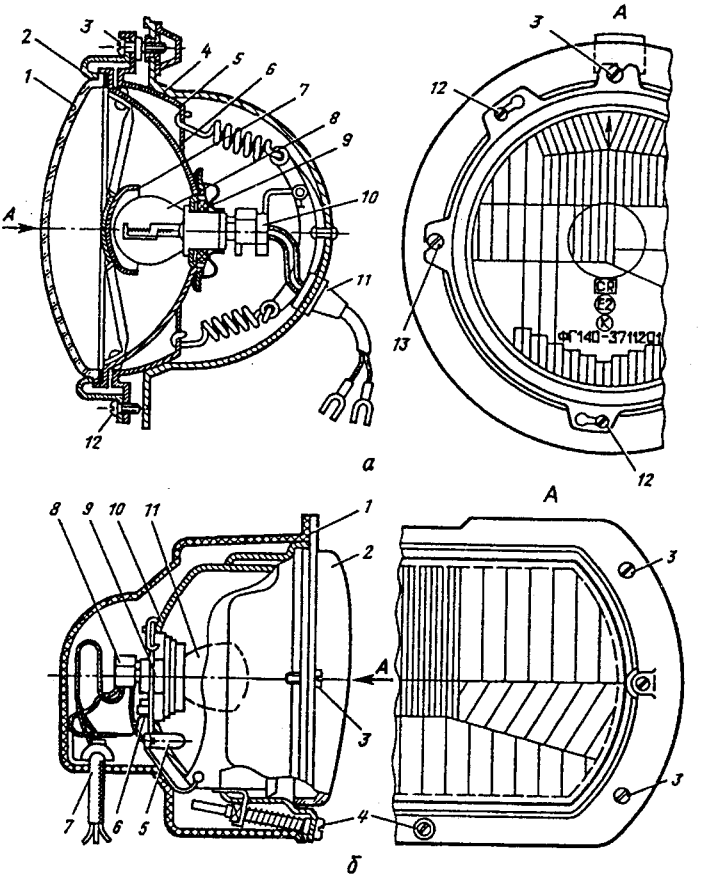


Рис. 5.3. Конструкція фари:
а – круглої: 1 – розсіювач; 2 – обод; 3, 13 регулювальні гвинти; 4 – корпус; 5 – тримач оптичного елемента; 6 – відбивач; 7 – екран; 8 – лампа; 9 – вузол кріплення; 10 – штекерна колодка; 11 – провідники; 12 – гвинти кріплення; б – прямокутної: 1 – кожух; 2 – розсіювач; 3 – гвинт кріплення; 4 – регулювальний гвинт; 5 – лампа габаритного вогню; 6, 7 – провідники; 8 – штекерна колодка; 9 – вузол кріплення; 10 – корпус; 11 – лампа

Фара складається з таких основних вузлів: корпуса 4, оптичного елемента, який містить відбивач 6, розсіювач 1, екран 7 прямих променів і одно- чи двониткову лампу 8, регулювального механізму.

Розсіювач і відбивач оптичного елемента між собою склеюють. Відбивач повинен забезпечити високий коефіцієнт відбиття, що дає змогу дістати 12-й чи 13-й клас чистоти його поверхні. Розсіювач виготовляють зі скла і на його внутрішній поверхні розташовують заломлювальні елементи, розміри яких забезпечено з похибкою не більше 0,05 мм. Лампу розміщують у спеціальному вузлі 9, що складається із фланця, закріпленого на відбивачі. Лампу зафіксовано спеціальними затискачами, які притискують опорний фланець на лампі до фланця вузла кріплення. Відносно відбивача лампу орієнтовано так, щоб розфокусування нитки близького світла вперед становило 1,8 мм і вгору – 0,2 мм. Лампу до джерел живлення приєднано колодкою 10, від якої крізь гумове ущільнення назовні виведено провідники 11.

Оптичний елемент за допомогою обода 2 і трьох гвинтів 12 закріплено на тримачі 5, притисненого пружинами, а гвинти 3 і 13, укручені в корпус, дають йому змогу прокручуватися у вертикальній та горизонтальній площинах. Гвинтами 3 і 13 забезпечено регулювання світлового пучка відносно дороги.

Прямокутна фара (рис. 5.3, б) відмінна тим, що відбивач її оптичного елемента має діаметр до 250 мм і зрізаний зверху й знизу. Вертикальний розмір цієї фари зменшено до 140 мм.

Круглі та прямокутні фари з двохнитковою електролампочкою і з спільним відбивачем для далекого та близького світла зараз вважаються застарілими. Справа в тому, що промінь далекого світла від універсальних фар має небажано широке горизонтальне розкривання, а промінь близького світла за рахунок тіньового екранування – різку контрастну границю переходу від затемненої до світлої ділянки. Таке освітлення нераціональне.

Далеке світло швидкісного автомобіля повинно мати вузьконаправлений але далекобійний промінь, а близьке світло не повинно мати контрастної границі.

Разом з тим, легкові автомобілі стали більш обтічними, чим досягається зменшення аеродинамічного опору при русі на великих швидкостях. З'явились низькі «присадкуваті» автомобілі, в яких передня частина кузова (від бампера до капота) стала дуже вузькою і розташування фронтальних фар на ній стало складною технічною проблемою.

Рішення цієї проблеми знайшла англійська фірма «Lucas», яка розробила спеціальну двохпроменеву фару з гомофокальним відбивачем. Це такий відбивач, в об'ємному просторі якого об'єднано разом декілька (два-три) зрізані параболоїдні відбивачі з різними фокусними відстанями,

наприклад, 20 та 40 мм при суміщених фокусах. Гомофокальна фара може бути вузькою, зігнутою чи асиметричною по відношенню до центрального направлення світла.

Використання принципу гомофокальності дозволяє досягнути необхідних світлотехнічних характеристик при прийнятих співвідношеннях ширини, висоти та глибини фари. На рис. 5.4 показано порівняння за відносними розмірами відбивачів двох світлооптичних схем.

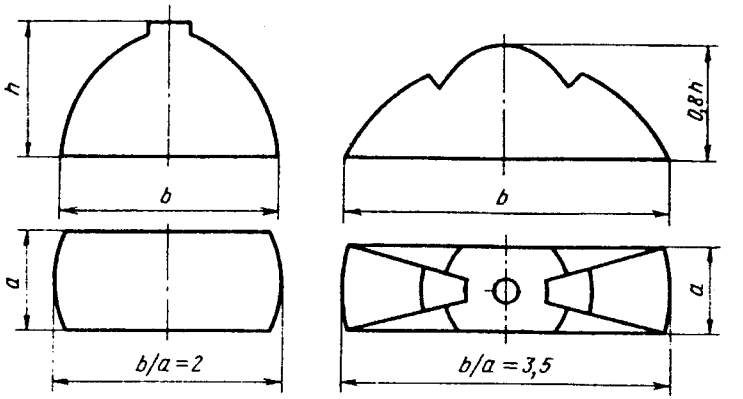


Рис. 5.4. Відбивачі та їх відносні розміри: а) традиційний; б) гомофокальний

Покращення світлотехнічних характеристик в гомофокальних відбивачах досягається за рахунок того, що випромінювання від джерела світла при ближньому світлі відбувається з різних ділянок відбивача по різному. Так, у відбивача з фокусною відстанню 20 мм воно більше, ніж у відбивача з f=40 мм. Використання цього ефекту дозволяє підібрати та скомпонувати гомофокальний відбивач із окремих секторів різнофокусних відбивачів (рис. 5.5) таким чином, щоб забезпечити формування світлорозподілу обох режимів освітлення при оптимальних розмірах і оптимальній структурі перегинів розсіювача.

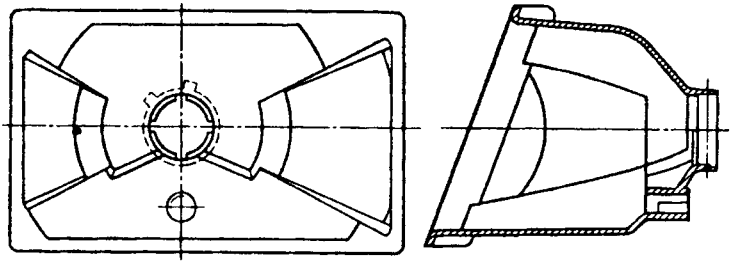


Рис. 5.5. Гомофокальний відбивач двохрежимної фари

Останнім часом розроблені змінно-фокусні або безступеневі відбивачі фар. В них відсутні параболоїдні ділянки, а оптимальна форма відбивача створюється за рахунок адаптації променя відповідного конкретній схемі розподілу світла, як це відбувається на екрані дисплею.

Німецька фірма «Hella» розробила еліпсоїдні фари для далекого та ближнього світла (рис. 5.6).

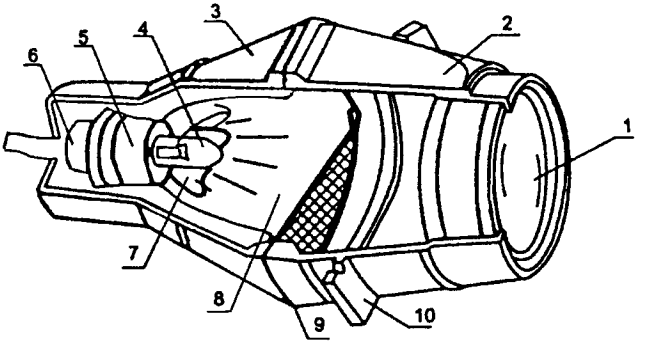


Рис. 5.6. Еліпсоїдна фара «Hella»:
1 – розсіююча лінза; 2 – передня частина корпусу; 3 – задня частина корпусу; 4 – одноніткова галогенна лампа; 5 – цоколь в лампотримачі; 6 – контактна фішка з проводом; 7 – коригуючий профіль відбивача; 8 – еліпсоїдний відбивач; 9 – лінія розняття корпусу фари; 10 – корпус фари

В еліпсоїдних фарах використовується проективний принцип, який полягає в світлорозподіленні за допомогою проекційної оптики (конденсорної лінзи), а відбивач має форму еліпсоїда рис. 5.7.

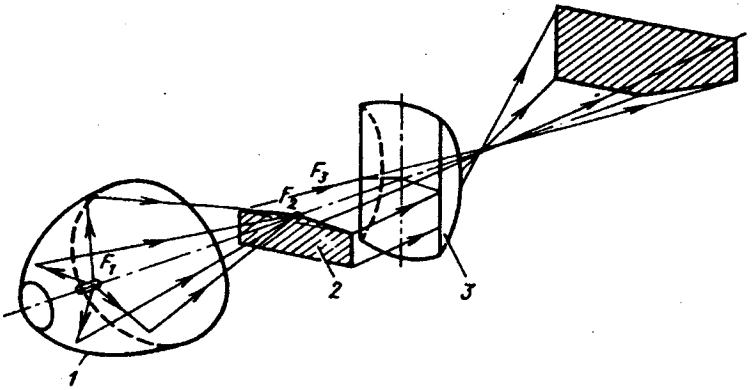


Рис. 5.7. Формування світлового пучка близького світла проекційною системою з еліпсоїдним відбивачем:
1 – відбивач; 2 – екран; 3 – лінза

Джерело світла встановлюється в передньому фокусі еліпсоїда F_1, тоді після відбивання випромінювання буде концентруватись в зоні другого фокуса F_2 відбивача на відносно малій площі де встановлюється екран з формою межі і симетричній конфігурації світлових меж освітлення (ламаний для ближнього світла). Потім розподіл світлової енергії створеної в площині екрану проектується у вигляді відповідного зображення на дорогу конденсорною лінзою фокальна точка F_3 якої співпадає з другим фокусом еліпсоїдного відбивача. Еліпсоїдні фари можуть мати малий діаметр, що дозволяє монтувати їх у вузьку смугу передньої частини сучасного автомобіля обтічної форми.

Крім еліпсоїдних фар розроблені та впроваджені на автомобілях поліеліпсоїдні фари котрі мають оптику для покращення технічних характеристик стандартних фар або отримання схем розподілу світла аналогічних фарам великої поверхні при використанні відбиваючої поверхні малої площі, наприклад 28 см^2.

Деякі сучасні автомобілі обладнано гідрокоректорами фар, які призначені для коригування з місця водія кута нахилу світла фар залежно від навантаження на автомобілі. Гідрокоректор складається з головного циліндра, закріпленого на панелі приладів, виконавчих циліндрів на фарах і з'єднувальних трубок. Циліндри і трубки заповнені спеціальною рідиною, що не замерзає за низьких температур, її тиск у системі гідрокоректора змінюють ручкою, розташованою на панелі приладів. Під дією цього тиску поршні виконавчих циліндрів рухаються й повертають у потрібне положення оптичні елементи фар.

Прилади світлової сигналізації. Ці прилади позначають габаритні розміри автомобіля чи трактора та передають інформацію про зміну напряму руху чи його зупинку. Транспортний засіб повинен мати габаритні вогні, сигнали гальмування, покажчики повороту, стоянкові вогні, ліхтарі та світлоповертачі.

Світлосигнальні прилади мають бути добре розпізнавані, що досягається кольором розсіювача, а також переривчастим режимом їхньої роботи. Світлосигнальні прилади мають червоний, білий та жовтогарячий кольори. З метою розпізнавання світлових сигналів важливо забезпечити потрібну дальність їхньої видимості. Максимальну силу світла світлосигнальних приладів обмежують через можливе засліплення водіїв у темну пору доби. Мінімальна сила світла залежить від здатності органів зору розрізняти світловий сигнал у сонячний день.

У темну пору доби світлосигнальні прилади можна добре побачити, коли сила світла становить 2–12 кд. Щоб забезпечити видимість світлових сигналів у сонячний день, силу світла потрібно збільшувати до 200–700 кд, але це може спричинити відчуття дискомфорту у водіїв інших транспортних засобів. Для зниження сили світла у темну пору доби застосовують

дворежимні покажчики повороту та сигнали гальмування. Другий режим роботи зі зменшеною силою світла забезпечено за допомогою резисторів у колі живлення ламп, покажчиків поворотів і сигналів гальмування.

Габаритні вогні призначено для показу наявності та приблизної ширини транспортного засобу. Кожен автомобіль чи трактор повинен мати спереду й ззаду по два габаритні вогні.

Причепи і півпричепи обладнують двома габаритними вогнями ззаду, а передні габаритні вогні ставлять на них тоді, коли вони мають ширину понад 1,6 м. Автобуси з понад 10 пасажирськими місцями додатково повинні мати спереду і ззаду по два верхні габаритні вогні.

Сила випромінюваного світла повинна становити 4–60 і 2–12 кд відповідно для передніх і задніх габаритних вогнів.

Габаритні вогні потрібно розташовувати на однаковій відстані від площини симетрії, на однаковій висоті та в одній площині, перпендикулярній до поздовжньої осі автомобіля. Відстань між вогнями в ширину повинна становити не менше 600 мм, а висота їх установки – 400–1300 мм. Верхні габаритні вогні автобусів розташовують на відстані не більше 400 мм від площини верхнього габариту. Відстань до площини бічного габариту для всіх габаритних вогнів також повинна не перевищувати 400 мм.

Для вказування на наявність і габаритні розміри транспортного засобу довжиною понад 6 м, коли спостерігати збоку, встановлюють бічні габаритні вогні жовтогарячого кольору, норми розташування і світлорозподіл яких такі самі, як і для бічних світлоповертачів. Безпеку на дорогах підвищують ліхтарі сигналізації про відчинені двері, а отже, й про збільшення габаритних розмірів автомобіля чи трактора.

Сигнал гальмування виникає, коли спрацьовують гальмові системи, що вказує на сповільненість руху чи зупинку транспортного засобу. На автомобілі чи тракторі потрібно мати два сигнали гальмування, які ставлять ззаду на однаковій висоті (400–1300 мм) й відстані від його площини симетрії. Відстань між парними сигналами гальмування повинна становити не більше 600 мм, а їхня сила світла на осі відліку – 40–100 кд для однорежимних і 130–520 та 30–80 кд – для дворежимних ліхтарів вдень і вночі відповідно.

Покажчики повороту – це світлові прилади, призначені для сигналізації про зміну напряму руху автомобіля чи трактора (праворуч чи ліворуч). Кожен автомобіль чи трактор повинен мати два передні і два задні покажчики повороту, розміщені на одній висоті (400–1300 мм) і на однаковій відстані щодо поздовжньої площини симетрії транспортного засобу.

Зміна напряму руху автомобіля чи трактора неабияк змінює дорожню обстановку, тому потрібно показувати цю зміну, застосовуючи світлові сигнали. Сигнали покажчиків повороту миготять із частотою 1–2 $с^{-1}$ і працюють у переривчастому режимі. Коли ця частота менша за 1 $с^{-1}$, то

не можна гарантувати, що учасники руху розрізнять цей сигнал за інтервал часу, який вони мають, аби оцінити дорожню ситуацію. Миготіння з частотою понад 2 с $^{-1}$ органи зору сприймають як безперервне світло.

Сила світла передніх покажчиків повороту становить 175–700 кд, а задніх однорежимних – 50–200 кд. Задні дворежимні покажчики повинні мати силу світла 175–700 кд вдень і 40–120 кд – вночі.

Бічні покажчики повороту обов'язково потрібно розміщувати на автомобілях довжиною понад 6 м і з причепами та півпричепами, проте їх можна розміщувати й на всіх автомобілях. Сила їхнього світла повинна становити 175–700 кд у передньому напрямі та 0,3–200 кд – у задньому.

Стоянкові вогні призначені для позначення автомобілів чи тракторів, які перебувають на стоянці. Вони витрачають менше електроенергії, ніж габаритні. Коли використано два білі стоянкові вогні спереду і два червоні ззаду, то їх розташування й кути геометричної видимості мають бути такі самі, як і в габаритних. Зазвичай стоянкові вогні поєднують або групують з габаритними. Дозволено застосовувати стоянкові вогні, розташовані тільки з одного боку, найвіддаленішого від відповідного краю дорожнього полотна. Стоянкові вогні повинні мати силу світла не менше 1–2 кд. Можна також ставити два комбіновані стоянкові вогні з боків автомобіля, які передають вперед білий і назад червоний сигнали.

Ліхтарі освітлення номерного знака встановлюють на всі автотранспортні засоби. Таблицю номерного знака можуть освітлювати один чи два ліхтарі, поставлені відносно неї у певному положенні. Аби номерний знак можна було бачити й легко розрізняти під час руху автомобіля чи трактора, потрібно, щоб поверхню таблиці було добре освітлено. Європейськими нормами визначено допуски на нерівномірне освітлення таблиці номерного знака: мінімальна освітленість повинна становити 10, а максимальна – 490 лк. Задовільну освітленість широкої таблиці забезпечують, ставлячи два однакових ліхтарі вздовж її довгого боку.

Ліхтарі заднього ходу виконують функції освітлювального й світлосигнального приладів. За конструктивним оформленням і технічними вимогами їх відносять до світлосигнальних приладів. Можна застосовувати один чи два ліхтарі заднього ходу з безбарвними розсіювачами. Ліхтарі розміщують у задній частині автомобіля чи трактора на висоті 400–1200 мм. Їх вмикають тільки під час заднього ходу.

На багатьох автомобілях передбачено аварійну сигналізацію для попередження учасників дорожнього руху про несправність автомобіля й вимушену його зупинку на проїзній частині дорожнього полотна. Сигнал аварійної ситуації подають, одночасно вмикаючи всі розміщені на автомобілі покажчики повороту.

Розпізнавальні знаки використовують для позначення автопоїздів. Розпізнавальний знак наявності причепа – це три, розташовані поруч,

вогні жовтогарячого кольору, які поставлені на даху кабіни тягача. Залежно від її розмірів відстань між розташованими поруч вогнями має становити 150–300 мм. Кути геометричної видимості становлять 5° на вертикалі та 80° – на горизонталі.

Причепи обладнують ззаду габаритними вогнями, покажчиками поворотів і сигналів гальмування, які дублюють відповідні світлосигнальні прилади автомобіля-тягача і які вмикають одночасно з ними.

Ліхтар переважного проїзду – це миготливий вогонь, розташований на дахах автомобілів, що мають право переважного проїзду (пожежної, швидкої допомоги). Потрібно, щоб у горизонтальній площині цей вогонь можна було бачити з усіх боків.

Прилади внутрішнього освітлення. До внутрішніх салонів автомобіля чи трактора, які потрібно освітлювати, належать кабіна водія, пасажирські салони легкових автомобілів та автобусів, підкапотний простір, багажник, речова скринька. Усіх їх, за винятком пасажирських салонів автобусів, які мають великі об'єми, освітлюють лампи з невеликою потужністю.

Освітленість салонів автобусів мають підвищені вимоги. На висоті 1 м щодо підлоги кузова вона повинна становити 60–80 лк. Щоб задовольнити ці норми, використовуючи лампи розжарювання з низькою світловою ефективністю (8–10 лк/Вт), у салоні потрібно розмістити багато плафонів, а це не завжди можна зробити через обмежену потужність генератора. Тому для освітлення автобусів застосовують люмінесцентні лампи ЛБ-15 та ЛБ-30 із потужністю відповідно 15 та 30 Вт і світловою ефективністю 42 та 58 лм/Вт. Лампи розжарювання у плафонах застосовують здебільшого під час тривалих стоянок автобуса.

Люмінесцентні лампи в автобусах підключають до мережі постійного струму через перетворювачі, на виході яких утворюється змінний струм напругою 127 або 220 В і частотою 24 кГц. Кожен перетворювач розраховано на живлення одного зі світильників. Завдяки цьому підвищується електробезпека і між перетворювачами не потрібно прокладати високовольтні проводи. Люмінесцентні лампи мають більший, ніж лампи розжарювання, термін служби і, хоча вони й дорогі, проте застосовувати їх економічно доцільно.

Конструкцію підкапотного ліхтаря, ліхтарів освітлення багажника і речової скриньки визначають специфічні умови їхньої роботи. Підкапотний ліхтар, наприклад, може мати поворотний ковпак, який затуляє світлові промені, щоб вони не потрапляли в очі водія чи механіка. Ліхтар освітлення багажника зазвичай захищено від пошкодження розміщеним у багажнику вантажем. Світлотехнічні характеристики цих приладів не нормують.

Інформативні властивості шкал контрольно-вимірювальних приладів і циферблатів годинників у темну пору доби залежать від рівня їх освітленості. Потрібної його величини досягають, вмонтовуючи у прилади лампи розжарювання А12-4, АМН12-3, А24-3, АМН24-3, А12-0,8 потужністю

0,8–4 Вт. У конструкціях корпусів приладів передбачено отвори для патронів ламп. Комбінації приладів у спільному корпусі з одним склом освітлюють так само, як і окремі прилади. У разі друкованого монтажу приладових панелей застосовують безцокольні лампи з гнучкими металевими виводами, впаяними в скляний балон.

Великого ефекту від освітлення приладів чи їх комбінації досягають добором кольору джерела світла до кольору шкали. Наприклад, чорну шкалу з білими цифрами й червоні кінці стрілок краще видно, коли їх освітлювати крізь зелений світлофільтр.

Кількість ламп для освітлення контрольно-вимірювальних приладів можна скоротити, використавши світловоди – гнучкі стержні чи джгут тонких волокон з оптично прозорого матеріалу. Досить поставити лампу біля одного з торців світловоду, щоб на виході з другого торця і на інших ділянках світловоду за допомогою подільників світлового потоку дістати необхідну освітленість у важкодоступних місцях приладової панелі.

Світлоповертачі (катафоти) – це пасивні світлові прилади, оскільки не мають свого джерела світла і створюють сигнал, відбиваючи світло фар іншого транспортного засобу. Вони призначені для визначення вночі автомобіля чи трактора, що стоїть із погашеними вогнями. Напрями падаючих та відбитих променів збігаються. Обов'язкова постановка двох задніх світлоповертачів червоного кольору. Можлива постановка передніх світлоповертачів білого та бокових жовтого кольору.

Світлоповертач є оптично прозорим тілом, на внутрішній поверхні якого розміщена велика кількість прямокутних тригранних призм із кутом між гранями 90°. Тригранна призма – це частина куба, відтята площиною, яка перпендикулярна до діагоналі призми. Діагоналі всіх призм світлоповертача паралельні між собою і щодо поздовжньої осі автомобіля. Світло надходить до світловідбивача з боку зовнішньої гладкої поверхні і після триразового відбиття від граней призми прямує у зворотному напрямі (рис. 5.8).

Задню частину причепа автопоїздів позначають червоними трикутними світлоповертачами, вимоги до розміщення та світлорозподілу яких аналогічні вимогам до задніх світлоповертачів поодиноких автомобілів чи тракторів. Причепи обладнують спереду двома білими світлоповертачами будь-якої форми (крім трикутної) для позначення в темну пору доби причепа, який стоїть на узбіччі дороги, або у випадку, коли його ширина перевищує ширину тягача. Передні світлоповертачі розміщують на відстані не більше 150 мм щодо площини бічного габариту причепа.

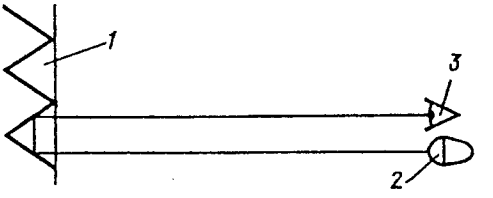


Рис. 5.8. Принцип дії світлоповертача: 1 – світлоповертач; 2 – фари; 3 – око водія

Сучасні автомобілі обладнують різними світлосигнальними приладами, однак простір для їх розміщення обмежений. Форма, розміри та розміщення мають відповідати визначеним нормам і зовнішнім формам даної моделі автомобіля. Світлосигнальні ліхтарі можна виготовляти у вигляді окремих приладів, проте, якщо мало місця для їх розміщення і з метою полегшення монтажу та задоволення естетичних вимог до оформлення кузова автомобіля, то їх за різними комбінаціями об'єднують у загальну конструкцію у вигляді переднього і заднього ліхтарів чи блоків ліхтарів.

Окремим вважають світловий прилад з одним чи кількома паралельно увімкненими та одночасно світними джерелами світла й одним світловим отвором, складеними в окремому корпусі.

Блок-фара автомобіля ГАЗ 3129 «Волга» (рис. 5.9) об'єднує в одному корпусі всі світлові прилади і має спільний розсіювач.

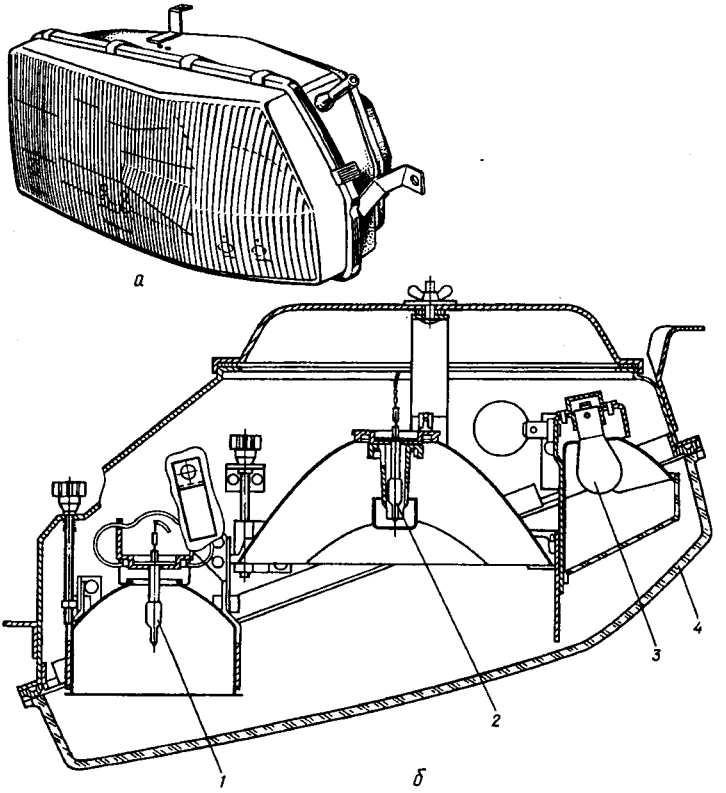


Рис. 5.9. Блок-фара:
а – зовнішній вигляд; б – будова: 1 – лампа габаритного вогню; 2 – лампа фари головного освітлення; 3 – лампа покажчика повороту; 4 – розсіювач

Німецька фірма «Bosch» розробила блок-фару, котра об'єднує в собі функцію далекого, ближнього, стоянкового та протитуманного світла. Збоку до такої фари встановлюється ліхтар показника повороту. Такі фари встановлюються на автомобілях «Volkswagen», «Audi» та «Opel».

Особливістю багатофункціональних блоків-фар є те, що кожний із фронтальних світлоприладів має свій власний, окремо від інших, оптичний відбивач. Так, відбивач в фарі близького світла виконаний у вигляді різнопрофільних дзеркал, кожне із яких орієнтовано в потрібному напрямку (змінно-профільний безступеневий відбивач). Це дозволяє використовувати всю поверхню відбивача (а не половину, як у звичайних фарах) і відмовитись від тіньового екранування. При цьому осліплення зустрічного водія зменшується на 30%, а освітлення дороги збільшується на 20%.

В разі застосування блок-фар всі світлові прилади розташовуються за загальним склом. Виходить моноблок фронтального світла. Бажання мати на автомобілі моноблочну конструкцію фар зумовлено не лише сучасним дизайном, але і необхідністю промивати та очищувати захисне скло під час руху автомобіля.

Вадою блок-фар є те, що їх неможливо уніфікувати для різних автомобілів. Правий і лівий блоки одного автомобіля не взаємозамінні.

5.3. Джерела світла

Як джерело світла у світлових приладах автомобілів та тракторів як правило використовують електричні лампи розжарювання. Під час протікання електричного струму нитка розжарювання лампи нагрівається і за певної температури починає випромінювати світло. Енергія світлового випромінювання, що її сприймає людське око, становить тільки невелику частину електричної енергії, яку споживає лампа. Велика частина енергії виділяється у вигляді теплоти.

Лампа фари (рис. 5.10) складається з колби 1, однієї-двох ниток розжарювання 2 і 3, цоколя 7 з фокусувальним фланцем 5, чи без нього, і виводів 6. Нитки розжарювання в двониткових лампах мають різне функціональне призначення, забезпечуючи роботу фар головного освітлення в режимах близького й далекого світла.

Нитка розжарювання повинна витримувати високі температури і мати малі розміри. Тому її виготовляють із тонкого вольфрамового проводу, звитого в циліндричну спіраль. Спіраль прикріплюють до електродів так, щоб вона мала вигляд прямої лінії чи дуги кола. Тугоплавкий вольфрам має температуру плавлення 3380 °С. Спіраль нагрівають до температури 2300–2700 °С. З підвищенням температури спіралі збільшуються яскравість і світлова ефективність випромінювання лампи. Проте за температур понад 2400 °С вольфрам починає інтенсивно випаровуватися й,

осідаючи на стінках скляної колби, утворює темний наліт, який зменшує світловий потік лампи.

Вольфрам інтенсивніше випаровується у вакуумних лампах, тому, коли вони мають потужність понад 3 Вт, їх заповнюють сумішшю інертних газів аргону та азоту чи криптону та ксенону. Завдяки великому тиску інертних газів у колбі газонаповненої лампи припустима вища температура нагрівання спіралі, а це дає змогу збільшити світлову ефективність до 14–18 лм/Вт із терміном служби 125–200 год.

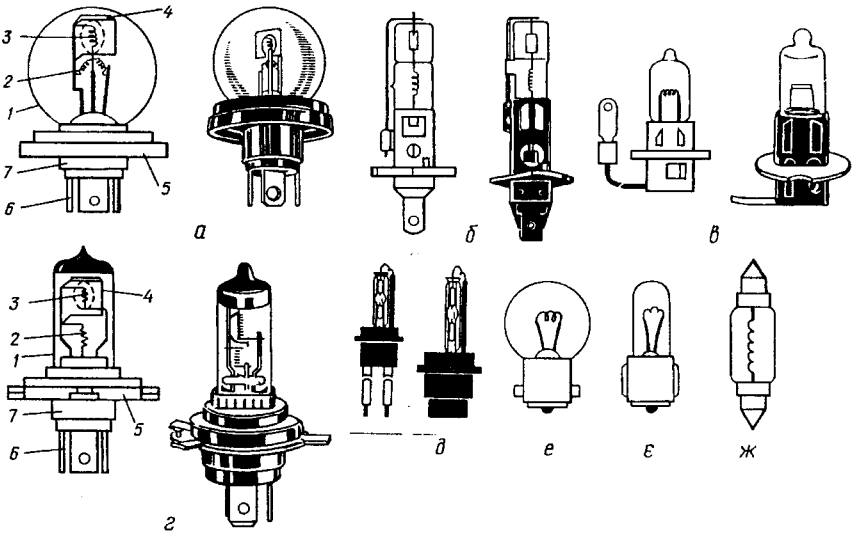


Рис. 5.10. Лампи фар:
а – лампа головного освітлення з європейською системою світлорозподілу; б, в, і г – галогенні категорії H1, H3 і H4 відповідно; д – газорозрядні лампи; е – однониткова штифтова; є – пальчикова; ж – софітна; 1 – колба; 2, 3 – нитки далекого та близького світла відповідно; 4 – екран; 5 – фокусувальний фланець; 6 – виводи; 7 – цоколь

Підвищити температуру нитки розжарювання до 2700–2900 °С можна в галогенних лампах, які мають світлову ефективність на 50–60% більшу, ніж лампи звичайного типу. Колбу галогенної лампи заповнюють інертним газом і невеликою кількістю пари йоду чи брому. В цих лампах частинки вольфраму, осівши на стінки колби після випаровування нитки розжарювання, сполучаються з парою йоду й утворюють йодистий вольфрам. Потрапляючи до колби з кварцового скла, яке має температуру 600–700 °С, вольфрам випаровується, дифундує в зону високої температури навколо нитки розжарювання й розпадається на вольфрам та йод. Вольфрам осідає назад на нитку, а пара йоду залишається в газовому просторі колби.

Від звичайних ламп розжарювання галогенні відрізняються меншими розмірами колби і підвищеною яскравістю нитки. Оскільки вольфрам не осідає на поверхні колби, то вона прозора протягом усього терміну служби лампи.

Світловіддача таких ламп збільшується більш ніж в півтора рази (до 30-35 лм/Вт).

Однак, галогенні лампи за тривалістю безвідмовної роботи не перевищують звичайні лампи розжарювання. Це пояснюється тим, що зворотній цикл в галогенній лампі використовується не для продовження терміну її служби, а для збільшення яскравості світіння.

Галогенні, як і звичайні електролампочки з ниткою розжарювання, можуть бути однонитковими або двохниткові.

Вільні від недоліків, притаманних галогенним лампам, є електродугові газорозрядні лампи. Конструкція газорозрядної лампи, яку випускає фірма Bosch показана на рис. 5.11. Електродугова лампа не має нитки розжарювання, чим пояснюється виключно тривалий термін її служби (більший терміну служби самого автомобіля). Стержневі електроди 5 лампи розташовані в продовгуватій кварцовій трубці 3 з кульоподібною центральною частиною 4.

Об'єм центральної частини лампи 0,7...0,9 см^3. Трубка заповнена інертним газом ксеноном. Ксенон вибраний тому, що спектр його світіння білий із слабким зелено-голубим відтінком. Таке світло найбільш ефективне, бо воно близьке до спектра сонячних променів. Електродні стержні вкриті спеціальними галогенними об'єднаннями (галогенідами) котрі захищають електроди від вигорання в електричній дузі. В цій лампі відновлюється не метал як в галогенній лампі, а галогенідове покриття на торцях електродних стержнів.

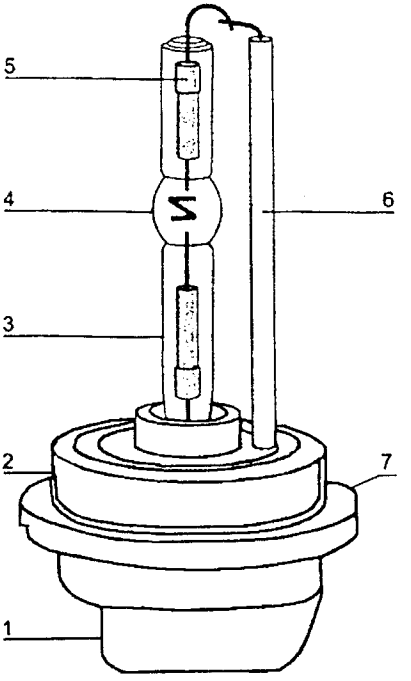


Рис. 5.11. Газорозрядна лампа: 1 – високовольтне контактне розняття на цоколі; 2 – цоколь; 3 – кварцова трубка; 4 – робоча зона лампи; 5 – стержневий електрод лампи в керамічній трубці; 6 – високовольтний струмопровід в керамічному ізоляторі; 7 – фіксатор

Такі лампи потребують менше енергії, а значить менше нагріваються і при цьому мають більше світловіддачу (до 90 лм/Вт). Так, газорозрядна лампа на 35 Вт світить яскравіше галогенної (на 55 Вт) – в два рази. Основний недолік газорозрядної лампи – її інерційність при загоранні, що зовсім недопустимо в автомобільній фарі. Щоб газорозрядна лампа загоралась швидше, на неї приходиться подавати високу (15-30 кВ) напругу для запалювання. Відбувається короткочасний високовольтний іскровий розряд за струму 2,5...3 А і між електродами лампи виникає електрична дуга. Потім електронний блок керування встановлює в дузі струм 0,35...0,45 А і лампа починає працювати усталено від перетворювача напруги 100 В/400 Гц при напрузі бортової мережі автомобіля 12 В. Якщо напруга в бортовій мережі різко спадає, газорозрядна лампа може погаснуть, але тут же запалюється знову від електронного пристрою запалювання. Довговічність таких ламп приблизно 1500 год.

Цоколь призначений для прикріплювання лампи в патроні світлового приладу та підведення енергії від джерела до електродів, які з'єднують контакти цоколя з нитками розжарювання. Лампи розжарювання (рис. 5.10) мають штифтові або фланцеві цоколі різної конструкції. У першому випадку важко забезпечити точне розташування нитки розжарювання відносно штифтів і не можна надійно зафіксувати лампу в патроні. Тому такі лампи застосовують здебільшого у світлових приладах, до світлотехнічних характеристик яких не висувають твердих вимог.

Аби точно зафіксувати нитки розжарювання відносно фокуса параболічного відбивача, лампи фар обладнують фокусувальним фланцевим цоколем. У конструкції фланця обов'язково передбачають елемент, який дає змогу вставляти лампу в нього тільки в певному положенні. Вібраційні навантаження на нитку розжарювання та пристрій для закріплення лампи в патроні знижують еластичним підвішуванням патрона чи світлового приладу на автомобілі.

Сила струму, що його споживає лампа, світловий потік і світлова ефективність випромінювання залежать від напруги джерела електроенергії. З її підвищенням відносно розрахункового значення ці показники збільшуються, проте різко скорочується термін служби лампи. Із зниженням напруги нитка розжарювання нагрівається менше, тому світловий потік і світлова ефективність випромінювання зменшуються. Коли напруга спадає до 50–60%, то лампа майже не випромінює світла.

Промисловість випускає лампи з номінальною напругою 6, 12 та 24 В, але їх розрахункова напруга вища і становить відповідно 6,3–6,75; 12,8–13,5 і 28 В.

Лампи розжарювання розрізняють за призначенням і електричними та світлотехнічними параметрами.

У позначенні ламп (наприклад, А12-45 + 40) літера А вказує на тип лампи (автомобільна); перше число – номінальна напруга (6,12 або 24 В); друге і третє, сполучені знаком «+», – споживану потужність ниток розжарювання (на однонитковій лампі зазначають одне число). Для галогенних ламп додатково вводять літери К (кварцова) і Г (галогенна), наприклад АКГ 12-60 + 55. Модифікацію лампи визначає третє або четверте число, написане через дефіс.

Для фар головного освітлення з європейською системою світлорозподілу випускають двониткову лампу зі спеціальним уніфікованим фланцевим цоколем типу Р45t-41. Фланець 5 ступінчастої форми напаяно на цоколь 7 із діаметром 22 мм. Дві базові опорні поверхні фланця дають змогу застосовувати лампу в оптичних елементах фар із фокусною відстанню 28 і 22 мм. Лампа має три штекерні виводи 6 для контактної колодки, її вставляють в оптичний елемент із заднього боку відбивача та закріплюють пружними защіпками.

Лампи А12-45 + 40 та А24-55 + 50 із фланцевим цоколем типу Р45t-41 за конструкцією та характеристиками аналогічні двонитковій лампі категорії F2.

У фарах з американською системою світлорозподілу розміщені двониткові лампи А12-50 + 40 із цоколем 2ФД42 (міжнародне позначення Р42d). Припаяний до цоколя фланець діаметром 42 мм має вирубку, завдяки якій неправильно встановити лампу в отвір відбивача неможливо. Двониткові лампи А6-35 + 35 та А12-35 + 35 випускають із штифтовим цоколем типу ВА20d.

Одноніткова лампа А12-35 із штифтовим цоколем типу ВА20S призначена для комплектування протитуманних фар. Вона відповідає лампі категорії F2.

Галогенні лампи поділяють на чотири категорії: Н1, Н2, Н3 і Н4. В однониткових лампах категорії Н1 та Н2 нитку розжарювання у вигляді прямого циліндра розміщено вздовж осі цоколя. Нитку розжарювання лампи категорії Н3 закріплено на електродах перпендикулярно до осі цоколя. Лампи категорії Н4 мають нитки далекого й близького світла і призначені для фар із європейською системою світлорозподілу. Проте така лампа не взаємозамінна з лампою категорії F2, оскільки потребує зміни конструкції розсіювача. В галогенних лампах усіх категорій конструкції цоколів різні. Відповідно до вимог міжнародних норм галогенні лампи мають спеціальні фланці, через які їх не можна застосовувати у звичайних фарах головного освітлення.

Промисловість випускає двониткові галогенні лампи АКП2-60 + 55 та АКГ24-75 + 70 (категорії Н4) для головних фар з європейським світлорозподілом і одноніткові лампи АКГ12-55, АКГ24-70 (категорії НІ) і АКП12-55-1, АКГ24-70-1 (категорії Н3) для прожекторів та протитуманних фар.

Світлосигнальні прилади забезпечують необхідні світлотехнічні характеристики із силою світла до 70 кд. Номінальна потужність ламп цих приладів не перевищує 21 Вт.

Існує п'ять категорій ламп для світлосигнальних ліхтарів і чотири категорії ламп малої потужності для габаритних ліхтарів, внутрішнього освітлення салону, кабіни, багажника тощо.

Для сигналів гальмування і покажчиків повороту випускають лампи А12-21 + 3 і А24-21 + 2 із штифтовим цоколем типу ВА15s/19. Двониткова лампа А12-21 + 5 із цоколем типу ВАУ15d/19 призначена для ліхтарів, які поєднують функції габаритного вогню і сигналу гальмування. У габаритні ліхтарі вставляють однониткові лампи А12-5 та А24-5 із цоколем типу ВА15s/19. Такий самий цоколь має лампа А12-8. Випускають також софітні лампи АС12-5 і АС24-15 із цоколем типу SV8.5/8. Для габаритних ліхтарів додатково випускають лампи АМН-12-3, А24-2 і АМН-24-3, а для освітлення приладів – лампи А12-08 з цоколем ВА7s/11. Мініатюрний цоколь ВА9s/14 має однониткова лампа А12-4.

5.4. Комутаційна апаратура системи освітлення та світлової сигналізації

Більшістю зовнішніх світлових приладів водій керує самостійно. Це стосується приладів освітлення, габаритних вогнів, покажчиків повороту. Частина приладів умикається незалежно від водія, коли він виконує якусь дію. Наприклад, під час гальмування майже одночасно з натисканням на педаль засвічуються сигнали гальмування, а при увімкненні заднього передачі – ліхтарі заднього ходу.

Світлові прилади автоматично вмикаються за допомогою спеціальних вимикачів, розміщених у колі живлення приладів. Для вмикання сигналів гальмування застосовують вимикачі гідравлічної, пневматичної або механічної дії. На рис. 5.12, а наведено будову вимикача стоп-сигналу з гідравлічним приводом, який вставляють у трійник головного гальмового циліндра. У корпусі 3 вимикача вміщено гумову діафрагму 2, на неї накладено контактну латунну пластину 4, яку від затискачів 6 та 7 відтискує пружина 5. Затискачі закріплено у пластмасовій основі 8. Під час гальмування автомобіля чи трактора гальмівна рідина з головного гальмового циліндра надходить через канал 1 до корпуса вимикача і прогинає діафрагму 2; контактна пластина 4 замикає затискачі 6 та 7 і вмикає коло лампи стоп-сигналу.

Вимикач стоп-сигналу з пневматичним приводом (рис. 5.12, б) складається з корпуса 9 із вкрученою пластмасовою кришкою 11, в якій закріплено затискачі 14 для підімкнення проводів. Під кришкою поставлено гумову діафрагму 10. Порожнину над діафрагмою 10 сполучено з магістраллю, яка підводить повітря до гальмових камер коліс. Під час

гальмування автомобіля повітря прогинає діафрагму 10, яка, долаючи пружність пружини 12, переміщує рухомий срібний контакт 13 і замикає ним через контактну пластину 15 електричне коло лампи стоп-сигналу.

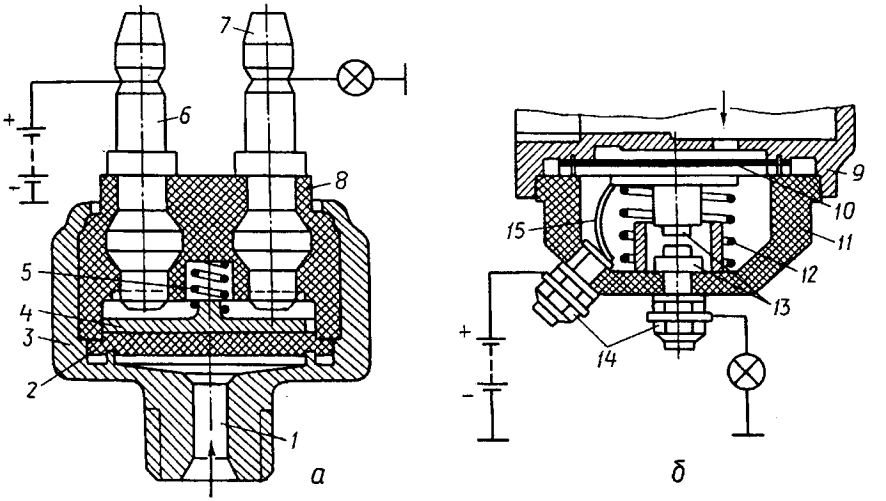


Рис. 5.12. Вимикачі стоп-сигналу з приводами:
а – гідравлічним; б – пневматичним; 1 – канал підведення рідини;
2, 10 – діафрагми; 3, 9 – корпуси; 4 – пластина;
5, 12 – пружини; 6, 7, 14 – затискачі; 8 – основа; 11 – кришка;
13 – контакти; 15 – контактна пластина

Механічні вимикачі мають безпосередній зв'язок із педаллю гальма. Контакти вимикачів можуть керувати сигналами гальмування безпосередньо або через додаткове реле. Ліхтарі заднього ходу вмикають механічними вимикачами, встановленими у механічні перемикачі передач.

Освітлювальними приладами та габаритними вогнями керує єдина схема. З цією метою використовують так звані перемикачі світла повзункового типу. Перемикач має три фіксовані положення ручки штока.

Перемикач покажчиків повороту П105А (рис. 5.13) розміщують на кермовій колонці під кермовим колесом транспортного засобу, діє він напівавтоматично. Перемикач вмикають, повертаючи ручку 8. Вимикається він автоматично за допомогою ролика 5, коли автомобіль чи трактор рухається при повороті.

Перемикач 9 призначений для з'єднання електричних кіл сигнальних ламп із джерелом струму, і механічний привод, який забезпечує вмикання та перемикання вимикача, розміщено в корпусі 10.

Перемикач діє так. Коли важіль 8 переміщають із нейтрального (вимкненого) положення вперед чи назад до краю, контактні пластини стають в

увімкнене положення. Одночасно фасонна пластина, що міститься на другому кінці важеля, підтискує гумовий ролик 5 до маточини 3 кермового колеса. Під час повороту кермового колеса 4 гумовий ролик 5, притиснений до маточини 3, повертається разом із нею. Якщо кермове колесо повернути у бік переміщення важеля 8 перемикача, то вісь 6 ролика упреться у виступ фасонної пластини, і ролик 5 пробуксує; важіль 8 і вимикач 9 у цьому випадку перебувають у ввімкненому положенні. Якщо кермове колесо 4 повернути у супротивний бік, то ролик змінить напрям обертання і перемістить фасонну пластину, а разом із нею – і перемикач 9 у вимкнене положення.

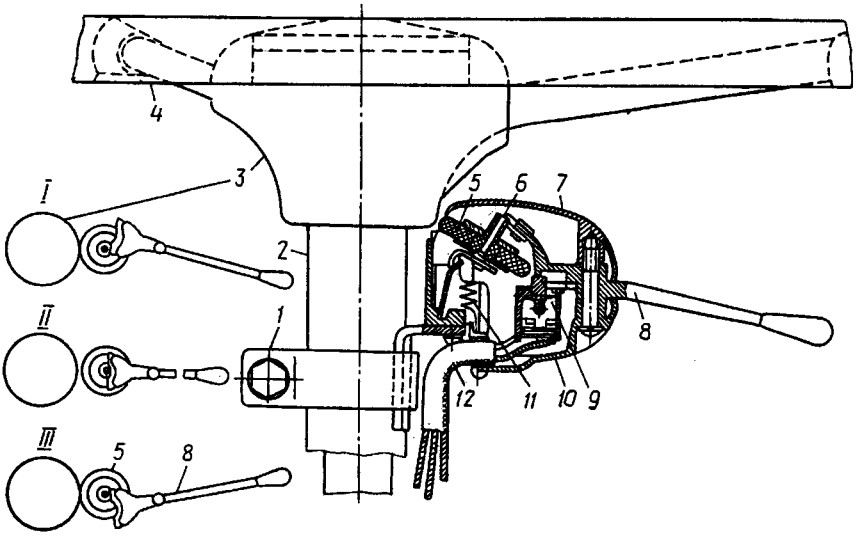


Рис. 5.13. Перемикач покажчиків повороту:
I – увімкнено правий покажчик; II – покажчики вимкнено;
III – увімкнено лівий покажчик; 1 – хомут кріплення перемикача;
2 – кермова колонка; 3 – маточина кермового колеса; 4 – кермове колесо; 5 – ролик; 6 – вісь ролика; 7 – кришка перемикача; 8 – ручка;
9 – перемикач; 10 – корпус перемикача; 11 – пружина; 12 – проводи

Останнім часом широко застосовують комбіновані перемикачі – пристрої, в яких перемикачі та вимикачі світлових та інших приладів з'єднано в один вузол. Розміщують комбіновані перемикачі на кермових колонках, а це зручно для водіїв.

Для проблискового режиму роботи сигналів повороту у коло їхніх ламп вмикають спеціальні переривачі. Традиційними є переривачі теплової дії (типу РС57), які раніше встановлювались і на автомобілях і на тракторах. Зараз вони залишились лише на тракторах.

Розглянемо переривач покажчиків повороту РС57 теплової дії (рис. 5.14). На сталевому осерді 13 намотано обмотку 15, один кінець якої з'єднано з виводом Сл переривача, а другий через резистор 8, ніхромову струну 7, якірець 9 і осердя 14 (до нього прикріплено якірець 9) – із виводом Б переривача. Контакти 10 у початковому положенні розімкнені через дію струни 7, яка відтягує якірець 9. Гвинт 6 призначений для регулювання натягу струни 7. Контактну пару 11 також розімкнено пружиною, приклепаною до якірця 13. Нерухомий контакт пари 11 з'єднано з виводом Кл переривача.

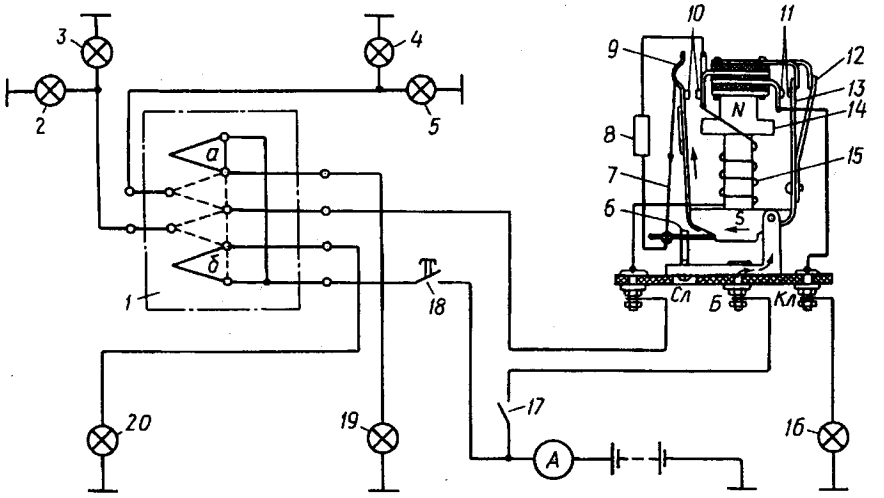


Рис. 5.14. Схема ввімкнення покажчиків повороту за допомогою переривача теплової дії РС-57.

1 – перемикач; 2, 5, 16, 19, 20 – лампи; 6 – гвинт; 7 – струна; 8 – резистор; 2, 13 – якірці; 10, 11 – контакти; 12 – обмежувач; 14 – осердя; 15 – обмотка; 17 – вимикач запалювання; 18 – вимикач ламп гальмування автомобіля

Вивід Б переривача через вимикач запалювання 17 і амперметр з'єднано з позитивним виводом акумуляторної батареї, а вивід Кл – із контрольною лампою 16, розміщеною на щитку приладів. До виводу Сл підімкнено один із виводів перемикача 1 покажчиків повороту.

За допомогою перемикача 1 до виводу Сл через пластину б підключають лампи 3 та 20 переднього та заднього покажчиків лівого повороту та бічного повторювача 2 або через пластину а – лампи 4 та 19 переднього і заднього покажчиків правого повороту і лампу 5 правого бічного повторювача повороту. Перемикач покажчиків повороту розміщують на кермовій колонці під кермовим колесом, а перемикання роблять спеціальною ручкою. Ручка може перебувати у трьох фіксованих положеннях:

середньому, що відповідає розімкненому колу; двох крайніх, в одному з яких вмикаються ліві, а в другому – праві покажчики повороту.

Коли контакти вимикача запалювання 17 замкнуті, а перемикач 1 перебуває у положенні б, яке відповідає, наприклад, ввімкненим покажчикам лівого повороту, до виводу Сл переривача підмикаються лампи 2, 3, 20. У цьому випадку від позитивного виводу акумуляторної батареї струм протікає по колу: амперметр – замок-вимикач – вивід Б – осердя 14 – якірець 9 – струна 7 – резистор 8 – обмотка 15 – вивід Сл – пластина б перемикача 1 – лампи 2, 3, 20 – корпус трактора – негативний вивід акумуляторної батареї.

Оскільки в коло увімкнено резистор 8, то струм у ньому невеликий і розжарення ниток ламп покажчиків повороту неповне, а тому сили притягання осердя 14 не досить, щоб замкнути контактні пари 10 та 11.

Протікаючи через струну 7, струм спричинить її нагрівання, і вона видовжиться, зменшивши свій натяг. У цьому випадку сили притягання якірця 9 до осердя 14 досить, аби замкнути контакти 10. Коли вони замкнуться, сила струму в колі обмотки 15 і ламп 2, 3, 20 різко зросте, бо він обмине резистор 8. Завдяки цьому нитки ламп 2, 3, 20 світитимуться з повним розжаренням, зростатиме сила притягання якірця 13 до осердя 14, і контакти 11 замикатимуть коло контрольної лампи 16, яка засвітиться.

Якщо контакти 10 замкнені, то струм через струну 7 не протікатиме і вона охолоне та зменшить свою довжину. За деякий час сила її натягу стане такою, що контакти 10 розімкнуться і струм у колі обмотки 15 і ламп 2, 3, 20 спаде. Внаслідок цього нитки ламп знову світитимуться з неповним розжаренням, а контакти 11 розімкнуться та розімкнуть коло контрольної лампи. Тоді весь процес знову повторюватиметься.

Коли одна з ламп покажчиків повороту перегорить, сила струму в обмотці переривача зменшиться і струна вкоротиться, а це збільшить інтервал часу між імпульсами, зменшить тривалість проблисків, і контрольна лампа не увімкнеться.

Після замикання контактів вимикача 18 під час гальмування автомобіля в нейтральному положенні вимикача 1 засвічуються лампи 19 та 20 *задніх ліхтарів. Отже, для покажчиків повороту та сигналів гальмування* використовують одні й ті самі ліхтарі з розсіювачами червоного кольору.

Переривачі поворотів теплового типу дешеві та досить надійно працюють, проте вони не відповідають сучасним вимогам стосовно того, щоб в аварійних ситуаціях вмикалися одночасно вогні обох бортів. Оскільки вони чутливі до навантаження, то увімкнення ламп обох бортів спричиняє зміну частоти проблисків відносно визначених норм. Тому вони залишились лише на тракторах, а автомобілі обладнують переривачами поворотів нових конструкцій.

Контактно-транзисторний переривач покажчиків повороту РС951А (рис. 5.15) призначений для роботи у схемах електроустаткування з напругою живлення 24 В. Для комутації ламп у режимі покажчиків повороту використано перемикач П1. Роботу покажчиків повороту контролюють дві контрольні лампи, розміщені на приладовому щитку. Коли одна з ламп покажчиків повороту автомобіля або лампа причепа перегорить, то контрольна лампа автомобіля (приєднана до виводу КТ переривача) або причепа (приєднана до виводу КП) перестане мигати.

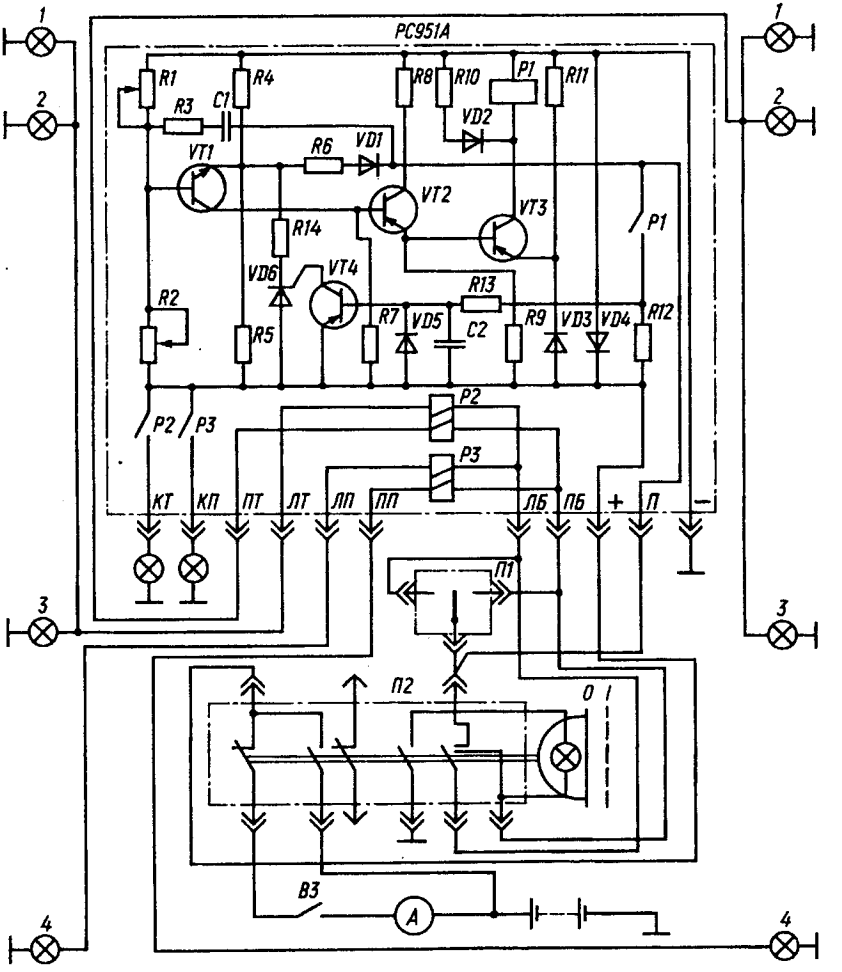


Рис. 5.15. Схема ввімкнення покажчиків поворотів за допомогою контактно-транзисторного переривача РС-951А: 1–4 – лампи

Контактно-транзисторний переривач дає змогу одночасно вмикати лампи всіх покажчиків повороту, що відповідає вмиканню аварійної сигналізації. Це роблять спеціальним вмикачем ПА (ВК422), ставлячи його ручку в положення 1. У цьому випадку покажчики повороту обох бортів працюють синхронно в миготливому режимі незалежно від положення перемикача П1. Одночасно з покажчиками повороту в ручці вмикача мигає і контрольна лампа.

Переривач РС951А містить: задавальний пристрій – генератор імпульсів струму; виконавче електромагнітне реле Р1; реле контролю справності ламп покажчиків повороту автомобіля Р2 і причепа Р3; схему електронного захисту. Усі ці елементи змонтовано на платі за допомогою друкованого монтажу та закрито пластмасовим кожухом.

У коло контактів виконавчого реле через перемикач П1 увімкнено лампи покажчиків і обмотки реле Р2 та Р3.

Генератор імпульсів струму переривача складено за схемою астабільного генератора з електромеханічним додатним зворотним зв'язком. Коли замок-вимикач увімкнено, переривач перебуває під напругою. Якщо перемикач покажчиків повороту П1 перебуває у нейтральному положенні, генератор імпульсів не генерує і переривач не комутує коло покажчиків. У цьому стані транзистор VT1 (КТ315) закриває напруга, яку визначають резистори моста R1, R2 та R4, R5. Закриті також і транзистори VT2 та VT3 (МП25А). База транзистора VT3 має примусове зміщення у зворотному напрямі внаслідок увімкнення в емітер діода VD3 (КД105). Виконавче реле Р1 знеструмлено і контакти Р1 розімкнені. Після ввімкнення покажчиків повороту конденсатор С1 починає заряджатись, оскільки до однієї з його пластин підводиться позитивна напруга через резистори R2 та R3, а інша пластина з'єднана з масою через затискач П – ввімкнений вимикач П1 – реле Р2 чи Р3 – холодні нитки ламп розжарювання. Проте лампи покажчиків повороту не світяться, оскільки величина струму незначна.

Після досягнення визначеного рівня напруги на пластинах конденсатора різниця потенціалів між базою та емітером транзистора VT1 набуває такого значення, що він відкривається.

Із відкриттям транзистора VT1 протікає струм керування транзистора VT2 по колу: затискач «+» – резистор R9 – емітер-база VT2 – колектор-емітер VT1 – опір R4 – маса. Транзистор VT3 також відкривається, оскільки присутній струм керування: затискач «+» – діод VD3 – перехід емітер-база VT3 – емітер-колектор VT2 – резистор R8 – маса. З відкриттям транзистора VT3 протікає силовий струм через обмотку реле Р1.

Контакти Р1 замикаються, і виникає силовий струм по колу: «+» акумулятора – амперметр – затискач «+» реле – опір R12 – замкнуті контакти Р1 – затискач П – вимикач П1– реле Р2 чи Р3 – нитки ламп покажчиків поворотів – маса. У даний момент лампочки повністю розжарюються.

Із вмиканням контактів Р1 припиняється заряд конденсатора, а з відкриттям транзистора VT1 відбувається замикання його пластин між собою через резистор R3 – базу-емітер VT1 – резистор R6 – діод VD1. Виникає розряд конденсатора С1, що підтримує відкритими транзистори VT1, VT2 та VT3. У цей час контакти реле Р1 залишаються замкнутими. Після розряджання конденсатора С1 напруга між його пластинами спадає до нуля, транзистор VT1 закривається. Транзистори VT2 та VT3 також закриваються, знеструмлюється реле Р1, розмикаються його контакти, лампочки гаснуть, а негативна пластина конденсатора з'єднується з масою. Процес повторюється з періодичністю 1–2 с [1].

Коло R10, VD2 (КД105) призначене для гасіння зворотних струмів обмотки реле Р1, а діод VD4 (КД105) – для шунтування зворотних імпульсів струмів, які виникають у схемі під час перехідних процесів. Частота переривань цим приладом не залежить від навантаження.

Схема електронного захисту містить тиристор VD6 (КУ101А), транзистор VT4 (КТ203), діод VD5 (КД105), конденсатор С2 і резистори R12–R14. Введений у схему переривач електронного захисту дає змогу, якщо в колі сигнальних ламп виникають короткі замикання, запобігати перегорянню обмоток реле (контрольних ламп) Р2 та Р3.

Схема захисту працює так. Коли виникає коротке замикання, то спад напруги на резисторі R12 різко збільшується. Зміщення на базі транзистора VT4 набуває величини, достатньої для його відкривання. Внаслідок цього на керувальному електроді тиристора VD6 з'являється напруга, і він відкривається. Завдяки цьому збільшується розбаланс моста R4–R5, на емітері транзистора VT1 утворюється позитивний потенціал відносно його бази, і він закривається.

Конденсатор С2 призначений для запобігання спрацьовуванню системи захисту від поодиноких імпульсів струму. Діод VD5 обмежує максимальне зміщення на базі транзистора VT4 на рівні 0,7–0,8 В.

Переривач покажчиків повороту РС950 та його модифікації 23.3747, 40.3747 застосовують у схемах електроустаткування з напругою 12 В. Від переривача РС951А він відрізняється тим, що не має схеми захисту, а також опорами резисторів і обмотками реле.

Особливістю переривача РС950Е є те, що в ньому застосовано спеціалізовану мікросхему, яка виконує функції генератора імпульсів, замість подібної схеми, складеної з традиційних елементів. Крім цього, в цьому переривачі застосовано герметизовані магнітокеровані контакти, які комутують коло контрольної лампи.

Номінальна потужність контрольних ламп переривачів РС950, РС951 та їх модифікацій має не перевищувати 3 Вт. Як контрольну в переривачі 23.3747 використано лампу АМН 12-3, а у переривачі 49.3747 – АМН 12.1,2.

5.5. Експлуатація та основні несправності системи освітлення і світлової сигналізації

У процесі експлуатації автомобілів та тракторів характеристики світлових приладів під впливом різних зовнішніх дій змінюються. У фарах, наприклад, змінюється напрям світлового потоку (розрегулювання) і погіршуються світлотехнічні характеристики (впливу цього фактора зазнають також і світлосигнальні прилади).

Розрегулювання фар буває від постійної дії вібраційних навантажень і зміни жорсткості підвіски. Крім цього, орієнтація світлового потоку може змінитися після заміни перегорілої лампи, оскільки в новій лампі під дією високої температури нитки розжарення деформується екран близького світла відносно електрода, який його підтримує. Внаслідок цього пучок близького світла начебто повертається за стрілкою годинника, і освітлення в напрямі очей водія зустрічного транспортного засобу збільшується, а освітлення узбіччя погіршується. Положення екрана стабілізується через 25–30 год. роботи лампи.

Експлуатуючи фари з галогенними лампами, потрібно уникати потрапляння жиру на їхні колби, бо він через високу температуру останніх, яка перевищує температуру колб звичайних ламп, жир вгоряє в кварц скла, а це зменшує світловий потік. Тому, ставлячи галогенну лампу, не можна доторкатися до колби навіть руками.

Світлотехнічні характеристики зовнішніх світлових приладів змінюються, головним чином, під дією зовнішнього середовища. Під час руху транспортного засобу об зовнішню частину розсіювача світлових приладів постійно вдаряються тверді частинки (пісок, пил), спричиняючи її абразивне спрацювання. Внаслідок цього на поверхні розсіювачів виникають мікроскопічні подряпини і тріщини. Абразивного спрацювання особливо зазнають розсіювачі світлосигнальних приладів, виготовлені з відносно м'яких пластмас.

Природне старіння пластмас зменшує їх прозорість. Під дією сонячної радіації барвники вигоряють і колір розсіювачів змінюється, зрештою вони стають білястими і не можуть виконувати свої функції. Сила світла такого приладу зростає і може перевищити припустимі норми. Зміну світлотехнічних характеристик спричиняє також ефект, який виникає під час вимикання світлового приладу. Нагріте у процесі роботи приладу повітря всередині нього починає охолоджуватися, а відтак відбувається всмоктування зовнішнього повітря, разом з яким у прилад потрапляють пил і волога, осідають на внутрішніх поверхнях оптичного елемента та зменшують силу світла приладу. Крім цього, волога прискорює корозійні процеси на відбивачі та в патроні, які збільшують опори контактів, а отже, зменшують напругу в колі та силу світла приладу. Щоб зменшити

швидкість корозійних процесів, контактні вузли рекомендують заповнювати мастилом «Літол-24».

У системі освітлення і світлової сигналізації можуть виникати такі несправності:

1. Уся система освітлення не працює; причина – обривання спільного для всіх приладів освітлення проводу або перегоряння запобіжника системи освітлення внаслідок короткого замикання. У цьому випадку потрібно вимкнути всі прилади освітлення та замінити запобіжник. Потім, поступово вмикаючи прилади освітлення, слід з'ясувати, чи справна система. Коли після ввімкнення певного споживача запобіжник знову згоряє, то це означає, що в колі даного споживача виникло коротке замикання. Якщо освітлення не працює, то це свідчить про обривання кола, спільного для всіх приладів освітлення, тобто від амперметра до головного перемикача або в самому перемикачі.

2. Не горять окремі лампи; причина – перегоріли нитки лампи або поганий контакт у патроні лампи, перемикачах, на з'єднувальних панелях і обривання чи від'єднання проводу. Нитки розжарення ламп часто перегоряють, коли підвищується напруга в системі енергопостачання, а також коли дуже вібрують лампи через те, що погано закріплені в патронах, оптичний елемент – у корпусі або фари (ліхтар) загалом. Потрібно перевірити і відрегулювати регулятор напруги та закріпити гвинти кріплення оптичних елементів і фар.

3. Зменшилася сила світла приладів освітлення; причина – забруднення відбивача та розсіювача оптичного елемента, затьмарення колби лампи, поганий контакт лампи в патроні, окислення контактних пластин у вимикачах і перемикачах.

5.6. Технічне обслуговування системи освітлення і світлової сигналізації

Попередження, своєчасне виявлення та усунення несправностей у системі освітлення і світлової сигналізації – одна з основних умов забезпечення безпеки руху транспорту. Світлові прилади ефективно працюють тоді, коли добре організовано їхнє обслуговування під час експлуатації.

Система освітлення і світлової сигналізації справна, коли всі світлові прилади нормально функціонують, забезпечуючи задані світлотехнічні характеристики. Обривання в колах живлення джерел світла внаслідок перегоряння ниток ламп розжарювання або порушення з'єднань у мережі та в комутаційній апаратурі призводить до раптових відмов.

Усі роботи щодо технічного обслуговування системи освітлення і світлової сигналізації поділяють на дві групи: миття, кріплення та регулювання, що виконується на постах та лініях технічного обслуговування, і цехові, тобто пов'язані з перевіркою і ремонтом окремих елементів.

Щоденне обслуговування має забезпечити чистий стан усіх світлових приладів. Промивати і протирати їх потрібно обережно, щоб піском, який залишився в протиральному матеріалі, не пошкодити поверхню розсіювачів фар, підфарників та ліхтарів. Забруднений відбивач оптичного елемента фари промивають чистою теплою водою, не розбираючи його. Щоб уникнути появі на відбивачі навіть невеликих подряпин, протирати його після сушіння не потрібно. Крім цього, під час щоденного обслуговування послідовним вмиканням потрібно з'ясувати, чи справні всі світлові прилади та їхні щиткові сигналізатори.

Під час ТО-1 виконують операції щоденного обслуговування і, крім того, перевіряють кріплення фар, передніх та задніх ліхтарів, усіх вимикачів і перемикачів, надійність з'єднань у колах живлення світлових приладів.

ТО-2 передбачає операції ТО-1, перевірку світлорозподілу, вимірювання сили світла фар і, при потребі, їхнє регулювання. Фари можна перевіряти та регулювати за допомогою вимірювального екрана або спеціальних оптичних приладів – реглоскопів. У першому випадку, залежно від системи освітлення (американська чи європейська), виконують регулювання далекого чи близького світла. Для європейської системи світлорозподілу на екрані розміром 2,5 × 2,5 м роблять розмітку. Горизонтальна лінія НН лежить на рівні фокальних точок відбивачів фар на відстані H_1, від горизонтальної площини (рис. 5.16, а). Лінія ББ розташування горизонтальних ділянок, що їх освітлює близьке світло, лежить під лінією НН на відстані $h_Б$ від неї (табл. 5.2). Похилені лінії світлотіньової межі направлені вгору під кутом 15° і виходять із точок перетину вертикалей Л та П і горизонталі ББ, які відповідають центрам фар. Вертикальна лінія VV лежить у поздовжній площині симетрії автомобіля.

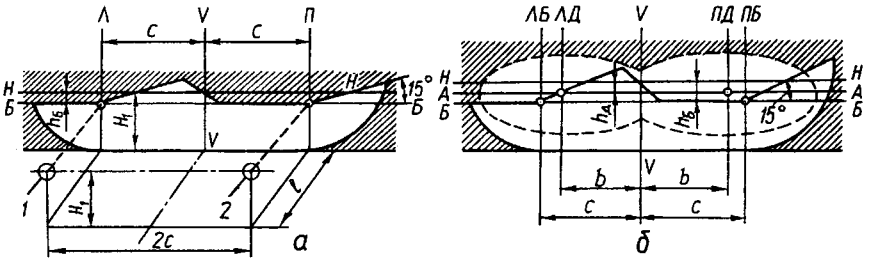


Рис. 5.16. Схеми розмітки екранів для регулювання фар із європейською системою світлорозподілу: а, б – дво- і чотирифарна система освітлення відповідно; 1, 2 – ліва та права фари відповідно

Повністю заправлений і споряджений транспортний засіб із нормальним тиском повітря в шинах розміщують на рівному горизонтальному майданчику. Світловий потік двофарної системи освітлення з європейським

світлорозподілом регулюють гвинтами за близьким світлом фар так, щоб межі освітленої та неосвітленої зон збігалися з горизонтальними і похилими ділянками лінії розмітки на екрані.

Екран для регулювання чотирифарних європейських систем освітлення має додаткову лінію АА (рис. 4.11, б), проведену під горизонталлю НН на відстані $h_д$. Вертикалі ЛБ, ПБ, ЛД і ПД лежать у вертикальних площинах, які проходять через центри зовнішніх та внутрішніх фар. Світловий потік зовнішніх фар близького світла регулюють так само, як і у двофарній системі. Після цього закривають зовнішні фари і послідовно по одній внутрішні. Вмикають далеке світло і регулювальними гвинтами оптичні елементи ставлять у положення, в якому центри світлових плям внутрішніх фар далекого світла збігаються з точками перетину вертикальних ліній ЛД і ПД з горизонталлю АА.

Відстань $h_д$, мм, можна обчислити за формулою:

$$h_д = H - H(1 - 1{,}4 \cdot 10^{-5} l).$$

Усі розміри потрібно підставляти в міліметрах.

Таблиця 5.2

Розмітка екрана для регулювання фар автомобіля

Тип транспортного засобу	H, мм	$h_Б$, мм (при l =7,5 м)	$h_д$, мм (при l = 10 м)
Легкові автомобілі, мікроавтобуси	500…600	75	10
	600…700	100	130
	700…800	115	150
Автобуси	700…800	115	150
	800…900	130	175
	900…1000	150	200
Вантажні автомобілі та трактори з масою до 3,5 т	800…900	130	175
	900…1000	150	200
Вантажні автомобілі та трактори з масою від 35 до 12 т	1000…1150	165	220
Вантажні машини та трактори з масою більше 12 т	700…800	115	150
	800…900	130	175
Спеціальні машини	1200…1600	220	290

Силу світла можна вимірювати серійно виготовленими приладами – люксметрами (Ю–17, Ю–117 та ін.). Щоб дістати силу світла, яке випромінює фара, виміряну на екрані освітленість потрібно помножити на квадрат відстані (визначеної у метрах) від фари до фотоелемента (екрана).

Хоча устаткування і просте, проте метод контролю та регулювання фар за допомогою екрана має неабиякі вади: потрібні великі площі для організації поста; приміщення слід затемнювати; невелика продуктивність праці.

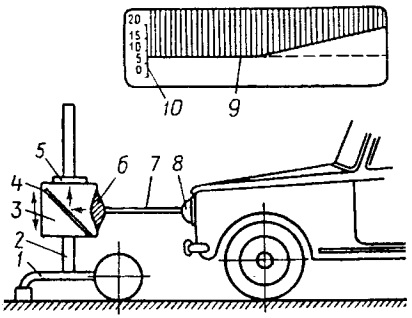


Рис. 5.17. Випробування променів світла фар за допомогою реглоскопа: 1 – пересувний візок; 2 – штатив; 3 – корпус; 4 – дзеркало; 5 – екран; 6 – лінза; 7 – установчий стержень; 8 – фара автомобіля; 9 – світлова пляма; 10 – шкала

Для усунення цих вад було створено спеціальні прилади – реглоскопи (рис. 5.17). Найпоширенішими є: К-313, «Новатор», «Bosch», «Маршал», «Работті», «Lucas», «Мотекс» та ін. Для випробування фар реглоскопом його корпус 3 просувають вертикально по штативу 2 до суміщення з віссю фари. Пересувний візок 1 підкочують до фари автомобіля чи трактора на певну відстань (установчий стержень 7) так, щоб осі фари та реглоскопа збіглися.

Промінь світла спрямовують на збиральну лінзу 6, що концентрує світло фари на дзеркалі 4, яке заломлює його і спрямовує на матовий екран 5. Пляма світла 9 висвітлюється на нерухомій шкалі 10. Порівнюючи розташування плями та її форму з еталоном, доходять висновку про правильність установлення фари. На екрані 5 також установлюють фотоелемент люксметра, що дає змогу оцінювати силу світла, яке випромінює фара.

Переривачі струму покажчиків поворотів перевіряють і регулюють в електроцехах АТП. Робота переривача струму РС57 і РС57В порушується зазвичай внаслідок зміни натягу струни 7 (див. рис. 5.14), яка змінює частоту «миготіння» ламп. Коли натяг великий, лампи не горять, і навпаки, коли він послаблений, вони горять із постійним розжаренням. Струна 7 чи резистор 8, як правило, перегоряють від великого натягу, завищеної напруги генератора і тривалої роботи переривача. Ці несправності призводять до припинення переривання струму.

Коли струна 7 обривається, контакти переривача залишаються в замкненому стані, а тому під час його увімкнення лампа покажчика повороту горить із сталим розжаренням. Порушення регулювання моменту замикання контактів у реле РС57 спричиняє неузгоджену роботу сигнальних та контрольних ламп.

Електромагнітний переривач струму покажчика повороту регулюють із зарядженою акумуляторною батареєю, вмикаючи його за схемою, аналогічною схемі на рис. 5.14, в якій перемикач поворотів можна замінити трипозиційним тумблером.

Перевірка та регулювання контактно-транзисторних переривачів струму покажчика поворотів (типу РС950). Знімають кришку переривача і зовнішнім оглядом з'ясовують стан обмоток, друкованої плати, контактів реле та ін.

Від великої сили струму через замикання на корпус у колі сигнальних ламп руйнується ізоляція обмоток реле Р2 і Р3 (див. рис. 5.15), які служать для ввімкнення сигнальних та контрольних ламп тягача і причепа. У цьому випадку обидві обмотки з'єднуються між собою й, коли ввімкнено поворот, миготять усі лампи покажчиків повороту, тобто покажчик повороту працює в режимі аварійної сигналізації. Цю несправність виявляють візуально чи омметром. Обмотки зі зруйнованою ізоляцією перемотують. Коли немає можливості замінити обмотки, відпаюють їх кінці від затискачів ПБ, АБ, ПТ, ЛТ, ПП, ЛП, ЛЗ, ПЗ і з'єднують затискач ПБ із затискачем ПТ, ПП і ПЗ, а затискач АБ – із затискачами АТ, АП і АЗ. Працездатність переривача відновлюється, проте в цьому разі не працюють контрольні лампи на щитку приладів. Щоб вони працювали, потрібно з'єднати затискачі КТ і КП із затискачем П переривача.

Напівпровідникові прилади схеми переривача руйнуються, перегріваючись від великої сили струму, яка виникає, коли завищена напруга генератора або коли збільшений зазор між якірцем та осердям реле. Стан напівпровідникових приладів перевіряють омметром.

Окислення контактів реле Р1 (див. рис. 5.15) внаслідок ерозії призводить до того, що контрольні лампи горять з неповним розжаренням. Якщо окислення велике, то реле Р2 та Р3 не вмикаються, і вони не горять зовсім. Якщо перегоряє одна із сигнальних ламп покажчиків повороту, то не працює контрольна лампа на щитку приладів.

Щоб перевірити, чи справний переривач, до його затискачів «+» і «–» підключають акумуляторну батарею, а до затискача П – контрольну лампу (рис. 5.18). Якщо переривач справний, контрольна лампа миготить.

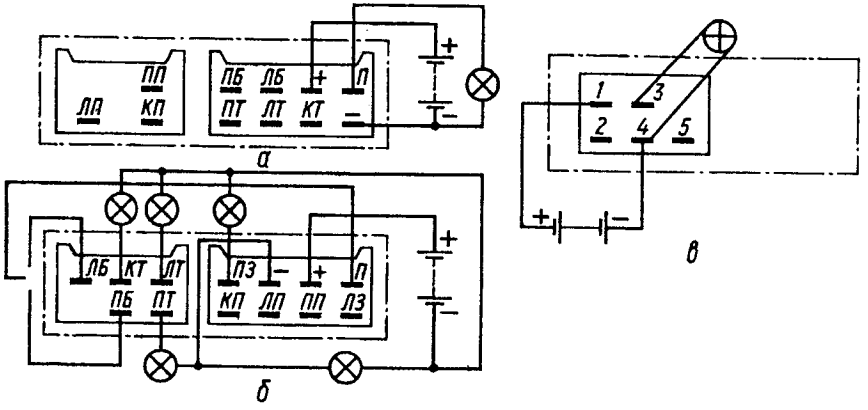


Рис. 5.18. Схема перевірки контактно-транзисторних переривачів струму покажчиків поворотів:
а – РС 950, РС 951; б – РС 950-И; в – 23.3747

Для регулювання реле кришку переривача знімають і перевіряють стан контактів (рис. 5.19). Якщо потрібно, зачищають їх і, розімкнувши, регулюють зазор між якірцем та осердям в межах 0,8 мм, підгинаючи обмежувач 1 підняття якірця, а також зазор між контактами в межах 0,15 мм, змінюючи висоту стояка 2 нерухомого контакту з послабленим гвинтом 3.

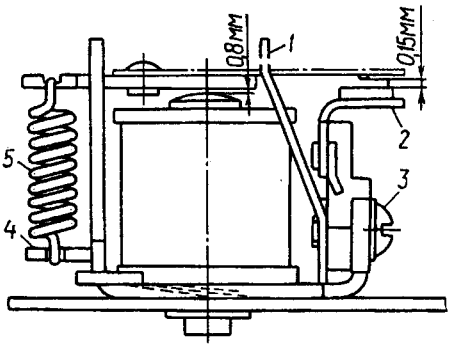


Рис. 5.19. Схема регулювання реле переривача струму покажчиків повороту: 1 – обмежник; 2 – стояк; 3 – гвинт; 4 – скоба; 5 – пружина

Аби перевірити працездатність переривача РС950И, його потрібно підключити до акумуляторної батареї за схемою на рис. 5.20. Далі перемикачем слід увімкнути коло для правого і лівого поворотів. Якщо переривач справний, то лампи горять у переривчастому режимі з частотою 60–120 миготінь на хвилину.

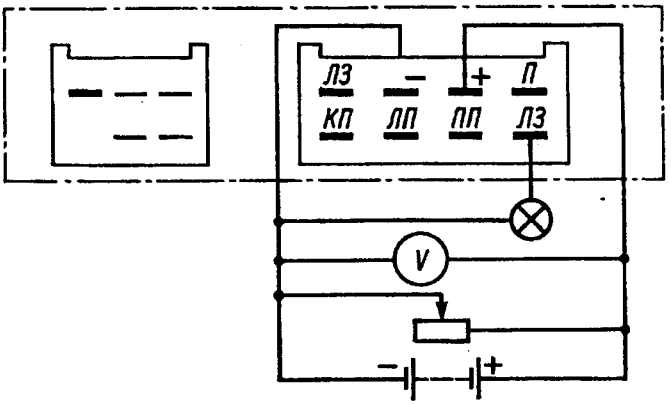


Рис. 5.20. Схема перевірки переривача струму покажчиків повороту щодо напруги спрацьовування

У переривачах РС950, РС951 частоту миготінь регулюють змінним резистором R4, а час замкненого стану контактів реле, тобто час горіння лампи – резистором R5 (див. рис. 5.15). На резисторах є проріз для викрутки. Частота миготінь повинна становити 60–120 переривань на хвилину.

Напругу спрацьовування переривача струму перевіряють за схемою на рис. 5.20. Вмикають коло і плавним рухом повзунка реостата зменшують напругу з 12 В до рівня, який відповідає моменту припинення роботи переривача, що його виявляють за контрольною лампою. Мінімальна напруга спрацьовування переривача повинна становити 10,8 В.

Контрольні запитання та завдання

1. Як маркують світлові прилади, що отримали знак міжнародного затвердження?
2. Що таке конструктивні елементи фар головного освітлення?
3. Поясніть принцип європейського та американського світлорозподілів близького світла.
4. Що таке гомофокальний відбивач?
5. Поясніть будову ламп розжарювання та газорозрядних джерел світла.
6. Поясніть принцип дії покажчиків повороту за допомогою переривача РС57.
7. Як комутують лампи покажчиків повороту за допомогою переривача РС951А?
8. Перелічіть основні операції ТО-1 і ТО-2 системи освітлення та сигналізації.
9. Як розмістити екран для регулювання чотирифарної системи освітлення?
10. Яка методика перевірки променів світла фар за допомогою реглоскопів?
11. Яка методика перевірки контактно-транзисторних переривачів струму покажчиків повороту?

Розділ 6. ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА

6.1. Загальні відомості

Сучасна інформаційно-вимірювальна система автомобіля чи трактора є складовою частиною автомобіля чи трактора і призначена для збирання, обробки, зберігання та відображення інформації про режим руху і технічний стан транспортного засобу, а також оточуючих його факторів. З цією метою на автомобілі чи тракторі встановлюються контрольно-вимірювальні прилади та бортова система контролю.

Контрольно-вимірювальні прилади інформують водія про швидкість руху, частоту обертання колінчатого валу двигуна, напругу бортової мережі, кількість пального в баці, температуру охолоджуючої рідини, тиск масла, тощо. Крім того контрольно-вимірювальні прилади інформують про виникнення аварійних режимів: в системі мащення двигуна – про падіння тиску масла, в системі охолодження – про перегрів охолоджуючої рідини і т.д.

Бортова система контролю – це система, що розвивається. До її функцій входять інформування водія про ряд параметрів систем і агрегатів автомобіля чи трактора, зміна стану яких не створює аварійного режиму роботи і не вимагає негайного втручання, а попереджує про необхідність вжиття заходів з технічного обслуговування чи ремонту. За допомогою бортової системи контролю можливий автоматичний контроль рівня експлуатаційних рідин в заправних ємностях стану гальмівних накладок, справності лампочок приладів світлосигнальної апаратури, стану фільтрів тощо.

Для зменшення трудомісткості та зменшення часу діагностування автомобілі обладнують системою вмонтованих датчиків, що мають вихід на штекерне розняття. До штекерного розняття під час діагностування підключається діагностична апаратура. Наприклад, сканер VAG-5051 який описано в розділах 3 та 4 цього підручника. Це дає суттєві переваги порівняно з традиційними способами підключення діагностичної апаратури.

Останнім часом для автомобілів стали розроблятися пристрої, які надають водієві додаткову інформацію, пов'язану із середньою швидкістю руху, витратами пального, пройденого шляху і т.д. Подібні пристрої отримали назву маршрутних комп'ютерів.

Сучасна концепція єдиної системи «водій-автомобіль-дорога-середовище» передбачає наявність не лише оперативної та контрольно-діагностичної інформації про режим руху та стан автомобіля, але також і зовнішньої інформації про стан доріг (покриття льодом, затори, ремонт), карту

доріг, оптимальний маршрут руху та погодні умови. Ця інформація поступає в інформаційно-вимірювальну систему автомобіля ззовні від системи датчиків, що розташовані вздовж автомагістралі на всій її довжині, спеціальних радіопередаючих станцій, через супутниковий зв'язок або зі спеціально записаної в пам'ять системи бази даних. Подібні системи називаються навігаційними.

Не слід також забувати і такі інформаційні можливості сучасного автомобіля, як телевізійна установка заднього виду, яка застосовується, як правило, на великовантажних автопоїздах, а під час стоянки перетворюється на звичайний телевізор.

6.2. Контрольно-вимірювальні прилади

За виглядом, в якому інформація надходить до водія, контрольно-вимірювальні прилади поділяють на показувальні та сигнальні. Показувальні прилади мають стрілковий прилад, за яким визначають вимірюваний параметр. Користуючись цими приладами, водій має спеціально зосереджувати свою увагу на їхніх показниках, а це заважає йому під час руху транспортного засобу виконувати основні функції. З іншого боку, показувальні прилади за абсолютним значенням показників та інтенсивністю їх зміни дають змогу контролювати і завчасно передбачати момент настання критичного стану вузла чи системи.

Сигнальні прилади (сигналізатори) поділяють на дві групи. Одні світловим або звуковим сигналом передають водієві інформацію про критичне (граничне) значення вимірюваного параметра (здебільшого ці сигналізатори дублюють роботу показувальних приладів), а інші – про функціональний стан механізмів машини (увімкнено чи вимкнено, відкрито чи закрито).

За принципом дії контрольно-вимірювальні прилади поділяють на електричні та механічні. Електричні прилади перетворюють неелектричні вимірювані параметри на електричні. Джерелом електричної енергії для них є бортова мережа транспортного засобу.

У механічних приладах дія від контрольованого середовища до стрілкового приладу передається з використанням енергії самого середовища, їх ще називають приладами безпосередньої дії. Здебільшого застосовують електричні прилади, бо в цьому разі найпростіше передавати інформацію від місця контролю до місця спостереження.

Електричний контрольно-вимірювальний прилад складається з датчика та покажчика, з'єднаних між собою проводами для передавання сигналу. Датчик розміщують безпосередньо на об'єкті у тому місці, де потрібно контролювати вимірюваний параметр, а покажчик – там, де зручніше спостерігати. Зазвичай, це панель приладів у кабіні перед водієм. Основне призначення датчика під час вимірювання неелектричних величин –

перетворення неелектричного параметра на електричний. Зв'язок між вимірюваним параметром, електричним сигналом датчика та відхиленням стрілки покажчика вибирають у такий спосіб, щоб відхилена стрілка фіксувала зміну вимірюваного параметра у необхідних межах. Шкалу покажчика градуюють в одиницях вимірюваного параметра.

У сигнальних електричних приладах покажчиком є сигнальна лампа, яку спостерігають крізь світлофільтр певного кольору. Датчики сигналізатора виконують роль вимикача, який замикає чи розмикає коло сигнальних ламп за заданих значень контрольованого параметра.

У випадку контролювання електричних параметрів контрольно-вимірювальний прилад може не мати датчиків, оскільки вимірюється контрольований параметр.

За призначенням контрольно-вимірювальні прилади поділяють на такі групи: вимірювання температури – термометри; вимірювання тиску – манометри; вимірювання рівня пального – рівнеміри; контролю зарядного режиму акумуляторної батареї – амперметри, вольтметри; вимірювання швидкості руху і пройденого шляху – спідометри; вимірювання частоти обертання – тахометри.

6.3. Прилади вимірювання температури

Для контролю теплового режиму двигуна на автомобілях та тракторах застосовують вимірювачі температури й сигналізатори аварійної температури.

Вимірювачі температури застосовують двох типів: електротеплові імпульсні та магнітоелектричні з терморезистором. Перший складається з датчика й стрілкового приймача, обмотки яких з'єднано послідовно (рис. 6.1, в).

Електротепловий імпульсний вимірювач містить датчик термометра ТМ-101 (рис. 6.1, а) – це латунний тонкостінний балон 6, розміщений у корпусі 1. У балоні є термобіметалева пластина 3, один кінець якої закріплено на ізоляторі основи 7. Пластина виготовлена із двох шарів металів з різними значеннями температурного коефіцієнта лінійного розширення, з'єднаних методом склеювання. Активний шар має більший коефіцієнт лінійного розширення і виконується як правило із інвару, пасивний, з меншим коефіцієнтом лінійного розширення – із хромонікелевої або молібденової сталі. Кінець пластини має рухомий контакт 4, який притискується до нерухомого 5. На пластину намотано обмотку 2 із проводу, що має опір 14 Ом. Один кінець цієї обмотки приєднано до термопластини, а другий через струмопровідну деталь 8 – до вивідного затискача 10, закріпленого на ізоляторі 9. Нерухомий контакт 5 з'єднано з корпусом датчика.

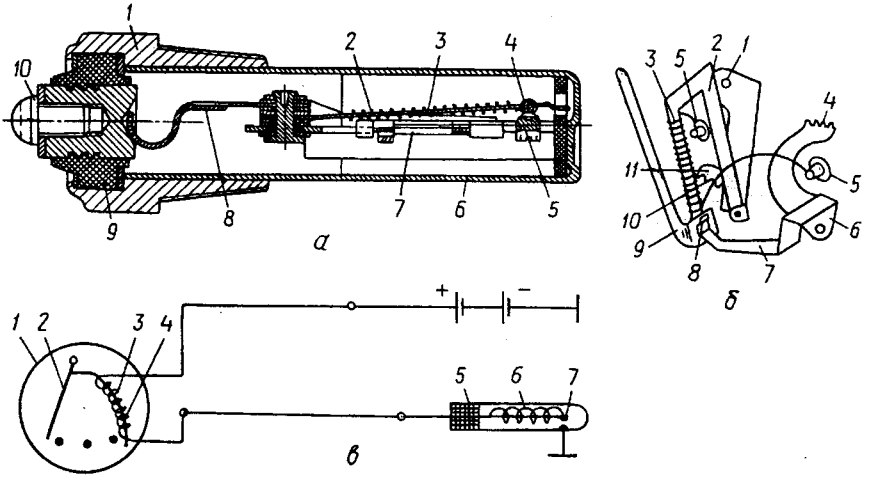


Рис. 6.1. Схема електротеплового імпульсного вимірювача температури: а – датчик ТМ-101; б – приймач; в – електрична схема

Приймач (рис. 6.1, б) складається з П-подібної біметалевої пластини, один кінець якої закріплено на секторі 11, а другий шарнірно з'єднано зі стрілкою 9. Сектор із жорстко приєднаною до нього термобіметалевою пластиною може під час регулювання зміщуватися щодо його осі 1 кріплення за допомогою зубців 10. Другий сектор 6 із пружною пластиною 7 створює шарнірну опору стрілки і притискує її до гачка 8 на кінці термобіметалевої пластини. Для регулювання цей сектор має зубці 4. Плече термобіметалевої пластини, з'єднане із сектором 11, називають термокомпенсаційним, а зі стрілкою – робочим, на яке навито обмотку 3 з опором 40 Ом. Обидва кінці цієї обмотки виведено на затискачі 5 приймача.

За нормальної температури, коли покажчик не ввімкнено в коло, контакти 7 (рис. 6.1, в) датчика 5 перебувають у замкненому стані. Робоче плече 3 термобіметалевої пластини приймача 1 не зігнуте, і стрілка 2 перебуває у крайньому правому положенні шкали за позначкою 110 °С.

Коли покажчик увімкнено, струм, який протікає через обмотки 4 і 6, нагріває термобіметалеві пластини датчика та приймача. Пластина датчика, вільний кінець якої згинається, розмикає контакти і припиняє струм у колі. Охолонувши, вона замикатиме контакти, і струм нагріватиме пластини. Якщо навколишня температура стала, то стає сталою і певна частота розмикання контактів, яка залежить від її значення. Чим вища температура середовища, яке оточує термобіметалеву пластину датчика, чим повільніше вона охолоджується після розімкнення контактів від струму, який протікає крізь обмотку, тим швидше цей струм нагріває її після замикання контактів. Чим вища температура датчика, тим

менше відношення часу замкненого стану контактів $T_з$ до часу циклу $T_з + T_р$. Ефективний струм, що нагріває термобіметалеву пластину приймача, можна визначити за формулою:

$$I_{еф} = I_0\sqrt{\frac{T_з}{T_з + T_р}},$$

де I_0 – струм, що протікає по колу із замкненими контактами; $T_р$ – час розімкненого стану контактів.

Під час увімкнення приладу за низької температури датчика ефективний струм, нагріваючи робоче плече термобіметалевої пластини приймача, спричинює її згинання та зміщення стрілки ліворуч – до зони малих температур. З підвищенням температури датчика ефективний струм $I_{еф}$ знижується, а нагрівання робочого плеча термобіметалевої пластини приймача і згин її зменшуються, внаслідок чого покази приладу збільшуються.

Якщо датчик матиме температуру понад 110 °С, то його контакти розімкнуться, струм у приладі припиниться, а стрілка приймача перебуватиме у крайньому правому положенні. Електротеплові імпульсні вимірювачі температури застосовуються на тракторах та автомобілях попередніх випусків.

Магнітоелектричний вимірювач температури (рис. 6.2) складається з датчика з напівпровідниковим терморезистором і магнітоелектричного приймача. Датчик і приймач увімкнено послідовно в електричне коло живлення.

Датчики ТМ100 і ТМ101-А складаються із закритого латунного корпуса 4, всередині якого є таблетка 1 терморезистора ММТ-15 для датчика ТМ100 і СТ4-15 – для датчика ТМ101-А. Таблетку терморезистора до дна корпуса 4 притискує струмопровідна пружина 3, ізольована від стінок корпуса паперовим патроном 2.

Терморезистор – це напівпровідник, опір якого з підвищенням температури значно зменшується, а зі зниженням – збільшується. Датчик міститься у стінці головки блоку чи насоса системи охолодження двигуна. Датчик ТМ101-А має штекер, а датчики інших типів – гвинтовий затискач. Названі датчики можна застосовувати на автомобілях з 12- і 24-вольтними системами енергопостачання.

Логометричний приймач (рис. 6.2, а, б, г) – це магнітоелектричний прилад, який має специфічні особливості. Він містить три котушки W1, W2 і W3, намотані на пластмасовий каркас 9, який може мати розбірну чи нерозбірну конструкцію. Котушки W2 і W3 є продовженням одна одної й розташовані під кутом 90° між собою. Другий кінець котушки W3 через термокомпенсаційний резистор $R_т$ опором 100 Ом з'єднано з корпусом автомобіля, а другий кінець котушки W2 – із котушкою W1, яку намотано зустрічно відносно W2.

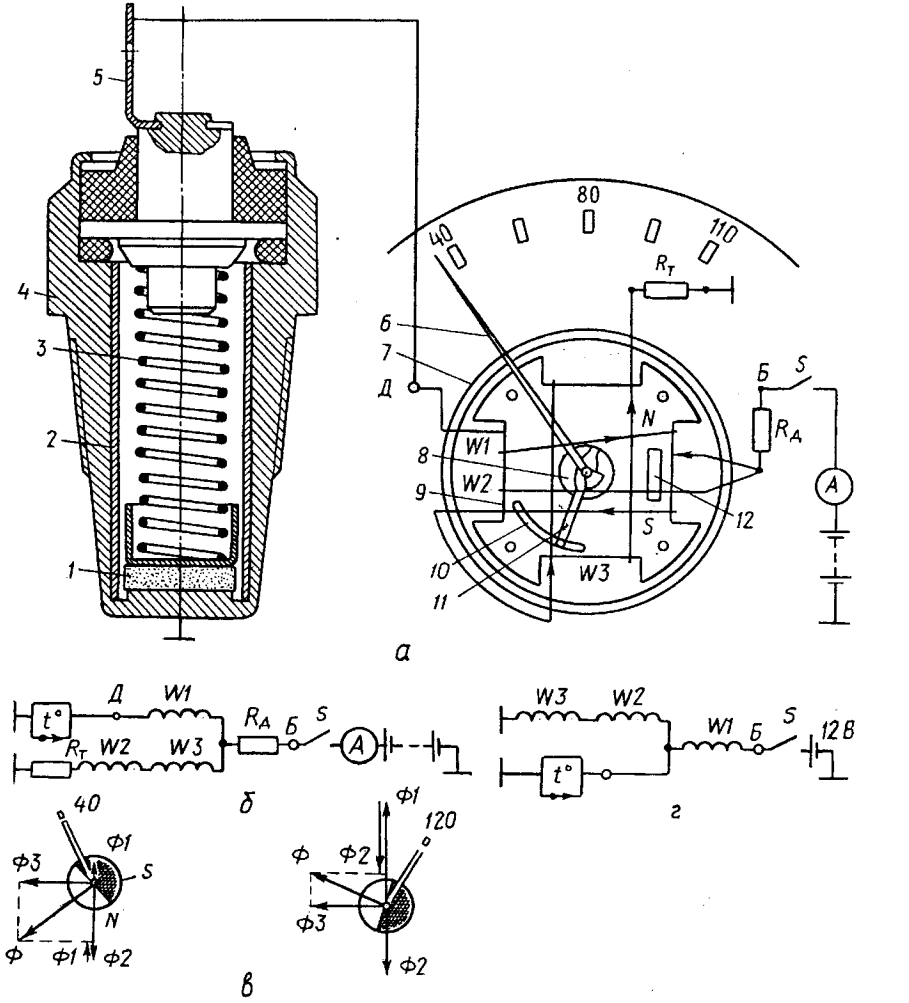


Рис. 6.2. Магнітоелектричний вимірювач температури: а – будова; б – електричні схеми; в – визначення положення стрілки за різних температур охолоджуючої рідини

Магнітні потоки Ф1 і Ф2 (рис. 6.2, в), що їх створюють котушки W1 і W2, діють уздовж їхньої спільної осі та спрямовані назустріч один одному. Сумарний магнітний потік обох котушок визначає різниця їхніх магнітних потоків.

Магнітний потік Ф3 котушки W3 діє під кутом 90° до сумарного магнітного потоку котушок W1 та W2 (рис. 6.2, в).

У рівчачок однієї з колодок закладено постійний магніт 12, який утримує стрілку в початковому стані, коли коло приладу вимкнено. На осі стрілки 6 покажчика жорстко закріплено постійний магніт 8, виготовлений у вигляді диска, та обмежник 11 кута повороту стрілки. Відігнутий кінець обмежника входить у проріз 10 колодки 9. Магніт і обмежник повороту стрілки містяться у кільцевому просторі між обома колодками.

Розглянемо принцип дії логометричного приймача температури. Якщо коло приладу від'єднане від джерела струму, то стрілка приймача відхиляється ліворуч поділки «40». Це положення стрілки зумовлює взаємодія постійних магнітів 8 і 12.

Якщо прилад працює (шлях струму зображено стрілками), то сила струму в колі котушок W2 і W3 не змінюється, тому і магнітні потоки, що їх створюють ці котушки, практично сталі. Сила струму в котушці W1, а отже, і створюваний нею магнітний потік залежать від опору датчика. Оскільки магнітні потоки котушок W1 і W2 діють назустріч один одному, то модуль і напрям вектора сумарного магнітного потоку цих котушок залежатимуть від сили струму, визначеної датчиком у котушці W1.

За температури 40 °С опір терморезистора датчика досягає 400 Ом, тому сила струму в котушці W1 та її магнітний потік малі. У цей момент магнітний потік, створений котушкою W2, перевищує магнітний потік котушки W1. Результуючий магнітний потік (усіх трьох котушок), діючи на постійний магніт 8, повертає його, і стрілка приладу стає проти поділки «40» шкали (рис. 6.2, в).

За температури 110 °С опір терморезистора знижується (до 70 Ом), тому сила струму в котушці W1 збільшується і її магнітний потік у кілька разів перевищує магнітний потік котушки W2. У цей час результуючий потік трьох котушок, діючи на магніт 8, ставить стрілку проти поділки «110» шкали. Сила струму в колі покажчика не перевищує 0,2 А.

Сигналізатори температури охолоджувальної рідини призначені для попередження водія про неприпустимі підвищення температури в системі охолодження двигуна. Датчики сигналізатора вкручують у верхній бачок радіатора, а сигнальну лампу розміщують на щитку приладів.

Датчики ТМ102, ТМ103, ТМ104 і ТМ104-Т (рис. 6.3, а) мають аналогічну конструкцію, але іншу температуру моменту замикання контактів, яка залежить від положення нерухомого контакту 7 відносно рухомого 5. Положення контакту 7 регулюють гвинтом тільки під час складання датчика. У процесі експлуатації датчики не регулюються. Всередині латунного балона 3 розміщено контактну пластину з контактом 5. Термобіметалеву пластину 4 із контактом 5 ізольовано від корпусу і пружною пластиною 9 з'єднано із затискачем 1.

За низької температури контакти датчика розімкнені. З підвищенням температури охолоджувальної рідини збільшується нагрівання балона 3, а від нього (через повітря) – термобіметалевої пластини 4, яка деформується, і за температури 104-107 °С в датчику ТМ104-Т замикає контакти разом із сигнальною лампою, яку послідовно з'єднано з акумуляторною батареєю. Температура замикання контактів у датчику ТМ102 – 112-118 °С, ТМ103 – 98-104 °С; ТМ104 – 92-98°С.

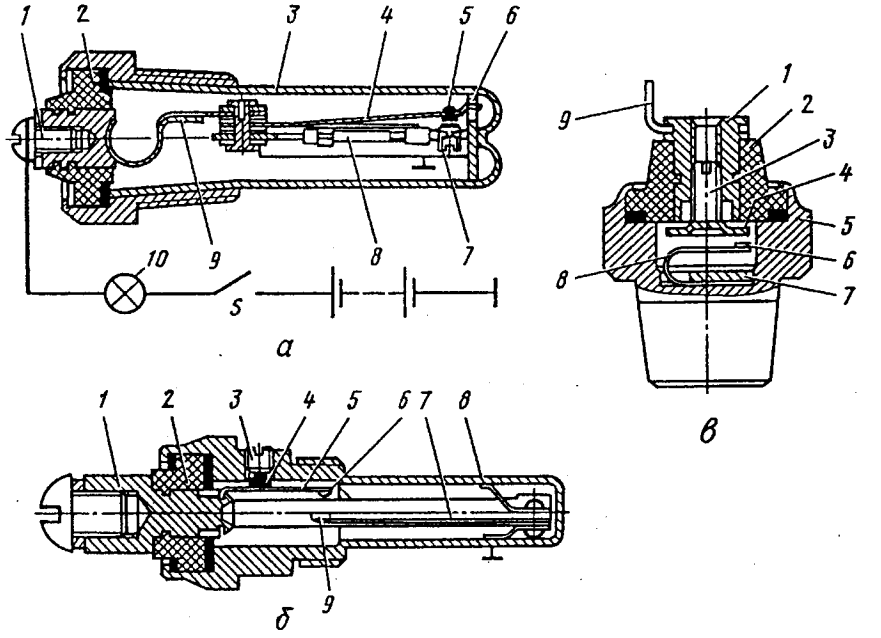


Рис. 6.3. Датчики сигналізаторів температури:
а – датчик ТМ104 та схема включення;
б – датчик РС 403-Б; в – датчик ТМ-111

Датчики РС403-Б (рис. 6.3, б) мають іншу форму балона, в якому термобіметалеву пластину з контактом приєднано до «маси», а другий контакт поставлено на регульованій пластині, з'єднаній з вивідним затискачем. У цього датчика температуру увімкнення 140 °С виставляють після повного складання і регулюють в процесі експлуатації за допомогою регулювального гвинта 3 на бічній поверхні корпуса. Датчик РС403-Б застосовують на автобусах ЛАЗ та ЛіАЗ для контролю температури масла.

Основні параметри деяких датчиків і сигналізаторів температури наведено в табл. 6.1, а приймачів покажчиків температури – в табл. 6.2.

Таблиця 6.1

Датчики та сигналізатори температури

Тип приладу	Межа зміни температури охолоджуючої рідини, °С	Температура замикання контактів, °С	Номінальна напруга, В	Чутливий елемент	Модель (марка) автомобіля чи трактора
ТМ 100-А.В	40…120	-	12; 24	Термо-резистор	Усі марки автомобілів чи тракторів
ТМ 101	40…110	-	12	Біметал	Те саме
ТМ 102	-	112…118	12; 24	-«-	ЗІЛ-130, -131 і модифікації
ТМ 112	-	102…110	12; 24	-«-	МАЗ; ГАЗ-3102, -53-11 і модифікації
ТМ 106	20…120	-	12	Термо-резистор	ВАЗ
ТМ 108*	-	89…95	12	Біметал	ВАЗ-2103. -2106, -2107, -2109; ЗАЗ-1102
ТМ 111	-	98…104	12; 24	-«-	Усі марки тракторів
ТМ 112	-	102…110	12; 24	-«-	МАЗ; ГАЗ-3102, -53-11 і модифікації
ТМ 113	-	110…118	12; 24	-«-	ЗІЛ-130Г
11.3842**	-40…+40	-	12; 24	Термо-резистор	Автомобілі та трактори північного виконання

* Датчик увімкнення електровентилятора в системі охолодження двигуна.

** Датчик температури електроліту акумуляторних батарей.

Таблиця 6.2

Приймачі покажчиків температури

Тип приладу	Межа показників, °С	Вимірювальний механізм	Тип датчика	Модель (марка автомобіля
УК 202	40…110	Електротепловий імпульсний	ТМ 101	Із щитком приладів КП 5-Е
14.3807	40…120	Магнітоелектричний	ТМ 100	ГАЗ-53-11, ЗІЛ-130Г, -133ВЯ, – 133ГЯ
15.3807	-4…+40	Те саме	11.3842	ЗІЛ-133ГЯ

*Параметри розраховані на номінальну напругу 12 В.

У датчику ТМ111 (рис. 6.3, в) термобіметалеву пластину 8 до корпусу притискає шайба 7. За температури 92–98 °С внаслідок деформації цієї пластини контакт 6 замикається з контактною пластиною 4 разом із колом сигнальної лампи. Температуру замикання контактів можна регулювати гвинтом 3.

6.4. Прилади вимірювання тиску

Тиск контролюють вимірювачами (манометрами) і сигналізаторами аварійного тиску. Вимірювачі тиску (манометри), встановлені на автомобілях та тракторах, за призначенням поділяють на вимірювачі тиску масла та повітря. Вимірювачі тиску застосовують для вимірювання: тиску масла в системі змащування двигуна та в гідромеханічній передачі; тиску повітря в балонах і гальмових камерах гальмової системи з пневматичним приводом, в централізованій системі підкачування повітря, в системі відкривання дверей автобуса тощо.

За конструкцією вимірювачі тиску поділяють на прилади безпосередньої дії та електричні.

Прилади безпосередньої дії – це манометри, що мають чутливий елемент і приймач у вигляді суміщеного вузла на панелі приладів перед водієм, а контрольоване середовище під тиском надходить до чутливого елемента по трубопроводу.

Нині для вимірювання тиску в автомобільних приладах застосовують такі типи чутливих елементів: трубчасту пружину, пружну мембрану з протидійною пружиною. У більшості вимірювачів тиску (манометрах) безпосередньої дії використано трубчасту пружину, а в манометрах електричної дії і в багатьох сигналізаторах – пружну мембрану (мембрану з пружиною застосовують лише у деяких сигналізаторах).

Трубчаста пружина, маючи високу чутливість і забезпечуючи, зазвичай, високу точність показів, погано витримує надмірний тиск і має невелику вібростійкість; її застосовують для контролю тиску в пневматичній гальмівній системі чи в системі централізованого вимірювання тиску в шинах, де перевантаження не перевищує 25% верхньої межі вимірювань.

Аби чутливий елемент датчика можна було використати в системі, де тиск має велику пульсацію чи можливі перевантаження, які досягають 50% верхньої межі вимірювань, а також діють значні механічні вібрації (наприклад, на двигуні), потрібно застосовувати пружну мембрану.

У вимірювачах тиску (манометрах) із трубчастою пружиною основною деталлю є пружна плоска чи овальна трубка 5 (рис. 6.4), зігнута по дузі кола.

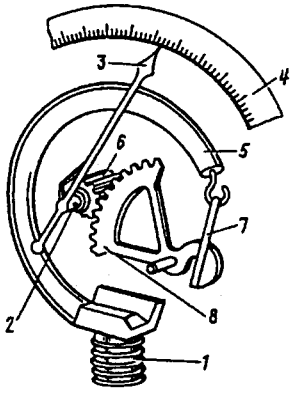


Рис. 6.4. Манометр із трубчатою пружиною

Один кінець трубки впаяно в штуцер 1, крізь отвір у якому рідина або повітря з контрольованої системи надходить до трубчастої пружини, а другий кінець з'єднано з тягою 7, яка через зубчастий сектор 8 і передатний механізм 6, що обертається навколо осі 2, надає руху стрілці 3. Під тиском усередині трубки вона розширюється. Внаслідок цього кривизна дуги, по якій зігнута трубчаста пружина, зменшується, а трубка розгинається, і її вільний кінець переміщується, пересуваючи зв'язану з ним стрілку, яка показує тиск на шкалі 4.

В автомобілях та тракторах застосовують електричні вимірювачі тиску двох типів: електротеплові імпульсні та магнітоелектричні з реостатним датчиком.

Електротепловий імпульсний вимірювач тиску складається з датчика та приймача.

Датчик (рис. 6.5) має корпус 3, додатковий резистор 4 і бронзову мембрану 8, на центральну частину якої опирається виступом пружна пластина 9 з контактом, з'єднаним з «масою». У датчика розміщено П-подібну термобіметалеву пластину 6, електрично ізольовану від «маси». На робоче плече цієї пластини навито обмотку 7, один кінець якої приварено до неї, а другий приєднано до вихідного затискача 5. Коли в штуцері 1 і між основою корпусу 2 та під мембраною тиску немає, контакт пружної пластини та контакт термобіметалевої пластини замкнені. Друге плече термобіметалевої пластини закріплено на пружному тримачі, положення якого в просторі змінюється зі зміною температури.

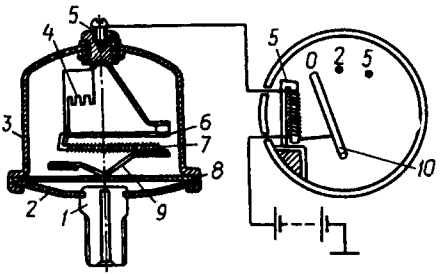


Рис. 6.5. Датчик та приймач електротеплового манометра

Електротепловий приймач тиску працює за тим самим принципом, що й електротепловий приймач температури, тільки в ньому частота розмикання контактів і, отже, сила ефективного струму, який нагріває термобіметалеву пластину приймача, та відхилення стрілки 10 залежать від прогину бронзової мембрани датчика, тобто від тиску, що його сприймає мембрана.

Як і електротеплові вимірювачі температури, електротеплові вимірювачі тиску масла зараз застосовуються на тракторах та залишилися на автомобілях попередніх випусків.

Логометричний вимірювач тиску містить реостатний датчик і магнітоелектричний приймач (рис. 6.6, а). Реостатний датчик складається з основи 1 із штуцером, на якому закріплено гофровану мембрану 2 за допомогою сталевого рантa 3, що несе на собі реостат 4 із передатним механізмом 10. Мембрана діє на повзунок 5 реостата, повертаючи його навколо осі 7, а пружина 9 протидіє зміщенню повзунка. Щоб пульсації тиску в контрольованій системі не спричиняли коливань повзунка по реостату, в канал штуцера датчика запресовано дюзу 13 із стержнем для прочищання проходу, яка створює великий опір протіканню масла чи повітря, а отже, згладжує вплив різких змін тиску на показники приладу.

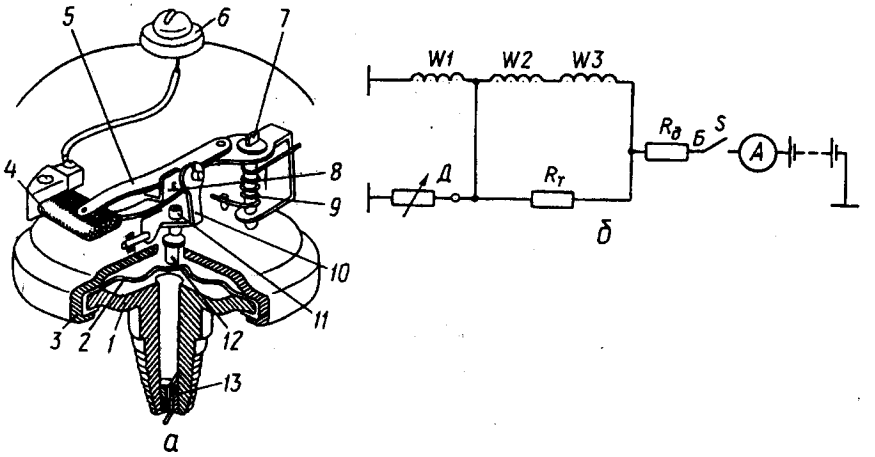


Рис. 6.6. Електричний манометр.
а – реостатний датчик тиску;
б – електрична схема логометричного покажчика

Коли в датчик подано масло чи повітря, мембрана під тиском вигинається і через штовхач 12 та площинку 8 зсуває повзунок по реостату. Із зниженням тиску мембрана під дією власної пружності опускається, а поворотна пружина 9 зсуває повзунок і деталі важільної передачі в початковий стан. Регулювальний гвинт 11 здійснює тарування приладу.

Реостат, який електрично ізольовано від «маси», має опір близько 170 Ом. Повзунок, з'єднаний із масою датчика, під час повного ходу в робочому діапазоні тиску змінює вихідний опір датчика від 163 до 20 Ом. Реостат датчика, увімкнений паралельно до однієї з котушок приймача (рис. 5.6, б), через гвинтовий затискач 6 змінює опір залежно від тиску й впливає на силу струмів в обмотках приймача.

Для різних магнітоелектричних вимірювачів тиску реостатні датчики виготовляють із мембранами різної товщини, але з аналогічними деталями передатного механізму та однаковим опором реостатів. Тому всі

датчики мають однакові розміри і зовнішній вигляд. Датчики взаємозамінні тільки для вимірювачів із аналогічною межею вимірювань.

Приймачі магнітоелектричних вимірювачів тиску з реостатним датчиком – це конструкції, аналогічні приймачам магнітоелектричних покажчиків температури, проте їхні котушки мають інші обмоткові дані та схему приєднання елементів, а решта деталей аналогічні.

Механізми магнітоелектричних приймачів тиску для систем електрообладнання на напругу 12 і 24 В однакові, але в них послідовно в коло живлення приймача увімкнено додатковий резистор $R_д$, який розміщено всередині корпуса приймача.

Економетр застосовують на автомобілях ВАЗ-2108 і АЗЛК-2141, ЗАЗ-1102 та ін. Він має таку саму будову, що й покажчик тиску з трубчастою пружиною (див. рис. 6.4) для вимірювання тиску в межах 0,1–0,8 бар. Під цим тиском трубчаста пружина згинається внаслідок дії атмосферного тиску й надає руху стрілці економетра. Економетр шлангом з'єднано із впускним трубопроводом двигуна за дросельною заслінкою. На автомобілі АЗЛК-2141 економетр увімкнено в трійник шланга гідравлічної гальмової системи.

Економетр дозволяє шляхом вибору передачі і частоти обертання колінчастого вала двигуна визначити найекономніший режим руху автомобіля за межами міста (з економією 20–25% пального). Коли частота обертання колінчастого вала двигуна максимальна, а навантаження мале (дросельну заслінку прикрито), то тиск у впускному трубопроводі мінімальний, а стрілка економетра перебуває у лівій частині шкали. Це означає, що двигун працює з підвищеною витратою пального. Коли швидкість руху мала, а навантаження велике (дросельну заслінку відкрито), тиск впускання зростає, й стрілка економетра переміщується до правої частини шкали (це означає, що потрібно переключити передачу з прямої на нижчу). Щоб усунути коливання стрілки економетра внаслідок коливань тиску у впускному трубопроводі і у вхідній трубці економетра, потрібно поставити фільтр (із площею прохідного перерізу 0,1–0,3 мм^2), який згладжуватиме пульсацію тиску.

Сигналізатори аварійного тиску використовують, щоб попередити водія про загрозу аварії двигуна внаслідок зниження тиску масла за припустимі межі. Крім них, на автомобілях та тракторах можна застосовувати сигналізатори аварійного (мінімального) тиску повітря у пневмосистемі гальм, у вакуумній системі відчинення дверей та ін. Основним елементом сигналізатора є встановлений у контрольоване середовище датчик, який містить чутливий елемент, що в аварійних ситуаціях замикає електричні контакти, увімкнені в коло сигнальної лампи на панелі приладів. В автотракторному сигналізаторі аварійного тиску як чутливий елемент застосовано мембрану або таровану пружину.

Мембранний датчик сигналізатора ММ100 (рис. 6.7, а) містить нерухомий контакт 5, поставлений на пластині, яку з'єднано з виводом 7 (вивід і пластину з контактом ізольовано від корпусу). Рухомий контакт 6 поставлено на важелі 4, які через штовхач зв'язані з мембраною 3. Мембрану закріплено в основі 2. Отвір у штуцері 1, різьба на якому призначена для прикріплення датчика, сполучає простір під мембраною з контрольованим середовищем. Зверху конструкцію закриває кожух 9.

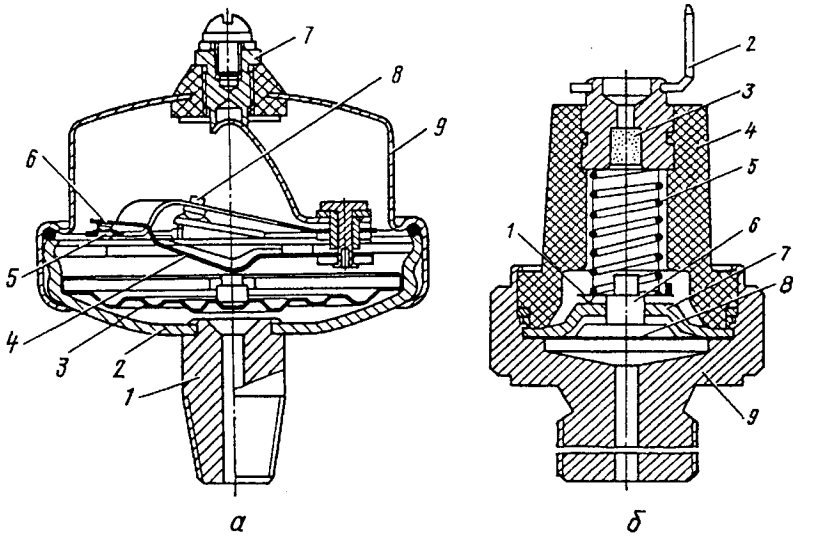


Рис. 6.7. Датчики сигналізаторів аварійного тиску: а – ММ-100; б – ММ-120

У робочому стані під дією тиску контрольованого середовища вигнута мембрана забезпечує розімкнений стан контактів 5 і 6. Зниження тиску до значень, менших за нормальні, спричинює зменшення вигину мембрани і замикання контактів, які вмикають коло сигнальної лампи. Опора 8 забезпечує можливість регулювання тисків розмикання.

Мембранні датчики ММ101, ММ102, ММ106, ММ111 мають таку саму конструкцію, як і ММ100, але інші габаритні розміри та тиск розмикання.

Датчик із тарованою пружиною ММ 120 (датчики ММ124-Б, ММ111-А, ММ111Б – його модифікації) має істотні конструктивні розбіжності порівняно з мембранним (рис. 6.7, б). Коли в контрольованому середовищі немає тиску або, коли він має значення, менше за нормальне, тарована пружина 5 притискує рухомий контакт 1 до нерухомого 7, який разом із діафрагмою 8 із тонкої поліефірної плівки затиснуто між ізолятором 4 і корпусом 9. Рухомий контакт 1 ізольовано від корпусу і через пружину з'єднано зі штекерним (або гвинтовим) виводом 2 датчика. Порожнину над діафрагмою з атмосферою

сполучає фільтр 3. Коли тиск у контрольованій системі перебуває у межах норми, вигнута мембрана рухає штовхач 6 разом із рухомим контактом угору, стискуючи тарovану пружину. В аварійних випадках контакти під дією пружини замикаються і засвічується лампочка сигналізатора на панелі приладів. Датчики з тарованою пружиною мають менші габаритні розміри порівняно з мембранними датчиками і вищу стабільність та надійність роботи.

Технічні характеристики датчиків електричних вимірювачів і сигналізаторів тиску наведено в табл. 6.3, а манометрів безпосередньої дії – в табл. 6.4.

Таблиця 6.3

Датчики тиску

Тип датчика	Максимальний тиск, бар	Тиск замикання контактів, МПа, бар	Чутливий елемент	Модель (марка) автомобіля, автобуса чи трактора
ММ 9*	0,5(5)	-	Термобіметал	Усіх марок тракторів
ММ 100*	Розрідж. 0,3	0,2..0,55	Мембрана	ПАЗ
М 111-В	5	0,4…0,8	– “ –	Усіх марок
ММ 111-Д	5	0,4…0,8	– “ –	ЗАЗ, КамАЗ, КрАЗ, МАЗ
ММ 120-Д*	7	0,2…0,6	– “ –	ВАЗ
ММ 370	10	-	Реостат	КамАЗ, МАЗ, «Урал»
ММ 393-А*	8	-	– “ –	ВАЗ-2106, -2121 і модифікації

* Працюють за номінальною напругою 12 В.

Таблиця 6.4.

Манометри тиску

Тип манометра	Межа показів, бар	Чутливий елемент	Застосування	Модель (марка) автомобіля чи трактора
МД 216	10	Трубчаста пружина	Гальмова система з пневматичним приводом	КрАЗ і колісні трактори
МД 223-Б	6	Те саме	Система централізованого підкачування шин	ЗІЛ-131 і модифікації
МД 230	6	Мембрана	Змащувальна система двигуна	ЗІЛ-130, -131
11.3830	10	Трубчаста пружина; двострілковий	Гальмова система з пневматичним приводом	Вантажні автомобілі
12.3830	10	Трубчаста пружина	Змащувальна система двигуна	ЗІЛ-133 ВЯ, -133ГЯ
13.3830	10	Те саме	Гальмова система з пневматичним приводом	Те саме

6.5. Прилади вимірювання рівня пального

На сучасних автомобілях та тракторах застосовують дистанційні електричні вимірювачі рівня пального. Датчик цього приладу міститься в паливному баку, а приймач – на панелі приладів. Шкалу приймача проградуйовано в частках об'єму бака, тому на шкалі є позначки: 0; 1/4; 1/2; 3/4 – П (повний).

Електромагнітний вимірювач рівня пального (рис. 6.8) складається з реостатного датчика та електромагнітного приймача.

Датчик (рис. 6.8, а) має корпус, що складається з двох частин 3 та 4, скріплених гвинтами 6, що виготовлені з цинкового сплаву. Всередині нижньої частини на осі 2 закріплений бронзовий повзунок реостата 9. Ззовні до цієї осі жорстко закріплений ричаг 7 із капроновим циліндричним поплавком 1. Із зміною рівня пального в баці від нуля до повного повзунок пересувається на всю довжину реостата. У верхній частині корпусу закріплена текстолітова пластина 10, на яку навита обмотка реостата 12 із нікромового дроту діаметром 0,2 мм і загальним опором 60 Ом. Один кінець обмотки реостата 11 виведений на затискач 5, а другий – на «масу». Повзунок реостата також має вивід на «масу» у вигляді пружної дротяної петлі 8.

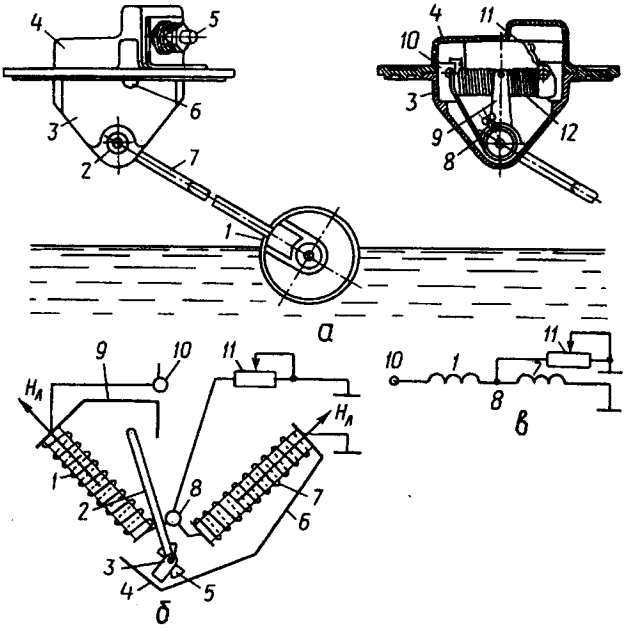


Рис. 6.8. Електромагнітний вимірювач рівня пального: а – датчик; б – схема приймача; в – електрична схема

Електромагнітний приймач (покажчик) рівня пального (рис. 6.8, б) має дві котушки 1 та 7 із осердями з м'якої сталі, які мають полюсні наконечники 6 та 9. Крім цього, є полюсний наконечник 4, з'єднаний з наконечником 6. Котушки встановлені під кутом 90° одна до одної. Стрілка 2 закріплена на осі разом із латунною противагою 3 та сталевим якорем 5, який міститься в точці перетину осей котушки. Рухома система встановлена на двох опорах.

Струм від бортової мережі (рис. 6.8, в) підводиться до затискача 10, закріпленого на ізоляторі, і, пройшовши по обмотці лівої котушки 1, розгалужується на затискачі 8 на два напрями: через праву котушку 7 на «масу» і через реостат 11 та повзунок датчика на «масу».

Із протіканням струму по обмотках котушок створюється два магнітні поля, що перетинаються, які взаємодіють на якір рухомої системи і намагаються повернути його вздовж магнітних силових ліній результуючого вектора магнітного поля.

Якщо паливний бак заповнений, то повзунок реостата займає крайнє положення, включаючи в коло повний опір реостата. Результуючий вектор магнітного поля утримує якір із стрілкою в правій частині шкали. Із зниженням рівня пального повзунок реостата переміщується і закорочує частину реостата датчика (якщо бак порожній, то приблизно до 1–3 Ом), внаслідок чого струм у лівій котушці збільшується, а в правій значно зменшується. Вектор магнітного поля лівої котушки збільшується, а вектор правої котушки зменшується, що спричинює зміну напряму результуючого вектора магнітного поля котушок і зміщення якоря до лівої зони шкали.

Із метою уніфікації всі електромагнітні приймачі вимірювачів рівня пального мають однакові обмоткові дані, тому їхні шкали мають однаковий кут розмаху між поділками. Це забезпечує повну взаємозаміну електромагнітних механізмів приймачів для різних типів датчиків.

Електромагнітні вимірювачі рівня пального застосовуються на тракторах та автомобілях попередніх років

Магнітоелектричний вимірювач рівня пального (рис. 6.9) складається з реостатного датчика, який встановлено на паливному баці, і магнітоелектричного приймача. Датчик з'єднано послідовно з покажчиком і підімкнено до кола вимикача запалювання.

Як приклад розглянемо будову датчика БМ158-Б, який встановлено на автомобілях КамАЗ. Пластмасовий корпус 10 закріплено на металевій основі 9, яку кронштейн 8 жорстко з'єднує з корпусом штекерного рознімача 6. У корпусі закріплено проволочний реостат, обмотку 11 якого виготовлено з ніхромової проволоки і намотано на пластмасовий ізолятор. Обмотку з'єднано контактною пластиною 7 із штекером.

По обмотці реостата ковзає контакт повзунка 12. Пластина 17 забезпечує вмикання сигнальної лампи 18, коли рівень пального знижується до значення, меншого за 1/8 об'єму бака. До втулки 15 прикріплено важелі поплавка 14 і повзунка 12 із контактною пластиною 17. Втулка 15 обертається на осі, з'єднаній із корпусом. Переміщення важеля поплавка обмежують упори 13 і 16, закріплені на основі 9.

Датчики всіх магнітоелектричних вимірювачів мають реостат опором 90 Ом і відрізняються один від одного, головним чином, довжиною важеля з поплавком.

Приймач розміщено в корпусі 1, і він має таку саму будову, як і покажчик температури (див. рис. 6.2), тільки в ньому по-іншому з'єднано котушки та резистори. Усі котушки намотано на каркасі 4 тонким проводом із великою кількістю витків у кожній. На рис. 6.9, в наведено схему приймача з робочою напругою 24 В, а на рис. 6.9, б – схеми з'єднання котушок і резисторів у приймачів із робочою напругою 12 В.

Розглянемо принцип дії вимірювача рівня пального (рис. 6.9, а). Якщо коло приладу від'єднано від джерела струму, то стрілка приймача відхиляється ліворуч за поділку «0». Таке положення стрілки зумовлює взаємодія постійних магнітів 2 та 5. Шлях струму в увімкненому колі приймача зображено стрілками. Сила струму в котушці W1 та її магнітний потік змінюються залежно від положення повзунка 12 на обмотці 11 реостата датчика.

У процесі роботи приладу магнітні потоки котушок W1 та W2 діють зустрічно, а тому напрям і значення їх сумарного потоку залежать від сили струму в котушці W1.

Коли паливний бак заповнений, то обмотка 11 реостата датчика повністю введена, а сила струму в котушці W1 і магнітний потік, що його вона створює, досягають максимальних значень. У цей момент результуючий магнітний потік, який створюють три котушки, повертає магніт 2, а разом із ним і стрілку 3 у положення «П».

Із зменшенням рівня пального в баці поплавок 14 датчика опускається й переміщує повзунок 12, вимикаючи опір реостата датчика, який закорочує (шунтує) котушку W1, а тому сила струму в ній та її магнітний потік зменшуються. Результуючий магнітний потік трьох котушок рухає магніт 2, а разом із ним і стрілку 3 по шкалі приймача в бік меншої поділки шкали. Коли рівень пального в баці зменшується до 1/8 повної місткості, контактні пластини 17 вмикають сигнальну лампу 18, розміщену на щитку приладів.

Технічні характеристики датчиків рівня пального наведено в табл. 6.5, а приймачів покажчиків – в табл. 6.6.

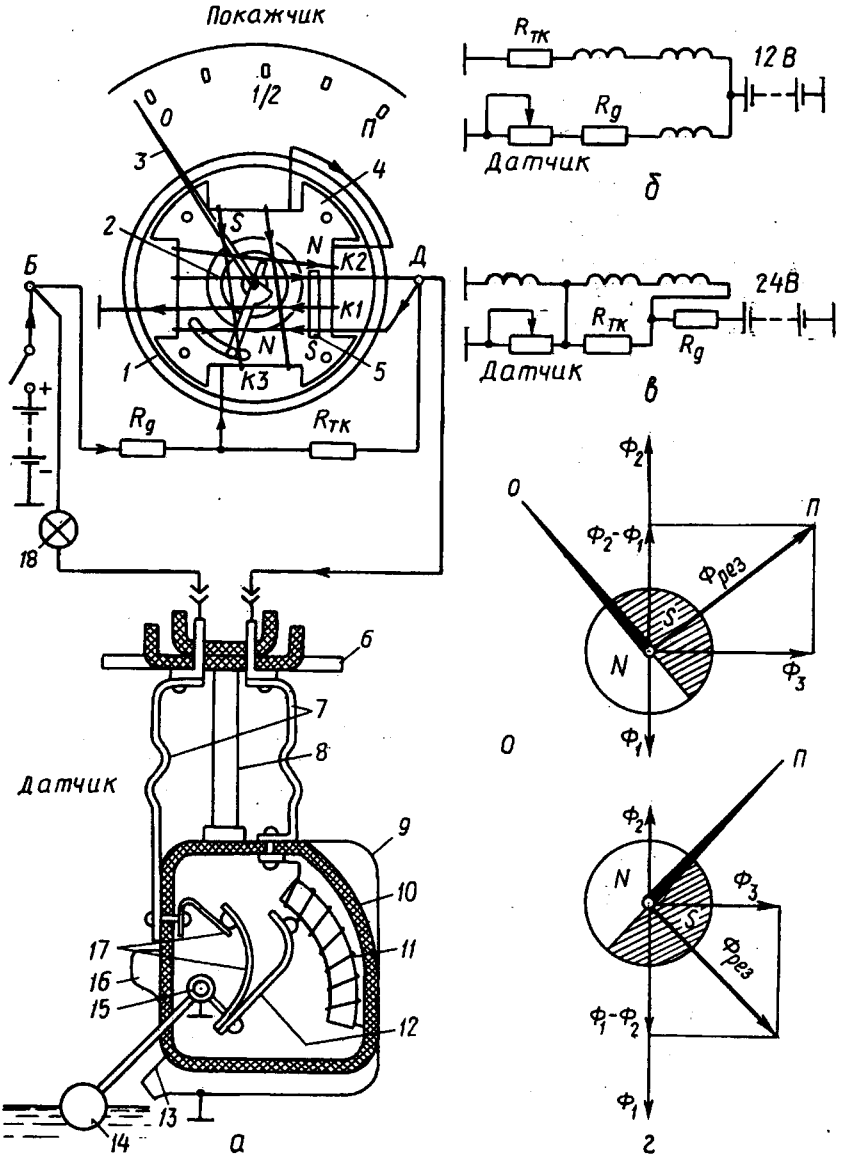


Рис. 6.9. Магнітоелектричний вимірювач рівня пального: а – будова; б, в – принципові електричні схеми вимірювачів з напругою 12 і 24 В; г – до визначення вектора результуючого магнітного потоку та положення стрілки за різних рівнів пального в баці

Таблиця 6.5.

Датчики рівня пального

Тип датчика	Повний опір реостата, Ом	Кут відхилення важеля від вертикалі, якщо бак порожній, ...°	Кут відхилення важеля від початкового положення, ...°		Вид покажчика	Модель (марка) автомобіля чи трактора
			1/2	II		
БМ 112-Д	90	29	35	61	Магніто-електричний	ГАЗ-53А і модифікації
БМ-117-Д	60	36	30,5	54,5	Електро-магнітний	ЗІЛ-130, -131; трактори ДТ
БМ 118-Д	60	29	35	61	Те саме	Урал-375" і модифікації, трактори К-700
БМ 120-Д	90	23	42	70	Магніто-електричний	ГАЗ-52-А, -53 і модифікації
БМ-124-Д	90	33	34	62	Те саме	УАЗ-452 і модифікації
БМ-134-Д	60	47	32	54	Електро-магнітний	"Москвич-2140", ІЖ-2125, -2715 і модифікації, трактори МТЗ
БМ 136-Д	90	29	35	61	Магніто-електричний	ЛуАЗ-967М, -969М
БМ 139-Д	90	31	42	72	Те саме	ГАЗ-3129 і модифікації, РАФ-2203 і модифікації
БМ 140-Д	90	29	35	61	Електро-магнітний	ЗАЗ і модифікації, трактори Т-150
БМ 142-Д	90	29	35	61	Магніто-електричний	УАЗ-469 і модифікації
БМ 150-Д*	350	38	47	90	Те саме	ВАЗ
БМ 154 Д**	350	36	39	90	– " –	ВАЗ-2102
БМ 158-Б**	90	41	46	90	– " –	КамАЗ
БМ 159-Б	60	29	30	54	Електро-магнітний	ЗАЗ-968А і модифікації
26.3827	350	71	39	90	Те саме	ВАЗ-2121
151.3827	60	47	32	54	Електро-магнітний	Москвич-2140
20.3827	90	17	40	68	Магніто-електричний	ГАЗ-3102
22.3827	90	43	53	90	Те саме	ЗАЗ-1102
24.3827	350	27	39	90	– " –	ВАЗ-2108

Таблиця 6.6.

Покажчики пального

Тип приймача	Номінальна напруга, В	Вимірювальний механізм	Тип датчика	Модель (марка) автомобіля чи трактора
УБ 170	24	Магніто-електричний	БМ 158-Б	КамАЗ, МАЗ, КрАЗ
УБ 193	12	Те саме	БМ 150	ВАЗ-2106, -2121
УБ 200	12	Електро-магнітний	БМ 117-А	Трактори МТЗ, ДТ
13.3806	12	Магніто-електричний	БМ 139-А	ГАЗ-53-11, ЗІЛ-133ВЯ, -133ГЯ

6.6. Прилади вимірювання швидкості руху та частоти обертання колінчастого вала двигуна

Швидкість руху транспортного засобу вимірюють спідометрами, в яких використовують механічний (гнучкі вали) або електропривод, що залежить від віддалення приладу щодо місця приєднання привода до трансмісії. Гнучкі вали установлюють, якщо довжина траси не перевищує 3,55 м, а коли вона більша – застосовують електропривод.

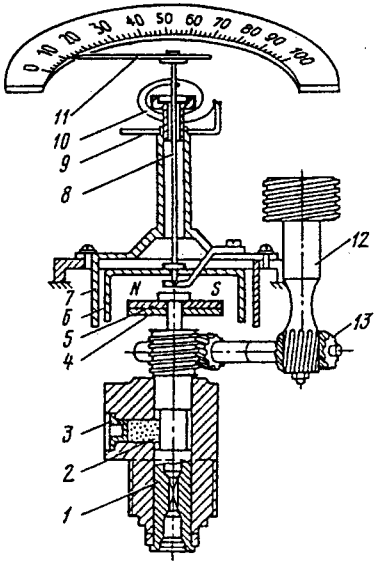


Рис. 6.10. Спідометр із приводом від гнучкого вала

Спідометру з приводом від гнучкого вала (рис. 6.10) надає дії вхідний валик 1, у гніздо з квадратним перерізом якого вставляють квадратний наконечник гнучкого вала. На другому його кінці закріплено постійний магніт 5 і термокомпенсійну шайбу 4 (магнітний шунт). Магніт намагнічено так, що його полюси спрямовані до країв диска. На осі 8, яка вільно обертається у двох підшипниках, з одного боку закріплено стрілку 11, а з другого – картушку 6. Картушку виготовляють із немагнітного матеріалу (наприклад, з алюмінію), найчастіше у вигляді чаші, яка з деяким зазором охоплює магніт. Ззовні її закривають екраном 7 із магніто-електричного матеріалу, що концентрує магнітне поле магніту 5 у зоні картушки. З боку стрілки до осі 8 прикріплено один кінець спіральної пружини 10,

а другий кінець її – до важільця 9, поворотом якого можна відрегулювати натяг пружини.

Під час руху транспортного засобу від гнучкого вала починають обертатися вхідний валик 1 і разом з ним магніт 5, магнітний потік якого, пронизуючи картушку 6, наводить у ній вихрові струми, що створюють її магнітне поле. Два магнітних поля (картушки та магніту) взаємодіють так, що на картушку діє крутний момент, спрямований супротив моменту, який створює пружина. Завдяки цьому картушка разом із віссю та стрілкою повертається на кут, за якого момент пружних сил пружини зростає й починає дорівнювати крутному моменту магнітних сил, які діють на картушку. Оскільки крутний момент картушки пропорційний швидкості обертання магніту, а отже, й швидкості руху автомобіля, то кут повороту картушки й стрілки з її збільшенням зростатиме. Залежність ця прямо пропорційна, а тому шкала спідометра рівномірна. Термокомпенсаційна шайба 4, встановлена разом із магнітом 5, нейтралізує вплив зміни температури навколишнього середовища на опір картушки. Збільшення опору картушки зменшує індуковані в ній струми та утворюваний внаслідок цього магнітний потік (на рис. 6.10 маємо: 3 – маслянка; 12, 13 – приводний і ведучий валики).

На автомобілях КамАЗ, МАЗ, КрАЗ та ін. поставлено спідометр (рис. 6.11) із безконтактним електроприводом, який складається з датчика I (МЕ307) і приймача II (12.3802), з'єднаних проводами через виводи 1–3. Датчик МЕ307 – це електричний трифазний генератор із ротором у вигляді чотириполюсного постійного магніту, обертання якому надає ведений вал коробки передач через передачу привода спідометра, що складається з черв'ячної та змінної пар циліндричних зубчастих коліс. Статор датчика має три обмотки L1′, L2′ та L3′, розташовані під кутом 120° одна до одної й з'єднані зіркою.

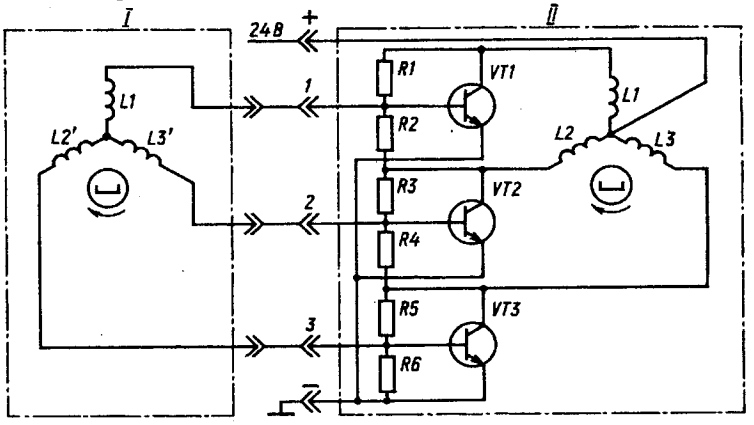


Рис. 6.11. Електрична схема спідометра з безконтактним електроприводом: I – датчик МЕ 307; II – приймач 12.3802

Магнітоіндукційний приймач 12.3802 з електричним приводом складається з чотирьох вузлів, з'єднаних в одному корпусі: швидкісного та лічильного вузлів звичайної для спідометрів конструкції, синхронного електродвигуна та електронного блока. Швидкісний та лічильний вузли з'єднано з ротором синхронного електродвигуна, який живиться від електронного блока, складеного на друкованій платі, який складається з транзисторів VT1–VT3 і резисторів R1–R6. Статор електродвигуна складається з трьох обмоток: L1, L2 та L3, кожна з яких має 2300±10 витків і опір 220 Ом.

Під час обертання ротора датчика його магнітне поле створює в обмотках котушок L1′–L3′ статора датчика ЕРС, частота імпульсів якої пропорційна частоті обертання ротора.

Індукований позитивний імпульс ЕРС, наприклад, в обмотці L1′ датчика, відкриває транзистор VT1 приймача, й до обмотки L1 електродвигуна надходить струм із виводу «+» і далі через транзистор VT1 – на «масу» приймача. Позитивні імпульси ЕРС надходять від датчика через кожні 120° повороту його ротора, що створює в обмотках статора електродвигуна обертове магнітне поле, частота обертання якого дорівнює частоті обертання ротора датчика. Резистори R1–R6 призначені для прискорення закривання транзисторів і зниження ЕРС самоіндукції, яка внаслідок цього виникає в обмотках електродвигуна.

Тахометр з електроприводом (рис. 6.12), який застосовується на автомобілях КамАЗ, ЗІЛ-133ГЯ та ін., складається з датчика I (МЕ307) і приймача II (121.3813), з'єднаних проводами через виводи 1–3. Приймач 121.3813 діє за таким самим принципом, що й приймач 12.3802, однак у ньому немає лічильного вузла й змінено шкалу.

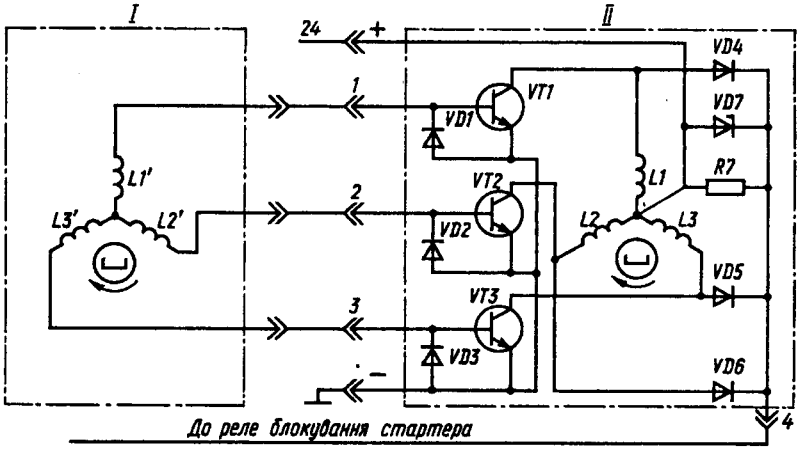


Рис. 6.12. Електрична схема тахометра з електроприводом: I – датчик; II – приймач 121.3813

Датчику тахометра МЕ307 надає обертання вал приводу паливного насоса. Діоди VD1–VD6, стабілітрон VD7 і резистор R7 у схемі приймача виконують таку саму роль, що й резистори R1–R6 у схемі приймача спідометра, тобто знижують ЕРС самоіндукції в обмотках двигуна приймача, коли в обмотках фаз закриваються транзистори.

Додатковий вивід 4 тахометра призначений для підімкнення реле блокування стартера, яке усуває можливість ввімкнення стартера під час роботи двигуна й запобігає виходу з ладу привода стартера, а також автоматично вимикає його, коли двигун починає працювати, що значно підвищує ресурс стартера.

Принцип дії електронного тахометра ТХ193 (автомобіль ВАЗ-2106 та ін.) ґрунтується на перетворенні частоти імпульсів, що виникають у первинному колі системи запалювання при розмиканні контактів переривача, на електричний струм, що вимірюється магнітоелектричним приладом.

Тахометр (рис. 6.13) складається з блока формування імпульсів запуску, транзисторного мультивібратора, магнітоелектричного вимірювального приладу 4 та стабілізатора напруги.

Стабілізатор напруги складається зі стабілітрона VD3 та резистора R11.

Блок формування пускових імпульсів складається з резисторів R1 та R2, конденсаторів C1–C4 та стабілітрона VD1. Блок пускових імпульсів підімкнутий паралельно до контактів переривача і виконує перетворення загасаючих синусоїдних коливань 1 на імпульси у вигляді півсинусоїд позитивного знака.

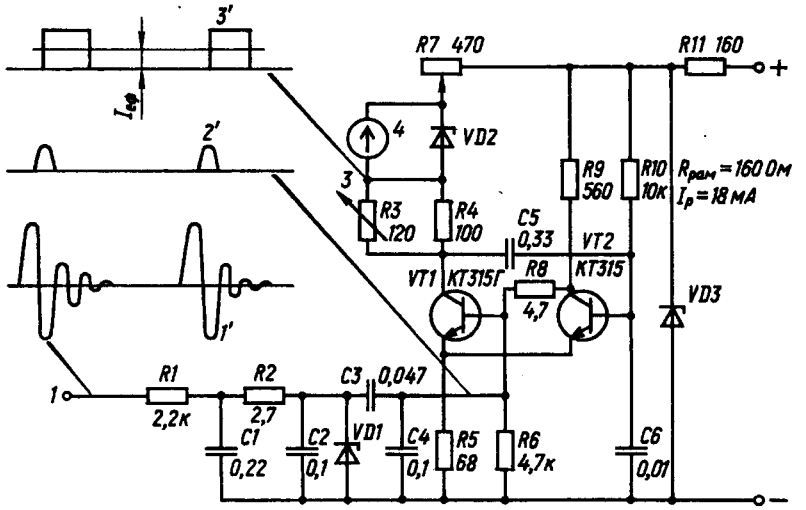


Рис. 6.13. Схема електронного тахометра ТХ 193

Мультивібратор виготовлений на двох транзисторах VT1 та VT2 з жорстким емітерним зворотним зв'язком (резистор R5) та гнучким колекторним зворотним зв'язком (конденсатор C5). У колекторне коло транзистора VT1 через регулювальний резистор R7, терморезистор R3 та резистор R4 підімкнений вимірювальний прилад 4. Навантаженням транзистора VT2 є опір R9.

Під час підімкнення тахометра до бортової мережі транзистор VT2 відкривається. Струм бази протікає по колу: «+» акумулятора – резистори R11 та R10 – база-емітер транзистора VT2 – резистор R5 – «маса». При цьому конденсатор C5 заряджається по колу: резистори R11, R7 – вимірювальний прилад 4 – опір R4 – конденсатор C5 – база-емітер VT2–R5 – «маса». Транзистор VT1 у цей час закритий, оскільки відсутня різниця потенціалів між базою та емітером.

Розімкнення контактів переривача спричинює пусковий імпульс 2, внаслідок якого транзистор VT1 відкривається. Створюється коло для розряду конденсатора C5: колектор-емітер VT1 – опір R5 – діод VD3 – опір R10. При цьому негативний потенціал обкладки конденсатора C5 прикладається до бази VT2, внаслідок чого він закривається. Час перебування транзистора VT2 у закритому стані залежить від часу розряду C5.

Зі зміною частоти розривання первинного кола час перебування транзистора VT1 у відкритому стані буде незмінним, оскільки він також визначається параметрами розрядного кола C5. Конденсатор C5 підбирається так, щоб встигав розрядитися при мінімальному часі замкнутого стану контактів, тобто при максимальній частоті обертання колінчастого вала двигуна.

Відкритий транзистор VT1 забезпечує протікання струму від бортової мережі через вимірювальний прилад 4 по колу: «+» акумулятора – резистори R11, R7 – вимірювальний прилад 4 – резистор R3 – перехід колектор-емітер VT1 – опір R5 – «маса».

Середнє ефективне значення струму (3) $I_{еф}$, який протікає через вимірювальний прилад, залежатиме лише від частоти замикань переривача.

Після розряджання конденсатора C5 транзистор VT2 відкривається, бо зникає негативне зміщення на його базі, а транзистор VT1 закривається. Схема стрибком переходить у вихідне положення до нового замкнення контактів переривача.

Під час налагодження змінним резистором R7 регулюють амплітуду імпульсів струму. Терморезистор R3 компенсує температурну похибку приладу, а діод VD2 захищає транзистор VT1.

6.7. Бортова система контролю

Бортова система контролю – це інформаційна система, призначена для попередження водія про виникнення несправностей або порушення

робочих функцій вузлів чи агрегатів автомобіля чи трактора. За допомогою бортової системи контролю водій, не залишаючи свого робочого місця, має можливість перевірити готовність автомобіля чи трактора до експлуатації, або визначити весь комплекс робіт, пов'язаних з підготовкою транспортного засобу до виїзду.

Основними параметрами, що контролюються бортовою системою контролю є рівень масла в двигуні, рівень охолоджуючої рідини в системі охолодження, рівень рідини в бачку склоомивача, рівень гальмівної рідини, знос гальмівних накладок, справність ламп системи освітлення та сигналізації. Цей перелік параметрів може змінюватись і збільшуватись в залежності від кількості пред'явлених вимог до надійності систем, що забезпечують безпеку руху та впливають на надійність автомобіля.

Систематична перевірка водієм перерахованих параметрів звичайними способами деякою мірою незручна та трудомістка. Наприклад, для перевірки справності приладів світлосигнальної апаратури потрібна допомога другої людини або застосування спеціального обладнання (дзеркал, відбивачів), а для перевірки товщини гальмівних накладок необхідно зняття коліс. Тому застосування бортової системи контролю значно знижує трудомісткість проведення контрольних операцій та підвищує їх об'єктивність.

Розробкою бортових систем контролю займаються практично всі автомобілебудівні компанії Західної Європи, США та Японії. Наприклад, компанія «Chrysler» для автомобілів з робочим двигуном 2,2 л з впорскуванням пального і турбонадувом розробила систему бортової діагностики, побудовану на модулях пам'яті та логіки. Діагностична інформація заноситься в пам'ять цієї системи і за необхідності водій, чи механік на СТО може здійснити виклик цієї інформації шляхом трьохразового включення замка запалювання. При цьому на спеціальному індикаторі, що розташований в правому верхньому куті панелі приладів будуть з'являтись цифрові коди, що відповідають причинам виникнення несправностей.

Фірма «Nissan» також запропонувала систему бортової діагностики. Цю систему можна назвати «системою-консультантом», оскільки її особливістю є можливість обміну інформацією між механіком чи водієм і системою діагностування в режимі діалогу. При виникненні несправності (наприклад двигун не запускається або розвиває лише мале прискорення) водій посилає виклик діагностичній системі, після чого на дисплеї висвічується перелік можливих несправностей водія і водію пропонується вибрати із них найбільш ймовірну. Після цього на екран виводиться перелік умов, за яких може виникнути вказана водієм несправність. Аналізуючи відповіді водія, система визначає можливу причину, що зумовлює вказану несправність і пропонує спосіб ремонту. Якщо несправність не усувається за допомогою запропонованого способу, система запитує у водія додаткову інформацію і видає нові рекомендації.

Як правило, сучасні системи бортової діагностики розробляються і будуються на базі мікропроцесорної техніки, що дає можливість автоматизувати процес контрольно-діагностичних робіт. Впровадження системи бортової діагностики може бути реалізовано за рахунок обладнання автомобіля вмонтованими у відповідні системи датчиками з виводом інформації водієві на панель приладів.

6.8. Експлуатація та основні несправності інформаційно-вимірювальної системи

Контрольно-вимірювальні прилади здебільшого не потребують технічного обслуговування до капітального ремонту автомобіля чи трактора. Проте в процесі експлуатації автомобіля чи трактора іноді виникають несправності, що спричинюються різними дефектами електричного кола. Розглянемо найхарактерніші з них.

Обривання чи замикання проводу на корпус машини. Стрілки відхиляються за межі шкал покажчиків температури охолоджувальної рідини, тиску масла (повітря) та рівня пального через обривання чи замикання на корпус транспортного засобу проводу, який з'єднує датчики і приймачі. У першому випадку в момент увімкнення запалювання стрілки приймачів температури охолоджувальної рідини і тиску масла (повітря) різко відхиляються до краю ліворуч, а стрічка приймача рівня пального – праворуч за поділку П шкали. Після вимкнення кола стрілка приймача приладу, який перевіряють, стає у початкове положення – ліворуч крайньої лівої поділки шкали.

Аби перевірити провід, який з'єднує датчик і несправний приймач, на обривання, потрібно вимкнути коло контрольно-вимірювальних приладів, від'єднати провід від датчика і підімкнути його через послідовно увімкнену лампу потужністю 1–3 Вт на корпус автомобіля чи трактора. Коли провід обірваний, лампа не горить, і стрілка приймача свого положення не змінює. Обірваний провідник замінюють або запаюють обірване місце та ізолюють.

У випадку замикання проводу на корпус автомобіля чи трактора в момент увімкнення запалювання стрілки приймачів температури охолоджувальної рідини та тиску масла (повітря) різко відхиляються праворуч за межі шкал, а стрілка покажчика рівня пального – ліворуч до нуля. Для перевірки проводу, який з'єднує датчик, на замикання з корпусом транспортного засобу необхідно увімкнути коло і від'єднати провід від затискача датчика. Якщо стрілка приймача свого положення не змінить, то провід замкнено на корпус. Несправний провід замінюють або ізолюють пошкоджене місце.

Різко коливаються стрілки та неточно показують приймачі контрольно-вимірювальних приладів, як правило, тоді, коли погано закріплено наконечники проводів на затискачах приладів, внаслідок чого в колі виникає ненадійний контакт із великим перехідним опором. Щоб усунути цю

несправність, потрібно гвинти чи гайки закріплення наконечників підтягнути, а штекерні з'єднання затиснути щільніше.

Несправності приймача та датчика електричного манометра. У разі обривання спіралі реостата датчика (див. рис. 6.6, б) або коли поганий контакт повзунка з нею, стрілка приймача відхиляється ліворуч нульової поділки. Порушення регулювання датчика призводить до неправильних показників приймача. Коли обірвалося коло котушки W1, стрілка приймача відхиляється за максимальну поділку шкали, а котушок W2 і W3 – ліворуч нульової поділки.

Кола котушок приладів обриваються внаслідок того, що струм великої сили, який виникає при підвищенні напруги генератора або замикання проводу, що з'єднує приймач із датчиком, на корпус автомобіля чи трактора, розплавляє проводи. Правильність показів покажчика тиску можна перевірити контрольним манометром, під'єднаним до масляної магістралі двигуна або до повітряної магістралі гальмової системи.

Котушки приймачів тиску масла (повітря), рівня пального і температури на обривання перевіряють за допомогою акумуляторної батареї та лампочки потужністю 1 Вт, послідовно увімкненої в коло котушки, що перевіряється. Якщо коло котушки обірване, лампочка не горить. Справність котушок перевіряють також омметром, порівнюючи виміряне значення опору з технічними даними. Якщо котушка обірвана, омметр показує нескінченність.

Стан датчиків з'ясовують, вимірюючи їхні опори омметром і порівнюючи здобуті значення із заданими. У датчиках покажчиків тиску масла (повітря) і рівня пального опір вимірюють, коли реостат повністю увімкнено.

Несправності приймача і датчика електричного термометра. Коли початковий опір терморезистора 1 датчика (див. рис. 6.2) зміниться, показники покажчика будуть неточні. Перегрівшись, що може статися у разі пуску і прогрівання двигуна без рідини в системі охолодження або коли її рівень неприпустимо знижений, датчик виходить із ладу. Обривання в колі котушки W1 приймача спричинює відхилення стрілки ліворуч за межі шкали, а котушок W2 і W3 – праворуч у крайнє положення.

Коло котушок порушується внаслідок розплавлення їхнього провідника, коли напруга генератора підвищується і замикається провід, який з'єднує приймач із датчиком, на корпус автомобіля чи трактора. Точність показників покажчика температури можна перевірити контрольним термометром.

Несправності покажчика і датчика вимірювача рівня пального. Коли контакт повзунка 12 (див. рис. 6.8) із спіраллю реостата 11 датчика порушується через спрацювання їхніх контактних поверхонь, струм у колі вимірювача переривається і стрілка приймача різко коливається.

Якщо обірвана спіраль реостата датчика, то стрілка приймача перебуває за поділкою П доти, доки повзунок реостата не дійде до обірваного місця, а після цього вона стає на відповідній поділці шкали.

Коли обірване коло котушки W1, стрілка приймача стає за поділку П шкали, а котушок W2 і W3 – ліворуч поділки 0 шкали.

Правильність показників вимірювача рівня пального на автомобілі можна перевірити, наповнивши чи спорожнивши повний бак.

Несправності сигналізаторів тиску масла і повітря. Якщо замок запалювання ввімкнено, проте двигун не працює, то лампа сигналізатора не горить. Щоб перевірити, чи справні лампи і провід, який її з'єднує з датчиком, провідником замикають затискач датчика на корпус автомобіля. Коли лампа загоряється, то датчик несправний, і його потрібно замінити. У цьому випадку датчик має ту ваду, що в ньому окислилися контакти ввімкнення лампи або зруйнувалася діафрагма 3 (див. рис. 6.7).

Якщо лампа сигналізатора гасне тільки за великої частоти обертання колінчастого вала двигуна, потрібно перевірити тиск у системі змащування двигуна за допомогою манометра і, коли він нормальний, слід замінити датчик сигналізатора.

Несправності сигналізаторів температури охолоджувальної рідини і масла. Коли запалювання увімкнено, то за низької температури рідини в системі охолодження лампа сигналізатора горить. Щоб перевірити датчик, від нього потрібно від'єднати провід і, коли лампа погасне, замінити датчик.

Не працює спідометр (тахометр). Ця несправність виникає, коли обривається трос або коли його кінець виходить із зачеплення внаслідок послаблення кріплення оболонки, затинання в механізмі лічильного вузла спідометра, а в спідометрах і тахометрах із електроприводом – порушення контакту в штекерному з'єднанні проводів, які з'єднують датчик і приймач, і обривання кола живлення обмотки приймача.

У спідометрах і тахометрах із приводом від гнучкого вала стрілка може різко заколиватися внаслідок нерівномірного обертання троса через спрацювання граней його кінців, затиснення троса в місцях кріплення, а також значного його перегинання та поганого змащення. Трос змащують мастилом ЦИАТИМ-201 або ЛЗ-158. Спрацьований і деформований трос замінюють.

Неточність показників спідометра і тахометра спричиняють порушення регулювання та стомленість пружин, а також розмагнічення магніту швидкісного вузла. Натяг пружини регулюють, а магніт підмагнічують.

Щоб з'ясувати, чи справний трос, його необхідно від'єднати від місця кріплення біля коробки передач або двигуна і прокрутити звільнений кінець рукою. Якщо трос обертається, а стрілка не відхиляється від нульової поділки шкали і лічильний вузол у спідометрі не працює, то трос обірваний, і його потрібно замінити. У випадку загинання троса чи механізму лічильного вузла трос не обертається, і тоді його перевіряють нарізно з покажчиком.

6.9. Технічне обслуговування та випробування інформаційно-вимірювальної системи

Технічне обслуговування контрольно-вимірювальних приладів полягає в очищенні від пилу та бруду приладів і контрольних ламп, а також у перевірці їхньої працездатності. Маючи сумнів у точності показників приладів, або коли вони відмовили в роботі, їх знімають з автомобіля чи трактора і випробовують в електроцехах на спеціалізованому устаткуванні.

Розглянемо методики випробувань, які найчастіше застосовуються.

Датчик температури води. Для перевірки в робочому положенні його установлюють у герметичний бачок із водою, закоркований пробкою від автомобільного радіатора, яка дає змогу підвищувати температуру води понад 100 °С. Воду нагрівають електричним підігрівачем і занурюють датчик у неї на такий самий рівень, як і на двигуні.

Датчики для вимірювання температури масла перевіряють у маслі. Як контрольний застосовують ртутний термометр з похибкою вимірювань не більше ± 0,5 °С. Досягнувши вимірюваної температури, датчик витримують під нею не менше 2 хв, щоб усі його деталі нагрілися і процес теплопередачі стабілізувався. Після цього в логометричному покажчику омметром чи вимірювальним містком вимірюють опір терморезистора. Ефективний струм в імпульсному датчику визначають тепловим амперметром. Перевіривши датчики на всіх контрольних точках, з'ясовують відповідність їх технічним умовам.

В разі потреби, витягнутий з балона механізм імпульсного датчика регулюють, зміщуючи гвинт нерухомого контакту чи підгинаючи термобіметалеву пластину. Потрібно також пам'ятати, що збільшення зусилля притискання контактів підвищує струм за тієї самої температури.

Терморезисторні датчики за своєю конструкцією не мають регулювання, під час ремонту в них можна замінити тільки таблетку терморезистора.

Для перевірки датчиків сигналізаторів аварійної температури їх підключають до акумуляторної батареї послідовно із сигнальною лампою і, повільно нагріваючи, визначають температуру увімкнення лампи. Датчик аварійної температури регулюють, закручуючи або відкручуючи регулювальний гвинт, за допомогою якого змінюють відстань між контактами. Зі зменшенням цієї відстані температура ввімкнення датчика знижується. Якщо датчик для ремонту і регулювання розбирали, то його вставляють у корпус і завальцьовують на токарному верстаті.

Датчики тиску масла. Для перевірки їх приєднують до гідравлічної чи пневматичної системи зі змінюваним тиском. На цій самій системі ставлять еталонний манометр із похибкою вимірювань не більше ±0,5 бара.

Плавно збільшуючи тиск і позначаючи його на перевіряльних поділках шкали контрольного манометра, відлічують справжній тиск за еталонним манометром.

Імпульсний датчик тиску в робочому положенні розміщують у систему зі змінюваним тиском і перевіряють силу струму тепловим амперметром, підключаючи акумуляторну батарею, за показниками тиску, поданими у технічних умовах. Коли треба регулювати, то, повертаючи спеціальним ключем зубчастий регулятор за стрілкою годинника, збільшують ефективний струм або проти неї – зменшують його.

Реостатний датчик перевіряють на аналогічній установці з тією відмінністю, що за контрольних тисків його вихідний опір вимірюють омметром чи вимірювальним мостом. У механізмі реостатного датчика передбачено два регулювання: нульове та масштабне. Спочатку, коли немає тиску, регулювальним гвинтом качалки виставляють максимальний опір реостата (нульове регулювання), потім за контрольного тиску, зміщуючи нижній гвинт качалки відносно осі повороту, тобто змінюючи плече дії штовхача на качалку, виставляють необхідний опір реостата.

Датчики аварійного тиску перевіряють, плавно змінюючи тиск на момент замикання контактів, який виявляють за допомогою послідовно ввімкненої лампи та акумуляторної батареї. Якщо в датчику передбачене регулювання, то його виконують, змінюючи відстані між контактами. Датчики аварійного тиску з діафрагмою і тарованою пружиною не регулюють.

Відрегулювавши, датчик закривають кожухом із гумовою прокладкою або вставляють у корпус і завальцьовують краї на токарному верстаті.

Приймачі тиску масла і температури води перевіряють окремо від датчиків, послідовно вмикаючи в коло живлення з міліамперметром і контрольним реостатом чи магазином опорів. Змінюючи опір реостата, ставлять необхідний показник реостата на шкалі перевіряльного приймача і порівнюють опір або виміряний струм із відповідним значенням, заданим у ТУ. Слід пам'ятати, що стрілка логометричного покажчика рухається при зміні опору реостата без затримки, а імпульсного – відстає через теплову інерцію. Тому, змінивши контрольний опір, імпульсний приймач потрібно витримувати протягом 2–3 хв і трохи постукувати по корпусу.

Не можна вмикати імпульсний приймач у коло акумуляторної батареї без послідовно ввімкненого реостата, бо це може призвести до перегрівання обмоток, руйнування ізоляції та короткого замикання, а також до перегрівання біметалевої пластини й деформації місця причеплення стрілки.

Якщо потрібно, імпульсний приймач регулюють за допомогою спеціального ключа, зміщуючи зубчасті сектори. За нормальної температури стрілку на нуль виставляють зубчастим сектором, на якому закріплено біметалеву пластину. Іншим сектором регулюють зміщення на інших поділках шкали. Повертаючи зубчастий сектор проти стрілки годинника і збільшуючи натиснення пружинної пластини на стрілку, зменшують кут її повороту за того самого ефективного струму в обмотці термобіметалевої

пластини. При повороті зубчастого сектора в іншому напрямі та зменшення натиснення на стрілку кут розмаху стрілки збільшуватиметься.

Логометричні приймачі нерегульовані, оскільки кількість витків вимірювальних котушок та їх опір строго добирають під час виготовлення. В разі потреби, регулятор, виготовлений у вигляді невеликого постійного магніту на кронштейні, можна зміщувати навколо осі стрілки, діючи на напруженість магнітного поля. Магніт дає змогу зміщувати стрілки в межах кута повороту 5–10°.

Крім цього, логометричні приймачі регулюють зміщенням кронштейна рухомої системи відносно каркаса з котушками та шкали. Наприклад, переміщення осі стрілки відносно шкали праворуч збільшує показники на значення зміщення. Зміщення рухомого магніту праворуч впливає на відхилення стрілки в магнітному полі, внаслідок чого показники збільшуються. Отже, навіть незначне зміщення рухомої системи помітно змінює показники приладу.

Датчик рівня пального для перевірки закріплюють на спеціальній підставці в робочому положенні так, щоб важіль поплавка міг вільно повертатися навколо своєї осі. Повертаючи важіль у положення, що відповідає 0, 1/2 і П заповненню бака, за допомогою омметра вимірюють опір реостата датчика. Опори реостата за різних положень важеля поплавка, виражених у градусах, наведено в технічних умовах на даний вид датчика. При потребі датчик регулюють, повертаючи втулку кріплення повзунка відносно його осі чи підгинаючи його важіль.

Приймач рівня пального перевіряють разом із заздалегідь перевіреним і відрегульованим датчиком або з набором еталонних опорів.

Якщо важіль датчика поставлено в такі положення, або якщо ввімкнено такі еталонні опори, які відповідають 0, 1/2, П заповненням паливного бака, то покажчик повинен показувати відповідно 1, 1/2 і П з відхиленнями, що не перевищують наведених у технічних умовах значень. Якщо показники приймача виходять за межі припустимих значень, то його потрібно відрегулювати.

Після складання електромагнітні приймачі регулюють взаємним зміщенням котушок уздовж осей, наближаючи або віддаляючи їх від якоря. У разі потреби підгинають полюсний наконечник правої котушки. Логометричні приймачі регулюють, зміщуючи кронштейн із стрілкою і магнітом відносно каркаса з котушками та шкали або добираючи опір термокомпенсаційного резистора.

Спідометр і тахометр. Правильність показників спідометра і тахометра перевіряють на спеціальному стенді, обладнаному еталонним тахометром і дисковим фрикційним варіатором. Показники тестових приладів порівнюють зі справжньою частотою обертання привода стенда. Залежність між швидкістю руху транспортного засобу і частотою обертання приводного валика спідометра наведено в технічних умовах на даний вид приладу.

Як привод для перевірки приладів можна використовувати стенди моделей 2214, 532, Э-211 та ін. Щоб з'єднати гнучкий вал приладів з валом привода стенда, потрібно виготовити перехідну муфту, яку закріплюють у лещатах стенда. Перевіряючи спідометри з електроприводом, у лещатах стенда закріплюють датчик приладу.

Випробуваний прилад з'єднують зі стендовим приводним валом. Змінюючи частоту обертання вала, послідовно виставляють частоти, які відповідають швидкості руху транспортного засобу 20 і 80 км/год. Показники спідометра у даний момент мають перебувати в межах, зазначених у технічних умовах, а показники тахометра відповідати показникам тахометра стенда.

Якщо показники приладів не відповідають рекомендованим допускам, потрібно відрегулювати швидкісний вузол. Для цього за допомогою електромагніту, що його живить постійний струм, намагнічують магніт приладу до насичення. Це роблять під час ремонту перед складанням. Якщо частота обертання привода стенда відповідає швидкості руху 80 км/год, а показники завищено, то до магніта випробуваного спідометра підводять осердя розмагнічувального електромагніту. Змінним магнітним полем розмагнічують магніт спідометра доти, доки показники швидкості будуть правильними. Далі знижують частоту обертання до значень, які відповідають швидкості руху 20 км/год. Якщо за цієї частоти показники спідометра виходять за межі допуску, то регулюють натяг спіральної пружини. Використовуючи ці два регулювання, досягають потрібної точності показників приладів.

Контрольні запитання та завдання

1. Поясніть принцип дії електротеплового імпульсного приладу для вимірювання температури.
2. З яких основних частин складається магнітоелектричний прилад для вимірювання температури охолоджувальної рідини?
3. Накресліть схему і опишіть будову аварійного сигналізатора температури охолоджувальної рідини.
4. Поясніть призначення та будову манометра.
5. Які є датчики тиску?
6. Яку будову має магнітоелектричний покажчик рівня пального. Поясніть за схемою його роботу.
7. Поясніть конструкцію та принцип дії спідометра.
8. Накресліть схему та поясніть принцип дії спідометра з безконтактним електроприводом.
9. Накресліть схему та поясніть принцип дії тахометра з електроприводом.
10. За наведеною схемою поясніть, як працює тахометр ТХ-193.
11. Як перевіряють технічний стан датчиків рівня пального?
12. За допомогою яких приладів і стендів діагностують контрольно-вимірювальні прилади?

Розділ 7. ДОПОМІЖНЕ ОБЛАДНАННЯ

7.1. Звукові сигнали

На автомобілях та тракторах встановлюються звукові сигнали, які призначені для забезпечення безпеки руху. Їх використовують для сповіщення пішоходів та водіїв про наближення транспортного засобу. Звукові сигнали включаються також в протикрадіжні системи.

По принципу дії сигнали діляться на електричні вібраційні та електропневматичні. За характером звучання їх ділять на тональні та шумові, а за родом струму – на сигнали постійного струму і сигнали змінного струму. Звуковий тиск має бути в межах 85-125 дБ.

Електричний вібраційний звуковий сигнал становить собою електромагніт, котрий притягує закріплений з мембраною якір. При переміщенні мембрани розмикаються контакти переривача струму і мембрана вирівнюється, а потім прогинається в протилежному напрямку. Контакти переривача знову замикаються і процес повторюється знову. Мембрана здійснює коливання, внаслідок яких в рупорі, що служить резонатором, створюється звук відповідного тону.

Тональні звукові сигнали вібраційного типу, як правило, становлять собою комплекти із двох або більше сигналів, настроєних кожний на відповідний тон. Застосування звукових сигналів високого та низького тону дає гармонічний акорд приємного звучання (терцію або кварту).

Тональні сигнали, як правило, встановлюють на легкових автомобілях, автобусах великої місткості та вантажних автомобілях великої вантажопідйомності.

Шумові звукові сигнали мають спрощену конструкцію без рупора і настроєні на один музикальний тон. Їх встановлюють на тракторах та деяких вантажних автомобілях.

Резонансний раструб (рупор) тональних сигналів має завиткову форму і виготовляється зі сталі. Така конструкція рупора забезпечує хорошу передачу звукових сигналів в навколишнє середовище. Найкраще перекривають шум дорожнього руху і чутно в кабіні автомобіля, якого обганяють, ті сигнали, частотний спектр яких знаходиться в межах 1800-3550 гц.

Обмотка збудження електромагніту як правило низькоомна, а тому при включенні сигналу споживається великий струм (15-25 А). Для зменшення сили струму, що розривається кнопковим вимикачем встановленим на кермовому колесі, застосовують додаткове реле (реле сигналів). Кнопковий вимикач в цьому випадку включається в обмотку керування реле сигналів. Сила струму, що протікає по ній, не перевищує 0,5 А.

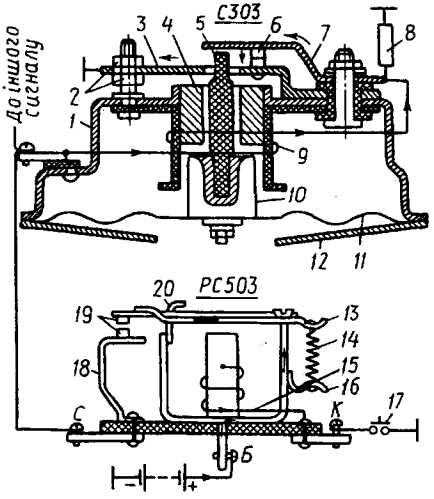


Рис. 7.1. Схема сигналу С303 та реле сигналів РС503

На рис. 7.1 наведено схему сигналу РС 503 і реле сигналів РС 503, що встановлюються на легкових автомобілях Горьківського автозаводу. До корпусу 1 прикріплено осердя 4, пластинку 3 нерухомого контакту та пружну пластину 7 із контактом. Між корпусом 1 та резонатором 12 затиснено мембрану 11, виготовлену з легованої та загартованої сталі. На мембрані закріплено якір 10 зі штифтом 5. Обмотка 9 виготовлена з проводу ПЗВ-2 діаметром 0,64 мм і має опір 0,6 Ом. Вольфрамові контакти 6, які приварено до пластин, перебувають у замкненому стані. Для зменшення іскріння паралельно до контактів переривача увімкнено резистор 8 із опором 6 Ом.

Після натиснення на кнопку 17 струм від плюсового виводу батареї протікає по обмотці 15 реле сигналів, а потім через кнопку 17 і корпус автомобіля – на мінусовий її вивід. У цьому разі осердя реле намагнічується і притягує якір 13, а контакти 19 замикаються, підмикаючи сигнали до акумуляторної батареї. Шлях струму в колі сигналів зображено на схемі стрілками.

Після замикання контактів 19 реле струм, протікаючи по обмотці 9 сигналу, намагнічує осердя 4, яке притягує до себе якір 10 і спричинює прогин мембрани 11. Якір через штифт 5 діє на пружну пластину 7 і спричиняє розмикання контактів 6.

Розмикання електричного кола супроводжує розмагнічування осердя та якоря, а мембрана за рахунок своєї пружності набуває попередньої форми і відводить якір від осердя. Контакти переривача знову замикаються і робота сигналу повторюється. Контакти, а разом з ними якір і мембрана, вібрують з частотою від 200 до 400 періодів за секунду.

Вибираючи товщину і діаметр мембрани, діаметр дискового, довжину та конфігурацію рупорного резонатора, можна здобути звук відповідного тону та тембру. У сигналі високого тону рупор коротший і мембрана товстіша, ніж у сигналі низького тону. Основні параметри деяких типів звукових сигналів наведено у табл. 7.1.

Щоб запобігти впливу на звуковипромінювання сигналу маси автомобіля, потрібно застосувати ресорне підвішування.

Таблиця 7.1

Основні параметри звукових сигналів

Тип сигналу	Модель (марка) автомобіля чи трактора	Напруга, В	Сила струму, А, не більш як	Рівень звукового тиску, дБ	Основна частота звуку, Гц	Виконання
Сигнали низького тону						
С303	трактори МТЗ, ГАЗ 31029	12	4	105...125	300...400	Безрупорне
С304	ВАЗ-2101, – 2102, -21011	21	4	105...125	405...445	-«-
С308	ВАЗ-2103, -2106, -2107, -2108, «Москвич-2140»	12	7,5	110...125	400...430	Рупорне
С306Г	КамАЗ, КрАЗ	24	4	110...125	340...390	-«-
С313	МАЗ-5335	24	4	110...125	370...420	-«-
Сигнали високого тону						
С305	ВАЗ-2101, – 2102	12	4	105...125	470...505	-«-
С309	ВАЗ-2103, -2106, -2107. -2108, «Москвич-2140»	12	7,5	110...125	480...510	Рупорне
С307Г	КаМАЗ, КрАЗ	24	4	110...125	420...480	-«-
С314	МАЗ	24	4	110...125	440...490	-«-

7.2. Скло- і фароочисники, обмивники та вентилятори

Для очищення вітрового чи заднього скла або скла фари автомобіля чи трактора від атмосферних опадів (крапель дощу, снігу, бруду) застосовують склоочисники та обмивники.

До склоочисників пред'являються специфічні вимоги. Щітки мають рухатися по склу плавно, без поштовхів з визначеним кутом розмаху та зусиллям притискання до скла. Застосування на сучасних автомобілях гнутих стекол ускладнює роботу склоочисника, оскільки важко забезпечити щільне прилягання щіток до їхньої поверхні. Тому щітки склоочисників роблять гнучкими та збільшують зусилля пружин, які притискають щітки. Гнучкість щіток досягається збільшенням числа коромисел щіткотримача та наданням профілю щітки раціональної форми, тобто форми скла.

Різні кліматичні, дорожні та швидкісні режими руху автомобіля зумовлюють потребу зміни продуктивності склоочисника. Тому сучасні склоочисники мають дві або три швидкості, постійний чи переривчастий режим.

Основними елементами склоочисника є два важелі, що здійснюють коливальний рух. На важелях закріплені гумові щітки, котрі витирають вітрове чи заднє скло транспортного засобу. Площа очищення скла залежить від напрямку руху щіток та їх розташування.

В залежності від напрямку руху щіток існують склоочисники з паралельним та зустрічним рухом щіток (рис. 7.2). Різновидністю щіток з зустрічним рухом є щітки з пантографом (рис. 7.2, г).

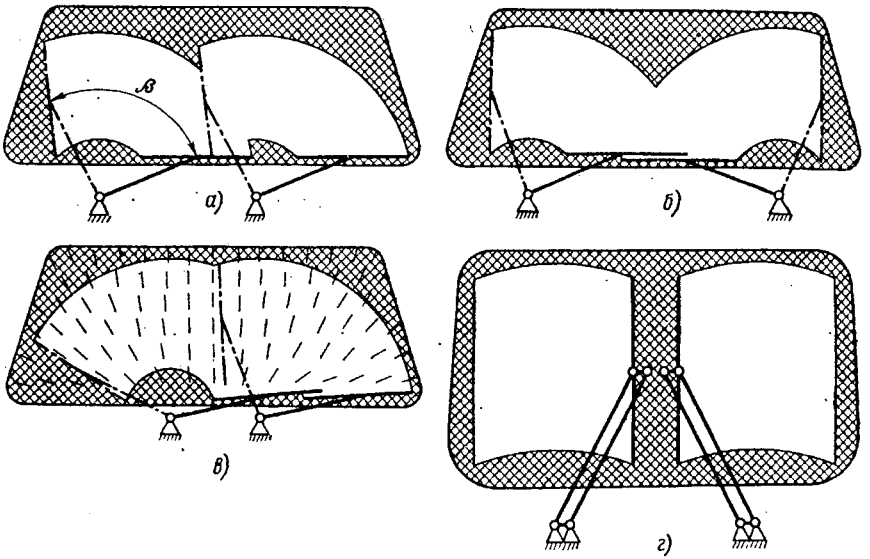


Рис. 7.2. Сектори очищення вітрового скла при русі щіток: а – паралельному; б – зустрічному; в – поперечному з різними кутами повороту щіток; г – за допомогою пантографа

Склоочисники можуть мати вакуумний, пневматичний або електричний привод. Склоочисники з електричним приводом (рис. 7.3) складаються з електродвигуна 3, черв'ячного редуктора 4, кривошипа 2, системи важелів та щіток.

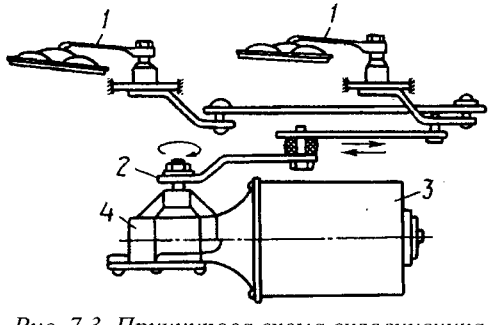


Рис. 7.3. Принципова схема склоочисника

Обертання якоря електродвигуна через черв'ячний редуктор 4, кривошип і важільну систему перетворюється на коливання важелів та щіток 1.

Як додаток до склоочисників часто обладнують **обмивники** переднього чи заднього скла. Під час руху по сирій брудній дорозі і за відсутності дощу скло забруднюється від автомобілів, що обганяють чи рухаються зустрічно. В цих випадках щітки лише розмазують бруд по склу, а не очищають його. Обмивники скла складаються з бачка з чистою водою та насоса, що приводиться в рух електродвигуном. При роботі обмивника скло автомобіля під час руху змочується струменем води з форсунок, які встановлені біля склоочисника. Зволожений бруд потім легко очищається щітками склоочисника.

З метою підвищення безпеки руху на легкових автомобілях останніх випусків встановлюють **фароочисники**, які в темну пору доби за несприятливих кліматичних умов очищають розсіювачі фар від пилу та бруду.

Існує два способи очищення фар: щітками чи струменем. Принцип дії та будова щіткового фароочисника аналогічні принципу та будові склоочисника переднього чи заднього скла. Принцип дії струменевого фароочисника полягає в тому, що частинки бруду та пилу на склі фари змиваються водою, яка подається від електричного насоса через форсунку під тиском до 0,3 бар.

7.3. Електропривід допоміжного обладнання

Останнім часом застосування допоміжного електроприводу на транспортних засобах, особливо на автомобілях стрімко розширяється. Це пов'язано з тенденцією підвищення комфорту в салоні, що вимагає перекладання фізичних зусиль водія та пасажирів на електромеханічні пристрої, тобто на електропривід. В кінці XX ст. з'явився термін «повний електропакет» щодо автомобіля, обладнаного (крім розповсюджених склоочисників, обігрівачів тощо) ще й електроприводом склопідйомників, центральним блокуванням замків, системою зміни положення сидінь, приводом дзеркал заднього виду.

Електропривід складається із електродвигуна, системи передачі механічної енергії споживачу та системи керування. Дуже часто електродвигуни об'єднують із системою передачі енергії і частково із системою керування та захисту. Електродвигун, об'єднаний з редуктором, створює моторедуктор, а з насосом – мотонасос.

Для приводу допоміжного обладнання використовуються електродвигуни постійного струму. Застосовують електродвигуни з електромагнітним збудженням та із збудженням від постійних магнітів.

Електродвигуни характеризуються номінальною напругою, потужністю на вихідному валу, частотою обертання вала. Потужності електродвигунів, як правило, відповідають: 6; 10; 16; 25; 40; 60; 90; 120: 150; 180; 250 та 370 Вт, а мінімальні частоти обертання вала – 2000; 3000; 4000; 5000; 6000; 7000; 8000; 9000 та 10000 $хв^{-1}$.

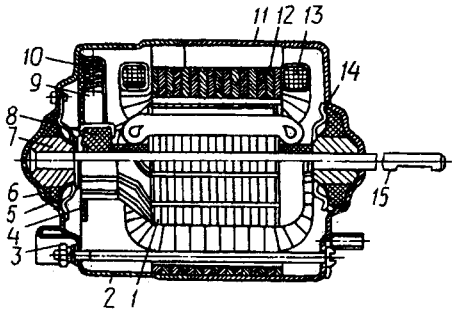


Рис. 7.4. Електродвигун з електромагнітним збудженням МЭ201: 1 – якір; 2 – кришка; 3 – стяжний гвинт; 4 – траверса; 5, 14 – пластинчасті пружини; 6 – набивка; 7 – підшипники; 8 – колектор; 8 – щітка; 10 – щіткотримач; 11 – корпус; 12 – пакет статора; 13 – обмотка збудження; 15 – вихідний вал

Електродвигуни з електромагнітним збудженням роблять двополюсними (рис. 7.4). Пакети статора та якоря набирають із сталевих пластин завтовшки 0,6... 1,0 мм. Магнітопровід 12 електродвигуна закріплено між кришкою 2 і корпусом 11, які стягнено двома стяжними гвинтами 3. Графітові щітки 9 пружини 10 притискують до колектора 8. Щіткотримачі прикріплено до ізоляційної пластини 4.

Електродвигуни із збудженням від постійних магнітів забезпечують значну економію активних матеріалів, оскільки замість обмоток збудження в них змонтовані постійні магніти. На рис. 7.5 наведено електродвигун 45.3730, що використовується на автомобілях для приводу вентилятора в системі обігрівання салону. Він має сталевий корпус із листової сталі та відлиту кришку з боку колектора та з боку вихідного вала. Постійні магніти зроблені з гексаферит барію і прикріплені до корпусу плоскими сталевими пружинами.

Технічні дані основних типів електродвигунів з електромагнітним збудженням наведено в табл. 7.2, а із збудженням від постійних магнітів – в табл. 7.3.

Таблиця 7.2

Технічні характеристики електродвигунів з електромагнітним збудженням

Тип електродвигуна	Призначення	Напруга, В	Корисна потужність, Вт	Частота обертання вала, $хв^{-1}$	Маса, кг
МЭ201	Привод опалювачів	12	11	5500	0,5
МЭ208	Те саме	24	11	5500	0,5
МЭ14А	Привод склоочисників	12	15	1500	1,3
МЭ202	Привод передпускового підігрівника	12	11	4500	0,5
МЭ202Б	Те саме	24	11	4500	0,5
МЭ252	-«-	24	180	6500	4,7
32.3730	-«-	12	180	6500	4,7
МЭ228А	Привод антени	12	12	4000	0,8

Таблиця 7.3

Технічні характеристики електродвигунів із збудженням від постійних магнітів

Тип електродвигуна	Тип магніту	Призначення	Напруга, В	Корисна потужність, Вт	Частота обертання вала, хв$^{-1}$	Маса, кг
МЭ268	1	Привод обмивників	12	10	9000	0,14
МЭ268Б	1	Те саме	24	10	9000	0,15
45.3730	4	Привод опалювачів	12	90	4100	1,00
МЭ211	3	Те саме	12	5	2500	0,50
МЭ237	4	-«-	24	25	3000	0,90
МЭ236	4	-«-	12	25	3000	1,00
МЭ255	4	-«-	12	20	3000	0,80
19.3730	5	-«-	12	40	2500	1,30
МЭ250	5		24	40	3000	1,30
МЭ237Б	4	Привод склоочисників	12	12	2000	0,90
МЭ251	2	Привод вентилятора	24	5	2500	0,50
МЭ272	6	Те саме	12	100	2600	2,25

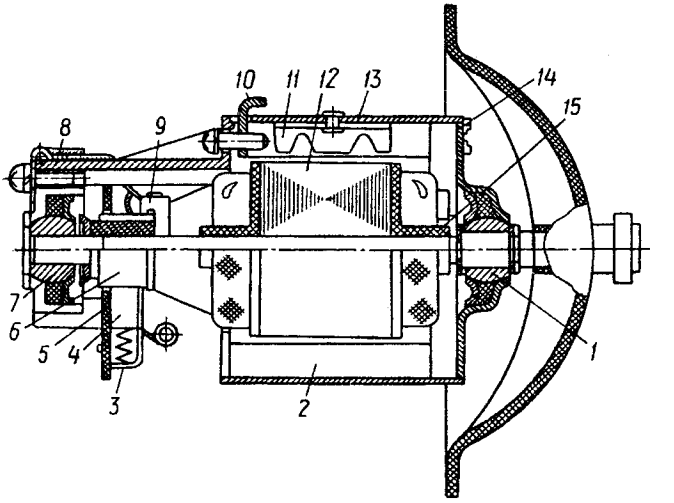


Рис. 7.5. Електродвигун із збудженням від постійних магнітів: 1, 7 – підшипники; 2 – постійний магніт; 3 – щіткотримач; 4 – щітка; 5 – траверса; 6 – колектор; 8, 14 – кришки; 9 – котушка індуктивності; 10 – кріпильна пластина; 11 – пружина, що утримує магніт; 12 – якір; 13 – корпус; 15 – крайня ізоляційна пластина якоря

Аби збільшити момент і зменшити частоту обертання вихідного вала, слід використовувати спеціальні редуктори. Іноді редуктор виготовляють разом з електродвигуном.

Моторедуктори застосовуються в скло та фароочисниках, електроприводах блокування замків дверей, склопідйомниках і т.д. На рис. 7.6 представлений моторедуктор склоочисника заднього скла 47.3730.

Конструкція електродвигуна моторедуктора подібна до конструкції електродвигунів, які використані у системі електроприводу. Проте його вал продовжено, і закінчується він черв'яком 2 редуктора. Електродвигун не має передньої кришки, її функції виконує стінка корпусу 4 редуктора. Щітково-колекторний вузол розташовано з боку механізму приводу.

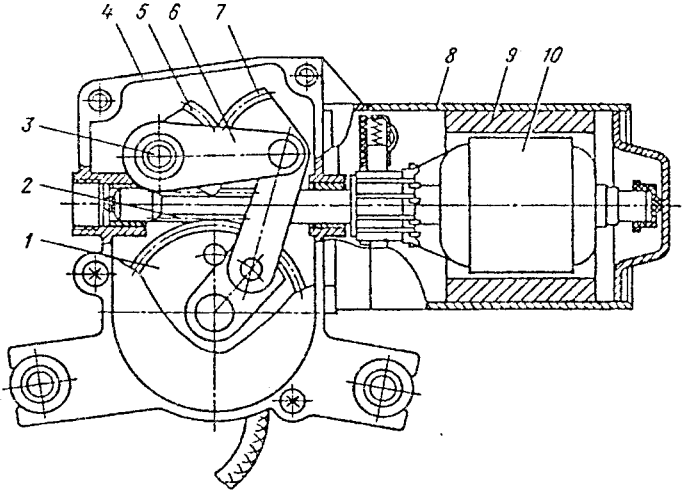


Рис. 7.6. Моторедуктор 47.3730 склоочисника заднього скла: 1 – шестерня; 2 – черв'як; 3 – вихідний вал; 4 – корпус редуктора; 5, 7 – зубчасті сектори; 6 – важіль; 8 – корпус електродвигуна; 9 – постійний магніт; 10 – якір

Черв'ячне колесо через закріплений на ньому палець надає руху кривошипному механізму, який перетворює обертовий рух вихідного вала редуктора на коливальний рух щітки склоочисника. У моторедукторі 47.3730 кривошипний механізм складається з пластин із зубчастими секторами 5 та 7 і забезпечує кут відхилення щітки до 130°.

У моторедукторі розміщено кінцевий вимикач і біметалевий запобіжник, який захищає двигун від перевантаження. Контактний диск цього вимикача з прорізом поставлено на зубчастому колесі редуктора. Другим його контактом є невелика щітка, яка ковзає по торцю контактного диска. Коло розривається, якщо вона потрапляє в проріз диска.

Таблиця 7.4

Основні технічні дані моторедукторів

Тип моторедуктора	Призначення	Напруга, В	Потужність, Вт	Кількість подвійних ходів за 1 хв.	Сила струму, А	Маса, кг
МЭ212	Склопідйомник	12	20	65	18	1,95
МЕ221-В	Склоочисник	12	6	51	4,2	2,2
85.3730	-«-	12	6	60	2,8	1,24
16.3730	-«-	24	7,2	51	3	2,5
17.3730	-«-	12	10	55	5	2
22.3730	Фароочисник	12	4	60	1,5	0,65
30.3730	-«-	12	4	60	1,5	0,65
46.3730	Склоочисник	12	1,3	53	7,5	2,5
47.3730	Склоочисник заднього скла	12	2.5	50	2	1.21
52.3730	Склоочисник автобусів	24	11	51	3,5	2,8

Конструкція моторедукторів склопідйомників значною мірою залежить від розмірів електродвигуна. Якщо габарити малі і допускають розташування моторедуктора в зоні механізму підйому скла, то редуктор об'єднаний з двигуном в єдину конструкцію, в якій редуктор через черв'ячне колесо здійснює керування механізмом підйому. Така конструкція може мати одно- або багатоступеневий проміжний редуктор, що дозволяє при тій самій швидкості підйому скла збільшити частоту обертання якоря електродвигуна, і як наслідок, зменшити його габарити та масу.

Якщо габарити електродвигуна не дозволяють розташувати його в зоні склопідйомного механізму, то там розташовується лише черв'ячний редуктор, вал якого приводиться в обертання гнучким валом, сталевою струною або іншим способом від валу електродвигуна.

Моторедуктор блокування замків дверей 87.3730 має електродвигун зі збудженням від постійних магнітів, на вихідному валу якого знаходиться шестерня, що пересуває зубчасту рейку, яка залежно від напрямку обертання вала двигуна здійснює блокування чи розблокування дверних замків через рухомий шток.

Мотонасоси застосовуються в системах омивачів вітрового скла, скла фар, в струменевих фароочисниках, системах перекачування рідини, в системах обігріву і т.д. Мотонасос становить собою об'єднання в одну конструкцію електродвигуна із збудженням від постійних магнітів та рідинного насоса. Крильчатка відцентрового насоса закріплена на валу електродвигуна і виконується з пластмаси, внутрішня порожнина

електродвигуна захищена від потрапляння вологи гумовою манжетою. Режим роботи мотонасосів – короткочасний або повторно-короткочасний.

7.4. Схеми керування електроприводом

Більшість електроприводів агрегатів автомобіля чи трактора мають просту схему керування вмиканням електродвигуна: безпосередньо вимикачем або через контакти проміжного реле.

У двохшвидкісному електроприводі частоту обертання вала електродвигуна змінюють, послідовно вмикаючи в коло якоря резистор, змінюючи кількість увімкнених у коло котушок обмоток збудження або підводячи струм до третьої щітки двигуна зі збудженням від постійних магнітів, коли його конструкція це передбачає.

Так, у системі охолодження двигуна автомобіля електродвигуном вентилятора керує біметалевий датчик температури охолоджуючої рідини (рис. 7.7, а). У холодного двигуна контакти SK датчика температури розімкнені, обмотка реле KV знеструмлена, навіть коли вимикач SA увімкнено. Електродвигун M вентилятора від'єднано від мережі, і двигун автомобіля інтенсивно прогрівається. Досягши потрібної температури, контакти SK датчика замикаються, і реле KV вмикає електродвигун вентилятора. Коли двигун охолодиться, вентилятор вимикається. Така робота вентилятора забезпечує оптимальний тепловий режим двигуна і, як наслідок, економну витрату пального.

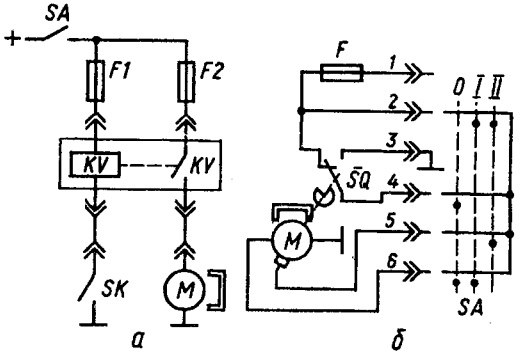


Рис. 7.7. Схеми керування:
а – електровентилятором системи охолодження двигуна;
б – двохшвидкісним склоочисником

Схема керування електродвигуном склоочисника має давати змогу, щоб він працював із малою та великою частотами обертання вала 1, щоб можна було періодично вмикати електродвигун з перервами на 3...5 с, а також укладати щітки з вимкненим склоочисником у крайнє положення так, аби вони не заважали водієві оглядати дорогу.

Застосування *електронних реле* дає змогу поєднати керування склоочисником і склообмивником. На рис. 7.8 зображено схему керування приводом склоочисника і склообмивника вітрового скла автомобіля ВАЗ-2109 електронним реле 52.3747. Коли вимикач SA стає в положення I, система вимикається. Виводи якоря електродвигуна MI склоочисника через його кінцевий вимикач SQ і контакти KV:2 реле KV замкнені, а це забезпечує динамічне гальмування та швидку зупинку електродвигуна. Якщо вимикач SA перебуває у положенні IV, то напруга мережі через вмонтований в склоочисник біметалевий запобіжник F3 надходить до основних щіток електродвигуна MI і він працює з малою частотою обертання вала. Коли цей вимикач перевести в положення V, живлення надходитиме до третьої додаткової щітки електродвигуна, і він працюватиме з великою частотою обертання вала; завдяки цьому скло очищатиметься інтенсивніше.

Якщо вимикач SA перебуває у положеннях II чи III (нефіксованому чи фіксованому), то склоочисник працює в переривчастому режимі. Напруга надходитиме до основних щіток електродвигуна *MI* тільки тоді, коли замкнено контакти KV:1 реле KV. Спрацюванням останнього керує електронна схема реле часу, складена на операційному підсилювачі DA і транзисторах VT1 та VT2.

Після переведення вимикача SA в положення II чи III струм протікає до виводу j реле 52.3747, з'єднаного із входом операційного підсилювача DA. Цей підсилювач забезпечує періодичне заряджання конденсаторів C2 і C3, під час розряджання яких на коло база – емітер транзистора VT1 цей транзистор і транзистор VT2 відкриваються. Реле KV через перехід емітер–колектор транзистора VT2 і вивід 15 підмикається до мережі живлення, спрацьовує, а його контакти KV:1 замикаються, вмикаючи через вивід S електродвигун склоочисника, який починає працювати з малою частотою обертання. Після розряджання конденсаторів C2 і C3 коло бази транзистора VTI знеструмлюється, він закривається, закривається і транзистор VT2, реле KV розриває контакти KV: 1 і склоочисник вимикається. Напруга до виводу S реле 52.3747 надходить з частотою 14 циклів на хвилину.

Реле 52.3747 після ввімкнення склообмивника забезпечує одночасне ввімкнення і роботу двигуна склоочисника з малою частотою обертання. Так, після переведення вимикача SA в положення VI (склообмивник увімкнено) через вивід 86 відбувається зміщення в напрямі переходу база – емітер транзистора VT4, і транзистори VT4, VT3, VTI та VT2 відкриваються. Реле KV замикає контакти KV: 1, і склоочисник починає працювати.

Після вимкнення склообмивника конденсатор C4 деякий час розряджається на коло емітер-база транзистора VT3, підтримуючи транзистори VT3, VTI і VT2 у відкритому стані, й очищення скла припиняється не відразу, а після двох-чотирьох повних циклів.

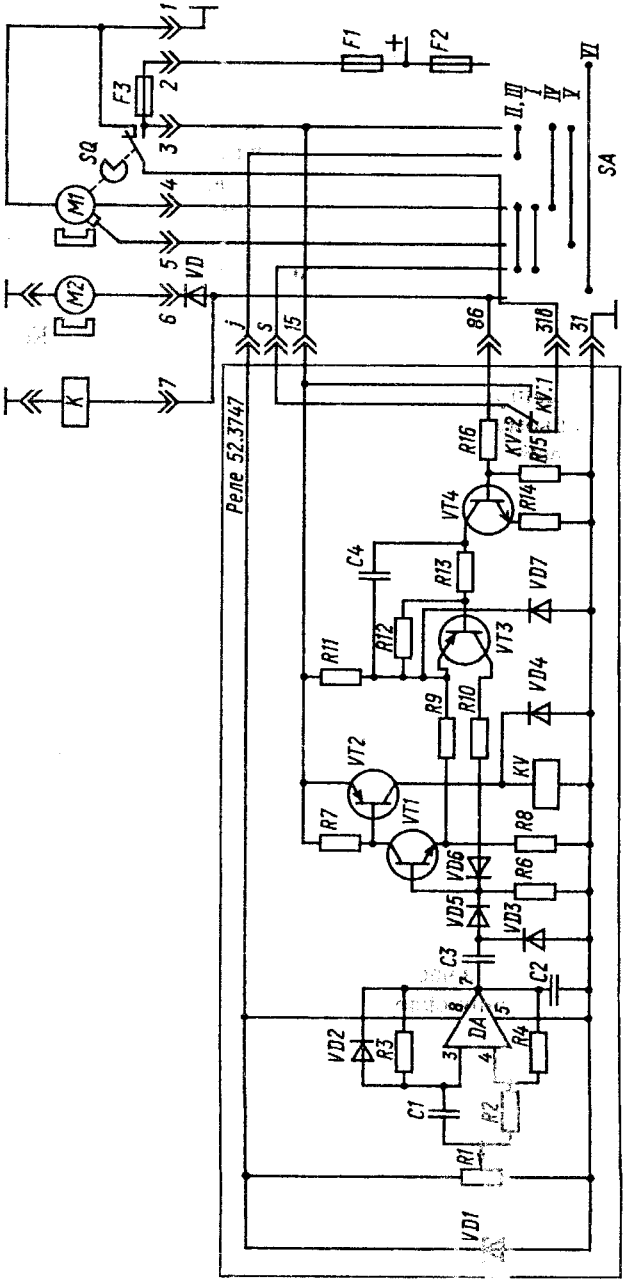


Рис. 7.8. Схема керування склоочисником і склообмивником із реле 52.3747

На автомобілях ВАЗ-2109 електродвигун склообмивника об'єднано з насосом в єдиний вузол – *мотонасос*, який нагнітає рідину в три магістралі: до вітрового і заднього стекол і до фар. Магістраль відкривають електромагнітні клапани. Електромагнітний клапан К магістралі подавання рідини до вітрового скла вмикається одночасно з електродвигуном М2 насоса, коли вимикач SA переведено в положення VI (рис.7.8). Діод VD призначений для відокремлення кіл електродвигуна М2 і клапана К, завдяки чому мотонасос може подавати рідину в інші магістралі. У системі очищення заднього скла автомобіля ВАЗ-2109 електронне реле часу 45.3747 після повернення важеля вимикача склообмивника в початкове положення ще протягом 5 с забезпечує клапану та мотонасосу увімкнений стан.

На японських автомобілях «Toyota» встановлений склообмивник та склоочисник, погоджену роботу яких забезпечує схема (рис. 7.9). Якщо вимикач S3 встановлений в положення 0, то електродвигун М2 склоочисника вимкнутий, а кінцевий вимикач S2 через замкнуті контакти реле К з'єднує позитивну щітку цього електродвигуна з негативною. При цьому конденсатор С1 заряджається через резистори R6 та R7.

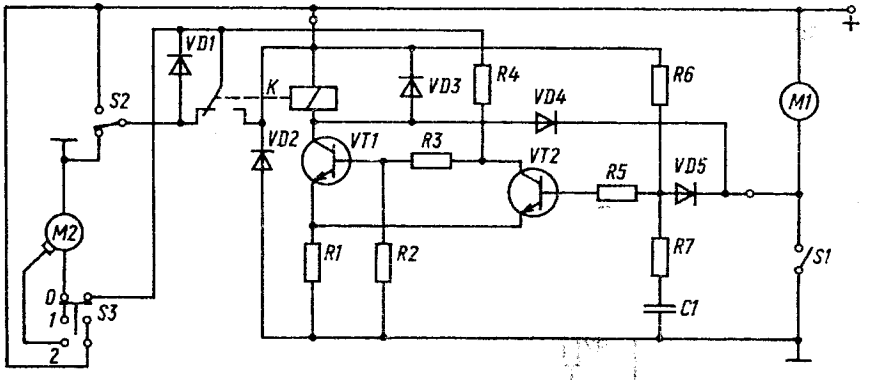


Рис. 7.9. Принципова схема керування склоочисником і склообмивником автомобіля «Toyota»

Вимикачем S1 забезпечується запуск двигуна М1, який приводить в роботу мотонасос склообмивника, починається зволожування вітрового скла. В цей час конденсатор С1 поступово розряджається через резистор R7, діод VD5 та замкнутий вимикач S1.

Вмикання S1 забезпечує також замикання кола живлення обмотки реле К через діод VD4, і контакти реле спрацьовують. Робочий контакт реле спочатку ліквідує коротке замикання якоря електродвигуна склоочисника М2, а потім з'єднує позитивну щітку з позитивним затискачем джерела струму. Під час запуску електродвигуна склоочисника М2 деяку затримку викликає лише індуктивність обмотки реле К. При протіканні струму

через замкнуті контакти реле і через подільник напруги, що зібрано на резисторах R4, R3, R2 на ньому створюється спад напруги, під дією якої відкривається транзистор VTI. Отже, струм через обмотку реле К та через відкритий транзистор VT1 протікає і тоді, коли вимикач S1 уже вимкнутий.

Із вимиканням S1 розряджений конденсатор знову заряджається через резистори R6 та R7. Якщо напруга конденсатора стає достатньою для відкривання транзистора VT2, то він відкривається. При цьому нижнє коло подільника напруги, що складається з резисторів R4, R3 та R2, через відкритий транзистор VT2 доповнюється резистором R1, потенціал бази транзистора VT1 стає менше від порогового значення, і транзистор VT1 закривається. Реле К знеструмлюється і двигун склоочисника зупиняється. Запізнення вимикання двигуна для протирання скла насухо (2...3 коливання) визначається колом затримки, який складається з конденсатора С1 та резисторів R6 та R7. Вимикач S3 забезпечує можливість тривалої роботи склоочисника при двох різних швидкостях.

Прикладом схеми керування електроприводом також може служити схема керування системою блокування замків дверей автомобіля, яка складається з моторедуктора 87.3730 та електронного блоку керування, що представлена на рис. 7.10.

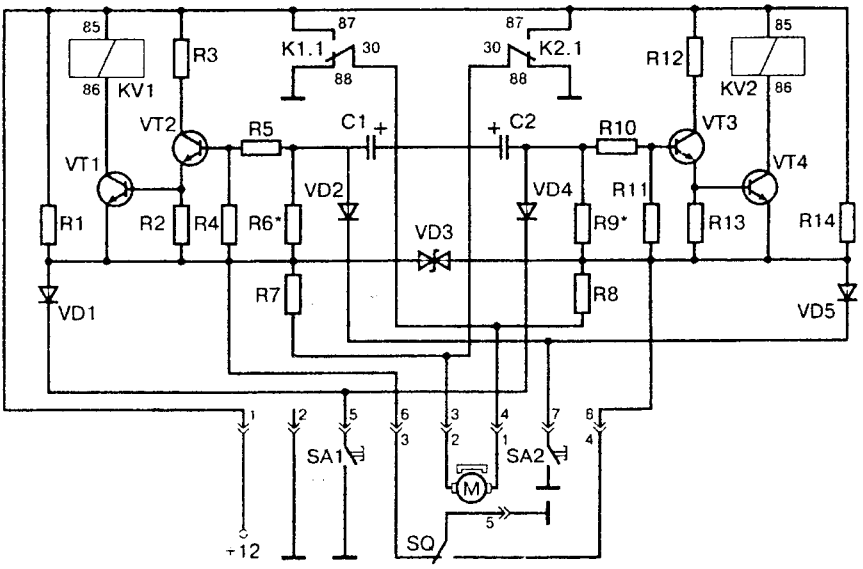


Рис. 7.10. Схема керування системою блокування замків дверей

При натискуванні на кнопку SA2 струм керування транзисторів VT3 та VT4 пройде по колу: +12-опір R1 – діод VD3 – опір R11 – база-емітер VT3 – база-емітер VT4 – діод VD5 – замкнута кнопка SA2 – маса.

Робочий струм проходить по колу: +12 – обмотка реле KV2 – колектор-емітер VT4 – діодVD5 – кнопка SA2 – маса. Контакти реле К2-1 замкнуть клему 30 із клемою 87. Через це з'єднання до клеми 2 електродвигуна підключиться + акумуляторної батареї, а клема 1 з'єднана через контакти реле К1.1 (30 та 88) з масою автомобіля. При такій полярності електродвигун пересуває рейку в сторону здійснення блокування дверей (до тих пір поки спрацює кінцевий вимикач SQ. Коли двері заблоковані, то при натискуванні кнопки SA1 проходить струм керування транзисторів VT2 та VT1 по колу: +12 – замкнуті контакти 30 та 87 реле К2.1, опори R7 – R6 – R5 – база – емітер VT2 – база-емітер VT1 діод VD1 – клема 5 – замкнута кнопка SA1 – маса. Відкриваючись, транзистор VT1 пропускає струм обмотки реле KV1 по колу: +12 – обмотка реле KV1 – колектор-емітер VT1 – діод VD1– замкнута SA1– маса.

Замикаються контакти 87 та 30 реле К1.1, які пропускають + від акумуляторної батареї до клеми 1 електродвигуна М моторедуктора. На вивід 2 електродвигуна М подається "–" через нормально замкнуті контакти реле К2.1. Електродвигун М обертаючись в протилежну сторону розблокує двері. Кінцевий вимикач SQ блокує кнопки SA1 та SA2.

7.5. Системи керування автомобільними кондиціонерами

Автомобільні кондиціонери призначені для створення комфортних умов в салоні автомобіля протягом всього року. Це досягається шляхом підігріву або охолодження повітря, видаленням із нього вологи за рахунок перемикання повітряного потоку, що проходить через теплообмінники нагрівачів чи охолоджувачів, котрі розташовані в спільному корпусі.

Зараз на автомобілях застосовуються кондиціонери, котрі автоматично підтримують задану температуру в салоні. Вони регулюють температуру та обмін повітря на основі даних про зовнішню температуру, інтенсивність сонячного випромінювання та температуру повітря в салоні. Складність системи керування такими кондиціонерами значно вища, ніж побутовими.

Існує багато різних типів автомобільних кондиціонерів, однак ми розглянемо лише автоматичну систему кондиціювання (рис. 7.11).

При вмиканні режиму стабілізації температури за допомогою вимикача S1 установки температури в ЕБК поступають сигнали від датчиків температури повітря в салоні D2, ззовні салону D4, інтенсивність сонячного випромінювання D3 та температури охолоджуючої рідини двигуна D5. На підставі цих даних ЕБК обчислює необхідну температуру вихідного повітря і керує ступенем відкриття заслінки повітряного змішувача 4 і водяного клапану 8, а також ступенем відкриття впускного та випускного отво[illegible]. Це дозволяє підтримувати задану температуру в салоні.

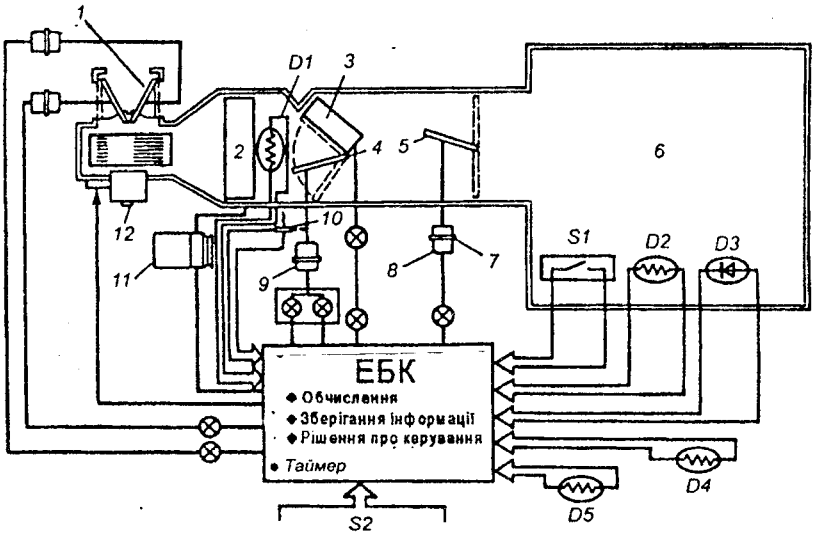


Рис. 7.11. Система автоматичного кондиціювання:
1, 5 – заслінки впускного та випускного отвору відповідно; 2 – випаровувач; 3 – підігрівач; 4 – заслінка повітряного змішувача; 6 – внутрішній простір салону; 7 – мембрана випускного отвору; 8 – водяний клапан; 9 – силовий сервомеханізм; 10 – потенціометр; 11 – компресор; 12 – електродвигун вентилятора; D1 – датчик температури випаровувача; D2 та D4 – датчики температури повітря в салоні та ззовні відповідно; D5 – датчик температури охолоджуючої рідини двигуна; S1 – вимикач установки температури; S2 – перемикач режиму

Регулювання температури забезпечується так. Перш за все впускний отвір 1 перемикається на впуск повітря з атмосфери чи із салону. Потім одночасно з охолодженням (підігріванням) цього повітря в теплообміннику за допомогою охолоджувача (випаровувача) 2 відбувається конденсація та видалення із нього вологи. Охолоджене та обезводжене повітря частково (в залежності від ступеня відкриття заслінки повітряного змішувача 4) знову підігрівається, проходячи через нагрівач, а частково в охолодженому вигляді, минаючи нагрівач, поступає в камеру змішувача.

Підігрітий та охолоджені потоки, змішуються в камері змішувача, набирають відповідну температуру і поступають через випускний отвір в салон, забезпечуючи задану температуру.

Як правило, за допомогою автоматичних кондиціонерів вирішуються такі задачі залежно від температури всередині та ззовні автомобіля:

- регулювання температури повітря на випуску кондиціонера за рахунок зміни ступеня відкриття заслінки повітряного змішувача;

- регулювання інтенсивності потоку повітря за рахунок зміни частоти обертання вала вентилятора;
- керування впускним та випускним отворами за рахунок перемикання випускних отворів охолоджувача і нагрівача або перемиканням забору повітря із атмосфери чи салону;
- керування компресором – вмикання та вимикання електромагнітної муфти компресора.

В кондиціонерах застосовують декілька датчиків внутрішньої та зовнішньої температури повітря, температури випаровувача, температури охолоджуючої рідини двигуна. В усіх цих датчиках використовуються термістори, а датчик температури повітря в салоні має малогабаритний вентилятор, щоб пропускаючи через себе повітря салону, показувати його середню температуру. Зовнішня частина датчика температури повітря поза салоном виготовляється із смоли з високою теплоємністю, а тому датчик не реагує на різкі зміни температури (наприклад, через потрапляння відпрацьованих газів від попереду їдучого автомобіля) і показує середню зовнішню температуру. Датчик випаровувача D1 встановлюється на вихідному отворі випаровувача (в якому відбувається випаровування фреону) і показує температуру охолодженого повітря, тобто дає інформацію про максимально досягнуту ступінь охолодження. Датчик температури охолоджуючої рідини D5 розташований на виході із системи охолодження двигуна і показує її температуру. Він використовується для встановлення найбільшої нагріваючої властивості і включення в разі необхідності схеми підігріву.

Датчик інтенсивності сонячного випромінювання встановлюється над панеллю приладів так, щоб він сприймав сонячні промені. За допомогою цього датчика визначається інтенсивність сонячного випромінювання і враховується зміна температури салону, викликана сонячними променями. Застосовується датчики з тиристором або з фотодіодом. Фотодіод підбирається таким чином, щоб він не реагував на температуру оточуючого повітря, але мав високу чутливість до сонячних променів.

Електронний блок керування автомобільним кондиціонером забезпечує регулювання його роботи. Він виготовлений на базі однокристалічних мікроЕОМ і забезпечує керування шляхом обміну між собою вихідним та вхідними сигналами.

За допомогою аналого-цифрових перетворювачів (АЦП) – ЕБК перетворює аналогові сигнали різних датчиків температури, що встановлені всередині та ззовні автомобіля, в цифрові сигнали, а потім за допомогою мікроЕОМ обчислює температуру повітря на виході кондиціонера і у відповідності до умов в салоні автомобіля виробляє сигнали для різних виконавчих механізмів.

Ступінь відкриття заслінки повітряного змішувача встановлюється на основі графіка закладеного в постійну пам'ять мікроЕОМ. Регулювання температури повітря (від холодного до теплого) забезпечується зміною складу суміші із охолодженого та нагрітого потоків повітря.

Положення заслінки повітряного змішувача плавно регулюється від повністю відкритого стану до повністю закритого мембраною сервомеханізму 9, що приводиться в дію розрідженням. Сервомеханізм пов'язаний з потенціометром 10, сигнал якого пропорційний ступеню відкриття заслінки.

На рис. 7.12 показана схема кондиціювання повітря на автомобілі.

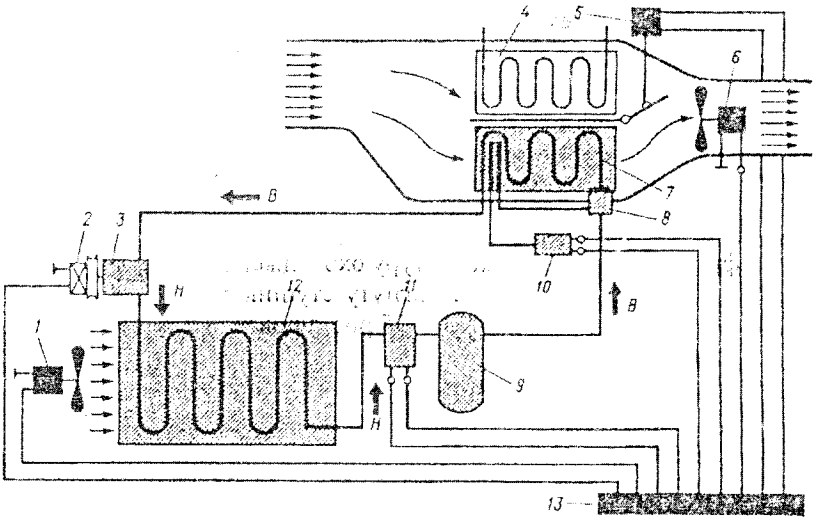


Рис. 7.12. Система кондиціювання повітря:
1 – електровентилятор; 2 – електромагнітна муфта; 3 – компресор;
4 – опалювач; 5 – сервомеханізм керування повітряною заслінкою;
6 – вентилятор системи опалення та кондиціювання; 7 – випаровувач;
8 – терморозширювальний вентиль з капілярною трубкою;
9 – ресивер; 10– термостат з капілярною трубкою; 11 – датчик мінімального тиску; 12 – конденсатор; 13 – ЕБК; В – лінія входу (низький тиск); Н – лінія виходу (високий тиск)

Поршневий компресор 3 при вмиканні муфти 2 з'єднується через клиновий ремінь з колінчастим валом двигуна і, обертаючись, стискує газ (як правило, фреон-12) котрий служить робочим тілом.

В конденсаторі 12, що представляє собою спеціальний радіатор, котрий встановлений перед радіатором системи охолодження двигуна, інтенсивно охолоджується електровентилятором 1 та набігаючим

потоком повітря. При цьому фреон переходить в рідкий стан. Через ресивер 9, котрий монтується недалеко від конденсатора, він поступає у випаровувач 7 (розташовується в салоні) котрий обдувається вентилятором 6.

В терморозширюючому вентилі 8 фреон збільшується в об'ємі і випаровується сам, повітря охолоджується і поступає в салон, знижуючи температуру в ньому. Терморозширюючий вентиль дозує кількість фреону, що подається у випаровувач із ресивера, для забезпечення працездатності кондиціонера.

Ресивер служить акумулятором рідкого фреону. В ньому знаходиться спеціальний осушувач (силікагель) та фільтр. Із випаровувача фреон вже в газоподібному стані переходить в компресор і цикл роботи повторюється.

Найбільш прості системи кондиціювання повітря обладнані датчиком мінімального тиску 11, котрий вимикає кондиціонер при тиску фреону нижче визначеного рівня (як правило 2 бари), а також термостатом 10 випаровувача з капілярною трубкою. Запаяний глухий кінець капілярної трубки, в який заповнено спеціальний наповнювач, розташовано у визначеному місці випаровувача. При охолодженні тиск в трубці знижується і термостат 10 роз'єднує муфту 2, відключаючи компресор від двигуна. Через деякий час внаслідок обдування температура трубок випаровувача поступово підвищується, як і температура повітря, що поступає в салон. Тиск в капілярній трубці змінюється настільки, що термостат знову включає муфту та компресор.

На багатьох автомобілях с ЕБК 13, котрий підтримує задану температуру в салоні незалежно від зовнішніх умов. В цьому випадку вмиканням та вимиканням муфти 2, швидкістю обертання вентилятора 6, положенням повітряних заслінок керує блок 13 залежно від температури в салоні.

7.6. Технічне обслуговування та основні несправності допоміжного електрообладнання

Апарати допоміжного електрообладнання відмовляють через пошкодження як в електричних, так і в механічних частинах системи. Пошкодження в електричній частині виникають за таких причин: порушення контактів у штекерних чи болтових з'єднаннях; неаварійне спрацювання запобіжників; пошкодження вимикачів або перемикачів; вихід із ладу реле; згоряння обмоток електродвигуна зависання щіток; окислення чи надмірне підгоряння його колектора; порушення контактів у датчиках.

Затинання підшипників, заклинювання редукторів, обрив ременя приводу компресора, примерзання щіток склоочисника до скла, закупорювання каналів для підведення рідин до стекол, затинання важелів склоочисників за скло – причини пошкоджень у механічній частині електропровода.

Під час щоденного обслуговування перевіряють працездатність апаратів допоміжного устаткування, вмикаючи їх в роботу. Під час ТО-1 і ТО-2 перевіряють, крім того, надійність кріплення проводів в електроприводі, сигналів, реле, електродвигунів, редукторів, важелів, перемикачів склоочисників та інших апаратів.

Електродвигуни та моторедуктори сконструйовано так, що коли їх нормально експлуатувати протягом усього терміну служби, то вони не потребують змащування підшипників.

Основні несправності звукових сигналів: підгоряння контактів, що знижує силу струму в обмотці та спотворює звучання; обривання провідників резистора, яке призводить до підгоряння контактів; тріщини в мембрані, які перешкоджають звучанню сигналу у випадку споживання струму більшої сили; обривання обмотки, що супроводжує зникнення сигналу і неспоживання струму; порушення регулювання сигналів.

Основні несправності реле сигналів: окислення контактів, яке підвищує опір у колі сигналів; зварювання контактів, що буває у випадку порушення регулювання реле і спричиняє безперервне звучання сигналів; обривання кола обмотки.

Основні несправності склоочисника: після повороту перемикача в одне з робочих положень щітки не переміщаються по склу. Причини цієї несправності: обривання електричного кола до електродвигуна; окислення контактів термобіметалевого запобіжника; несправності електродвигуна (наприклад, велике спрацювання чи зависання щіток у щіткотримачах; значне окислення, замаслювання чи спрацювання колектора; обривання кола обмотки збудження); порушення контакту в перемикачі; порушення з'єднання між валом якоря і черв'яком редуктора; несправність черв'ячної передачі тощо.

Іноді вмикання склоочисника супроводжує вібрація контактів запобіжника. У цьому разі електродвигун не працює через замикання на корпус з'єднувальних проводів, запобіжника, щіток та обмотки якоря електродвигуна, а також через обривання паралельної обмотки збудження.

За будь-якого робочого положення перемикача швидкість руху щіток склоочисника не змінюється. Цю несправність спричинює обривання проводу від перемикача до затискачів електродвигуна або порушення контакту в перемикачі.

Основні несправності електродвигунів: замикання пластин колектора пилом, який утворюється внаслідок стирання щіток (якір обертається з малою частотою або взагалі перестає обертатися); затинання вала якоря в підшипниках (зменшується частота обертання якоря, а сила струму в колі електродвигуна зростає до значення, що обмежується плавким чи термобіметалевим запобіжником). Порушення електричного кола призводить до вимкнення електродвигуна.

Перевірка технічного стану звукових сигналів полягає в перевірці звуку, а коли треба – в регулюванні сигналу та реле, а також зачищенні контактів переривача сигналу.

Силу звуку регулюють, переміщаючи пластину 3 (див. рис. 7.1) нерухомого контакта вгору або вниз гайками 2. Відрегулювавши, їх потрібно надійно затягнути.

Реле сигналів регулюють тільки в разі потреби. Зазор між контактами в межах 0,4...0,7 мм регулюють підгинанням тримача 18 нерухомого контакта, а між якорем та осердям у межах 1,0... 1,2 мм – підгинанням обмежувача 20 піднімання якоря; напругу ввімкнення контактів у межах 6...8 В – зміною натягу пружини 14 із підгинанням кронштейна 16 кріплення пружини.

Регулювання положення щіток склоочисника. Якщо після вимкнення склоочисника щітки не стають в крайнє положення на вітровому склі, то потрібно послабити гайку кріплення важеля / (див. рис. 7.2) і перемістити його навколо осі настільки, щоб момент вимкнення кола електродвигуна збігався із встановленням щіток у крайнє положення.

Перевірка технічного стану електродвигуна. Електродвигун перевіряють, вмикаючи його в коло з акумуляторною батареєю через послідовно ввімкнені реостат і амперметр. Потім виміряють силу струму, що її споживає електродвигун, і порівнюють показники з даними технічних умов для нього.

Основні несправності автомобільних кондиціонерів.

Оскільки фреон достатньо легкий газ, то багато несправностей пов'язано з його витіканням. Робити висновки про це можливо по інтенсивному кипінні, що спостерігається у віконці ресивера. Воно супроводжується зниженням ефективності кондиціювання. По ходу витікання термостат 10 (рис. 7.12) перестає вмикати та вимикати компресор. Коли це відбудеться, то можливий перегрів і заклинювання компресора через нестачу мащення, так як зі зменшенням об'єму циркулюючого фреону зменшується і циркуляція оливи, що знаходиться в системі. Це загрожує серйозною поломкою. Адже заклинювання компресора може призвести до обриву ременя, або навіть до перегрівання та руйнування двохрядного підшипника в муфті компресора.

Коли фреону в системі залишається зовсім мало, спрацьовує датчик 11 (рис. 7.12), котрий не дає включиться компресору, чим утримує його від поломки. Однак, буває, що при несправному датчику компресор все-таки включається і, як наслідок, досить швидко виходить з ладу. Щоб цього не трапилось, слід періодично контролювати кількість фреону.

Таким чином, головне правило: слід експлуатувати кондиціонер тільки при нормальному об'ємі газу в системі. Тому, перед експлуатацією автомобіля після тривалої зимової перерви слід знайти оглядове віконце в ресивері і перевірити режим протікання фреону.

Якщо при перевірці виявиться кипіння, то кондиціонер працює, але потрібно дозарядити систему фреоном. Заповнити балон фреоном краще там, де експлуатують холодильні установки.

Контрольні запитання та завдання

1. Поясніть будову та роботу звукових електричних сигналів.
2. Які електродвигуни використовують в опалювачах, склоочисниках і обмивниках автомобілів?
3. Як працюють склоочисник і склообмивник автомобіля ВАЗ-2109 з електронним реле 52.3747?
4. За наведеною схемою поясніть роботу склоочисника та склоомивача автомобіля «Toyota».
5. За наведеною схемою поясніть роботу системи блокування замків дверей.
6. Яка методика перевірки і регулювання сигналів та реле сигналів?
7. Як перевірити електродвигун (опалювача, склоочисника, обмивника, антени)?
8. Поясніть будову та роботу автомобільного кондиціонера.
9. Перелічіть несправності кондиціонера.

Розділ 8. ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТРАНСМІСІЄЮ

8.1. Системи автоматичного керування гідравлічними гальмами автомобіля

Загальні положення

Рівномірне сповільнення руху автомобіля за рахунок сповільнення швидкості обертання всіх 4-х коліс одночасно практично неможливо. Навіть якщо всі колісні циліндри передають гальмівним барабаном (чи дискам) однакові гальмівні зусилля, то і в такому випадку через неоднорідне зчеплення коліс з дорогою будуть створюватись різні гальмівні сили, різниця яких створюватиме крутний момент, що діє на автомобіль.

На слизьких дорогах (наприклад, на мокрих чи вкритих льодом) під час різкого гальмування колеса легко блокуються. Якщо блокуються лише задні колеса, то бічні сили спричиняють бічне ковзання (занос), а якщо блокуються передні колеса, то керування автомобілем практично неможливе і часто призводить до аварій.

Різке збільшення швидкості обертання коліс (різкий газ) на слизькій дорозі також призводить до заносу ведучих коліс.

Зберегти керованість автомобіля в цих випадках водієві дуже важко, а тому на сучасних автомобілях встановлюються системи керування гальмами, котрі в нештатних ситуаціях адаптуються під умови руху і виконують свої функції автоматично. Такими системами є система антиблокування гальм (ABS – від німецьких слів Antiblock Bremssystem); система блокування диференціалу ведучого моста (EDS – також від німецьких слів Eletronen Differential System) та інші.

Позитивний вплив гальмівних антиблокувальних систем (ABS) на безпеку руху транспортних засобів в усьому світі зараз не вимагає доказу: проблеми їх створення і серійного випуску для світового автомобілебудування вирішені. Зараз завершується етап регламентації їх властивостей в міжнародних вимогах, після чого слід очікувати, що ABS стане такою ж невід'ємною частиною автомобіля, як і самі гальма. Зокрема, вже існують вимоги до ABS (Додаток 13 до Правил № 13 ЄЕК ООН), а також угода про обов'язкове обладнання цією системою деяких категорій транспортних засобів. В країнах Європейського ринку експлуатація міжміських і туристичних автобусів, а також великотонажних автомобілів та автопоїздів, не обладнаних ABS, заборонена з 1 жовтня 1991 р.

Але і без цього обмеження, не дивлячись на значну ціну (4-7% ціни транспортного засобу) число замовлень на автомобілі з ABS стрімко зростає.

8.2. Гальмівна система автомобіля з автоматичним антиблокуванням коліс (ABS)

Під час руху автомобіля з постійною швидкістю різниці в швидкостях обертання коліс не виникає. При цьому не виникає також різниці між приведеною швидкістю руху автомобіля V_a та середньою швидкістю обертання коліс V_K тобто $V_a = V_к$. При цьому під середньою швидкістю обертання коліс приймається величина

$$V_K = (V_{K1} + V_{K2} + V_{K3} + V_{K4})/4.$$

де $V_{K1} \ldots V_{K4}$ – швидкості обертання кожного колеса окремо.

Коли починається процес гальмування, приведена швидкість кузова автомобіля V_a починає перевищувати середню швидкість $V_к$ обертання коліс, так як кузов «обганяє» колеса під дією сили інерції маси автомобіля, тобто $V_a > V_K$.

В цьому разі між колесами і дорогою виникає явище рівномірного помірного ковзання. Це ковзання є робочим параметром гальмівної системи і визначається як

$$S = [(V_a - V_K)/V_a] \cdot 100\%.$$

Фізично робоче ковзання на відмінність від аварійного юзу реалізується за рахунок прогинання протектора колісних шин, зсуву малих фракцій на поверхні дороги, та за рахунок амортизації автомобільної підвіски. Ці фактори утримують автомобіль від юзу і відображають корисну сутність робочого ковзання колеса при його гальмуванні. Зрозуміло, що при цьому сповільнення обертання колеса відбувається поступово і керовано, а не миттєво як при блокуванні.

Величина S названа коефіцієнтом ковзання і вимірюється в процентах. Якщо $S = 0\%$, то колеса обертається вільно без впливу на них дорожнього покриття.

Коефіцієнт ковзання $S = 100\%$ відповідає юзу колеса коли воно переходить в заблокований стан.

При появі ефекту робочого ковзання при якому все ще має місце нормальне кочення коліс між ними та дорогою виникає рівномірно зростаючий опір тертя $R_д$, котрий є функцією від робочого ковзання S та створює силу гальмування автомобіля $F_г$:

$F_г = K \cdot R_д(S)$, де K – конструктивний коефіцієнт пропорційності, який залежить від стану протектора шини, гальмівних колодок, гальмівних дисків і гальмівних супортів.

Максимальне значення величини $F_г$ досягає при значеннях в інтервалі від 10% до 30%.

Таким чином, зрозуміло, що основним завданням ABS є автоматичне (без участі водія) підтримання коефіцієнта ковзання в межах від 10% до 30%, коли гальмівна сила автомобіля максимальна.

На сучасних легкових автомобілях застосовується достатньо велика кількість різних варіантів систем антиблокування гальм. Загальним для всіх ABS є те, що вони доповнюють робочі функції гідравлічної гальмівної системи (ГГС) автомобіля принципово новою якістю – здатністю інтенсивного гальмування без блокування коліс. Для досягнення цієї мети кожна система ABS крім основних компонентів ГГС включає в свій склад датчики частоти обертання коліс КД, електронний блок керування ABS (ЕБК ABS) та центральний виконавчий механізм (ЦВМ), котрий роздільно керує колісними гальмівними циліндрами (КГЦ), а сам керується від електричних сигналів ЕБК ABS (рис. 8.1).

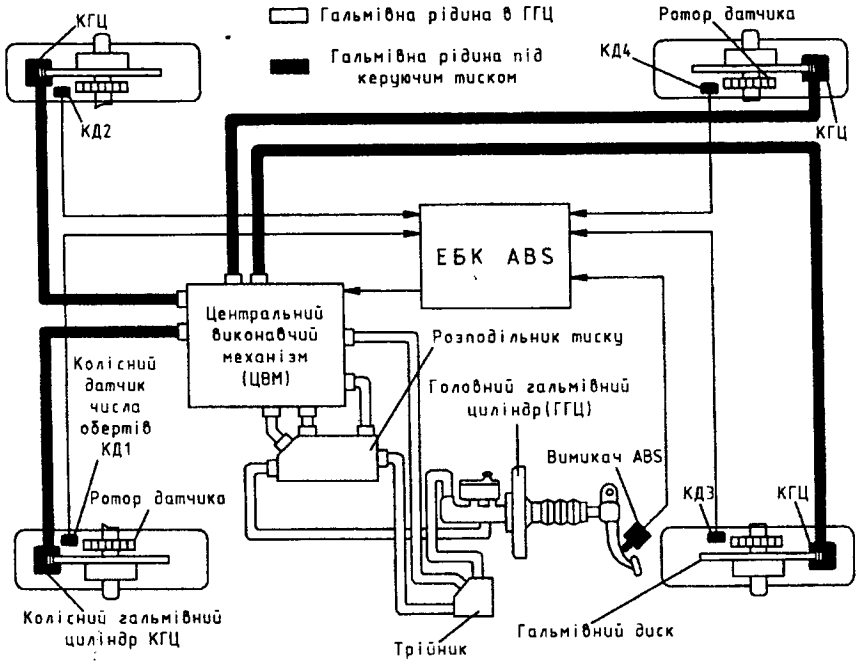


Рис. 8.1. Чотирьохконтурна ГГС, доповнена функціями системи ABS

Різновидності систем ABS класифікуються за чотирма ознаками:
– конструктивні особливості системи;
– функціональні можливості системи;
– компонентний склад;
– експлуатаційні властивості.

Для пояснення принципу дії системи автоматичного антиблокування гальм (ABS) розглянемо роботу трьохканальної трьохпозиційної електроклапанної ABS з гідронасосом низького тиску (ABS-ГЗ). Складовими елементами такої системи ABS є:

1. Колісні датчики числа обертів (КД);
2. Колісні гальмівні циліндри (КГЦ);
3. Центральний гідравлічний вузол системи ABS (центральний виконавчий механізм ЦВМ);
4. Головний гальмівний циліндр (ГГЦ);
5. Електронний блок керування (ЕБК– ABS);
6. Контрольна лампа ABS;
7. Також може включатись датчик уповільнення інерційного типу для автомобілів 4WD.

Перераховані компоненти встановлюються на автомобілях по різному. Прикладом може служити німецький автомобіль «BMW», розташування елементів ABS якого показано на рис. 8.2.

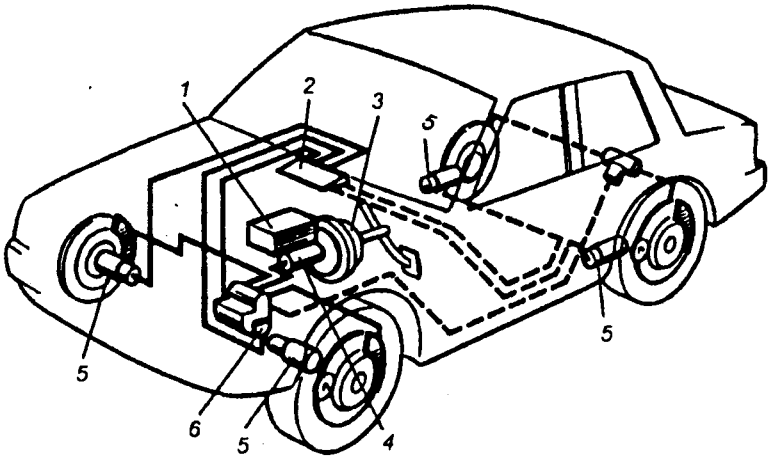


Рис. 8.2. Розташування компонентів системи ABS на автомобілі: 1 – бачок гальмівної системи з гальмівною рідиною; 2 – ЕБК ABS; 3 – гідропідсилювач; 4 – головний гальмівний циліндр; 5 – колісний датчик частоти обертання; 6 – центральний виконавчий механізм

Головним функціональним вузлом системи ABS є центральний виконавчий механізм (ЦВМ). Він складається із:

- електрогідронасосу (Н);
- трьох редукційних гідроклапанів зворотної дії К1, К2, К3;
- трьохпозиційного електромагнітного гідроклапана (ГК), котрий включає в себе два запірні клапани К4 та К5.

На рис. 8.3 наведена функціональна модель системи ABS для одного переднього колеса.

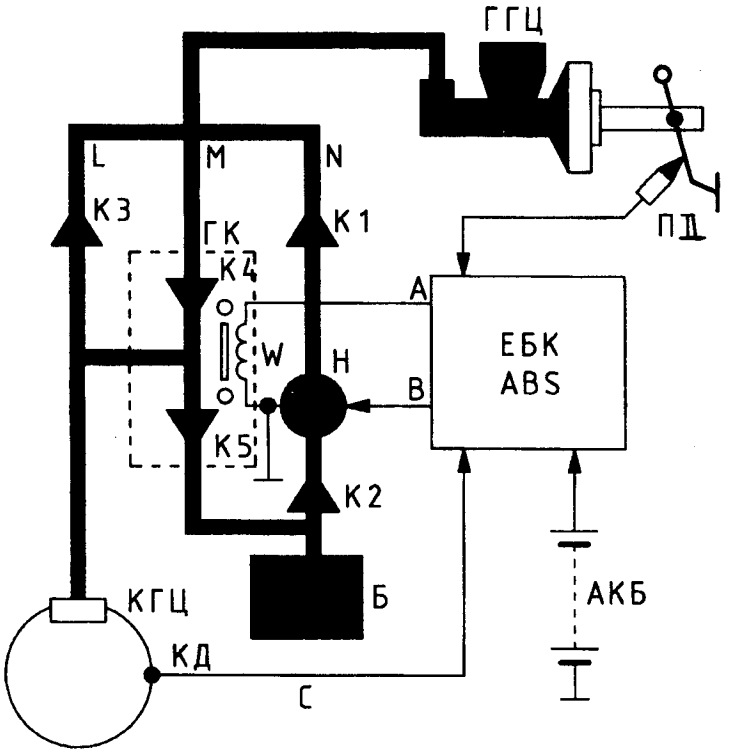


Рис. 8.3. Функціональна модель системи ABS (для одного колеса). Затемненими показані елементи системи з гальмівною рідиною під керуючим тиском

Схема залежно від режиму гальмування може знаходитись в одному з п'яти станів:

1. Режим «гальмування без ABS». В такому разі:

а) $V_{K1}=V_{K2}=V_{K3}=V_{K4}=V_a$, де $V_a=(V_{K1}+V_{K2}+V_{K3}+V_{K4})/4$.

б) ABS включається педальним датчиком ПД, але не функціонує, оскільки немає неузгодженості в швидкостях обертання коліс.

в) гальмівна рідина із ГГЦ поступає в канал М і далі через клапан К4 в колісний гальмівний циліндр (КГЦ), Клапани К1 і К3 закриті і перекривають канали L і N. Клапан К5 також закритий. Відбувається звичайне гальмування без участі ABS.

г) коли педаль гальм відпускається, то під зворотнім тиском рідини із КГЦ клапан К3 відкривається і перепускає гальмівну рідину назад в ГГЦ.

2. Режим «зниження тиску» в КГЦ (послаблення сили гальмування коліс).

Цей режим виникає, коли від колісного датчика даного колеса в ЕБК ABS поступає сигнал С про сповільнення обертання (стан близький до блокування колеса). При цьому:

а) $V_a=(V_{K1}+V_{K2}+V_{K3}+V_{K4})/4>V_{K1}$, оскільки $V_{K1}<(V_{K2}+V_{K3}+V_{K4})/3$.

б) ЕБК ABS по сигналу С видає на контакт А напругу U_K=10В, і через соленоїд W головного гідроклапана ГК починає протікати струм 5 А (опір R_W = 2 Ом. Одночасно на контакт В з ЕБК ABS поступає напруга U_H=12 В, від якої починає роботу гідронасос Н.

в) від роботи гідронасоса Н зворотні клапани К1 і К2 відкриваються, клапан К5 головного електрогідроклапана (ГК) також відкривається, а клапан К4 закривається під дією керна соленоїда W;

г) вказані перемикання клапанів відкривають зворотній канал для гальмівної рідини із КГЦ в ГГЦ: через клапан К5, далі через клапани К2 і К1 назад в ГГЦ. При цьому частина гальмівної рідини перепускається в бачок Б системи ABS.

3. Режим «утримання тиску» в КГЦ. Цей режим виникає, коли система ABS автоматично виходить із режиму "зниження тиску". Це відбувається по сигналу С від колісного датчика, коли V_{K1} знову стає рівною V_a:

а) ЕБК ABS на контакт А видає напругу 4 В, і струм в соленоїді W падає до 2 А. Гідронасос Н продовжує працювати, тому що на контакт В, як і раніше, подається напруга 12 В.

б) при струмі 2 А (в соленоїді W) електромагнітний клапан закриває обидва робочі клапани К4 і К5 і забезпечує стабілізацію тиску гальмівної рідини к КГЦ, так як в цьому положенні клапанів гальмівна рідина запирається клапанами К3, К4 і К5 в колісному циліндрі КГЦ. Електрогідронасос продовжує працювати, створюючи протитиск в ГГЦ і утримуючи К3 в закритому стані.

4. Режим "збільшення тиску" в КГЦ. Цей режим виникає, коли від колісного датчика КД надходить сигнал С підвищеної швидкості обертання даного колеса, тобто сигнал, при якому $V_{K1}>V_a$ (колеса зі швидкістю обертання V_{K2}, V_{K3}, V_{K4} – гальмуються, а зі швидкістю V_{K1} – обертається вільно:

а) ЕБК ABS по сигналу С вимикає напругу на контакті А (I_W = 0), але напруга U_H = 12 В на гідронасос продовжує поступати з контакту В. При цьому клапан К4 відкривається, а К5 закривається;

б) в колісному гальмівному циліндрі КГЦ тиск рідини збільшується, оскільки гідронасос Н подає рідину із бачка Б в КГЦ через клапани К2, К1 та К4, які відкриті.

5. В усіх чотирьох положеннях функціональна схема при зворотному ході гальмівної педалі працює на повернення гальмівної рідини назад в ГГЦ через зворотній клапан К3.

Коли гальмівна педаль піднімається вгору до кінця, кінцевий вимикач педального датчика ПД вимикає ЕБК і система ABS перестає працювати.

Таким чином, вимикач ПД є датчиком включення і виключення системи ABS.

Описані п'ять положень системи (гальмування без ABS, зниження тиску в КГЦ, утримання тиску в КГЦ, збільшення тиску в КГЦ і повернення гальмівної педалі) реалізується за допомогою трьохпозиційного гідроклапана ГК з електромагнітним керуванням. Роботу ГК зручно пояснити за допомогою моделі, що показана на рис. 8.4.

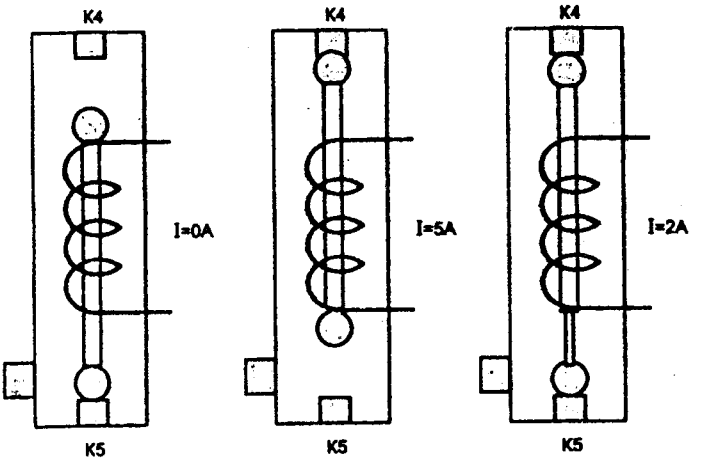


Рис. 8.4. Модель трьохпозиційного гідроклапана з електромагнітним керуванням

Якщо в соленоїді W струм $I_W = 0$ (гальмування без ABS, повернення гальмівної педалі та збільшення тиску в КГЦ) то в ГК клапан К5 закритий, а клапан К4 відкритий. При струмі $I_W = 5$ А (зниження тиску в КГЦ в гідроклапані ГК клапан К5 відкритий, а клапан К4 – закритий. При струмі $I_W = 2$ А (утримання тиску в КГЦ) обидва клапани К4 і К5 – закриті.

Головним компонентом системи ABS є електронний блок керування гальмами. На рис. 8.5 показана принципова електрична схема цієї системи.

Електронний блок керування виготовлений на напівпровідниках та мікросхемах і закритий в герметичний корпус. З зовнішніми пристроями (колісні датчики, датчик положення гальмівної педалі, датчик аварійного рівня гальмівної рідини) та виконавчими механізмами ЕБК зв'язаний багатоконтактним розняттям. До виконавчих механізмів системи відносяться:

– релейний блок керування (РБК). Всередині РБК встановлені два реле з "сухими" контактами: одне для вмикання електродвигуна насоса,

друге – для вмикання та перемикання електромагнітних соленоїдів робочих гідроклапанів системи ABS;

– виконавчий механізм ABS з робочими гідроклапанами та електричним гідронасосом. Кожний робочий гідроклапан керується за допомогою електромагнітного соленоїда, а соленоїди – від електричних сигналів ЕБК;

– сигнальна лампа ABS. Призначена для контролю за справністю системи;

– контрольне розняття для стендової діагностики;

– сервісне розняття для виводу кодів несправностей системи ABS.

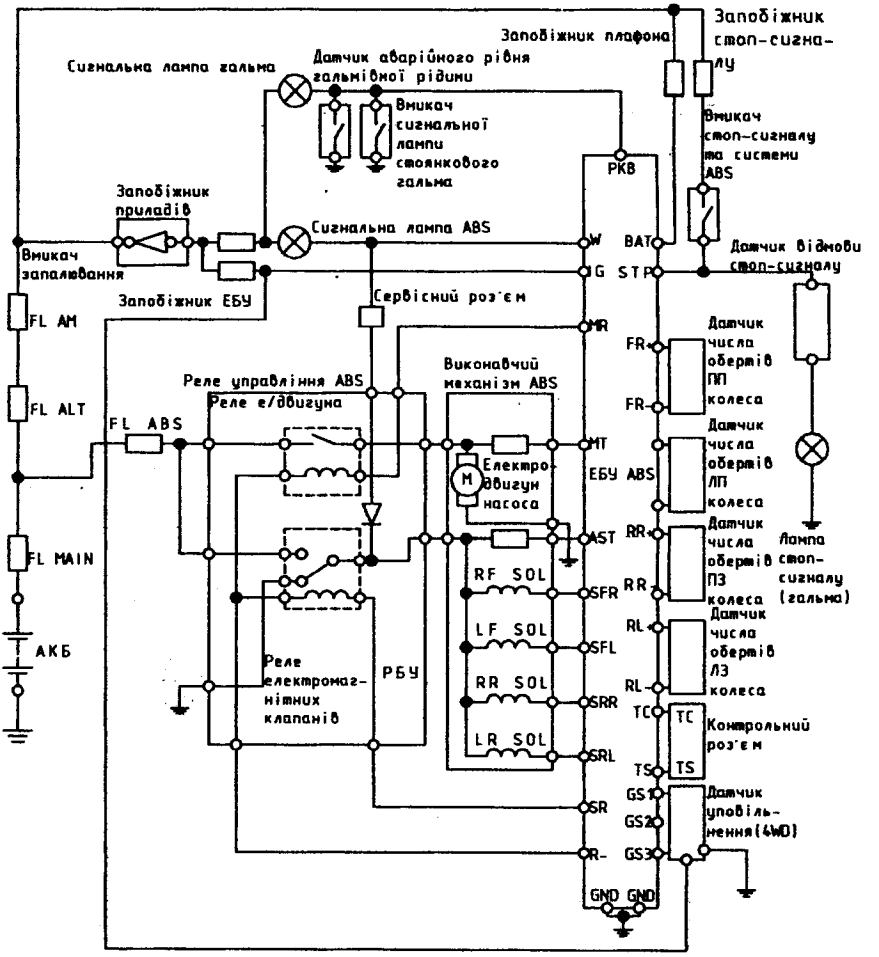


Рис. 8.5. Принципова електрична схема системи ABS

Електронний блок керування гальмами працює таким чином:

При включенні ключа запалювання на контакти IG і BAT подається напруга +12 В від акумуляторної батареї АКБ. При цьому на 3 сек загорається контрольна лампа ABS. Якщо один із запобіжників MAIN, ALT, AM або лампа ABS перегорають, система ABS не включається.

Після запуску двигуна та розгону автомобіля до швидкості більше 6 км/год в ABS спрацьовує функція первинного контролю. При цьому вимикач стоп-сигналу на гальмівній педалі має бути розімкнутий. Якщо в системі все справне, то загорається лампа контролю стоп-сигналу, а на лампу ABS подається код готовності системи ABS до роботи. При досягненні автомобілем швидкості більше 6 км/год обидві лампочки гаснуть.

Якщо в ABS є несправність, то в системі спрацьовує функція самодіагностики, а лампа ABS починає мигати.

Сигнали від ЕБК низьковольтні, бо поступають від мікросхем, а сигнали від релейного блоку керування до виконавчого механізму ABS силові бо проходять від акумуляторної батареї через сухі контакти реле для електродвигуна та соленоїдів електромагнітних клапанів. Напруга на соленоїдах ЕМК дорівнює 12 В.

В системах автоматичного керування гідравлічними гальмами автомобіля використовуються перетворювачі частоти обертання коліс в електричний імпульсний сигнал. Такі перетворювачі називаються колісними датчиками ABS. По виду перетворення колісні датчики бувають індукційними (магнітоелектричними) та датчиками, що працюють на ефекті Холла. В індукційному колісному датчику, схема якого показана на рис. 8.6, задатчиком частоти обертання є феромагнітне зубчасте колесо 1 (ротор). Його ставлять на маточині, яка обертається з колесом автомобіля і має від 24 до 90 зубців.

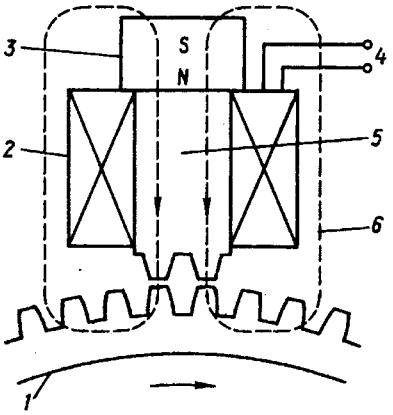


Рис. 8.6. Схема індукційного датчика: 1 – зубчасте обертальне колесо; 2 – обмотка; 3 – постійний магніт; 4 – вихід обмотки; 5 – сталеве осердя з полюсами; 6 – магнітний потік

Прикладом конструктивного виконання може служити датчик EPD 28879 A фірми "Bosch", що показаний на рис. 8.7.

Магніт 5 датчика і котушка 3 з'єднані наконечником-стержнем 1 із магнітом'якого матеріалу (каркас 2 котушки запресований в гарячому стані по буртику стержня 1 і складає з ним єдине ціле). Виводи обмотки 3 котушки підключені до циліндричних штирів, котрі разом з південним

полюсом магніта 5, латунною фіксуючою трубкою 8 і екранованим двохжильним кабелем 12 також запресовані високотемпературною пластмасою в корпусі 7. Магніт і обмотка захищені від впливу навколишнього середовища стаканом 4 із немагнітної сталі, завальцьованим через гумовий ущільнювач 6 по буртику на корпусі 7. Вивід кабелю закритий гумовою трубкою 11, котра на датчику кріпиться обтискним кільцем 10 через латунну підкладку 9. Другий кінець трубки притискується до кабелю за допомогою гумового кільця 13.

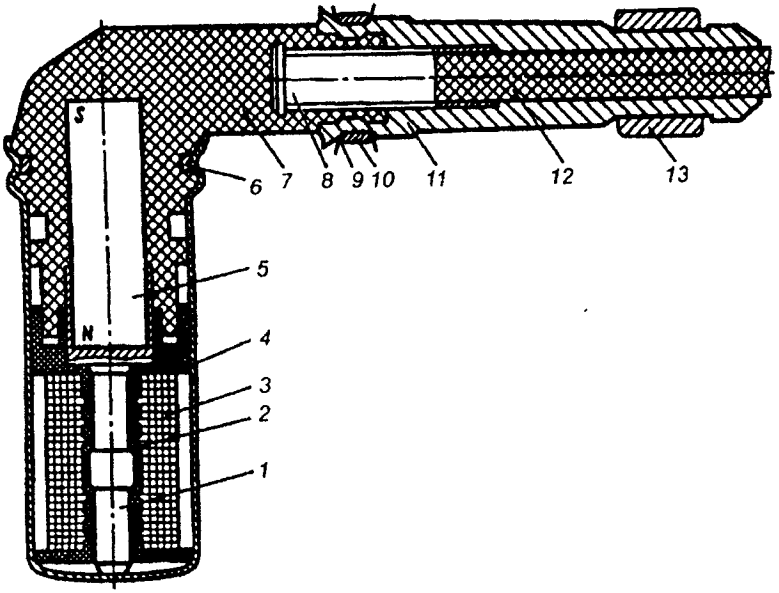


Рис. 8.7. Магнітоелектричний датчик EPD 28879A фірми "Bosch": 1 – наконечник-стержень; 2 – каркас котушки; 3 – обмотка; 4 – стакан; 5 – магніт; 6 – гумовий ущільнювач; 7 – корпус; 8 – фіксуюча трубка; 9 – латунна підкладка; 10 – обтискне кільце; 11 – гумова трубка; 12 – кабель; 13 – гумове кільце

Перевагами такого датчика є його міцність (навіть монолітність), у той час як вивід виконаний м'яким (еластичним), що особливо важливо, враховуючи умови його роботи.

Сам індукційний датчик встановлюється нерухомо над зубчастим колесом з повітряним зазором не більше 2 мм.

За принципом дії та будовою індукційні колісні датчики аналогічні до датчиків кутових імпульсів системи запалювання (див. главу III). За кількістю синусоїд, що створюються в обмотці датчика за один оберт колеса, легко визначається частота, тобто швидкість обертання колеса.

8.3. Система електронного блокування диференціалу ведучого моста (EDS)

З курсу «Будова автомобіля» відомо, що диференціал ведучого моста автомобіля призначений для перерозподілу крутного моменту двигуна між правим та лівим ведучими колесами автомобіля. Планетарний механізм диференціалу дозволяє ведучим колесам, залишаючись під рівномірним навантаженням, обертатись з неоднаковою швидкістю при проходженні автомобілем крутих поворотів. Це підвищує керованість автомобіля та захищає гуму коліс від надмірного зносу.

Але поряд з позитивними властивостями диференціалу він має і недоліки: є причиною значного спаду тягової сили та втрати усталеності руху при рушанні автомобіля з місця або при їзді на слизькій дорозі. В цих умовах ведуче колесо, що має менше зчеплення з дорогою, починає буксувати, тобто обертатись швидше за решту коліс. Ще більш небезпечною є ситуація, коли на асфальтованій покритою льодом дорозі зустрічається поворот або підйом. В цьому випадку збільшення чи зменшення обертів двигуна за допомогою педалі газу може призвести до розвороту автомобіля поперек руху або до зносу в непередбачений бік.

Щоб у названих тяжких дорожніх умовах забезпечити одночасне і рівномірне обертання ведучих коліс, на вантажних автомобілях застосовують механічне блокування диференціалу заднього ведучого мосту. Однак таке блокування не можна застосовувати до переднього ведучого моста, а також в механічне блокування не можна ввести зворотній зв'язок від ступеня навантаження кожного ведучого колеса окремо.

Щоб блокування диференціалу було ефективним, необхідно вирівнювати швидкості обертання ведучих коліс не жорстким з'єднанням півосей, як при механічному блокуванні, а у міру зростання різниці тягових зусиль під ведучими колесами. Таке блокування диференціалу можливо реалізувати за допомогою автоматичного пригальмовування того ведучого колеса, котре за рахунок пробуксовування починає обертатися швидше решти інших.

Для реалізації автоматичного блокування диференціалу за допомогою системи ABS достатньо гідромагістраль "L" (рис. 8.8), по якій подається гальмівна рідина від головного гальмівного циліндра (ГГЦ) через центральний виконавчий механізм (ЦВМ) до колісних гальмівних циліндрів, відключити від ГГЦ і через редукційний клапан (РК) підключити до автономного гідронагнітача (АГН), а в ЕБК передбачити функцію гальмування буксуючого колеса не від ГГЦ, а від АГН.

Тоді ГГЦ буде працювати тільки в системі ABS, а АГН – тільки в системі EDS. Перемикання гальмівної системи з функцій ABS на функції EDS реалізується за допомогою поршня (ПВ) додаткового гідроклапана (ДГК) з електрокеруванням сигналом S від ЕБК.

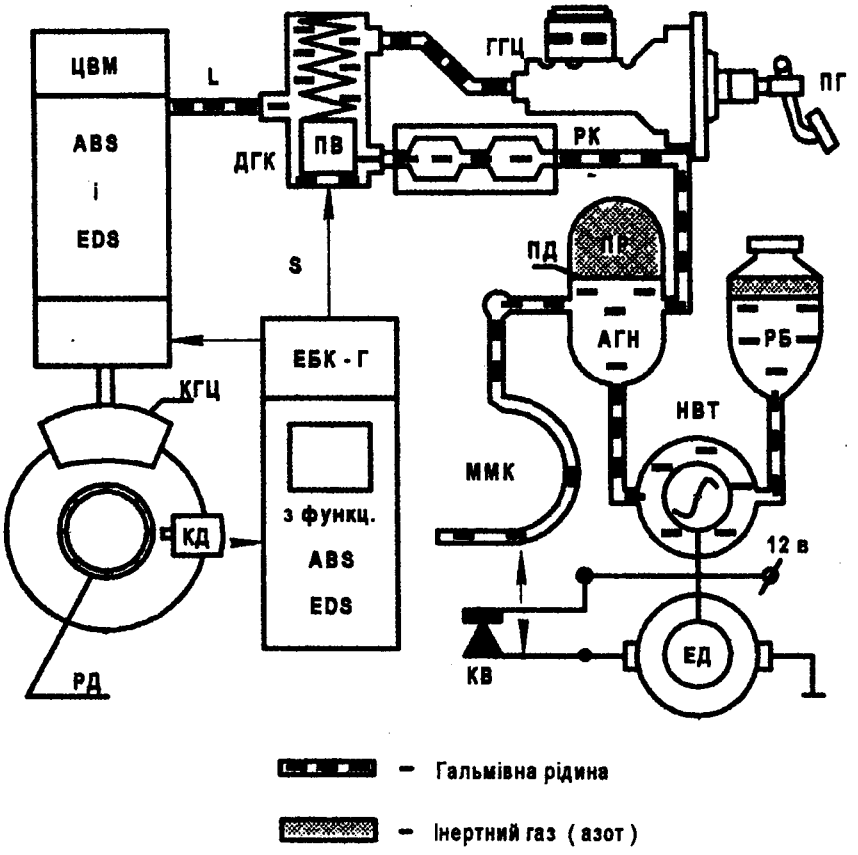


Рис. 8.8. Модель системи ABS з функціями EDS

У реальних варіантах виконання автономний гідронагнітач АГН одночасно є і гідропідсилювачем гальм. В такому випадку в систему додається ще один додатковий електрогідроклапан ДГК для переключення гідронагнітача АГН (на рис. 8.8 другий ДГН не показаний).

Тиск в АГН підтримується постійним спочатку за рахунок напору на пружну діафрагму ПД з боку пневморесивера ПР, заповненого азотом під високим тиском (не менше 160 бар). Коли гальмівної рідини в АГН стає мало, пружний виток манометричного вимикача ММК згортається, контакти КВ включають електродвигун ЕД гідронасоса високого тиску НВТ і починається перекачування гальмівної рідини із резервного бачка РБ в порожнину АГН. Коли тиск в АГН піднімається до норми, пружний виток ММК знову випрямляється і контакти КВ вимикають електродвигун насоса.

Внаслідок роботи системи EDS виникає реактивний момент в диференціалі, котрий за дією подібний до механічного блокування. При цьому колесо, що має краще зчеплення з дорогою, збільшує тягове зусилля. Наявність електронного блокування диференціалу збільшує тягове зусилля автомобіля в 5-6 разів. Система EDS працює наступним чином.

Коли система знаходиться в статичному стані (автомобіль не рухається), функції ABS та EDS не виконуються або виконуються в режимі «гальмування без ABS». Додатковий гідроклапан ДГК-1 закритий, а ДГК-2 відкритий. Коли немає нерівномірності частот обертання коліс і ЕБК-Г не подає ніяких сигналів, то гальмівна рідина під тиском від ГГЦ через відкритий ДГК-2, канал «L» та центральний виконавчий механізм поступає до колісних гальмівних циліндрів. Відбувається рівномірне гальмування коліс автомобіля.

У разі пробуксовки одного із ведучих коліс система переходить в режим електронного блокування диференціалу. Це відбувається тоді, коли швидкість обертання одного ведучого колеса відрізняється більше ніж на 1,5 оберта за секунду від іншого. Тоді по сигналу «S» від ЕБК-Г додатковий клапан ДГК-2 закривається, а ДГК-1 відкривається. Гальмівна система відключається від головного гальмівного циліндра і потрапляє під прямий вплив високого тиску (160-180 бар) системи EDS, тобто через редукційний клапан (РК) приєднується до автономного гідронагнітача (АГН). Високий тиск подається на центральний виконавчий механізм, котрий через клапани (див. описання системи ABS) пропускає гальмівну рідину до колеса, яке пробуксовує, тим самим гальмуючи його. Реактивний момент, що виникає в диференціалі автомобіля, збільшує тягову силу нерухомого (чи того що обертається з малою швидкістю) колеса і сприяє збільшенню тягового зусилля автомобіля.

8.4. Електронне керування коробкою передач

Розвиток електроніки дав змогу створити системи автоматичного керування коробкою перемикання передач, що полегшує працю водія, підвищує паливну економічність, забезпечує чистоту відпрацьованих газів, поліпшує приймальність та інші показники автомобіля. Електронні системи керують передачею потужності двигуна на ведучі колеса, враховуючи умови руху автомобіля щоб зменшити витрати пального та підвищити тягово-швидкісні властивості.

Спочатку на великовантажних, а потім і на легкових автомобілях стали встановлювати автоматичну коробку передач (АКП), котра перемикає передачі без участі водія.

Як правило, автоматична КП для легкових автомобілів складається з гідротрансформатора, планетарного редуктора із ступеневим перемиканням і фрикційних пристроїв з гідроприводом (гальмівні стрічки і муфти). Всередині коробки встановлюється також гідронасос для керуючого тиску, котрий подається на гідроприводи фрикціонів.

Для автоматичного перемикання передач АКП дообладнана блоком електромагнітних клапанів, який встановлюється під планетарним редуктором і керується електричними сигналами від електронного блоку керування (ЕБК-АКП).

Вхідними сигналами для ЕБК-АКП, по яких формується послідовність перемикань в блоці електромагнітних клапанів, можуть бути такі сигнали:

– частота обертання колінвала ДВЗ (від ДКВ);

– частота обертання вторинного (вихідного) валу АКП або швидкість руху автомобіля від КД;

– положення дросельної заслінки та швидкість її переміщення (від ДПД);

– навантаження ДВЗ (від ДНД);

– температура ДВЗ (від ДТД);

– положення важеля АКП (від МФП);

– положення перемикача режиму «Kickdown» – понижуюча передача (від ДТТ).

Оскільки всі перераховані сигнали керування становлять собою неелектричні величини, то вони перетворюються в електричні (аналогові чи цифрові) за допомогою спеціальних перетворювачів.

Якщо автомобіль обладнаний електронними системами керування двигуном (ЕСАК-Д) та гідравлічними гальмами з ЕБК-Г, то частина керуючих сигналів для АКП береться від цих систем. Наприклад, від системи ABS використовуються сигнали колісних датчиків (КД) по яких вираховуються середня швидкість руху автомобіля або частота обертання вторинного вала АКП. Від системи керування двигуном до АКП поступають сигнали про частоту обертання та навантаження ДВЗ, а також сигнал про положення та швидкість повороту дросельної заслінки.

На рис. 8.9 показана функціональна блок-схема автоматичної коробки передач (модель 018) німецького автомобіля «Audi-A8», на який є наступні позначення: МК-АКП– мікропроцесор; П1…П5 – вхідні перетворювачі неелектричних величин від датчиків в електричні сигнали для МК-АКП; Р1…Р5 – вихідні струмові реле з «сухими» контактами для вмикання електромагнітних клапанів АКП; ЗП (П) і ЗП (Н) – запам'ятовуючі пристрої для зберігання програм (П) перемикання та кодів несправностей (Н) – відповідно.

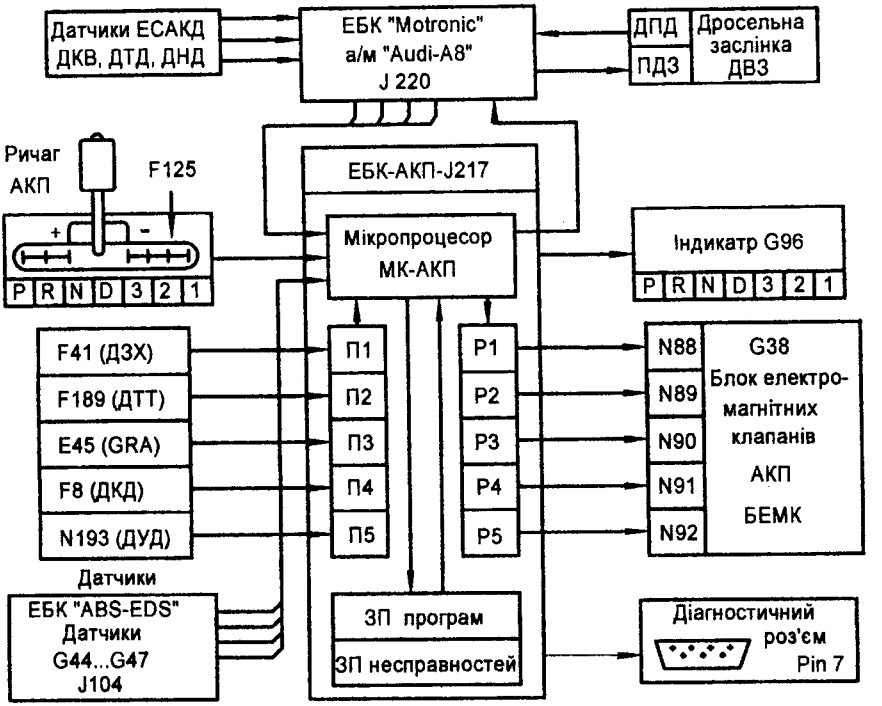


Рис. 8.9. Функціональна блок-схема автоматичної коробки передач (модель "Audi-A8-018")

Як було сказано вище, АКП складається з гідротрансформатора та планетарного редуктора. Прикладом може служити автоматична коробка передач автомобіля BMW моделі 5201 та 5251, що представлена на рис. 8.10.

Автоматична коробка передач з гідротрансформатором не має постійного передаточного числа в будь-якому з положень перемикача швидкостей, чим забезпечується безступенева передача крутного моменту від двигуна до ведучих коліс при рушанні автомобіля з місця та при прискоренні. Пояснюється це тим, що передаточне число АКП, доки в ній не заблокований гідротрансформатор, може змінюватись під дією перерозподілу крутного моменту між трьома робочими колесами гідротрансформатора. Перше робоче колесо 1 з'єднано жорстко з колінвалом ДВЗ і називається насосним. Своїми лопатками насосне колесо нагнітає трансмісійну оливу під відцентровим тиском (залежним від частоти обертання ДВЗ) на лопатки іншого (турбінного) колеса, котре приводить в обертання вторинний (вихідний) вал АКП з яким турбінне колесо зв'язано жорстко. Третє робоче колесо встановлено на муфті вільного ходу 14

між насосним і турбінними колесами. Це колесо називається реактором L. Лопатки реактора сприймають потік оливи від турбінного колеса і змінюють напрямок потоку таким чином, що він (потік) повторно направляється на лопатки турбінного колеса. Турбіна отримує додатковий крутний момент, котрий складається з моментом отриманим турбінним колесом від насосного колеса. Таким чином, сумарний крутний момент на виході гідротрансформатора може бути більшим, ніж на його вході, і визначається частотою обертання турбінного колеса.

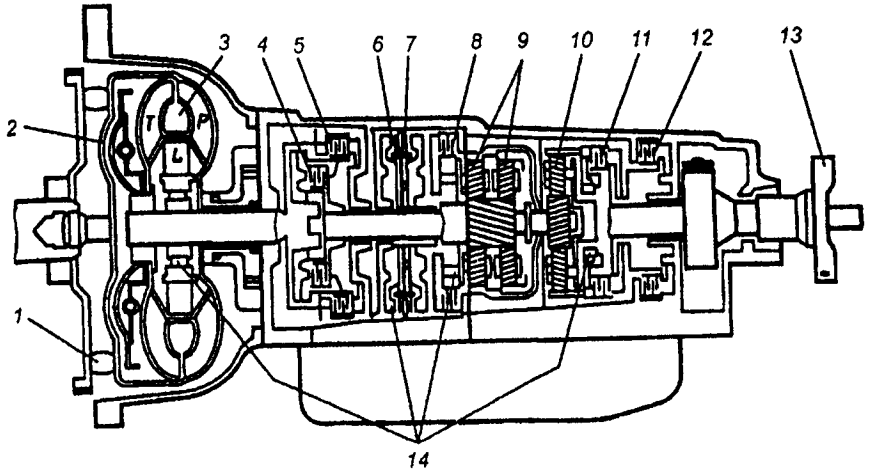


Рис. 8.10. Автоматична коробка передач:
1 – ведучий диск; 2 – муфта блокування гідротрансформатора крутного моменту; 3 – гідротрансформатор крутного моменту; 4, 5, 7 і 11 – дискові фрикціони, що обертаються відповідно «А», «В», «Е»; 6 – нерухомий дисковий фрикціон (гальмо) «С»; 8 – нерухомий дисковий фрикціон (гальмо) «Д»; 9 – блок планетарних шестерень; 10 – блок планетарних шестерень 4-ї передачі; 12 – нерухомий дисковий фрикціон (гальмо) «F»; 13 – фланець вихідного вала; 14 – муфта вільного ходу; Р – насос; L – реактор; Т – турбіна

Якщо швидкість руху автомобіля знижується під дією збільшення навантаження (підйом вгору), то частота обертання турбінного колеса падає, а крутний момент збільшується. При збільшенні швидкості автомобіля (при розгоні на прямій ділянці дороги) частота обертання турбіни збільшується, що призводить до зменшення крутного моменту в гідротрансформаторі, а як наслідок, тягова сила на ведучих колесах зменшується. При деякий частоті обертання вторинного (вихідного) вала АК реактор починає прокручуватись відносно муфти вільного ходу і гідротрансформатор втрачає властивості перетворювача крутного моменту.

При цьому швидкості обертання первинного та вторинного валів АКП стають майже одинакові.

Діапазон зміни крутного моменту за допомогою гідротрансформатора обмежений збільшенням в 2,5...3 рази. Цього достатньо для забезпечення нормальної роботи АКП в одному із фіксованих положень перемикача швидкостей. Але цього недостатньо для стійкої роботи двигуна на всіх можливих режимах руху автомобіля. Тому автоматична КП включає в свій склад багатоступеневу механічну коробку з переключенням швидкостей за допомогою електромагнітних клапанів. Самі клапани керуються сигналами від ЕБК-АКП (див. рис. 8.9).

Автоматичний перемикач швидкостей АКП є блоком електромагнітних клапанів, розташованих знизу коробки передач під планетарним редуктором. Його головна функція полягає в механічному переміщенні шестерень планетарного редуктора в положення, відповідне одній із передач АКП. Сучасні автоматичні коробки легкових автомобілів мають 3 або 4 передачі переднього ходу і одну назад. Цим забезпечуються стандартні режими руху автомобіля.

Динаміка руху автомобіля та робота АКП значною мірою визначається дорожніми умовами та манерою керування автомобілем, яка визначається водієм. Наприклад, при механічній коробці передач водій керує автомобілем неквапливо, спокійно і ставить перед собою головною метою поїздки економію пального та безпеку руху. В такому разі він вмикає передачі плавно, розганяє автомобіль рівномірно і повільно, на підвищені передачі перемикається за показниками спідометра: перша передача – до 20 км/год, друга – до 40 км/год, третя – до 60 км/год, четверта – до 80 км/год, п'ята – до 100 км/год. Таку ж програму руху можливо реалізувати і за допомогою автоматичної коробки передач, якщо алгоритм керування раніше закласти в постійну пам'ять ЕБК-АКП. Тоді система АКП буде діяти аналогічно водієві: плавно (поступовим відкриттям дросельної заслінки) збільшувати швидкість руху автомобіля; при досягненні швидкості 20 км/год відбудеться автоматичне перемикання з першої передачі на другу і т.д. Такий режим називається «економічним» і закладається в пам'ять ЕБК-АКП як «перший».

В іншому випадку при механічній коробці передач, коли водію необхідно терміново приїхати в потрібне місце, а часу немає, то він забуває про економію пального і передачі вмикає швидким поштовхом важіля, розганяється інтенсивно, затримує перемикання на вищу передачу до максимально високих обертів ДВЗ. Такий режим руху називається «спортивним», і також може бути запрограмованим для ЕБК-АКП. При складанні програм для ЕБК-АКП між економічним та спортивними режимами руху в пам'ять ЕБК-АКП закладаються ще три проміжні стандартні програми для звичайних умов руху.

В автомобілях середнього споживчого класу п'ять стандартних програм вибираються водієм за допомогою спеціального перемикача програм, і тоді АКП виконує свої функції строго в межах вибраного режиму. Водій в будь-який час може перевести АКП з автоматичного керування в режим індивідуального керування. Для цього достатньо скористатися важелем перемикання передач, але режим «DSP» (автоматичного перемикання програм) не реалізується.

На автомобілях високого споживчого класу перемикач програм не встановлюється, а програми перемикаються автоматично. З цією метою важіль АКП має не одну, а дві доріжки для пересування.

На першій (основній) доріжці забезпечується фіксація важеля в семи стандартних положеннях: P – стоянка; R – задній хід; N – нейтраль; D – автоматичне перемикання 1-4 передач; 3 – автоматичне перемикання 1-3 передач; 2 – автоматичне перемикання 1 і 2 передач (для максимального гальмування двигуном); 1 – вмикання тільки першої передачі.

На першій доріжці виконується і додаткова функція DSP. На другу (додаткову) доріжку важіль може бути переведений тільки з положення «D» на основній доріжці. Для цього важіль нахиляється вправо і фіксується. На додатковій доріжці важіль може пересуватись вперед і назад без фіксації в цих положеннях. Переводом важеля на додаткову доріжку вмикається режим «Tiptronic». В цьому режимі легке проштовхування важеля керування вперед призводить до миттєвого перемикання АКП на слідуючу підвищену передачу.

Діями в зворотньому напрямку (назад) АКП перемикається на понижуючу передачу.

При форсованому прискоренні автомобіля в режимі «Tiptronic» перемикання передач АКП на більш високу передачу може здійснюватись тільки вручну, наступним поштовхом важеля уперед. Але зворотнє перемикання передач (на зниження) при сповільненні відбувається автоматично. Для перемикання системи АКП з однієї програми керування на іншу без участі водія додатково використовуються сигнали про положення і швидкість переміщення дросельної заслінки (від датчика дросельної заслінки в системі ЕСАКД, а також сигнали про прискорення автомобіля і про різницю частот обертання між колесами переднього та заднього мостів (від датчиків ЕБК-ABS-EDS).

Таким чином, за сукупністю цих сигналів та сигналів про частоту обертання колінвала ДВЗ та вторинного вала АКП мікропроцесор (МК) в ЕБК-АКП визначає поточну ситуацію динаміки руху, аналізуючи манеру їзди та наміри водія, вибирає відповідну програму керування для АКП.

Для автомобілів високого споживчого класу складається пакет із десяти (SP1...SP10) робочих динамічних програм, перші п'ять із яких (SP1...SP5) стандартні (від економічної SP1 до спортивної SP5) та ще

п'ять спеціальних. SP6 – програма для фази прогрівання ДВЗ, АКП та каталізатора. Програма SP7 є програмою перемикання АКП в режимі «Tiptronic». Програми SP8, SP9, SP10 орієнтовані на роботу АКП при русі автомобіля в гірський місцевості. Так, програма SP8 запобігає перемиканню на більш високу передачу якщо автомобіль рухається під ухил. Якщо при цьому приводиться в дію гальмо, то програма SP9 здійснює перемикання АКП на більш низьку передачу і здійснює додаткове гальмування двигуном. При русі на підйом програма SP10 вибирає оптимальну швидкість руху на пониженій передачі і при цьому запобігає частому перемиканню передач водієм.

Автоматична коробка передач працює таким чином:

- пуск двигуна стартером можливий тільки в положенні P або N важеля селектора F125. В інших положеннях цього важеля стартер блокується і запуск ДВЗ неможливий;
- якщо важіль селектора встановлений в положення «2» або «3», то АК працює з перемиканням передач тільки до встановленої межі і назад;
- всі перемикання передач реалізуються за допомогою блоку електромагнітних клапанів G38, котрі одночасно є цифровим (кодовим) датчиком частоти обертання вторинного вала АКП. Блок G38 керується електричними сигналами від ЕБК-АКП (J217).
- блок ЕБК (J217) та ЕБК «Motronic» (J220) постійно обмінюються інформацією, тим самим реалізується своєчасне і якісне перемикання передач в АКП;
- положення селекторного важеля АКП висвічується на світловому табло G96 і на покажчику, розташованому уздовж основної доріжки важеля;
- для проведення діагностики несправностей в АКП в умовах СТО передбачене діагностичне розняття Pin 7. Діагностуванню підлягають всі вхідні пристрої і датчики, а також електромагнітні клапани.

8.5. Обслуговування та діагностування електронних систем керування трансмісією

Обслуговування та діагностування цих систем дещо відрізняється між собою, оскільки конструкція електронних систем на різних автомобілях різна. Кожна фірма, що виготовляє автомобілі розробляє методику обслуговування та діагностування систем своїх автомобілів, а тому слід керуватися саме цими методиками і строго дотримуватись їх.

Для прикладу розглянемо методику технічного обслуговування німецького автомобіля «Opel-Omega».

Завод попереджає, що становлення ABS на їхні автомобілі за межами заводу заборонено. Система ABS готова до роботи з моменту включення

замка запалювання. При рушанні з місця на швидкостях 6,15 і 30 км/год має відбуватися самоперевірка ABS, що може бути чути по роботі відкачуючого маслонасоса. ЕБК гальмами має пристрій захисту, котрий слідкує за тим, щоб ABS відключалась при наявності несправності (наприклад, при обриві кабелю, або при спаді напруги акумуляторної батареї нижче 10,5 В). В цьому випадку на пульті під час руху загорається контрольна лампочка. Звичайна гальмівна система при цьому продовжує працювати. Автомобіль при гальмуванні веде себе так, ніби ABS відсутня. Якщо під час руху загорається контрольна лампа ABS, значить система відключилась. При технічному обслуговуванні слід перевірити рівень гальмівної рідини в бачку головного гальмівного циліндра. Він завжди має бути не вище відмітки MAX і не нижче відмітки MIN. Доливати слід лише гальмівну рідину вказану в інструкції на автомобіль «Opel-Omega».

Внаслідок зносу гальмівних дисків та гальмівних колодок дещо зменшується рівень гальмівної рідини. Це нормально. Якщо ж протягом короткого часу рівень рідини значно знижується, це є ознакою її витікання. Місце витікання має бути встановлено негайно. Як правило, причиною витікання є манжети в гальмівних циліндрах коліс.

Під час ТО перевіряється товщина гальмівних колодок. Спочатку слід візуально оцінити товщину гальмівних колодок знявши колеса. При необхідності вийняти колодки і перевірити їх товщину разом з пластинами за допомогою штангенциркуля. Граничний знос гальмівних колодок досягнув межі, якщо товщина колодки з пластиною рівна 7 мм. В такому випадку слід замінити всі колодки одної вісі.

Слід пам'ятати, що кожний 1 мм зносу гальмівної колодки має відповідати 1000 км пробігу автомобіля навіть при несприятливих умовах експлуатації. В нормальних умовах колодки працюють значно довше. При товщині колодки 10 мм (разом з пластинами) вони можуть служити як мінімум 3000 км.

Гальмівні трубопроводи перевіряються візуально. Слід пам'ятати, що для захисту від корозії вони покриті пластмасою. Якщо шар пластмаси пошкоджений, то це може призвести до корозії. тому гальмівні трубопроводи неможна чистити металевою щіткою, наждачною шкіркою чи гострим металевим предметом.

Якщо автомобіль має великий вільний хід гальмівної педалі то це свідчить, що гальмівні колодки мають великий знос, або гальмівний контур вийшов з ладу. Якщо гальмівна педаль продавлюється далеко і ніби пружинить, то це говорить, що в гальмівній системі наявне повітря, або недостає гальмівної рідини в розширюючому бачку.

Негерметичність трубопроводів призводить до послаблення дії гальм. Пошкодження манжет головного гальмівного циліндра або гальмівних циліндрів коліс викликає протискування гальмівної педалі. Замаслення

гальмівних колодок, знос їх чи знос гальмівних дисків викликає низьку ефективність дії гальм навіть при сильному натисканні на педаль.

Якщо гальма працюють тільки з одного боку, то це говорить про нерівномірний знос колодок, або про замаслювання колодок протилежного боку, або про корозію в циліндрах супорта.

Коли гріються гальма під час руху автомобіля, то це свідчить, що гальмо буксує, наприклад, через те, що забитий урівноважуючий отвір в головному гальмівному циліндрі.

Гальма вібрують через корозію окремих місць гальмівних дисків, або через погане кріплення супорта.

Пульсація гальм відбувається через несправну роботу ABS, або якщо гальмівний диск обертається не паралельно по відношенню до супорта.

Дефект головного гальмівного циліндра призводить до того, що гальмівна педаль провалюється після легкого натискування на неї.

Діагностування гальмівних систем з ABS та EDS на СТО проводять за допомогою тестерів-сканерів аналогічних сканером для діагностування мікропроцесорних систем запалювання (див. розділ 3) та систем впорскування пального (див. розділ 4). Так фірма «Volkswagen» гальмівні системи своїх автомобілів діагностує за допомогою сканера VAG-1551. Для цього в електричну схему включене контрольне розняття для стендової діагностики.

Технічне обслуговування автоматичної коробки передач розглянемо на прикладі автомобіля «Mersedes-Benz». Фірма звертає особливу увагу на підтримку рівня оливи в своїх АКП. Це має забезпечуватись з великою ретельністю і зводиться до перевірки рівня оливи, її заміни і заміни фільтра.

Звертається увага, що при перевірці олива має бути при температурі біля 80 °С. При більш високих або низьких температурах її рівень може лежати вище або нижче відміток. Наприклад, максимальний рівень оливи при холодній АКП 20...30 °С) лежить нижче мінімального рівня на 12 мм. Тому перевірка має проводитись при t=80 °С.

Перевірка рівня оливи полягає в наступному. Автомобіль встановлюють на рівну поверхню. Запускають двигун на холостих обертах на 1-2 хв. Важіль керування АКП ставлять в положення Р, включають ручне гальмо. Двигун під час перевірки повинен працювати на холостих обертах. Важіль селектора переводять із положення 2 в положення 1 і виймають щуп рівня оливи. Рівень оливи повинен доходити приблизно до максимальної відмітки на щупі.

Слід пам'ятати, що при дуже низькому рівні оливи чутно як насос оливи засмоктує повітря. Через це олива піниться, а тому при перевірці можна прийти до невірного результату. В цьому випадку слід вимкнути двигун, приблизно через 2 хвилини долити деяку кількість оливи і ще раз

перевірити рівень оливи в АКП при працюючому двигуні.

Не потрібно заливати дуже багато оливи. Це може викликати несправності АКП.

Стару оливу на щупі перевіряють на вид та запах. Перегорілі фрикційні накладки викликають запах гару. Через забруднену оливу можуть виникнути несправності в системі керування АКП.

Застосовувати потрібно лише оливи, допущені до застосування заводом-виготовлювачем автомобіля. Без трансмісійної оливи в перетворювачі крутного моменту не можна ні запускати двигун, ні буксирувати автомобіль.

Це пов'язано з тим, що під час буксирування автомобіля масляний насос не працює і деталі коробки передач змащуються погано. Щоб виключити підвищений знос деталей автоматичної коробки передач, рекомендується при буксуванні від'єднувати карданний вал.

Якщо буксирувати автомобіль на відстань до 50 км, то швидкість буксирування не повинна перевищувати 40-50 км/год. Тоді карданний вал можна не від'єднувати.

Замінюють трансмісійну оливу в автомобілях «Mersedes-Benz» через кожні 60 000 км пробігу, одночасно змінюють фільтр.

Діагностування АКП проводиться за допомогою спеціалізованих сканерів приєднуючи їх до діагностичних рознять, які присутні в кожній схемі АКП (див. рис. 8.9 Pin 7) цього розділу.

Контрольні запитання

1. Поясніть необхідність застосування системи ABS на автомобілі.
2. Поясніть принцип роботи ABS гальм.
3. Поясніть роботу системи ABS в різних режимах.
4. З чого складається ЕБК ABS гальм?
5. Як працює індукційний датчик частоти обертання колеса?
6. Необхідність застосування EDS ведучого моста.
7. Поясніть роботу системи EDS ведучого моста.
8. За блок-схемою поясніть роботу АКП.
9. Обслуговування та діагностування електронних систем керування трансмісією.

Розділ 9. КОМУТАЦІЙНА АПАРАТУРА ТА ЕЛЕКТРОННІ ПРОТИКРАДІЖНІ ПРИСТРОЇ

9.1. Загальні відомості

Джерела електричної енергії та її споживачі, що встановлені на автомобілі, з'єднуються між собою і створюють бортову електричну мережу. Основними елементами цієї мережі є з'єднувальні проводи, засоби захисту від перевантажень, засоби комутації (вимикачі, перемикачі) та різні з'єднувальні та розподільні пристрої. Автомобільні електричні мережі – це мережі постійного струму з номінальною напругою 12 чи 24 В. З метою економії витрат проводів і спрощення монтажу електрообладнання на автомобілях використовується однопровідна система передачі електроенергії. Другим з'єднувальним проводом є корпус автомобіля. Двопровідна система передачі електричної енергії застосовується на автомобілях дуже рідко: наприклад, для ліхтарів стоянки, які мають працювати незалежно від положення вимикача «маси», звукових сигналів та ін. Недоліком однопровідної схеми є підвищена ймовірність виникнення короткого замикання між проводами та корпусом.

З метою спрощення пошуку несправностей в електричних колах, уніфікації джгутів проводів на різних моделях автомобілів, спрощення монтажу та заміни джгутів в експлуатації запобіжники та реле в колах керування на сучасних автомобілях конструктивно об'єднують в один блок. В цьому разі блок є центральним розподільним пристроєм, до якого за допомогою штекерних колодок під'єднуються основні джгути проводів, що з'єднують моторний відсік, панель приладів, і задні ліхтарі. З огляду на значні витрати міді гостро постає питання економії проводів в електричних мережах автомобілів. Наприклад, на автомобіль ЗІЛ-130 потрібно 160 м проводів. На дизельному автомобілі ЗІЛ-4331 витрати становлять 430 м мідних проводів. Загальна довжина поводів МАЗ, КамАЗ досягає 700 м. Наприклад, сумарна довжина проводів легкових автомобілів становить 178 м на ГАЗ-3129, 250 м на ВАЗ-2107, 220 м на «Москвичу-2141».

Електрообладнання сучасних автомобілів – це складний комплекс джерел електричної енергії, пристроїв запалювання, електричних двигунів, контрольних приладів, приладів зовнішнього освітлення та сигналізації, різних комутаційних пристроїв, з'єднувальних проводів, об'єднаних в спільну електричну систему.

Споживачі великої потужності, і які працюють короткочасно, а також прилади, робота яких потрібна в аварійних ситуаціях, з'єднуються безпосередньо з акумуляторною батареєю. Це стартер, прилади термостата та передпускового підігрівання, аварійна сигналізація переривачів поворотів, розетка для переносного ліхтаря. Інші споживачі під'єднуються до лінії амперметр – генератор. Ці споживачі залежно від характеру роботи можуть підмикатись через вимикач запалювання, якщо вони працюють тільки при запущеному двигуні (опалювач, склоочисник, контрольні прилади); або через центральний перемикач (прилади зовнішнього освітлення).

Захист електричних кіл від коротких замикань та перевантажень виконується плавкими та термобіметалевими запобіжниками. Біметалеві запобіжники більш інерційні порівняно з плавкими під час великих перевантажень. Тому їх використовують для захисту мережі електродвигунів, коли пускові струми в 3...6 разів перевищують номінальні навантаження двигуна.

З метою скорочення контактних з'єднань та зменшення витрат проводів на автомобілях застосовують груповий засіб захисту електричних кіл, коли одним запобіжником захищаються декілька електричних кіл.

Не повинні під'єднуватись до одного запобіжника взаємозамінні прилади, наприклад, розетка переносного ліхтаря та підкапотна лампа, освітлення контрольних приладів та ліхтарів салону і т.д.

З метою підвищення надійності роботи системи електрообладнання не захищаються кола заряду акумуляторної батареї, пуску, системи запалювання.

Маркуються виводи виробів електрообладнання за допомогою цифр та літер. Залежно від функціонального призначення та уніфікації виробів електрообладнання автомобільні фірми різних країн беруть таке позначення: електропостачання – 30; система запалювання – 15; стартер – 50; склоочисник – 53; покажчик повороту – 49; перемикач світла фар – 56; далеке світло фар – 56а; ближнє світло фар – 56в; габаритні ліхтарі – 58; обмотка електромагнітного реле – 85, 86; корпус автомобіля – 31.

Аби полегшити монтаж, знаходження несправностей та ремонт електричних мереж на автомобілях застосовують проводи різного кольору: білого, жовтого, оранжевого, червоного, рожевого, синього, зеленого, коричневого, чорного, сірого та фіолетового. Зверху суцільного кольору допускається нанесення додаткового кольору у вигляді кілець або смужок (білого, чорного, червоного, голубого). Ізоляцією автомобільних проводів є полівінілхлоридний пластикат. Він масло-, бензо- та кислотостійкий, не поширює горіння, працює при високих та низьких температурах.

Вибираючи переріз проводу, потрібно враховувати силу струму з розрахунку нагрівання, напругу в колі, механічну міцність та спосіб

прокладання (одинокий чи в пучку). Залежно від типу проводу переріз його жили може бути, мм^2: 0,5; 0,75; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0; 6,0; 10; 16; 25; 35; 50; 70 та 95. Нижче наведено залежність між перерізом проводу, його опором та допустимою силою струму при тривалому навантаженні і при температурі навколишнього середовища 80 °С:

Переріз проводу, мм^2	0,5	0,75	1,0	1,5	2,5	4,0	6,0	16,0
Електричний опір, Ом/м·10^{-2}	3,7	2,5	1,85	1,2	0,72	0,46	0,29	0,1
Допустима сила струму, А при t =80 °С	9,5	12,5	15,0	19,0	26,0	35,5	47,0	88,5

Проводи на кінцях мають наконечники під гвинт або штекерне з'єднання. Наконечники з'єднуються з проводом методом паяння або пресування.

9.2. Мультиплексна система проводки

На сучасних автомобілях завдяки розвитку електроніки вдається значно спростити схему бортової мережі, скоротити число джгутів та зменшити масу з'єднувальних проводів.

Мультиплексна система проводки передбачає підведення до всіх пристроїв, що входять в систему, двох загальних шин – силової, по якій до споживачів подається «плюс» системи енергопостачання, та керуючої, по якій подається сигнал на вмикання чи вимикання. Таким чином в автомобілі по одному проводу передається декілька сигналів. Це система також дозволяє суттєво спростити конструкцію монтажу каналів в кузові та вузлів з'єднання дверей з кузовом.

В мультиплексній системі сигнали, що керують виконавчими механізмами електродвигунами, лампами, і. т.п.) спочатку обробляються мультиплексором (пристрій, що об'єднує декілька сигналів) і передаються до виконавчих пристроїв по одній керуючій шині. На приймальному кінці сигнали перетворюються за допомогою демультиплексора і поступають на виконавчі пристрої.

Прикладом мультиплексної системи зв'язку може служити система приведена на рис. 9.1. Вимикачі 8 систем керування в ній концентруються на дверях, а зв'язок з ЕБК 6, що розташований в дверях кузова, забезпечується за допомогою світловоду 5.

ЕБК системи виконує такі функції керування: блокування та розблокування дверей, поворотом вікон, положенням скла у вікнах, регулюванням сидінь, підігрівом сидінь, підсвіткою попільнички і вимикачів, освітленням під передньою панеллю та освітленням гнізда ключа запалювання.

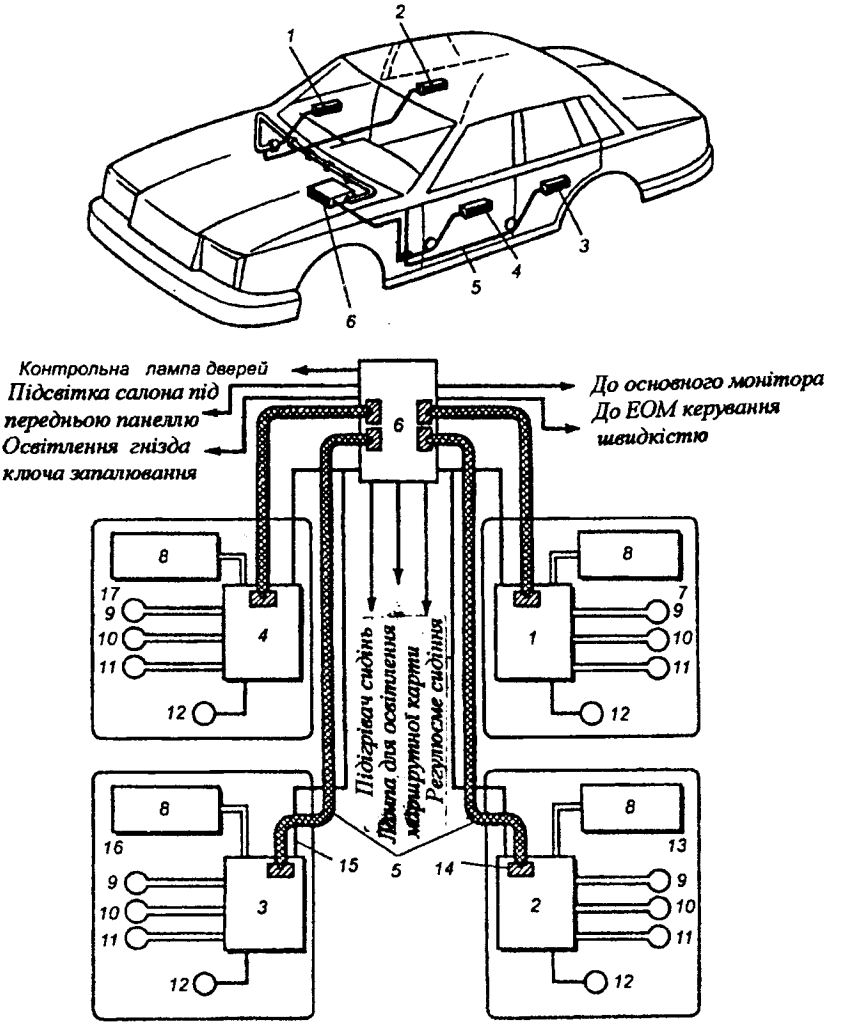


Рис. 9.1. Мультиплексна система автомобіля «Toyota»:
1 та 2 – відповідно передній та задній праві ЕБК; 3 та 4 – відповідно задній та передній ліві ЕБК; 5 – світловоди; 6 – ЕБК кузова; 7 і 13 – передні та задні праві двері; 8 – вимикачі; 9 і 10 – електродвигуни для переміщення та повороту віконного скла відповідно; 11 – електромагніти блокування та розблокування дверей; 12 – освітлення попільниці; 14 – прийомопередаючий оптичний елемент; 15 – шина джерела живлення; 16 і 17 – задні та передні ліві двері відповідно

Передача інформації між ЕБК здійснюється стартостопним способом. При цьому способі на початку і на кінці даних додаються сигнали так звані стартовий біт і біт зупинки, котрі синхронізують роботу приймальних та передаючих пристроїв. Швидкість передачі даних при такому способі невисока. Однак стартостопний спосіб отримав найбільш широке розповсюдження так як він забезпечує достатньо надійну синхронізацію даних. Швидкість передачі даних становить 2000 біт/с. ЕБК 2, що розташований в передніх правих дверях є ведучим елементом мультиплексної системи зв'язку. Він генерує 32-бітні послідовності керуючих імпульсів (первинні сигнали) котрі через ЕБК кузова передаються на ЕБК в інших дверях. ЕБК записує в зоні цих сигналів стан вимикачів і потім передає сигнали в ЕБК кузова, котрий обробляє їх і передає вихідні сигнали на виконавчі механізми кузова.

Система оптичного зв'язку складається з оптичних передавачів та приймачів, а також світловодів. В оптичному передавачі використовуються світлодіод, котрий перетворює електричні сигнали в світлові. В оптичному приймачі фотодіод перетворює світловий сигнал, переданий по світловоду в електричний. Приймач і передавач виконані в спільній конструкції у вигляді так званого модуля зв'язку.

Світловоди можна поділити на два типи – скляні та пластмасові. В даній системі застосовуються пластмасові світловоди, котрим властиві більші втрати і гірші характеристики передачі, ніж скляним. Але пластмасові світловоди майже не ламаються на згинах, дешевші і забезпечують простоту з'єднань (рис. 9.2). Розповсюдження світла досягається використанням матеріалів з різними коефіцієнтами заломлення.

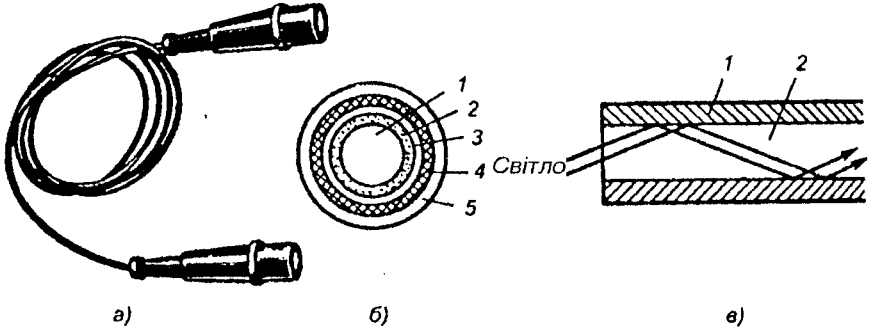


Рис. 9.2. Світловод:
а – зовнішній вигляд; б – переріз; в – принцип дії; 1 – серцевина (пластмаса); 2 – оболонка; 3 – перше покриття, що підсилює серцевину і оболонку; 4 – арматурний матеріал, що зберігає світловод від розтягування; 5 – вторинне покриття, що захищає від зовнішнього впливу

Коефіцієнт заломлення серцевини 1 значно вищий, ніж оболонки 2. Світло повністю відбивається на межі «оболонка-серцевина» і розповсюджується вздовж волокна.

9.3. Електронні протикрадіжні пристрої

В останні роки вимоги до захисту автомобіля від крадіжки, і дверей автомобіля від несанкціонованого відкриття стали обов'язковими. Зараз автомобілебудівні фірми обладнують кожний легковий автомобіль центральним замком дверей з захисним блокуванням або імобілайзером.

Існує безліч систем і схем протикрадіжних пристроїв які зараз встановлюються на автомобілях в різних країнах світу. Одна із таких, а саме система блокування замків дверей з моторедуктором 87-3730 та електронним блоком керування 7403.3761 показана на рис. 7.10 глави 7.

Принцип дії імобілайзера аналогічний тому, що за допомогою захованого, в потайному місці автомобіля вимикача, можна розімкнути любий провід, відключить «масу», блокувати котушку запалювання, знеструмить комутатор чи стартер. А щоб зовсім заплутати крадія непогано було б перервати всі ці кола одночасно. Але перед кожним запуском двигуна вмикати чотири чи п'ять вимикачів схованих по всьому салону незручно. Значно зручніше мати спільний «рубильник» зручний в експлуатації і недоступний для крадія. Цей принцип закладений в основу протикрадіжних імобілайзерів.

В залежності від моделей в схемі імобілайзера є 2-6 електромагнітних реле (рис. 9.3). Кожне з них обслуговує окремий канал переривання. Реле виконує функцію секретних тумблерів, тобто замикає та розмикає ті чи інші електрокола.

Як правило, в автомобілі блокують стартер, апаратуру керування впорскування палива, електромеханічні бензонасоси, котушки в контактних системах запалювання та комутатори в електронних системах запалювання, бортові комп'ютери і т. д.

Процесор – центр всього протикрадіжного пристрою – представляє собою друковану плату з електронними мікросхемами. Він вмикає та вимикає реле, формує команди сигнальним пристроям та приймає коди від системи керування.

Реле та процесор старанно ховають від крадія, вони знаходяться в спільному корпусі, котрий, як правило, монтують в потайному місці. Звичайно, корпус нерозбірний із міцного пластика.

Якщо навіть крадій знайде блок керування, то визначити, що в автомобілі заблоковано, дуже складно.

Всі імобілайзери переходять в режим захисту від угону автоматично – через декілька секунд після того, як буде вимкнено запалювання, а ось

конструкції систем керування для зняття комплексу з охорони фірми-виготовлювачі використовують різні.

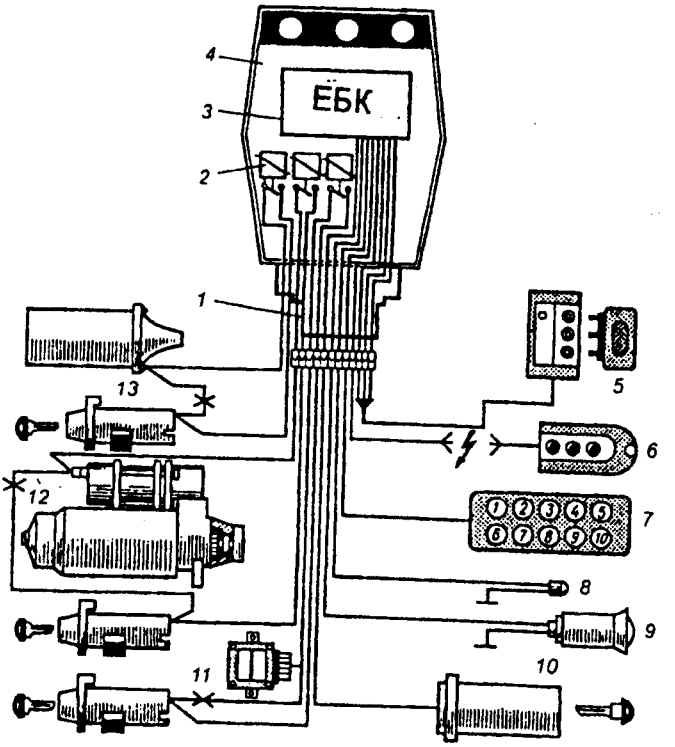


Рис. 9.3. Функціональна схема імобілайзера:
1 – розняття; 2 – перериваюче реле; 3 – блок керування (ЕБК); 4 – корпус; 5 – електронний ключ; 6 – радіобрелок; 7 – кодовий пульт; 8 – сигнальний світлодіод; 9 – додаткова сирена; 10 – керуючий вихід на електронну сигналізацію; 11, 12 і 13 – переривачі відповідно для комутатора, стартера і котушки запалювання

Кнопковий пульт, як правило, розташовують в салоні на видному місці. Користуватись ним просто – водій сідає в автомобіль і набирає пальцем необхідну комбінацію цифр.

Недоліки пульта: набір цифр інколи забирає багато часу, код може підглянути майбутній крадій. Радіобрелок такий же, як у звичайних сигналізаціях, значно зручніший від кнопкового пульту. Він дозволяє легко керувати охоронним комплексом навіть на значній віддалі від автомобіля. Однак радіокод можна перехопити, записати та відтворити. Крім того, необхідно періодично змінювати батарейку в брелку.

Оптимальний і найбільш поширений спосіб керування імобілайзером – електронний ключ. Його встановлюють в спеціальне розняття, змонтоване на панелі приладів, процесор зчитує код, «зашитий» в електронних схемах ключа, і формує команду керування. Контактний спосіб хороший тим, що виключає можливість перехоплення шифру. Підробити електронний ключ практично неможливо: сучасні мікросхеми дозволяють закодувати понад мільйон варіантів комбінацій. Ще одна позитивна властивість ключів в тому, що вони не мають батарейок, майже не зношуються, стійкі до дії вологи, їх важко зруйнувати механічно.

Обов'язковий елемент імобілайзера – сигнальний світлодіод. Власник за його допомогою дізнається, в якому стані знаходиться система в даний момент, а крадій, побачивши мигання світлодіода, зрозуміє, що автомобіль під охороною. Додатково до світлової індикації деякі фірми забезпечують свої автомобілі автономними сиренами.

9.4. Експлуатація комутаційної апаратури та протикрадіжних пристроїв

Під час експлуатації автомобіля потрібно дотримуватися таких правил:

– не допускати потрапляння на проводи води, масла, пального та електроліту;

– систематично чистити ізоляцію проводів від бруду, а за наявності на ізоляції проводів тріщин і пошкоджень ізоляції ліквідувати пошкодження;

– систематично підтискати гвинтові затискачі в місцях приєднання проводів, попередньо почистивши їх від пилу та бруду;

– не рекомендується без потреби знімати штекерні з'єднання, щоб не послабити контактів. Штекерні з'єднання змащують мастилом «Літол-24»;

– систематично перевіряти посадку проводів високої напруги в гнізда кришки розподільника та наконечників свічок;

– перевіряти, чи не розташовані проводи близько до розігрітих деталей двигуна, а проводи високої напруги – до «маси»;

– після усунення причин, що спричинили коротке замикання, замінити плавкий запобіжник відповідної сили струму.

Контрольні запитання

1. Що таке комутаційна апаратура?
2. Мультиплексна система проводки.
3. Принцип дії світловоду.
4. Електронні протикрадіжні пристрої та їх принцип дії.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є., Тимченко І.І. Автомобільні двигуни. – К.: Арістей, 2004. – 476 с.
2. Акимов С.В., Здановский А.А., Корец А.М. Справочник по электрооборудованию автомобилей. – М.: Машиностроение, 1994. – 544 с.
3. Акимов А.В., Акимов С.В., Лайкин Л.П. Генераторы зарубежных автомобилей. – М.: За рулем, 1997. – 80 с.
4. Данов Б.А. Электрооборудование систем управления иностранных автомобилей. – М.: Горячая линия; Телеком, 2004. – 224 с.
5. Білоконь Я.Ю., Окоча А.І. Трактори і автомобілі. – К.: Урожай, 2002. – 322 с.
6. Переднеприводные автомобили ВАЗ / В. А. Вершигора, А. П. Игнатов, К. В. Новокшонов. – М.: ДОСААФ, 1989. – 336 с.
7. Мазепа С.С., Куцик А.С. Електрообладнання автомобілів. – Львів: Львівська політехніка, 2004. – 168 с.
8. Опарин И.М., Глезер Г.Н., Белов Е.А. Электронные системы зажигания. – М.: Машиностроение, 1987. – 198 с.
9. Росс Твег. Системы зажигания легковых автомобилей. – М.: За рулем, 1997. – 96 с.
10. Росс Твег. Системы впрыска бензина. – М.: За рулем, 1997. – 144 с.
11. Соснин Д.А. Автотроника. Электрооборудование и системы бортовой автоматики современных легковых автомобилей. – М.: Солон-Р, 2005. – 272 с.
12. Сажко В.А. Електричне та електронне обладнання автомобілів. – К.: Каравела, 2004. – 304 с.
13. Сажко В.А. Методические указания к лабораторной работе «Исследование бесконтактных систем зажигания автомобильных двигателей. – К.: МПП, 1991. – 16 с.
14. Сажко В.А. Акумуляторні батареї. – К.: Іван Федоров, 1998. – 118 с.
15. Сажко В.А., Січко О.Є., Клименко Ю.М., Савін Ю.Х., Волков О.Ф. Діагностування мікропроцесорних систем запалювання автомобілів «Skoda» за допомогою приладу VAG-5051. – К.: НТУ, 2005. – 36 с.
16. Родичев В.А. Родичева Г.И. Тракторы и автомобили. – М.: Колос, 1998. – 336 с.
17. Чижов Ю.П., Акимов А.В. Электрооборудование автомобилей. – М.: За рулем, 1999. – 386 с.
18. Юти В.Е. Электрооборудование автомобилей. – М.: Транспорт, 1995. – 304 с.
19. Testa J., Sazhco V., Piz A., Gonsales E. Comprobacion de los aparatos del eqipo electrico de los avtomoviles. – Cuba, Cienfuegos. ISTC, 1983, 35 p.

Серія «Українська книга»
Навчальне видання

САЖКО Віктор Андрійович

ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ

Керівник видавничих проектів Ю.В. Піча
Редактор-коректор В.А. Корнієнко
Комп'ютерна верстка В.С. Гарвона

Здано на складання 03.11.2008 р. Підписано до друку 18.11.2008 р.
Формат 60x84/16. Папір офсетний. Друк офсетний. Гарнітура Таймс.
Ум. друк. арк. 23,5. Обл.-вид. арк 24,25.

Видавництво «Каравела»,
просп. Рокосовського, 8а, м. Київ, 04201, Україна.
Тел. (044) 592-39-36, 360-36-99. E-mail: caravela@ukr.net
www.caravela.kiev.ua
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої
продукції: ДК №2035 від 16.12.2004 р.

Віддруковано з готових діапозитивів у

Зам. № .

В. А. САЖКО

ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ

У підручнику розглянуто принцип дії, будову, роботу та експлуатацію систем і окремих виробів електрообладнання автомобілів і тракторів, що експлуатуються в Україні. Особливу увагу приділено електронним регуляторам напруги, електронним системам запалювання робочої суміші, електронним системам впорскування пального, електронним антиблокувальним системам гальм (ABS) електронним системам керування диференціалом коліс (EDS), системам з автоматичною коробкою передач, імобілайзерам, кондиціонерам. Наведено рекомендації щодо експлуатації, виявлення та усунення можливих несправностей системи електрообладнання автомобілів і тракторів.

Для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за спеціальностями «Колісні та гусеничні транспортні засоби», «Автомобілі і автомобільне господарство» та ін.

Стислий зміст

1. Система енергопостачання
2. Система пуску
3. Система запалювання
4. Системи паливоподачі двигунів внутрішнього згоряння
5. Система освітлення та сигналізації
6. Інформаційно-вимірювальна система
7. Допоміжне обладнання
8. Електронні системи керування трансмісією
9. Комутаційна апаратура та електронні протикрадіжні пристрої

ISBN 966-96331-1-7

Серія "Українська книга"