

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Факультет информационных технологий и управления

Кафедра теоретических основ электротехники

А. П. Курулёв, П. П. Стешенко

УСТРОЙСТВО АВТОМОБИЛЯ

В двух частях

Часть 2

Электронные устройства системы управления

*Рекомендовано УМО
по образованию в области информатики и радиоэлектроники
в качестве учебно-методического пособия
для специальности 1-36 04 02 «Промышленная электроника»*

Минск БГУИР 2021

УДК 629.02(076)
ББК 39.33я73
К93

Р е ц е н з е н т ы:

кафедра автомобильной техники учреждения образования
«Военная академия Республики Беларусь»
(протокол № 1 от 13.01.2021);

профессор кафедры технической эксплуатации автомобилей
Белорусского национального технического университета
кандидат технических наук, профессор Е. Л. Савич

Курулёв, А. П.

К93

Устройство автомобиля. В 2 ч. Ч. 2 : Электронные устройства системы управления : учеб.-метод. пособие / А. П. Курулёв, П. П. Стешенко. – Минск : БГУИР, 2021. – 164 с. : ил.

ISBN 978-985-543-623-3 (ч. 2).

Представлен материал по электронным системам автомобиля: сервисной, зажигания, энергоснабжения, освещения, электрооборудования, управления подвеской, двигателем, активной и пассивной безопасности.

Предназначено для студентов, изучающих дисциплину «Устройство и электрооборудование автомобильной техники».

Часть 1 издана в БГУИР в 2019 году (авторы: А. П. Курулёв, П. П. Стешенко).

**УДК 629.02(076)
ББК 39.33я73**

**ISBN 978-985-543-623-3 (ч. 2)
ISBN 978-985-543-455-0**

© Курулёв А. П., Стешенко П. П., 2021
© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2021

Предисловие

Автомобильная промышленность – одна из самых инновационных отраслей промышленности в мире. Она всегда была важной движущей силой экономического прогресса. Развитие транспортных средств вначале проводилось по пути усовершенствования механических устройств, обеспечивающих безопасность движения, экологические требования и комфортные условия эксплуатации. Значительная, если не основная роль в обеспечении этих требований отводилась водителю, его квалификации. С развитием электронных средств функции управления параметрами механических устройств были переданы электронным устройствам.

Многие системы, которые ранее имели механическое управление, теперь становятся электронными. Это обусловлено несколькими причинами. Во-первых, электронные системы позволяют быстрее реагировать на те или иные ситуации. Например, система электронного впрыска топлива (инжектор) более точно определяет время подачи топлива в цилиндр, что позволяет получить дополнительную мощность, а также снизить износ, а это в свою очередь дает дополнительную надежность. Во-вторых, электронные системы более надежны и менее громоздки, чем механические. Большинство электронных автомобильных систем способны распознавать те или иные неисправности. Если поломка достаточно серьезна, эти системы могут блокировать движение автомобиля и информировать водителя о характере повреждения. Кроме того, системы способны запоминать характер неисправности для того, чтобы при техническом обслуживании специалисты не тратили время на поиск проблемы. Водитель, находясь в пути, может узнать характер неисправности и применить меры по ее устранению.

В настоящем учебно-методическом пособии изложены конструкции электромеханических устройств и электронных систем автомобилей. Учебное издание содержит 16 разделов, посвященных системам: сервисной, зажигания и электронной системе управления двигателем, электроснабжения автомобиля, освещения, электрооборудования, управления подвеской, бортовой системе контроля устройств автомобиля, активной и пассивной безопасности автомобиля, а также стартерным устройствам, информационно-измерительной системе, сути управления электромеханическими устройствами автомобиля и устройству электромобиля.

При изложении материала авторы ориентировались на конструкции самых массовых автомобилей. Связано это с тем, что производителями автомобилей каждые три-четыре года обновляется автомобильный ряд. Однако принципы управления практически остаются неизменными. Меняется лишь элементная база. Поэтому студенту необходимо освоить основные принципы управления и параметры этих устройств.

Настоящее учебно-методическое пособие охватывает лекционный материал, а также материал для практических и лабораторных занятий, изложенный в ЭРУД (электронный ресурс учебной дисциплины) по

специальности «Промышленная электроника» Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

За содействие улучшению содержания данного учебно-методического пособия авторы выражают благодарность рецензентам: коллективу кафедры автомобильной техники учреждения образования «Военная академия Республики Беларусь», возглавляемой А. Н. Мишиным, и профессору кафедры технической эксплуатации автомобилей Белорусского национального технического университета кандидату технических наук, профессору Е. Л. Савичу.

Отзывы и пожелания просим направлять в БГУИР по адресу: 220013, г. Минск, ул. П. Бровки, 6, кафедра ТОЭ.

Авторы

Список сокращений и условных обозначений

АКП – автоматическая коробка передач
АРП – авторемонтное предприятие
БСК – бортовая система контроля
БУ – блок управления
ДВС – двигатель внутреннего сгорания
ДКВ – датчик коленчатого вала
ДКК – датчик концентрации кислорода
ДСМ – дорожно-строительные машины
ДТД – датчик температуры охлаждающей жидкости двигателя
КПД – коэффициент полезного действия
КПП – коробка переключения передач
МКП – механическая коробка передач
МПУ – микропроцессорное устройство
ОП – оптический прибор
ОПК – оптический прибор компьютерный
ПК – персональный компьютер
ПДУ – пульт дистанционного управления
СД – сборщик данных
СЗС – специальная зарядная станция
ТНПА – технические нормативно-правовые акты
УУ – устройство управления
ЭД – электродвигатель
ЭБУ – электронный блок управления
ХИТ – химический источник питания
ХАКБ – ходовая аккумуляторная батарея
ABS (АБС) – active board system (активная бортовая система)
BMW – Bayerische Motoren Werke (с нем. Баварские моторные заводы)
CAN – controller area network (шина бортового контроллера связи)
CARB – California Air Resource Board (Отдел по охране окружающей среды Калифорнии)
Carsoft BMW – амортизация BMW
COM – comprehensive component monitor (комплексный компонент монитора)
Chrysler Executive – управляющий орган
CPS (СКР) – crankshaft position sensor (датчик положения коленвала)
CS (ДКВ) – crankshaft sensor (датчик коленвала)
Data out – вывод данных
Data in – ввод данных
DISPLAY – экран
DEPM – diagnostic external position management (управление диагностической цепи неисправностей)
DF – diagnostic function (диагностическая функция)
DSCHEM – планировщик диагностических функций

DSM – diagnostic system management (управление системой диагностики)
DOS – диагностические операционные системы
DTC – диагностический код неисправности
DVAL – подтверждение достоверности диагностики
DLC – стандартизованный разъем
EGO (ДКК λ -зонд) – Exhaust gas oxygen (датчик концентрации кислорода)
EGT – exhaust gas temperature gauge (датчик температуры выхлопных газов)
EGR – exhaust gas recirculation (система рециркуляции отработанных газов)
EOBD – European On Board diagnostic (Европейское бортовое диагностическое обеспечение)
EPA – Environmental Protection Agency (Агентство по охране окружающей среды)
HLP – high level protocol (протокол высокого уровня)
ETC – electronic throttle control (электронное управление дроссельной заслонкой)
IAT – датчик контроля температуры входного воздуха (расходомер)
ISC – датчик положения распредвала относительно клапанов
ISO – International Standards Organization (Международная организация по стандартизации)
КАМ – keep alive memory (память контроллера, способная сохранять информацию при отключении питания)
KEYBOARD – бортовой ключ доступа (клавиатура)
GND PC – питание («←»)»)
LED – индикатор в системе зажигания
MIL – индикаторная лампа неисправности
MF – motor function (функция управления двигателем)
OBD – on board diagnostic (бортовое диагностическое обеспечение)
OSI – Open System Interconnection (сетевая модель OSI – базовая эталонная модель взаимодействия открытых систем)
PBS (ПБС) – passive board system (пассивная бортовая система)
PC (ПК) – personal computer (персональный компьютер)
PM – pressure meter (датчик давления)
PWM – pulse width modulation (широтно-импульсная модуляция)
RAM – сжатие, уплотнение (запоминающее устройство с произвольным доступом)
ROM or EEPROM – ЭСППЗУ (электронно-стираемое программируемое постоянное запоминающее устройство)
RS485 – приборный интерфейс
RS232 – входной порт компьютера
SAE – Society of Automotive Engineers (Международное общество автомобильных инженеров)
TP – throttle position (датчик положения дроссельной заслонки)
TS – temperature sensor (датчик температуры)
TXD, DTR, RXD, RTS – порты компьютера

Vehicle – средство передачи данных

VVS – датчик Холла

CO – окись углерода

CH – углеводороды

NO_x – окись азота

Библиотека БГУИР

1. Система зажигания двигателя автомобиля

1.1. Назначение системы зажигания двигателя автомобиля

В табл. 1.1 приведены *типы современных систем зажигания* (и их зарубежные аналоги):

КСЗ – простейшая механическая контактная система зажигания;

КТСЗ – контактно-транзисторная система зажигания:

– электронная с механическим прерывателем;

– контактная с накоплением энергии в индуктивности;

БТСЗ (или **БСЗ**) – бесконтактно-транзисторная система зажигания, где вместо контактов механического прерывателя используются датчики импульсов:

– индукционные;

– емкостные с датчиком Холла;

– индуктивные с индукционным датчиком;

– индуктивные с датчиком Холла;

МСУД – микропроцессорные системы управления двигателем.

Таблица 1.1

Классификация систем зажигания

Обозначение		Характеристика системы
отечественное	зарубежное	
КСЗ	КСЗ	Контактная (классическая) с механическим прерывателем, распределителем и катушкой зажигания
КТСЗ	HKZ-k, JFU4	Электронная с механическим прерывателем
БТСЗ	HKZ-I, TSZ-2	Бесконтактная транзисторная (электронная) с индукционным датчиком
БТСЗ	HKZ-h, 28H, EZK	Бесконтактная транзисторная с накоплением энергии в емкости с датчиком Холла
КТСЗ	TSZ-k	Контактная транзисторная с накоплением энергии в индуктивности
БТСЗ	TSZ-i	Бесконтактная транзисторная с накоплением энергии в индуктивности с индукционным датчиком
БТСЗ	TSZ-h	Бесконтактная транзисторная с накоплением энергии в индуктивности с датчиком Холла
МСУД	VSZ, EZL	Полностью электронная система зажигания, статическая, с электронным регулированием опережения зажигания

Краткая характеристика приведенных в табл. 1.1 *типов систем зажигания.*

I. КСЗ – контактная (или классическая) система зажигания – *осуществляет принудительное воспламенение* рабочей смеси в камере сгорания двигателя *электрической искрой*, возникающей между электродами свечи зажигания. Искра образуется в результате подачи импульса тока высокого напряжения катушкой зажигания на электроды свечи.

Недостатки, уменьшающие срок службы и надежность:

1) большой ток в прерывателе, вызывающий электроэрозионный износ контактов;

2) высоковольтные искры в контактах распределителя.

II. КТСЗ – контактно-транзисторная система зажигания.

С увеличением *степени сжатия*, с увеличением *частоты вращения* коленчатого вала и *числа цилиндров*, с использованием более *бедных рабочих смесей* **КСЗ** (контактная или классическая система зажигания) уже не справлялась со своей задачей, поэтому появилась **КТСЗ**.

Ее *отличия* от **КСЗ**:

1) через контакты прерывателя проходят только управляющие транзистором импульсы тока (менее 0,5 А);

2) в первичной цепи катушки зажигания прерывание тока осуществляется транзистором (т. е. электронным ключом);

3) отпала необходимость в **КТСЗ** и в конденсаторах для гашения искры при размыкании контактов (так как сила тока, проходящая через них, невелика);

4) при **КСЗ** зачистка контактов производится через 100 тыс. км, а срок службы составляет 30–40 тыс. км, тогда как при **КТСЗ** контакты не требуют зачистки до 100 тыс. км.

III. БТСЗ – бесконтактно-транзисторная система зажигания – отличается от **КСЗ** и **КТСЗ** следующим:

1) в **КСЗ** прерыватель непосредственно *размыкает первичную цепь катушки зажигания*;

2) в **КТСЗ** – прерыватель размыкает цепь управления;

В **БТСЗ** управление бесконтактное, так как транзисторный *коммутатор* (прерывающий цепь первичной обмотки катушки зажигания) *управляется* воздействием электрического импульса, создаваемого *бесконтактным датчиком*, т. е. *вместо прерывателя-распределителя* в **БТСЗ** применяется *датчик-распределитель*.

IV. МСУД – микропроцессорные системы управления двигателем – с 80-х годов прошлого века управляют двигателем по оптимальным характеристикам и не требуют регулировок и обслуживания в эксплуатации, т. е. автомобиль по сути оборудуется системой внутреннего диагностирования (или самодиагностирования). С помощью мотор-тестера система диагностирования позволяет определить:

1) уменьшение компрессии в цилиндрах;

2) степень разряженности и состояние аккумуляторной батареи;

3) исправность генератора, стартера, системы зажигания.

1.2. Контактная система зажигания

В контактной системе зажигания (КСЗ) (рис. 1.1) воспламенение рабочей смеси в камере сгорания двигателя осуществляется с помощью искры, которая образуется в результате подачи импульсов тока высокого напряжения с катушки зажигания **5** через кулачковый прерывательный механизм **6, 7, 8, 9** и распределитель **10** на свечи зажигания **13**.

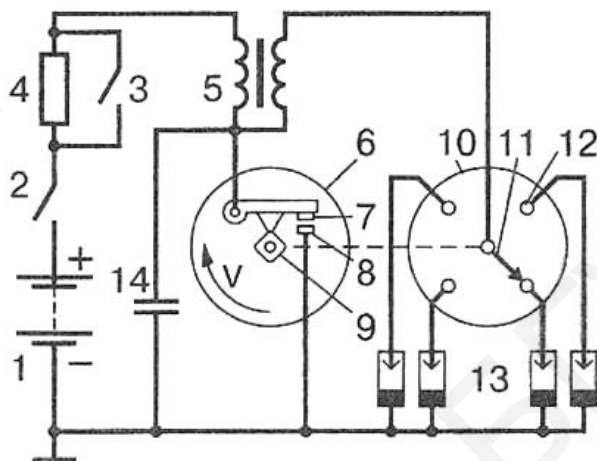


Рис. 1.1. Принципиальная схема классической контактной системы зажигания:
1 – аккумуляторная батарея; 2, 3 – контакты выключателя зажигания; 4 – добавочный резистор; 5 – катушка зажигания; 6 – прерыватель; 7, 8 – подвижный и неподвижный контакты прерывателя; 9 – кулачок; 10 – распределитель зажигания; 11 – бегунок; 12 – неподвижный электрод; 13 – свечи зажигания; 14 – конденсатор

Кулачок **9** прерывателя **6** связан с коленчатым валом двигателя через зубчатую (или зубчато-ременную) передачу.

С увеличением частоты вращения коленчатого вала двигателя увеличивается скорость движения поршня цилиндра, и для того, чтобы смесь успела сгореть, угол опережения зажигания должен быть увеличен (с помощью автоматического изменения положения кулачка **9** центробежным или вакуумным регулятором).

Если октановое число топлива не соответствует степени сжатия двигателя, то может возникнуть *детонация* (т. е. очень быстрое сгорание топлива рабочей смеси, подобное взрыву).

Для предотвращения детонации служит **октан-корректор**, который позволяет *вручную* повернуть корпус прерывателя-распределителя **6** в сторону уменьшения угла опережения зажигания (при малом октановом числе топлива) или увеличения (при большом октановом числе топлива). Конденсатор **14** гасит искру при размыкании контактов прерывателя **6**.

Добавочный резистор 4 устраняет влияние снижения напряжения в бортовой сети *при включении* системы зажигания. Для этого он при пуске закорачивается. При нормальной работе на резисторе падает часть напряжения

так, что к катушке зажигания подходит напряжение 7–8 В, на которое она и рассчитана.

Функцию генератора импульсов тока высокого напряжения в КСЗ выполняет катушка зажигания (рис. 1.2). Она работает по принципу трансформатора, первичная обмотка 4 которого имеет мало витков и толстый провод, а вторичная 5 является многовитковой из тонкого провода. Обе обмотки намотаны на железный сердечник 14.

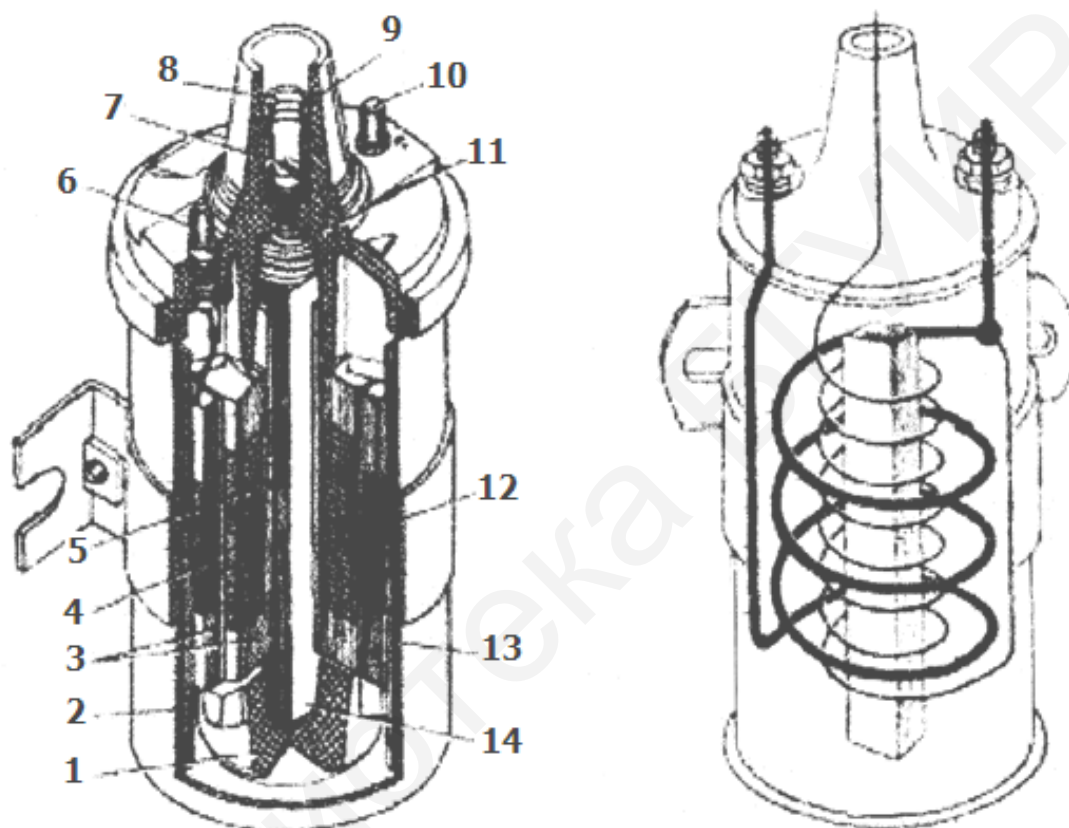


Рис. 1.2. Устройство катушки зажигания:

- 1 – изолятор; 2 – корпус; 3 – изоляционная бумага обмоток; 4 – первичная обмотка;
- 5 – вторичная обмотка; 6 – клемма вывода первичной обмотки (обозначения: «1», «-», «К»);
- 7 – контактный винт; 8 – центральная клемма для провода высокого напряжения;
- 9 – крышка; 10 – клемма подвода питания (обозначения: «+Б», «Б», «+», «15»);
- 11 – контактная пружина; 12 – скоба крепления; 13 – наружный магнитопровод;
- 14 – сердечник

Напряжение самоиндукции *первичной* обмотки – до 400 В, а индуцируемое напряжение во *вторичной* обмотке – до 30 000 В.

Вторичное напряжение (напряжение пробоя) при *оптимальном* составе рабочей смеси составляет 8–12 кВ; при *обеднении* рабочей смеси – до 30 кВ.

Конструкция *свечи зажигания* в **КСЗ** predeterminedена чрезвычайно напряженными условиями ее работы (рис. 1.3, *а, б*):

- температура в камере сгорания работающего двигателя – от 70 до 2500 °С;
- максимальное давление – 5–6 МПа;
- напряжение – до 30 кВ.

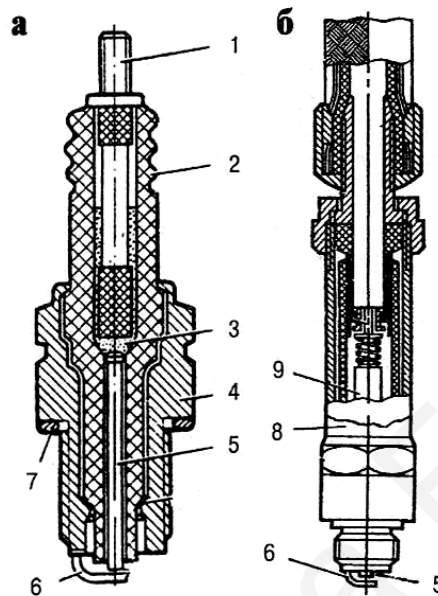


Рис. 1.3. Конструкции свечей зажигания:

а – неэкранированная; *б* – экранированная:

- 1 – контактная головка; 2 – изолятор; 3 – токопроводящий герметик; 4 – корпус;
- 5 – центральный электрод; 6 – боковой электрод; 7 – прокладка; 8 – экран;
- 9 – резистор помехоподавительный

Внутри корпуса **4** неразборной свечи (рис. 1.3, *а*) встроен *керамический изолятор 2* (из уралита, бордоруна, синоксаля, хелумина и др., обладающих высокой температурной, электрической и механической стойкостью).

Внутри изолятора **2** закреплен *центральный электрод 5* из хромтитановой стали или хромоникелевого сплава. В свечах с расширенным температурным диапазоном («термопластик») центральный электрод **5** изготавливается из меди, серебра или платины.

Герметизация электрода **5** производится токопроводящей стекломассой **3** (герметиком). К корпусу **4** свечи приварен боковой электрод **6** (из никельмарганцевого или хромоникелевого сплава). Для увеличения надежности у свечи может быть *до четырех* электродов.

Герметизированные экранированные свечи (рис. 1.3, *б*) имеют встроенный помехоподавительный *резистор 9*.

Важной характеристикой свечи является **калильное число** (8; 11; 14; 17; 20; 23; 26), которым оценивают ее *тепловые свойства*:

1. Нормальная работа свечи происходит при температуре *теплового конуса* изолятора **2** от 400 до 900 °С.

2. При температуре выше 400 °С на свече образуется нагар, приводящий к перебоям в работе двигателя.

3. При температуре выше 920 °С возникает **калильное зажигание**, т. е. *самовоспламенение топливной смеси от нагретого конуса свечи*.

Свечу называют «горячей», если у нее *длинный* тепловой конус и нижняя часть свечи *плохо охлаждается*. *Калильные числа* таких свечей имеют малое значение, и эти свечи рекомендуются для *тихоходных двигателей с малой степенью сжатия*.

Короткий тепловой конус характерен для «холодной» свечи с большими значениями калильного числа, и эти свечи рекомендуются для *быстроходных двигателей с высокой степенью сжатия*.

КСЗ имеет минимум четыре «искрящих места»: прерыватель, генератор, ротор, свечи. Искрение создает помехи на *ДВ, СВ, КВ и УКВ*. При частоте помех от искрения более 15 МГц дальность распространения – до *нескольких километров*.

Самый надежный способ устранения радиопомех – экранирование всех источников ЭМ излучений, но этот способ дорогой.

Дешевле применять:

- провода вторичной цепи с *распределенным по длине сопротивлением*;
- для гашения ВЧ колебаний искрящих контактов – *подавительные сопротивления*.

Но при этом *снижается энергия искры*. При самых благоприятных условиях зажечь смесь может искра с энергией 1 мДж. На средних оборотах – 10–15 мДж. Максимальное значение – 23 мДж.

Более эффективный способ избавиться от искрения – применять бесконтактные датчики.

1.3. Контактно-транзисторная система зажигания

В отличие от **КСЗ** в контактнo-транзисторной системе зажигания (**КТСЗ**) (рис. 1.4) через контакты прерывателя **2** проходят токи, управляющие транзистором. Транзистор управляет током в первичной обмотке катушки зажигания **7** (3–7 А). Управление током в первичной цепи катушки зажигания **4** происходит следующим образом.

В момент замыкания контактов прерывателя 2 через базу–эмиттер транзистора коммутатора **3** протекает ток 0,1–0,3 А. Транзистор открывается и через р-п-р переходы эмиттер–база–коллектор ток поступает в первичную обмотку катушки зажигания **4** и далее через распределитель зажигания **2** на свечи **1**.

При *размыкании* контактов прерывателя **2** (см. рис. 1.4) ток управления прерывается, транзистор запирается, *выключая цепь тока первичной обмотки катушки зажигания*.

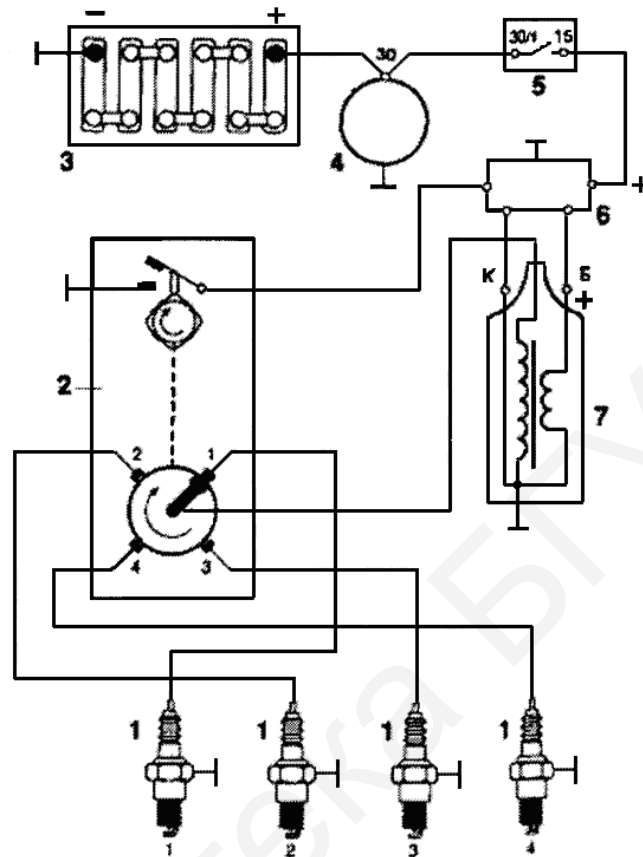


Рис. 1.4. Контактно-транзисторная система зажигания на основе коммутатора (КТС3-Т32-К, НК2-К):

1 – свечи зажигания; 2 – прерыватель-распределитель; 3 – аккумуляторная батарея; 4 – генератор; 5 – выключатель зажигания; 6 – коммутатор; 7 – катушка зажигания

Недостатком контактно-транзисторной системы зажигания является использование центробежного или вакуумного регулятора угла опережения зажигания. Для автоматического изменения угла опережения зажигания при изменении числа оборотов коленвала применяется коммутатор **6**, в котором изменение угла опережения зажигания формируется с учетом числа оборотов коленвала (рис.1.5).

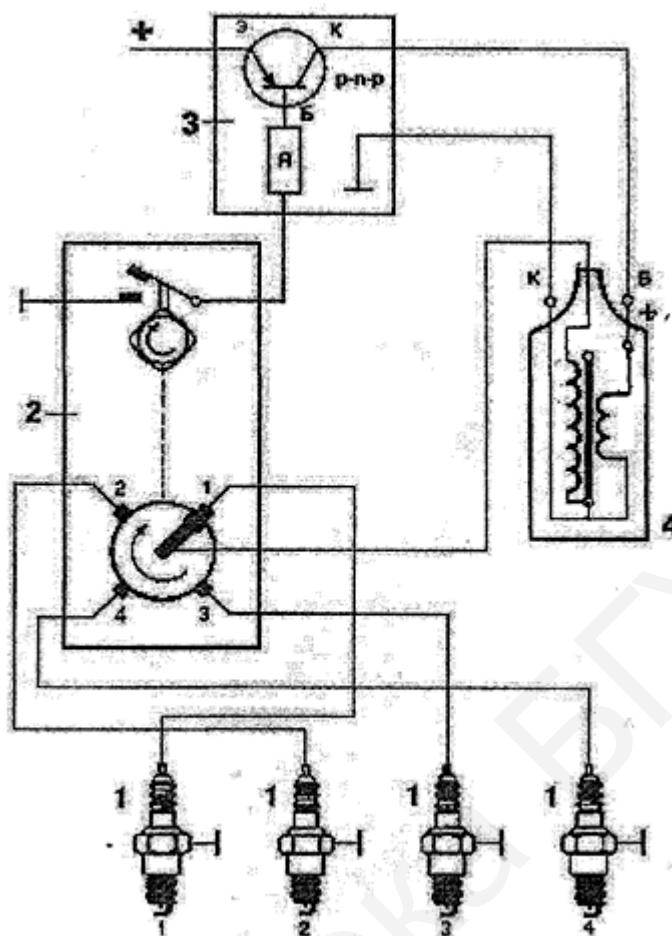


Рис. 1.5. Контактно-транзисторная система зажигания (КТСЗ-Т82-К):

1 – свечи зажигания; 2 – распределитель зажигания; 3 – коммутатор;
4 – катушка зажигания; К – коллектор; Э – эмиттер, управляющий;
Б – база; R – резистор

В рассмотренной схеме *КТСЗ* энергия, необходимая для искрообразования, накапливается в виде *магнитного поля* катушки зажигания (т. е. в *индуктивности*).

Но для *двигателей с меньшей степенью сжатия* (из-за чего на свечах образуется нагар) предпочтительна *КТСЗ* с накоплением энергии в *емкости* (конденсаторе).

В таких системах зажигания используется *управляемый переключающийся диод* (тиристор). При подаче на тиристор управляющего напряжения он отрывается и конденсатор через тиристор разряжается на первичную обмотку катушки зажигания, во вторичной обмотке индуцируется высокое напряжение, используемое для искрообразования.

Таким образом, основная часть энергии искрообразования накапливается в емкости. Тогда обмотки катушки зажигания могут быть малой индуктивности и с малым сопротивлением, что в свою очередь:

– *ускоряет переходные процессы* в системе зажигания;

– способствует меньшей чувствительности к понижению вторичного напряжения (из-за утечек тока через шунтирующие сопротивления отложений (нагара) на изоляторе свечи).

К недостатку тиристорной системы зажигания относят быстротечность разряда конденсатора, что приводит к снижению надежности воспламенения топлива, особенно при запуске холодного двигателя.

1.4. Бесконтактно-транзисторная система зажигания

В бесконтактно-транзисторной системе зажигания (БТСЗ) управление бесконтактное, так как используется транзисторный коммутатор, а вместо прерывателя-распределителя применяется датчик-распределитель (индуктивный или датчик Холла).

Индуктивный датчик (рис. 1.6) используется:

– для измерения частоты вращения коленчатого или распределительного вала двигателя;

– для определения ВМТ (верхней мертвой точки) 1-го цилиндра или другой специальной метки, служащей началом отсчета времени для системы управления (чем обеспечивается синхронизация функционирования системы управления и с рабочим процессом двигателя).

Индуктивные датчики относятся к числу наиболее надежных датчиков в электронных системах управления автомобильными двигателями. Конструкция датчика приведена на рис 1.6.

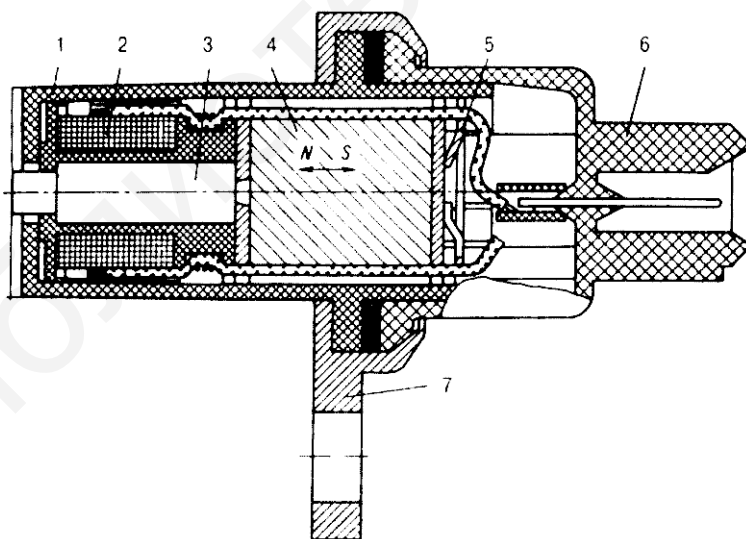


Рис. 1.6. Индуктивный датчик:

1 – корпус; 2 – индукционная катушка; 3 – магнитопровод; 4 – магнит; 5 – пружина;
6 – крышка со штекерами; 7 – фланец

Индукционная катушка 2 индуктивного датчика размещена вокруг постоянного магнита 4, полюс N которого обращен к объекту вращения (зубчатому венцу маховика) и имеет магнитопровод 3 из магнитомягкого материала.

Магнитопровод **3** установлен с небольшим зазором относительно зубьев вращающегося зубчатого венца маховика.

При перемещении зубьев относительно магнитопровода *величина зазора* между ними *меняется*. Это вызывает изменение магнитной индукции и появление *двуполярного* (почти синусоидального) электрического импульса в индукционной катушке. Полуволны импульса *расположены симметрично относительно оси*, проходящей через нулевую точку, а нулевая точка *соответствует центру каждого зуба* венца маховика, что позволяет с большой точностью определить положение зубьев, а значит, момент воспламенения рабочей смеси в камерах сгорания двигателя.

Принцип работы датчика Холла.

Физический эффект Холла (американский физик) состоит в том, что (рис. 1.7) если на элемент Холла (т. е. на *тонкую пластину* из полупроводникового материала, кремния или германия) одновременно воздействуют проходящий через нее *ток I* и *магнитное поле*, вектор магнитной индукции которого перпендикулярен плоскости пластины, то на параллельных направлению тока боковых гранях пластины возникает ЭДС (электродвижущая сила) (как разность потенциалов «+» и «-»).

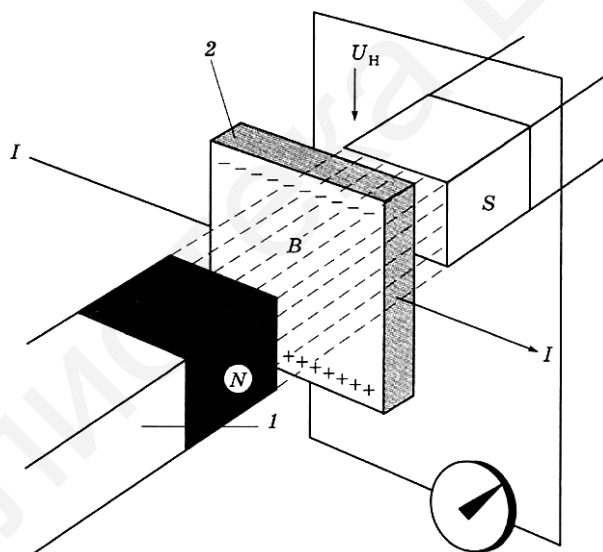


Рис. 1.7. Принцип работы элемента Холла:

1 – магнит; 2 – пластина из полупроводникового материала

На рис. 1.8 показано устройство *датчика Холла*. Магнитное поле создается постоянным магнитом **1**, а прерывание магнитного поля осуществляется ротором **2** с прорезями (окнами). Когда силовые линии магнитного поля через прорези (окна) попадают на элемент Холла **3**, то на выходе элемента возникает ЭДС, которая усиливается усилителем **4**, преобразуется в импульсы формирователем **5** и через выходной каскад на транзисторе **6** подается на первичную обмотку системы зажигания двигателя.

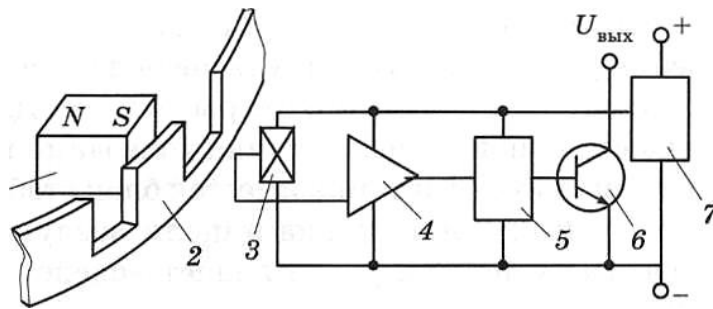


Рис. 1.8. Устройство датчика Холла:

1 – постоянный магнит; 2 – ротор; 3 – элемент Холла; 4 – усилитель;
5 – формирователь импульсов; 6 – выходной каскад; 7 – блок стабилизации питания

Если при вращении ротора **2** воздушный зазор между магнитом **1** и элементом **3** Холла перекрывается, то импульсы не формируются и в систему зажигания не подаются.

Количество прорезей в роторе **2** соответствует количеству цилиндров двигателя.

1.5. Микропроцессорные системы управления двигателем

По сути микропроцессорная система управления двигателем (**МСУД**) – это *система* внутреннего диагностирования следующих контрольных точек системы электрооборудования:

- «+» аккумуляторной батареи;
- клемма «30» генератора;
- корпус («масса») автомобиля;
- клемма низкого напряжения катушки зажигания;
- датчик ВМТ поршня 1-го цилиндра двигателя.

Система диагностирования позволяет также определить:

- уменьшение компрессии в цилиндрах двигателя;
- степень разряженности аккумуляторной батареи;
- исправность генератора;
- исправность стартера;
- исправность системы зажигания.

МСУД включает:

- *коммутатор* (рис. 1.9) – для управления зажиганием (моментом и энергией искрообразования);
- *контроллер (микроЭВМ)* – для управления электромагнитным клапаном карбюратора (рис. 1.10).

Управление зажиганием коммутатора осуществляется в зависимости от следующих показателей:

- частоты вращения коленчатого вала двигателя;
- давления во впускном коллекторе;

- температуры охлаждающей жидкости;
- положения дроссельной заслонки карбюратора.

МикроЭВМ (микрокомпьютер) в МСУД выполняет следующие функции:

- на основе информации, полученной *от датчиков* (о частоте вращения коленчатого вала, давлении во впускном клапане коллектора, температуре охлаждающей жидкости, положении дроссельной заслонки карбюратора), *выбирает из ЗУ* (запоминающего устройства) оптимальные углы опережения зажигания и требуемое состояние (закрытое или открытое) электромагнитного клапана карбюратора;
- вырабатывает *управляющие сигналы* для работы коммутатора;
- производит *интерполяцию* (расчет промежуточных значений) углов опережения зажигания.

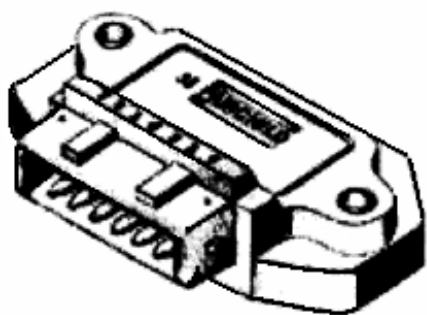


Рис. 1.9. Коммутатор



Рис. 1.10. Контроллер

Коммутатор часто объединяют с контроллером 10 (рис. 1.11).

На схеме рис. 1.11 *датчик начала отсчета зажигания 3* установлен на картере сцепления так, что он генерирует импульс напряжения в момент прохождения в его магнитном поле маркерного штифта, запрессованного в маховик. Этот момент соответствует положению ВМТ поршней 1-го и 4-го цилиндров. Интервал между импульсами составляет 360° .

Датчик угловых импульсов 12 реагирует на зубья маховика, т. е. если число зубьев 128, то сигнал на опережение зажигания посылается 128 раз за один оборот коленчатого вала.

На рис. 1.11 показаны две катушки зажигания на четыре цилиндра.

Первая катушка генерирует высоковольтные импульсы на свечи 1-го и 4-го цилиндров, вторая – на свечи 2-го и 3-го цилиндров. Искровой разряд происходит одновременно на двух свечах зажигания, т. е. на два оборота коленчатого вала (четыре такта) в каждом цилиндре происходит два искровых разряда:

- *первый* – рабочий (конец такта сжатия);
- *второй* – холостой (конец такта выпуска отработавших газов).

К *более сложным МСУД* относят, например, систему фирмы Bosch «Мотроник» (рис. 1.12).

Цифровая система управления двигателем «Мотроник» объединяет системы:

- управления зажиганием;
- управления впрыском топлива.

Управление осуществляется *контроллером*, в состав которого входят:

- преобразователь импульсов датчиков во входные сигналы микроЭВМ;
- микроЭВМ, обрабатывающая по программе импульсы датчиков систем зажигания и впрыска;
- каскады усиления мощности выходных сигналов микроЭВМ.

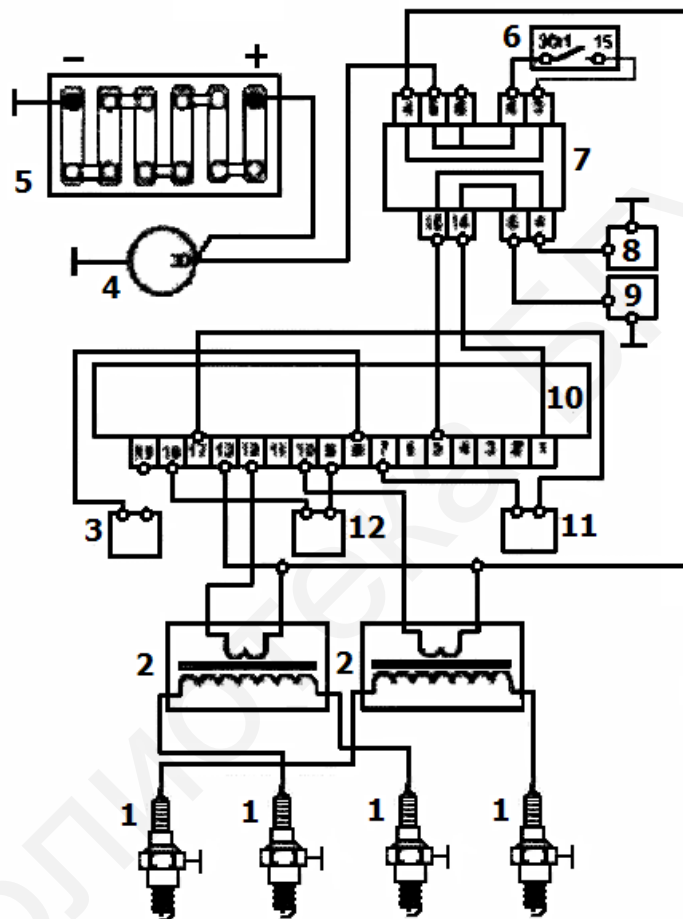


Рис. 1.11. Микропроцессорная система управления двигателем:

- 1 – свечи зажигания; 2 – катушки зажигания; 3 – датчик начала отсчета; 4 – генератор;
 5 – аккумуляторная батарея; 6 – выключатель зажигания; 7 – монтажный блок;
 8 – концевой выключатель дроссельной заслонки; 9 – электромагнитный клапан
 экономайзера принудительного холостого хода (ЭПХХ); 10 – контроллер;
 11 – датчик температуры; 12 – датчик угловых импульсов

Главная часть системы управления двигателем – *контроллер*, в состав которого входит *микроЭВМ*, а в нее, в свою очередь, – *процессор*.

На рис. 1.13 приведена функциональная схема, в которой контроллер + микроЭВМ + процессор названы *микропроцессором 8*.

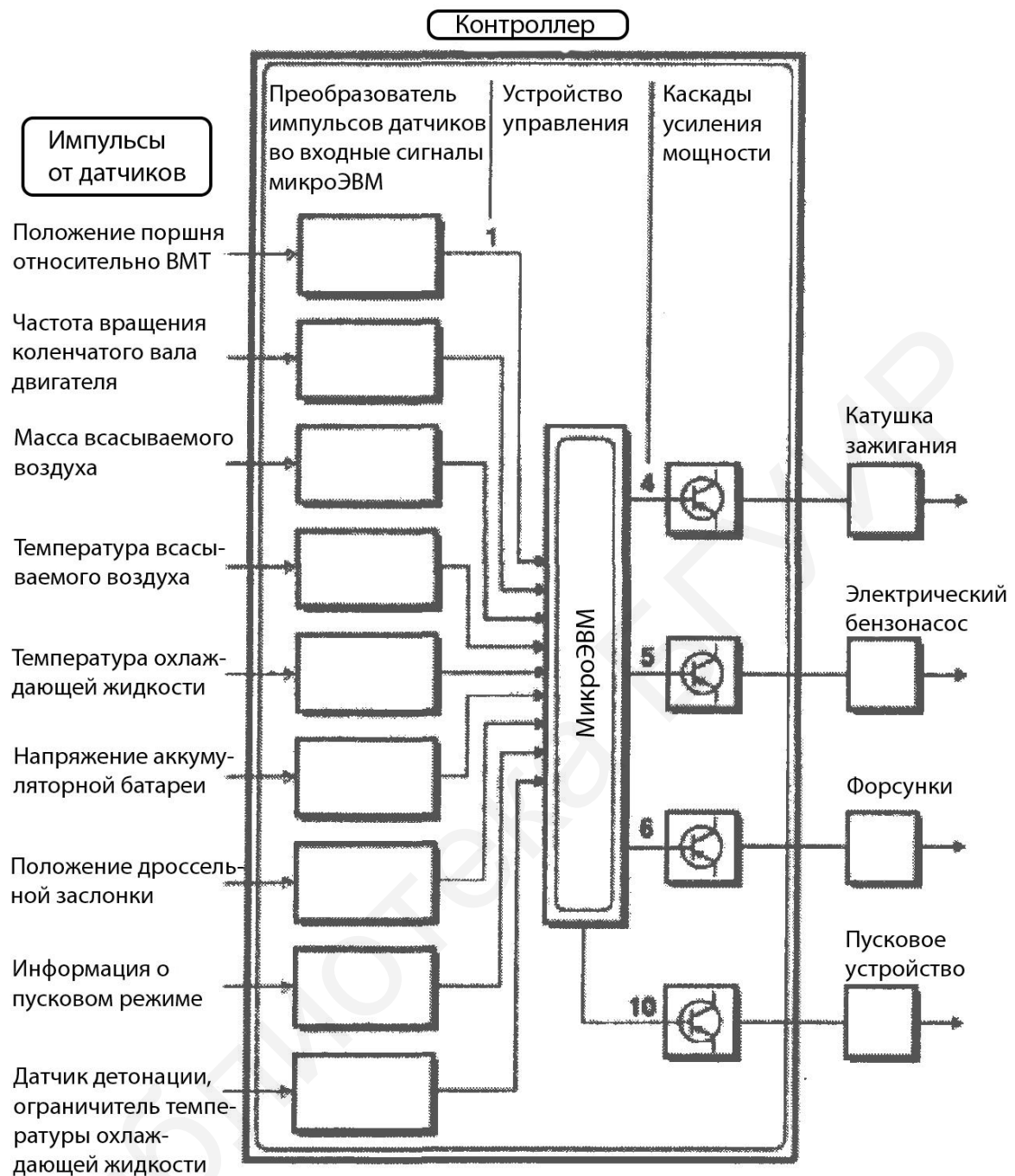


Рис. 1.12. Функциональная схема контроллера системы управления двигателем «Мотроник»

Микропроцессор выполняет следующие функции:

- управление системой впрыска топлива;
- управление системой зажигания и регулирование момента зажигания;
- управление пуском холодного двигателя;
- регулирование холостого хода двигателя;
- регулирование частоты вращения коленчатого вала двигателя;
- самодиагностика.

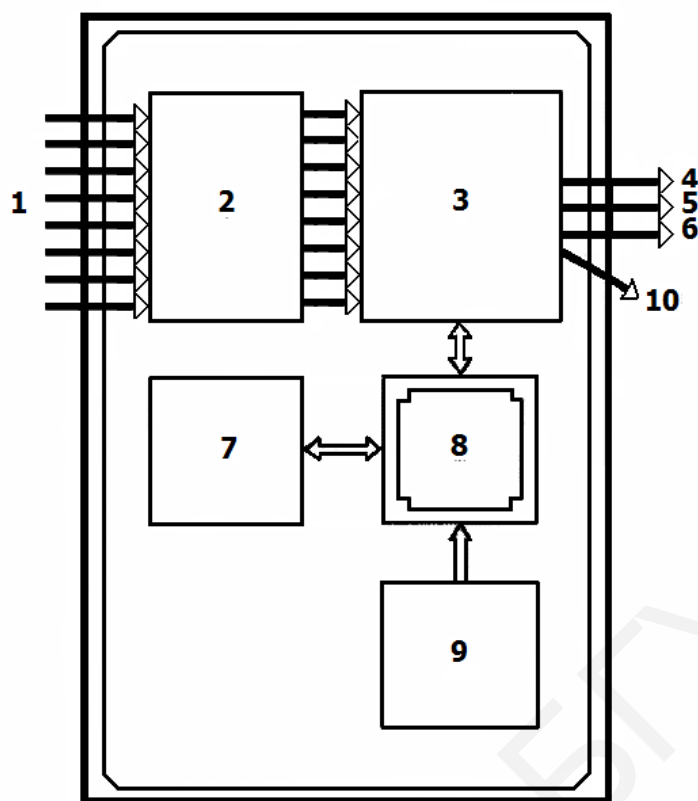


Рис. 1.13. Функциональная схема микроЭВМ:

1 – входные сигналы; 2 – аналого-цифровой преобразователь; 3 – выходные схемы;
 4 – к системе зажигания; 5 – к электрическому бензонасосу; 6 – к системе впрыска топлива;
 7 – промежуточное запоминающее устройство; 8 – микропроцессор;
 9 – постоянное запоминающее устройство; 10 – к пусковому устройству

1.6. Статические и динамические параметры системы зажигания двигателя автомобиля

К параметрам системы зажигания относят:

1) *статические*:

а) *напряжение*, подводимое к первичной обмотке катушки зажигания;

б) *ток*, протекающий через катушку зажигания;

2) *динамические*:

а) *время протекания тока* в первичной катушке (т. е. время замкнутого состояния прерывателя);

б) *время отсутствия тока* (т. е. время разомкнутого состояния прерывателя).

Статический параметр – **ток** в первичной обмотке катушки зажигания, зависящий от сопротивления катушки:

– в **КСЗ** сопротивление первичной обмотки – 3 Ом, а в электронных системах – 0,3 Ом;

– ток ограничивается 5 А.

Статический параметр – напряжение в первичной обмотке, составляющее 13 В при сопротивлении обмотки 0,3 Ом.

При пуске «холодного» двигателя *напряжение во вторичной обмотке может достигать 15–25 кВ, а величина тока в первичной обмотке – до 40 А.* При прогреве напряжение и ток значительно уменьшаются.

Для повышения надежности пуска используется катушка зажигания (рис. 1.14) с четырьмя клеммами (три клеммы 17, 18, 19 низкого напряжения и одна 16 высокого).

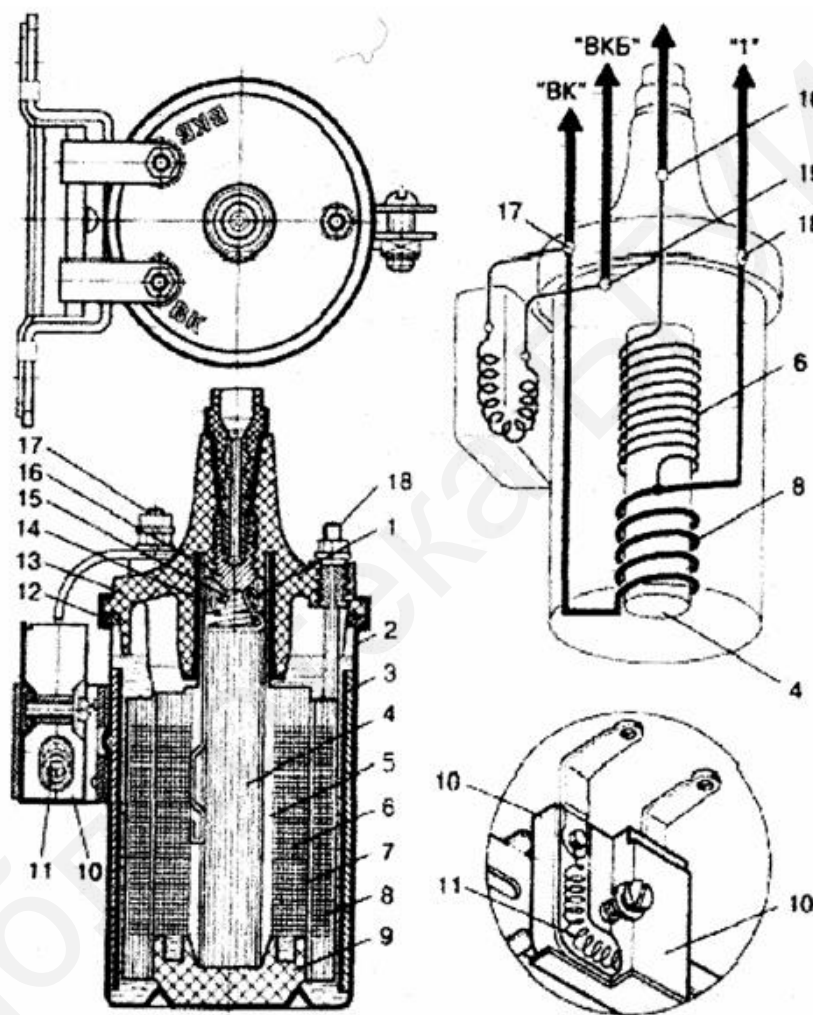


Рис. 1.14. Четырехклеммовая катушка зажигания:

- 1 – пластина; 2 – корпус; 3 – магнитопровод; 4 – сердечник; 5 – картонная трубка;
- 6 – вторичная обмотка; 7 – картонная трубка между обмотками; 8 – первичная обмотка;
- 9 – изолятор; 10 – вариатор (дополнительное сопротивление); 11 – резистор;
- 12 – резиновое уплотнительное кольцо; 13 – пластмассовая крышка;
- 14 – изоляционная втулка; 15 – пружина, прижимающая пластину к клемме;
- 16 – клемма; 17 – клемма «ВК»; 18 – клемма; 19 – клемма «ВКБ»

В первичную обмотку катушки зажигания **7** (рис. 1.15) ток от стартера **3** поступает через клемму **17** «ВК» (см. рис. 1.14).

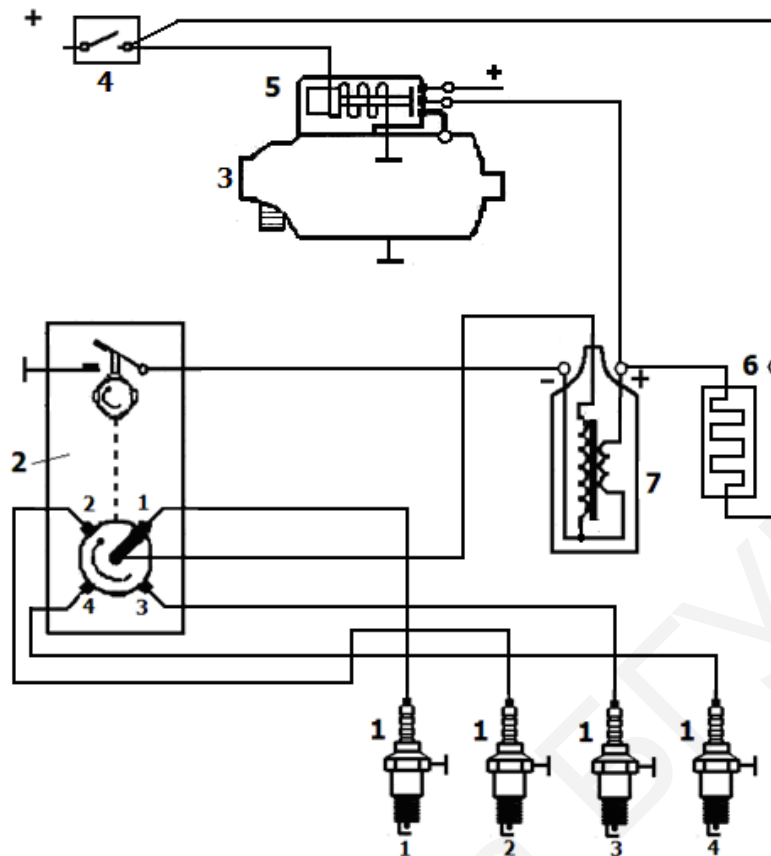


Рис. 1.15. Контактная система зажигания (КСЗ-КСЗ) с четырехклеммовой катушкой:
 1 – свечи зажигания; 2 – распределитель; 3 – стартер; 4 – выключатель зажигания;
 5 – тяговое реле стартера; 6 – добавочное сопротивление (вариатор);
 7 – катушка зажигания

К клемме **19** «ВКБ» (см. рис. 1.14) ток поступает от замка зажигания **4** (см. рис. 1.15) через *дополнительное сопротивление – вариатор 6* (см. рис. 1.15), который ограничивает ток в первичной обмотке катушки зажигания после запуска двигателя.

Сопротивление вариатора **6** с *нагревом увеличивается и уменьшается тем самым ток в первичной катушке зажигания, что предотвращает:*

- обгорание контактов прерывателя **2** (см. рис. 1.15);
- пробой между электродами свеч **1** (см. рис. 1.15).

Динамические параметры: а) **время протекания тока** через первичную обмотку катушки зажигания (время замкнутого состояния прерывателя); б) **время отсутствия тока** (время разомкнутого состояния прерывателя).

Временные диаграммы (рис. 1.16, а, б) тока I_1 в первичной цепи катушки зажигания и вторичного напряжения U_2 показывают, что *время протекания тока через первичную катушку зажигания соответствует замкнутому состоянию прерывателя, а формирование искры – разомкнутому состоянию прерывателя.* Ток разряда I_{1p} к моменту зажигания максимален, напряжение для образования искры – напряжение поджига U_{II} – также максимально.

После образования искры ток разряда I_{1p} и напряжение поджига $U_{п}$ резко падают.

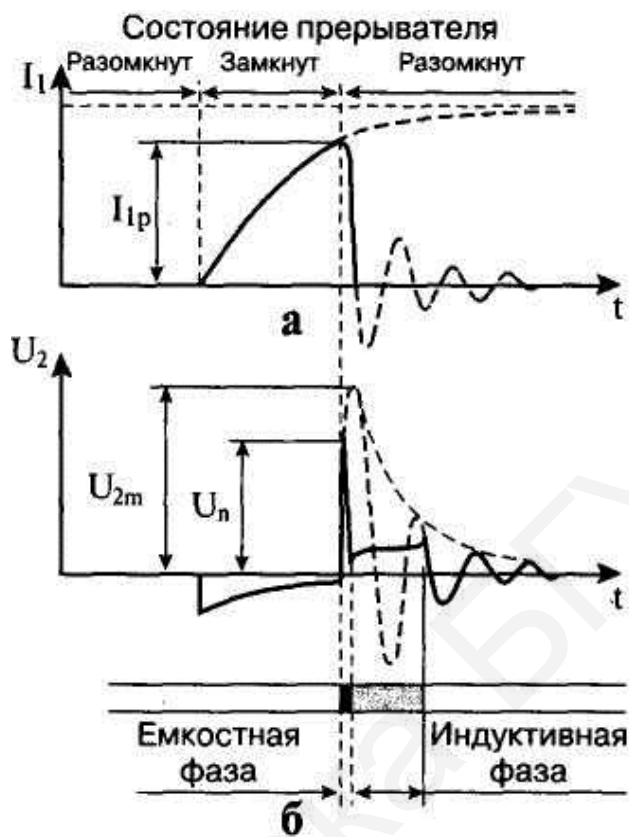


Рис. 1.16. Временные диаграммы тока в первичной цепи I_1 (а) и вторичного напряжения U_2 (б) системы зажигания

С ростом частоты вращения коленвала двигателя время замкнутого состояния прерывателя уменьшается, а значит, уменьшается и сила тока в момент размыкания прерывателя, и, как следствие, снижается вторичное напряжение.

Для того чтобы ток, а значит, и напряжение поджига были независимы или малозависимы от изменения числа оборотов двигателя, созданы специальные схемы системы зажигания автомобиля с регулированием времени накопления энергии (рис. 1.17).

Принцип работы схемы. С датчика Холла **SR** на вход коммутатора, совмещенного с компаратором (устройством в центре схемы с клеммами от 1 до 16), поступает сигнал прямоугольной формы. В момент скачка прямоугольного напряжения от максимального к минимальному происходит искрообразование. В блоке накопления энергии коммутатора этот скачок напряжения интегрируется и образуется пилообразное напряжение, поступающее на вход компаратора. На другой вход компаратора подается опорное напряжение. Сигнал на выходе компаратора появляется тогда, когда величина пилообразного напряжения достигает опорного и превышает его.

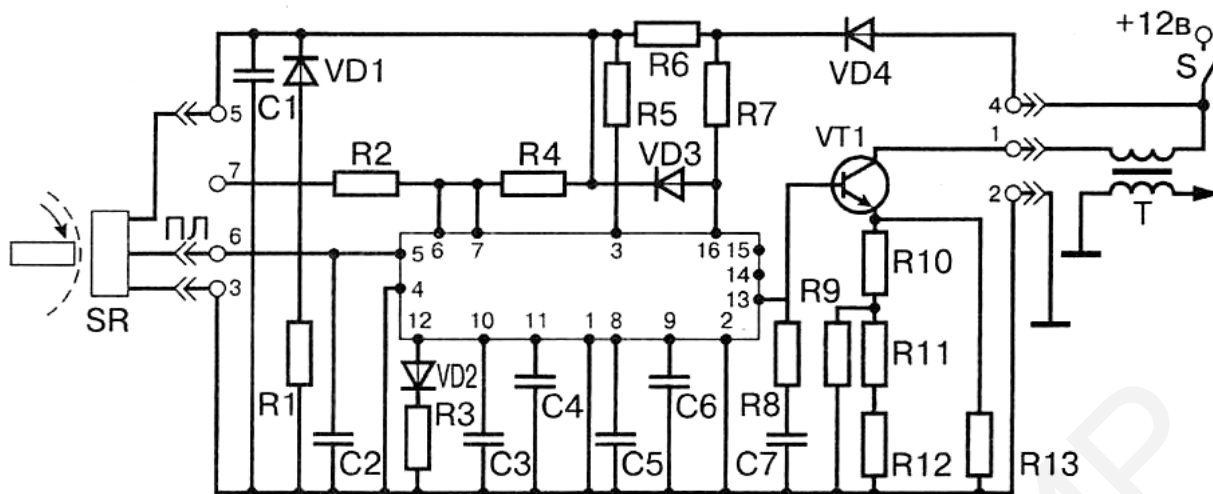


Рис. 1.17. Принципиальная электрическая схема зажигания с регулируемым временем накопления

С исчезновением выходного сигнала компаратора открывается транзистор **VT1** и первичная цепь зажигания **1-4** включается в сеть.

Таким образом, компаратор преобразует величину напряжения во времени, т. е. время накопления энергии в катушке зажигания **T** соответствует времени отсутствия сигнала на выходе компаратора.

Следовательно, *уменьшение* длительности выходного сигнала компаратора *увеличивает время накопления* энергии на катушке зажигания, и тем самым стабилизируется абсолютное значение энергии, а значит, достигается независимость вторичного напряжения на катушке зажигания от числа оборотов двигателя.

Сопротивления **R10**, **R11**, **R12** ограничивают силу тока в катушке зажигания на уровне 8 А.

Схема защищена от всплесков напряжения и включения обратной полярности питания вентилями **VD3**, **VD4** и стабилитроном **VD1**.

2. Стартерные устройства автомобиля

2.1. Назначение, элементы конструкции и основные характеристики свинцовых аккумуляторных батарей с жидким электролитом

Система стартерного устройства (система пуска) предназначена для создания крутящего момента на валу коленвала при пуске двигателя. Сила крутящего момента должна превышать силу, действующую на поршень в момент такта сжатия.

Система пуска состоит:

- из аккумуляторной батареи (АКБ);

- электростартера;
- системы управления.

АКБ предназначена для электроснабжения стартера при пуске ДВС (двигателя внутреннего сгорания) и работает параллельно с генератором, устраняя его перегрузки и сглаживая пульсации его напряжения. После пуска двигателя **АКБ** работает в режиме подзаряда от генератора.

Наиболее распространенные *свинцовые АКБ* являются вторичными химическими источниками тока, поскольку могут использоваться многократно. Активные материалы, израсходованные в процессе разряда **АКБ**, восстанавливаются при последующем заряде.

В химический источник тока входят:

- реагенты (окислитель и восстановитель);
- электролит.

Восстановитель (отрицательный электрод) в процессе токообразующей реакции отдает электроны и окисляется, а *окислитель (положительный электрод)* – восстанавливается.

Электролит – жидкое химическое соединение, обладающее хорошей ионной и малой электронной проводимостью.

В свинцовой **АКБ** в токообразующих процессах участвуют:

- двуокись свинца (окислитель) *положительного* электрода;
- губчатый свинец (восстановитель) *отрицательного* электрода;
- электролит (водный раствор серной кислоты H_2SO_4).

Электроды АКБ – относительно жесткая пористая электропроводящая масса из губчатого свинца.

При работе двигателя от **АКБ** избыточные ионы отрицательного электрода **АКБ** перемещаются по внешней замкнутой электрической цепи к положительному электроду (рис. 2.1).

При подключении **АКБ** к зарядному устройству электроны внутри **АКБ** движутся к отрицательному электроду (рис. 2.2).

Содержание в электролите серной кислоты и плотность электролита уменьшаются при разряде **АКБ** и увеличиваются при заряде.

По плотности электролита судят о степени разряженности свинцового аккумулятора.

Причем при разряде **АКБ** происходит незначительное увеличение объема электролита, а при заряде – уменьшение.

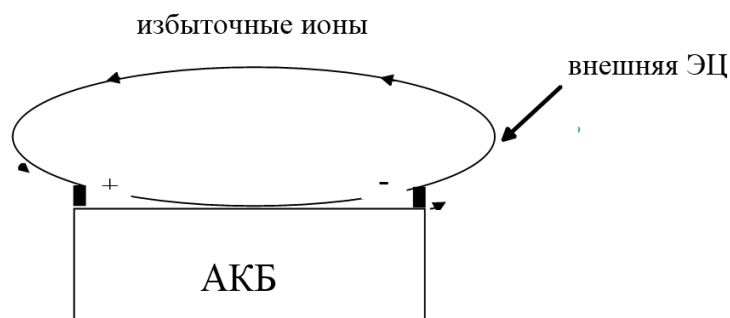


Рис. 2.1. Работа двигателя от АКБ

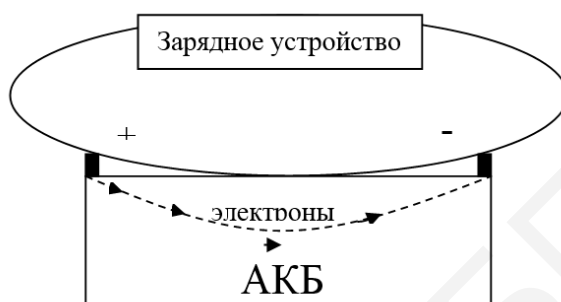


Рис. 2.2. Подключение АКБ к зарядному устройству

Пластины 9, 10 (рис. 2.3) современных необслуживаемых АКБ изготавливаются из сплава свинца с серебром.

Чтобы не допустить частого выхода из строя АКБ из-за внутреннего замыкания пластин и короткого замыкания нижней части пластин, вызванного осыпанием их активной массы, пластины 9, 10 помещают в сепараторы со стеклотканью.

Сепараторы изготовлены из пористого материала. При осыпании активной массы пластин она остается на дне сепаратора и короткое замыкание с соседней пластиной произойти не может.

Стекловолокно обеспечивает дополнительной защитой положительную массу пластин от осыпания.

Термин «необслуживаемая» АКБ означает, что аккумулятор не требует проверки электролита и периодической доливки его в течение всего периода эксплуатации АКБ. Однако подзарядку АКБ производить при необходимости следует.

Многие современные модели АКБ снабжены специальным индикатором заряженности (рис. 2.4 и 2.5).

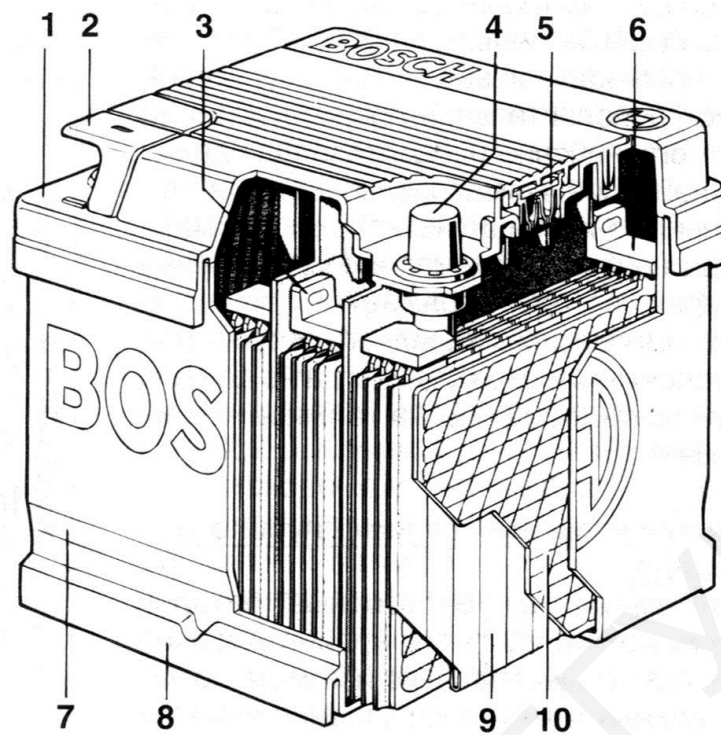


Рис. 2.3. Необслуживаемая аккумуляторная батарея:
 1 – неразъемная крышка; 2 – крышка вывода; 3 – межэлементный соединитель;
 4 – клемма; 5 – перегородка; 6 – перемычка пластин; 7 – корпус;
 8 – нижняя установочная направляющая;
 9 – положительные пластины, помещенные внутрь сепараторов;
 10 – отрицательные пластины



Рис. 2.4. Индикатор заряженности:
 1 – световод; 2 – поплавок; 3 – короб

В электролит (см. рис. 2.4) опущен световод **1**, к которому прикреплен короб **3** с пластмассовым шариком **2** зеленого цвета. Шарик играет роль ареометра – указателя плотности электролита.

Если АКБ заряжена до 65 % и выше (см. рис. 2.5), шарик всплывает к срезу световода, создавая эффект зеленого свечения.

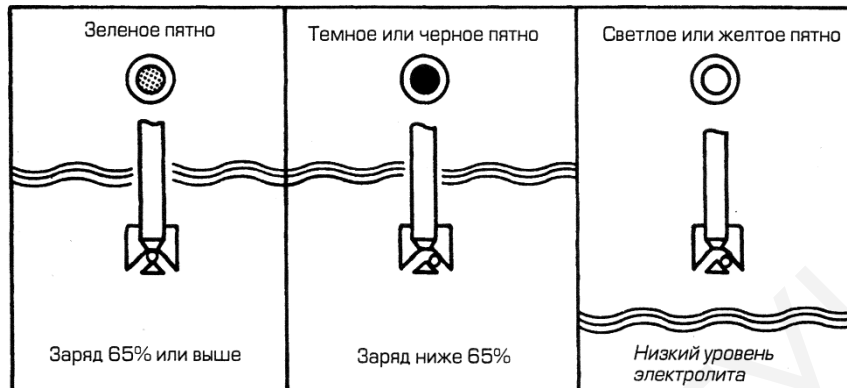


Рис. 2.5. Принцип работы индикатора заряженности

При степени зараженности АКБ ниже 65 % индикатор темнеет – необходима подзарядка АКБ.

Если индикатор бесцветный или желтый, это свидетельствует о полной зарядке АКБ, но уровень электролита низкий.

Необслуживаемые АКБ проверяются каждые 25 месяцев или 40 тыс. км пробега автомобиля.

Обычные АКБ проверяются каждые 15 месяцев или 25 тыс. км пробега.

Напряжение заряда АКБ не должно превышать 2,3–2,4 В.

Основные характеристики АКБ:

1) Коэффициент преобразования энергии (КПЭ). Для заряда батареи энергия должна быть больше энергии, отдаваемой ею при разряде: от 105 до 110 % отданной ранее энергии или от 1,05 до 1,10.

2) Емкость батареи (в ампер-часах). Номинальная емкость – 20 А·ч. Это емкость полностью заряженной батареи, которая разряжается 20 ч (при напряжении на выводах батареи не ниже 10,5 В). Например, разрядный ток батареи емкостью 60 А·ч равен $60 \text{ А·ч} / 20 \text{ ч} = 3 \text{ А}$, т. е. батарея с номинальной емкостью 60 А·ч должна отдавать ток силой 3 А в течение 20 ч (при напряжении на ее выводах не менее 10,5 В).

3) Номинальное напряжение равно произведению номинального напряжения ячеек аккумулятора (2 В для свинцового) на их число в АКБ: $2 \text{ В} \cdot 6 = 12 \text{ В}$.

4) Напряжение начала газовыделения – более 14,4 В на клеммах аккумулятора.

Обычные АКБ реагируют на частые и крайне высокие разряды существенным износом положительных пластин (отделение и осаждение

активного материала). В АКБ *глубокого разряда* для защиты положительной массы от осыпания сепараторы имеют стекловолоконные слои, которые хорошо впитывают и удерживают электролит. Эти АКБ оснащаются общей крышкой (рис. 2.6), в которую встроены несъемные пробки ячеек **3**, а также предусмотрен канал центральной вентиляции **2**. Продолжительность эксплуатации таких АКБ почти в 2 раза превышает работу стандартных АКБ.

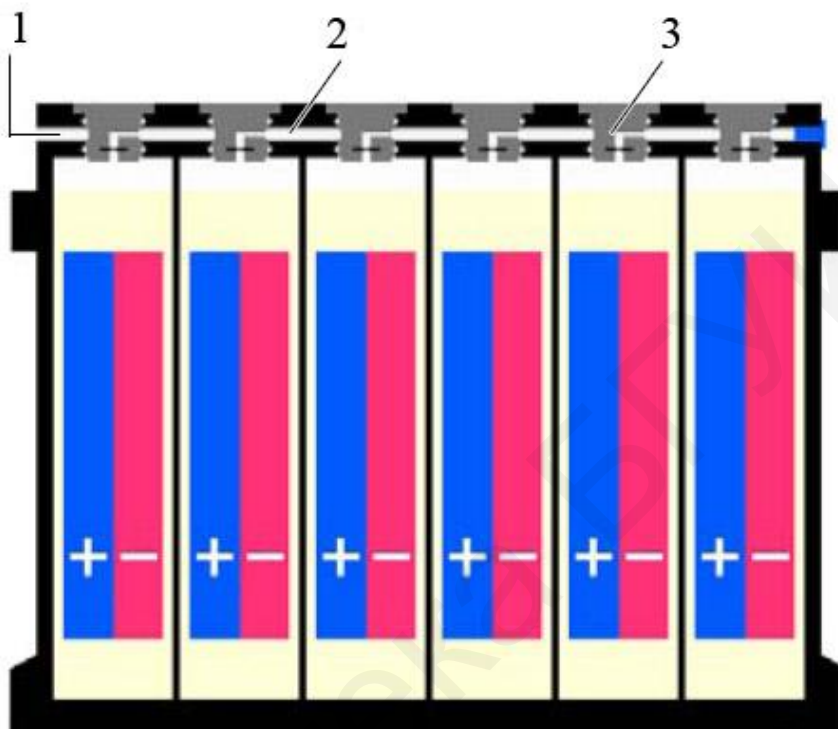


Рис. 2.6. Аккумуляторная батарея глубокого разряда с предохранительным клапаном:
1 – отверстие; 2 – вентиляционный канал; 3 – пробка ячейки

Одной из разновидностей АКБ такого типа является батарея с **гелеобразным электролитом**. В электролит этих батарей добавляется *кремниевая кислота*, превращающая его в гель, а также *фосфорная кислота*, существенно повышающая их циклическую стойкость (количество возможных циклов разряда и заряда) и способность к восстановлению после глубокого разряда.

К преимуществам АКБ с гелеобразным электролитом относят: небольшую вероятность потери электролита, высокую циклическую стойкость, отсутствие необходимости обслуживания.

Недостатки: ухудшенные пусковые свойства при низких температурах, непереносимость повышенных температур и связанная с ней непригодность к установке под капотом автомобиля.

В **виброустойчивых** АКБ крепления в виде литой смолы или пластика предупреждают разрушение пластин от вибрации.

Из-за недостатка пространства в моторном отсеке в некоторых легковых автомобилях вместо обычной АКБ на 12 В устанавливают два малогабаритных аккумулятора по 6 В (рис. 2.7). Такие АКБ нельзя заряжать по одиночке и нельзя производить замену только одной АКБ.

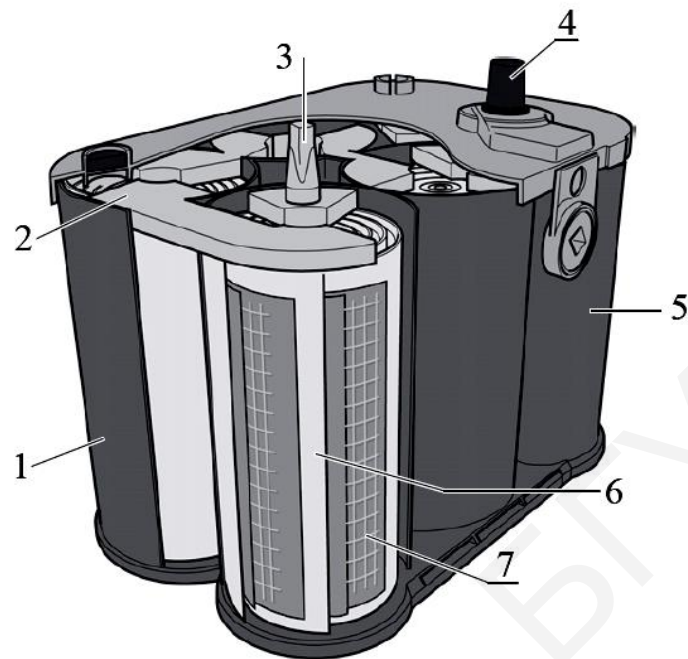


Рис. 2.7. Аккумуляторная батарея с напряжением 6 В:

1 – пластиковый корпус; 2 – свинцовая соединительная пластина; 3 – плюсовая клемма; 4 – минусовая клемма; 5 – цилиндрический элемент АКБ; 6 – сепаратор из стекловолокна; 7 – свинцовая решетка

Клеммы современных АКБ имеют **встроенные микропроцессоры**, способные измерять ток заряда и разряда, напряжение, температуру и остаточную емкость батареи (рис. 2.8).

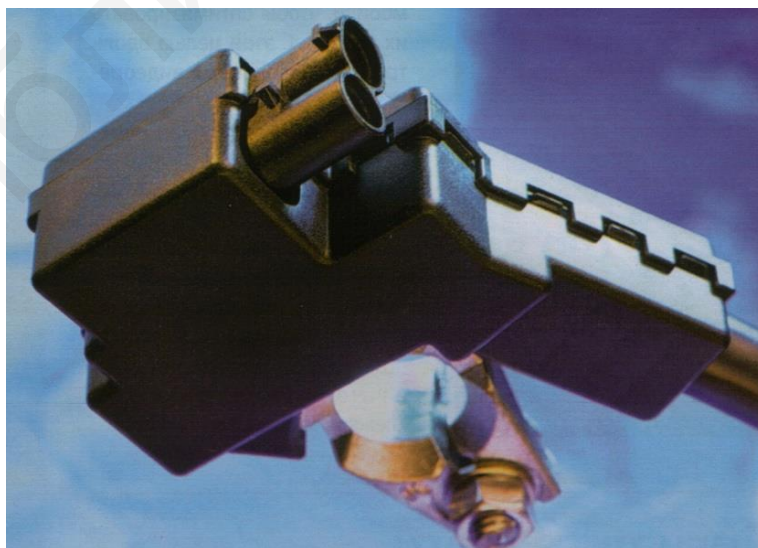


Рис. 2.8. Клемма с датчиком определения состояния аккумуляторных батарей

В условиях длительного использования потребителей электропитания автомобиля при неработающем двигателе (телевизор, магнитола, холодильник и др.) и отсутствия штатных зарядных устройств для заряда АКБ в настоящее время применяют **панели солнечных батарей** (рис. 2.9).



Рис. 2.9. Панель солнечных батарей:
1 – переходник; 2 – соединительный провод; 3 – панель

Эти панели устанавливаются за задним стеклом или на крыше автомобиля и соединяются с АКБ через гнездо прикуривателя. Электроэнергия, получаемая в панели в результате преобразования солнечной энергии, используется для подзаряда. Одновременно могут использоваться три панели.

2.2. Стартер с встроенным цилиндрическим редуктором с внешним зацеплением

Поршневые двигатели внутреннего сгорания *начинают* работать устойчиво при относительно высокой *частоте вращения коленвала*:

- для бензиновых двигателей – 40–85 об/мин;
- для дизельных – 50–200 об/мин.

Пусковое устройство (стартер) должно обеспечить:

- начало и развитие процессов образования, воспламенения и сгорания топливно-воздушной смеси;
- выход двигателя на устойчивый режим самостоятельной работы.

Типы стартеров:

- 1) стартер с встроенным цилиндрическим редуктором с *внешним зацеплением*;

2) стартер с встроенным цилиндрическим редуктором с *внутренним* зацеплением;

3) стартер с *планетарным мультипликатором*.

Принцип работы стартера с встроенным цилиндрическим редуктором с внешним зацеплением: тяговое реле **11** (рис. 2.10) при подаче на него напряжения от ключа стартера из кабины водителя тянет рычаг **16**, передвигая вправо шестерню привода **18** до *полного зацепления* с венцом маховика двигателя. Одновременно запускается цилиндрический редуктор **23** (при подаче напряжения на его якорь **7**), что приводит к вращению шестерни привода **18**. При достижении 40–85 об/мин маховика бензиновый двигатель запускается (дизельный – при 50–200 об/мин).

Основной недостаток стартера с *внешним зацеплением*: смещение осей стартерного электродвигателя и привода на 30–50 мм, что затрудняет компоновку стартера на двигателе.

Этого недостатка нет у стартеров с *внутренним зацеплением*.

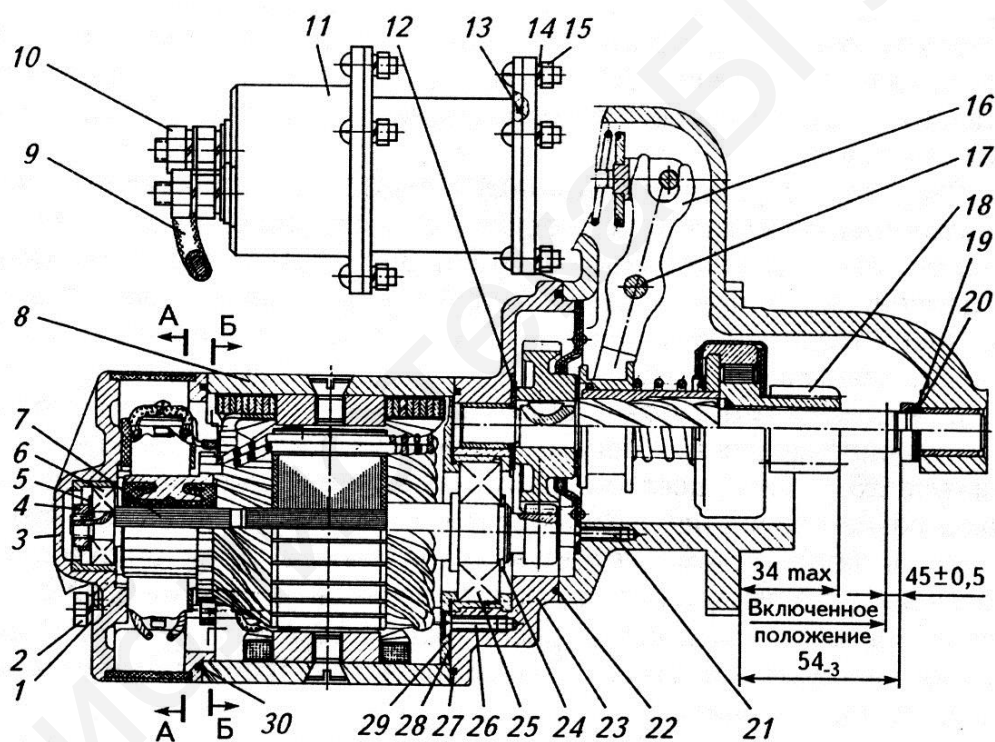


Рис. 2.10. Стартер со встроенным цилиндрическим редуктором с внешним зацеплением:

- 1, 14 – пружинные шайбы; 2 – стяжной болт; 3 – крышка со стороны коллектора;
- 4, 15 – гайки; 5 – стопорная шайба; 6, 25 – подшипники; 7 – якорь в сборе; 8 – корпус;
- 9 – перемычка; 10 – гайка контактного болта тягового реле; 11 – тяговое реле;
- 12 – шайба; 13, 22, 27, 30 – уплотнительные кольца; 16 – рычаг в сборе; 17 – ось рычага;
- 18 – шестерня привода; 19 – упорная шайба; 20 – регулировочная шайба; 21, 26 – винты;
- 23 – корпус редуктора в сборе; 24 – кольцо; 28 – регулировочная прокладка;
- 29 – крышка подшипника

2.3. Стартер с встроенным цилиндрическим редуктором с внутренним зацеплением

Пример стартера с встроенным цилиндрическим редуктором с внутренним зацеплением приведен на рис. 2.11.

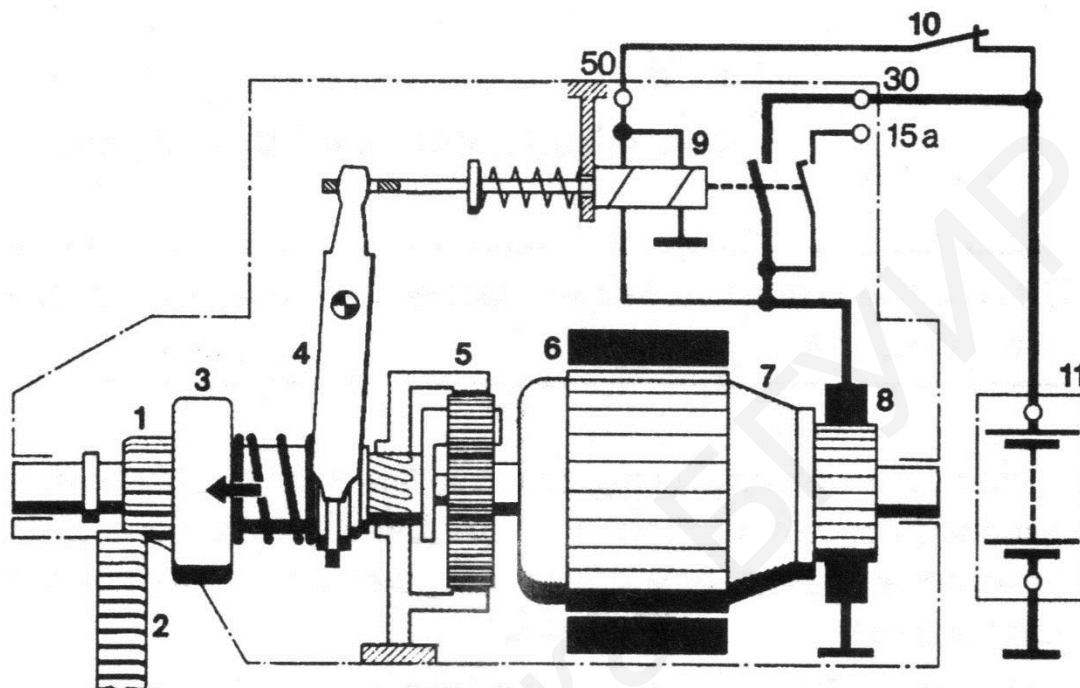


Рис. 2.11. Схема стартера Bosch DW с постоянными магнитами и понижающей передачей:

- 1 – шестерня; 2 – венец маховика; 3 – обгонная муфта; 4 – управляющий рычаг; 5 – планетарная передача; 6 – постоянный магнит; 7 – якорь; 8 – коллектор с графитовыми щетками; 9 – электромагнитный привод с втягивающей и удерживающими обмотками; 10 – выключатель стартера; 11 – аккумулятор

Принцип работы. Шестерня привода **1**, которая при включении стартера входит в зацепление с венцом маховика **2** двигателя, расположена на одной оси с якорем редуктора **7**.

При включении стартера замком зажигания **10** напряжение от аккумулятора **11** с помощью электромагнитного привода **9** перемещает управляющий рычаг **4** и вводит в зацепление шестерню привода **1** с маховиком **2** двигателя.

Вращение шестерни привода **1** усиливается от коллектора **8** и передачи **5** с помощью постоянного магнита **6**.

Такой стартер на **40 %** легче стартера с внешним зацеплением.

Недостаток – наличие радиальной нагрузки на вал электродвигателя стартера.

Общий недостаток стартеров с внешним и внутренним зацеплением: при электростартерном пуске существует значительная неравномерность вращения коленчатого вала двигателя. Пуск становится ненадежным.

Равномерности вращения коленвала можно добиться путем увеличения момента инерции системы стартер–двигатель.

Для этого на валу стартерного электродвигателя устанавливают *дополнительный* встроенный в стартер маховик с планетарным мультипликатором.

2.4. Стартер с планетарным мультипликатором

На рис. 2.12 приведена кинематическая схема стартера с планетарным мультипликатором.

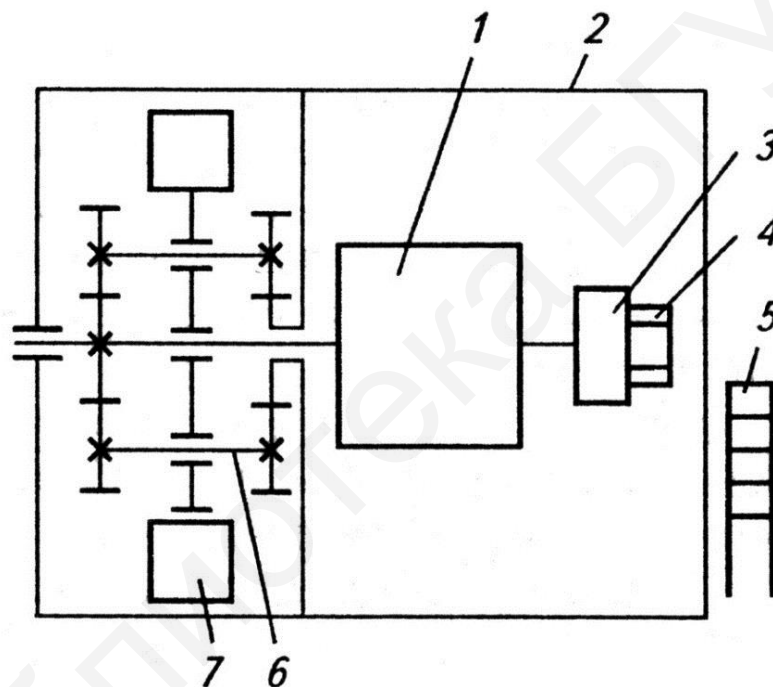


Рис. 2.12. Кинематическая схема стартера с планетарным мультипликатором:

- 1 – якорь электродвигателя; 2 – электростартер; 3 – муфта свободного хода;
- 4 – шестерня привода стартера; 5 – зубчатый венец маховика двигателя;
- 6 – планетарный мультипликатор; 7 – встроенный в стартер маховик

Принцип работы. Для увеличения момента инерции системы стартер–двигатель с целью достижения равномерности вращения коленвала двигателя во время запуска на одном валу в стартере 2 якорь 1, с одной стороны, связан через муфту 3 свободного хода с шестерней 4 привода, которая при включении стартера входит в зацепление с зубчатым венцом 5 маховика двигателя, с другой стороны, якорь 1 соединен на том же валу через планетарный мультипликатор 6 с дополнительным маховиком 7.

Мультипликатор работает следующим образом (рис. 2.13). Вращение якоря **1** электростартера через ведущую шестерню **11** передается *ведомым шестерням* **8, 13** и далее обгоняющей шестерне **4**, которая обхватывается вокруг обгоняемой шестерни **12** и приводит в движение маховик **5**. Такое устройство планетарного мультипликатора обеспечивает *равномерное* вращение маховика. Он вращается значительно быстрее вала **9**. Таким образом, обеспечивается надежный запуск двигателя автомобиля.

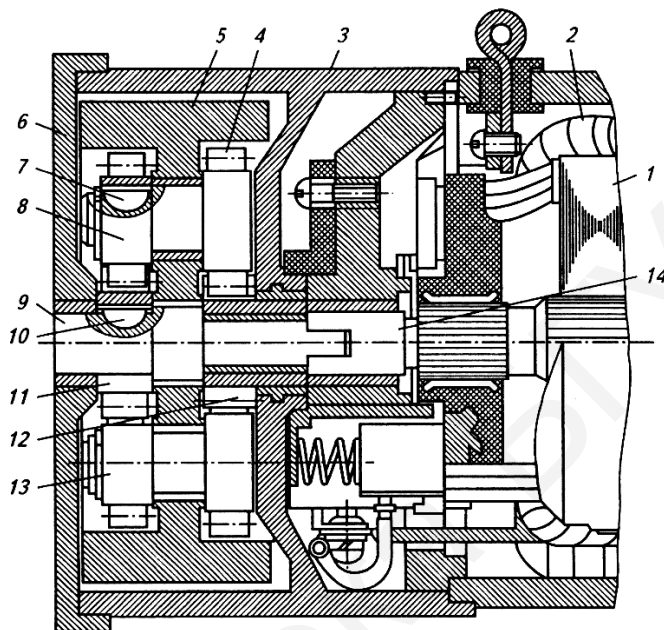


Рис. 2.13. Стартер с встроенным маховиком:

- 1 – якорь; 2 – обмотка возбуждения; 3 – корпус мультипликатора;
 4 – обгоняющая шестерня; 5 – маховик; 6 – крышка мультипликатора;
 7, 10 – шпонки; 8, 13 – ведомые шестерни; 9 – вал; 11 – ведущая шестерня;
 12 – обгоняемая шестерня; 14 – муфта

2.5. Система стоп-старта автомобиля

Система стоп-старта автомобиля выполняет следующие функции:

- 1) автоматическое управление *остановкой* двигателя автомобиля;
- 2) автоматическое управление *пуском* двигателя автомобиля;
- 3) *сокращение длительности работы* двигателя автомобиля (с целью дополнительной экономии топлива) в режимах:
 - *холостого хода* при остановке двигателя;
 - *медленного движения* автомобиля (при нейтральном положении рычага коробки передач).

Система стоп-старта *начинает* автоматически *функционировать* в следующих случаях:

- первоначальный пуск двигателя был осуществлен пусковой системой с электростартером;

– двигатель прогрет до температуры охлаждающей жидкости 65–100 °С.
 На рис. 2.14 приведена блок-схема системы стоп-старта.

Система стоп-старта, обеспечиваемая показателями датчиков, функционирует следующим образом. Система выключает зажигание и отключает подачу топлива, останавливая двигатель при скорости движения автомобиля менее 5 км/ч на нейтральной передаче и выжатом сцеплении. Для продолжения движения водитель нажимает на педаль дроссельной заслонки. При этом автоматически осуществляется пуск двигателя.

Стартер и цепь зажигания включаются системой стоп-старта в следующих случаях: а) двигатель остановлен; б) с момента остановки двигателя прошло не менее 0,6 с; в) педаль сцепления выжата; г) скорость движения автомобиля менее 10 км/ч.

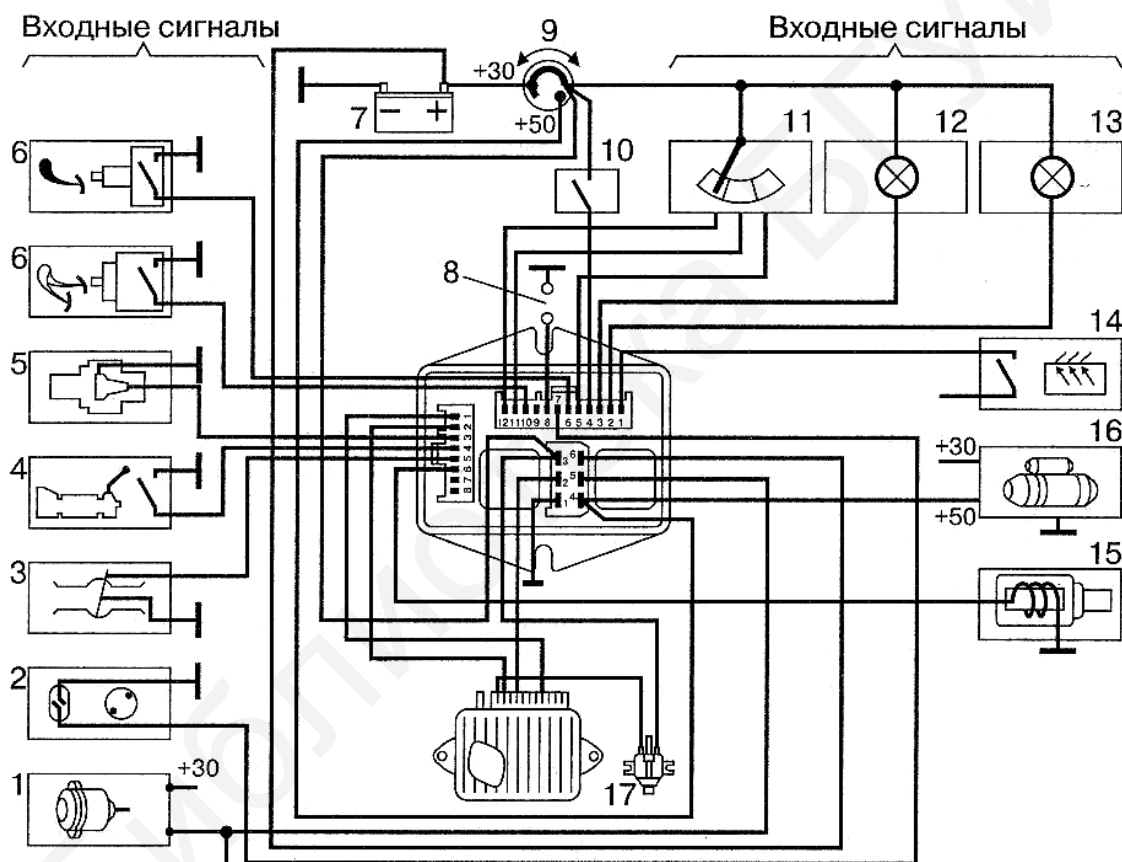


Рис. 2.14. Схема системы стоп-старта:

- 1 – генератор; 2 – датчик тахометра; 3 – датчик положения дроссельной заслонки;
- 4 – датчик нейтрального положения коробки передач; 5 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 6 – датчик положения педали сцепления (отпущена, выжата);
- 7 – аккумуляторная батарея; 8 – испытательные точки; 9 – выключатель зажигания;
- 10 – переключатель работы системы; 11 – эконометр; 12 – контрольная лампа системы;
- 13 – контрольная лампа остановки двигателя; 14 – цепь обогрева стекла;
- 15 – стартер; 16 – выключатель подачи топлива; 17 – катушка зажигания

3. Система энергоснабжения автомобиля

3.1. Электрогенераторы и выпрямители автомобиля

В систему энергоснабжения автомобиля входят:

– *генераторная установка*, которая состоит из электрогенератора и регулятора напряжения, и, во-первых, обеспечивает питанием электропотребителей, включенных в бортовую сеть автомобиля, во-вторых, заряжает аккумуляторную батарею при работающем двигателе;

– *элементы контроля работоспособности и защиты* от возможных аварийных режимов (реле блокировки стартера, тахометр и др.).

Даже на холостом ходу двигателя *генераторная установка* должна развивать 40–50 % от номинальной мощности, достаточной для электропитания наиболее важных потребителей автомобиля (например, система зажигания, информационно-измерительная система и др.).

Генераторные установки для бензиновых двигателей рассчитаны на номинальное напряжение 14 В, для дизельных – 28 В.

Генераторные установки выполняются по однопроводной схеме, в которой с корпусом соединен отрицательный полюс системы, и *питают* бортовую сеть автомобиля *постоянным током*.

Принцип действия щеточного вентильного электрогенератора. *Преобразование механической энергии* вращения от двигателя через ременную передачу *в электрическую* происходит в соответствии с явлением электромагнитной индукции.

Для образования магнитного потока *через обмотку возбуждения 4* (рис. 3.1) вращающегося ротора **3**, имеющего северный *N* и южный *S* полюса магнита, *пропускают* постоянный ток от аккумуляторной батареи с помощью щеток **5** (или от самого генератора при его работе на самовозбуждение).

Магнитный поток вращающегося ротора пересекает витки обмоток **2** статора **1** и наводит в них (по закону Фарадея) переменный электрический ток, поскольку каждую обмотку фаз статора последовательно проходит то северный *N*, то южный *S* полюс магнита ротора.

Обмотки **2** статора соединены «звездой» и расположены относительно друг друга под углом 120°. Поэтому на вход выпрямителя **6** (см. рис. 3.1) поступает трехфазное напряжение (рис. 3.2, б).

Соединение «звездой» предпочтительнее, чем соединение «треугольником» тем, что магнитное напряжение при соединении в «звезду» в $\sqrt{3}$ (в 1,73) раз больше, чем при соединении в «треугольник».

Выпрямитель **1** (рис. 3.2, а) содержит шесть диодов, образующих два плеча: в одном *аноды* трех диодов соединены с выводом «+» генератора, в другом *катоды* диодов соединены с выводом «-». В однопроводной схеме вывод «-» соединен с массой.

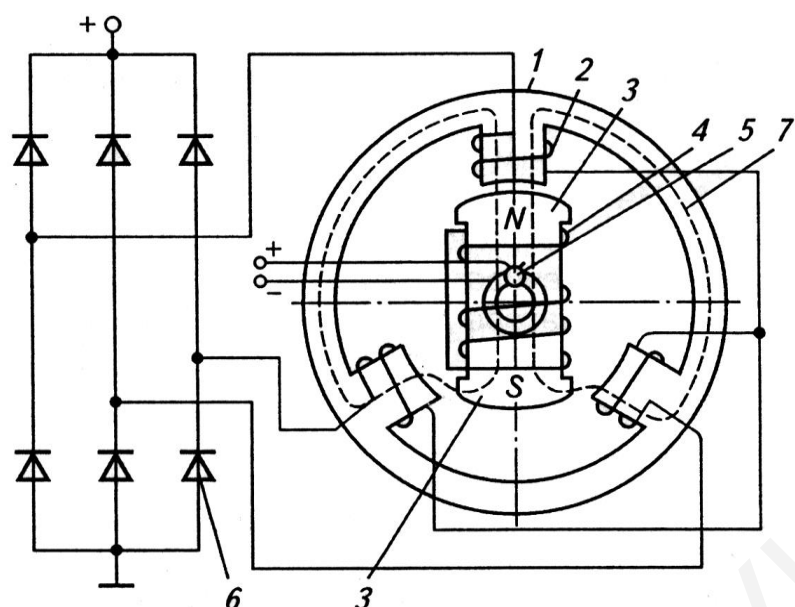


Рис. 3.1. Схема вентильного генератора:
 1 – магнитопровод статора; 2 – обмотка статора; 3 – полюсы ротора;
 4 – обмотка возбуждения; 5 – кольца и щетки; 6 – выпрямитель;
 7 – направление магнитного потока

Выпрямленное напряжение U_d (см. рис. 3.2, б) имеет пульсирующий характер. Аккумуляторная батарея GB частично сглаживает (как фильтр) пульсирующее выпрямленное напряжение генератора.

При длительной стоянке автомобиля возможна разрядка аккумуляторной батареи на обмотку возбуждения генератора (см.рис. 3.1). Поэтому в некоторых моделях автомобильных генераторов обмотку возбуждения подсоединяют к дополнительному выпрямителю 2 (см. рис. 3.2, а). Аноды трех диодов дополнительного выпрямителя соединены с выводом Д обмотки возбуждения. На обмотку возбуждения в этом случае подается только напряжение от генератора через дополнительный выпрямитель 2 и плечо выпрямителя 1. Тем самым предотвращается разрядка аккумуляторной батареи через обмотку возбуждения при длительной стоянке автомобиля.

Использование *дополнительного* выпрямителя имеет и *негативную сторону*, связанную с самовозбуждением генератора. *Генератор может самовозбудиться* в двух случаях: 1) при наличии в нем остаточного магнитного потока; 2) при низком сопротивлении цепи возбуждения. Однако самовозбуждение генератора происходит *на слишком высоких частотах вращения ротора*.

Чтобы не допустить самовозбуждения генератора (когда обмотка возбуждения *не соединена* с аккумуляторной батареей) и перевести его возбуждение в *рабочий диапазон вращения ротора*, вводят соединение обмотки возбуждения с АКБ через контрольную лампу **НЛ** (см. рис. 3.2, а). Небольшой ток, поступающий через эту лампу в обмотку возбуждения, обеспечивает возбуждение генератора *на низких частотах вращения ротора*.

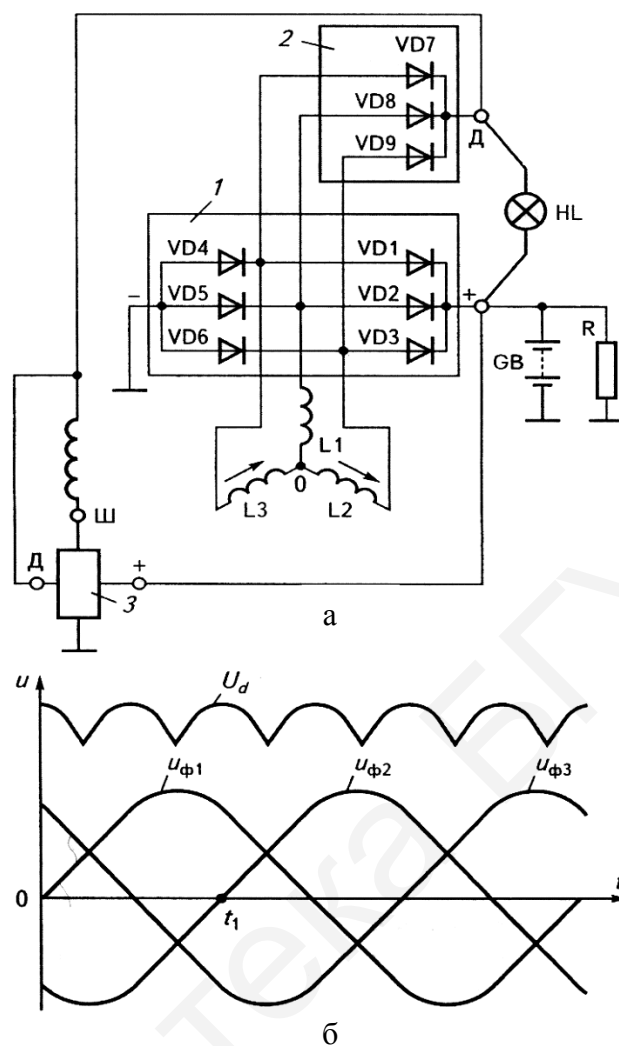


Рис. 3.2. Схема генераторной установки (а) и диаграммы напряжений (б):
 1 – трехфазный мостовой выпрямитель; 2 – дополнительный выпрямитель;
 3 – регулятор напряжения

Недостаток щеточного генератора: наличие контактного узла, который состоит из электрических щеток и колец и через который к вращающейся обмотке возбуждения подводится ток. Этот узел подвержен изнашиванию. Пыль, топливо, масло, попадая на контактный узел, быстро выводят его из строя.

3.2. Бесщеточный генератор системы энергоснабжения автомобиля

В бесщеточном генераторе (рис. 3.3) *ротор 6* представляет собой многолучевую стальную звездочку, насаженную на вал. Неподвижная *обмотка возбуждения 11* соосна с ротором и расположена на втулке индуктора *10* генератора, запитываемого от аккумулятора.

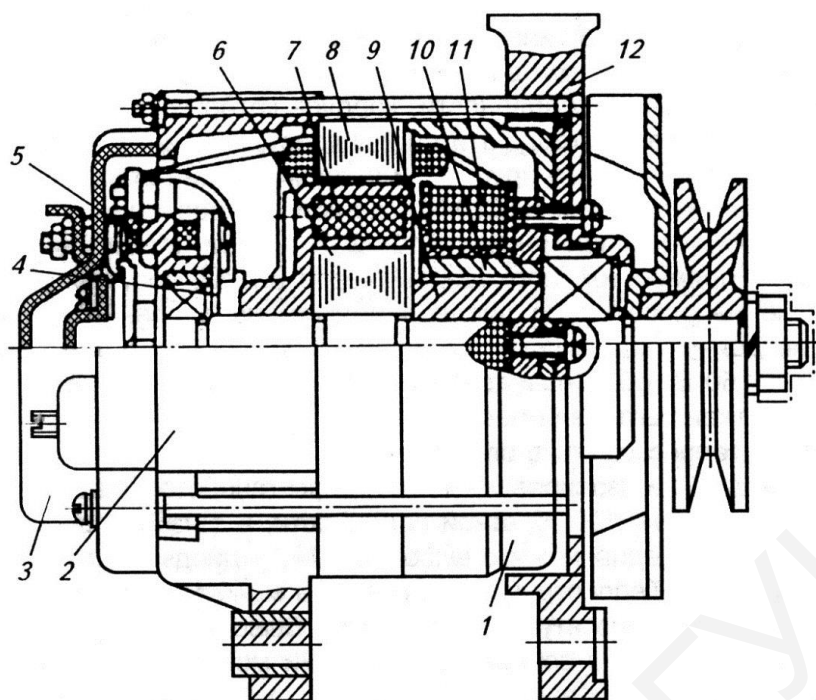


Рис. 3.3. Бесщеточный генератор:

- 1 – передняя крышка; 2 – задняя крышка; 3 – кожух; 4 – выпрямительный блок;
 5 – блок регулятора напряжения; 6 – пакет ротора; 7 – фланец с постоянными магнитами;
 8 – статор; 9 – втулка ротора; 10 – индуктор; 11 – обмотка возбуждения;
 12 – подшипниковый щит

Между зубцами ротора для увеличения магнитного потока залиты постоянные магниты, которые обеспечивают надежное самовозбуждение генератора (т. е. возможность работы генератора при отключенной аккумуляторной батарее).

Принцип работы бесщеточного генератора. Магнитный поток от неподвижного индуктора **10** индуцирует ток в неподвижной обмотке возбуждения **11**. Магнитный поток теперь уже катушки возбуждения проходит к статорным обмоткам между зубцами звездочки. При вращении ротора напротив катушек обмоток фаз статора последовательно оказываются то зубцы, то впадины звездочки. Поэтому магнитный поток изменяется по величине, и в катушках статора появляется переменное напряжение.

3.3. Регуляторы напряжения генераторных установок автомобиля

Назначение регулятора напряжения:

1) поддерживает напряжение бортовой сети в заданных пределах во всех режимах работы при изменении:

- а) частоты вращения ротора генератора;
- б) электрической нагрузки;
- в) температуры окружающей среды;

2) выполняет дополнительные функции:

а) защищает элементы генераторной установки от аварийных режимов и перегрузки;

б) автоматически включает в бортовую сеть:

– цепь обмотки возбуждения;

– систему сигнализации аварийной работы генераторной установки.

Все (отечественные и зарубежные) регуляторы напряжения стабилизируют напряжение изменением тока возбуждения. Если напряжение возрастает (или уменьшается), то регулятор соответственно уменьшает (или увеличивает) ток возбуждения.

На функциональной схеме регулятора напряжения (рис. 3.4) измерительный элемент **5** определяет уровень напряжения генератора **2** U_d и преобразует его в сигнал $U_{изм}$, который в элементе **3** сравнивается с эталонным напряжением $U_{эт}$. Если $U_{изм}$ и $U_{эт}$ отличаются, то на выходе измерительного элемента появляется сигнал U_0 , который активирует регулирующий элемент **4**, изменяющий ток в обмотке возбуждения генератора **2**.

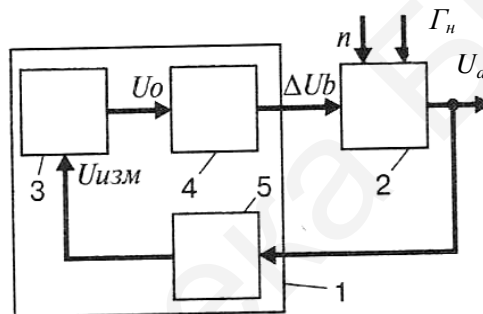


Рис. 3.4. Функциональная схема регулятора напряжения:

1 – регулятор; 2 – генератор; 3 – элемент сравнения; 4 – регулирующий элемент;
5 – измерительный элемент

Принцип работы регулятора напряжения (рис. 3.5). Напряжение к стабилитрону VD1 подводится с выхода генератора Д через делитель напряжения на резисторах R1, R2.

1. Пока напряжение генератора невелико, стабилитрон VD1 закрыт и ток в цепи базы транзистора VT1 не протекает, т. е. транзистор VT1 тоже закрыт. При этом ток от генератора (от вывода Д) поступает в цепь базы транзистора VT2 через делитель напряжения на резисторах R6, R5. Он открывается, и через его переход эмиттер – коллектор протекает ток в базе транзистора VT3, который в свою очередь открывается и обмотка возбуждения генератора через переход эмиттер – коллектор VT3 и диод VD2 подключается к цепи питания (параллельно аккумулятору GA).

Примечание. Соединения транзисторов VT1 и VT3, когда питание базы одного транзистора осуществляется от транзистора другого, называется *составным* или схемой Дарлингтона (имеющей большой коэффициент усиления).

2. При увеличении напряжения генератора (например, с увеличением частоты вращения ротора) возрастает напряжение на стабилитроне VD1. Он пробивается, и ток через него поступает в базовую цепь транзистора VT1, который открывается и своим переходом эмиттер – коллектор шунтирует вывод базы составного транзистора VT2, VT3 на «массу». Составной транзистор закрывается и разрывает цепь питания обмотки возбуждения. Ток возбуждения уменьшается. В итоге уменьшается напряжение генератора.

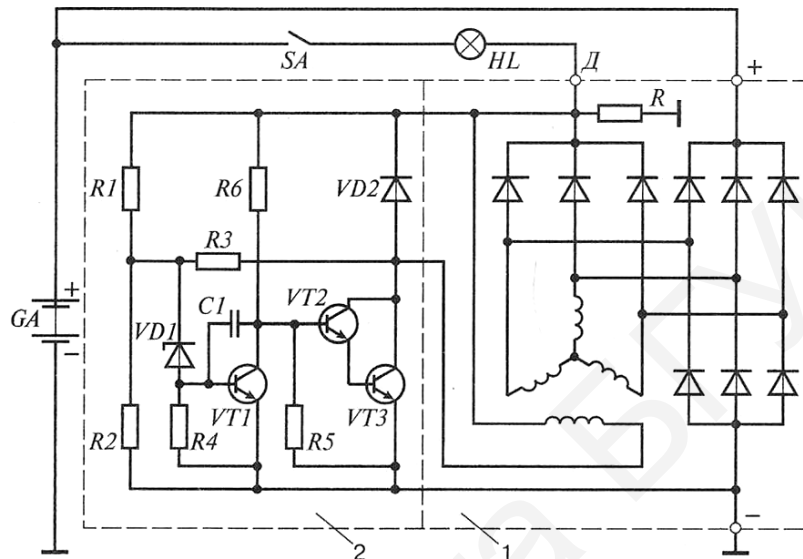


Рис. 3.5. Схема электронного регулятора напряжения:
1 – генератор; 2 – регулятор

Далее процесс повторяется. С уменьшением напряжения генератора закрываются стабилитрон VD2 и транзистор VT1, открываются составные транзисторы VT2, VT3. Обмотка возбуждения вновь подключается к цепи питания, напряжение генератора опять возрастает и т. д.

Таким образом, регулировка напряжения генератора осуществляется непрерывно: обмотка возбуждения то подключается к цепи питания, то отключается.

Различные модификации схем генераторных установок для 14 и 28 В приведены в прил. 1 на рис П.1.1.

4. Система освещения. Световая и звуковая сигнализация автомобиля

4.1. Международная система обозначений световых приборов автомобиля

Система освещения и световая сигнализация предназначены:

- 1) для освещения дороги;

- 2) для передачи информации:
 - а) о габаритных размерах автомобиля;
 - б) о предполагаемом маневре;
- 3) для освещения номерных знаков;
- 4) для освещения кабины, салона кузова, контрольно-измерительных приборов, багажника, подкапотного пространства.

Безопасность движения обеспечивается тогда, когда дальность видимой дороги превышает тормозной путь.

В 1958 году Комитетом по внутреннему транспорту Европейской экономической комиссии ООН издано и подписано «Соглашение о принятии единообразных условий официального утверждения и о взаимном признании официального утверждения оборудования и частей механических транспортных средств».

На основе этого соглашения разработана международная система обозначений световых приборов (прил. 2, табл. П.2.1). Автомобильные световые приборы, прошедшие проверку на соответствие этой системе, получают знак международного утверждения. Он наносится на рассеиватель или на основной корпус светового прибора.

Символы на знаке означают следующее:

1. Буква E в круге – Европа.
2. Цифра у буквы E (E_2) – отличительный номер страны, подписавшей Соглашение, например, 2 – Франция; 4 – Нидерланды; 7 – Венгрия и т. д.
3. Номер под кругом – номер официального утверждения.
4. Стрелка под кругом: «→» – левостороннее движение; «←» – правостороннее; «↔» – и левостороннее, и правостороннее; в последнее время стрелки «←» и «↔» не ставятся.
5. Буквы в прямоугольнике над кругом: S – ближний свет, R – дальний свет, т. е. фара или сигнал удовлетворяет нормам только по отношению к ближнему (или дальнему) свету;
S – цельностеклянный оптический элемент (без S – металлостеклянный);
H – галогенные лампы;
V – противотуманные фары;
A – передние габаритные огни.
6. Цифры для указателей поворота:
 - 1 – передние указательные повороты;
 - 2а, 2б – одно- и двухрежимные задние указатели поворотов;Боковые указатели поворотов:
 - 3 – передние;
 - 4 – передние, если есть 2а и 2б;
 - 5 – дополнительные указатели поворотов, где есть 2а и 2б.
7. Сигналы торможения:
 - S1 – однорежимная работа сигналов торможения;
 - S2 – двухрежимная работа сигналов торможения;

R-S1 и R-S2 имеют одновременно задний габаритный огонь и сигналы торможения.

8. *Световозвращатели:*

Категория П-148, т. е. транспортное средство шириной *1,6 м и более;*

Категория I-147 – ширина менее *1,6 м;*

Категория 148-П – прицепы и полуприцепы.

Римская цифра и номер официального утверждения должны находиться *на диаметрально противоположных сторонах* круга (прил. 2, табл. П.2.1) и в любом положении *по отношению к кругу.*

4.2. Типы автомобильных ламп

Конструкцию, применяемость и способы контроля *ламп* определяют следующие *параметры и характеристики:*

- категория;
- тип лампы;
- номинальное и расчетное напряжения;
- номинальное и предельное значения мощности и светового потока;
- средняя продолжительность горения;
- световая отдача;
- геометрические координаты положения нитевой системы относительно базовой (установочной) плоскости;
- тип цоколя;
- масса.

Состав автомобильной лампы (рис. 4.1) :

- колба **1**;
- одна или две нити накала **2** и **3** (**2** – нить дальнего света; **3** – ближнего);
- экран **4**;
- фокусирующий фланец **5** (или без него);
- выводы **6**;
- цоколь **7**.

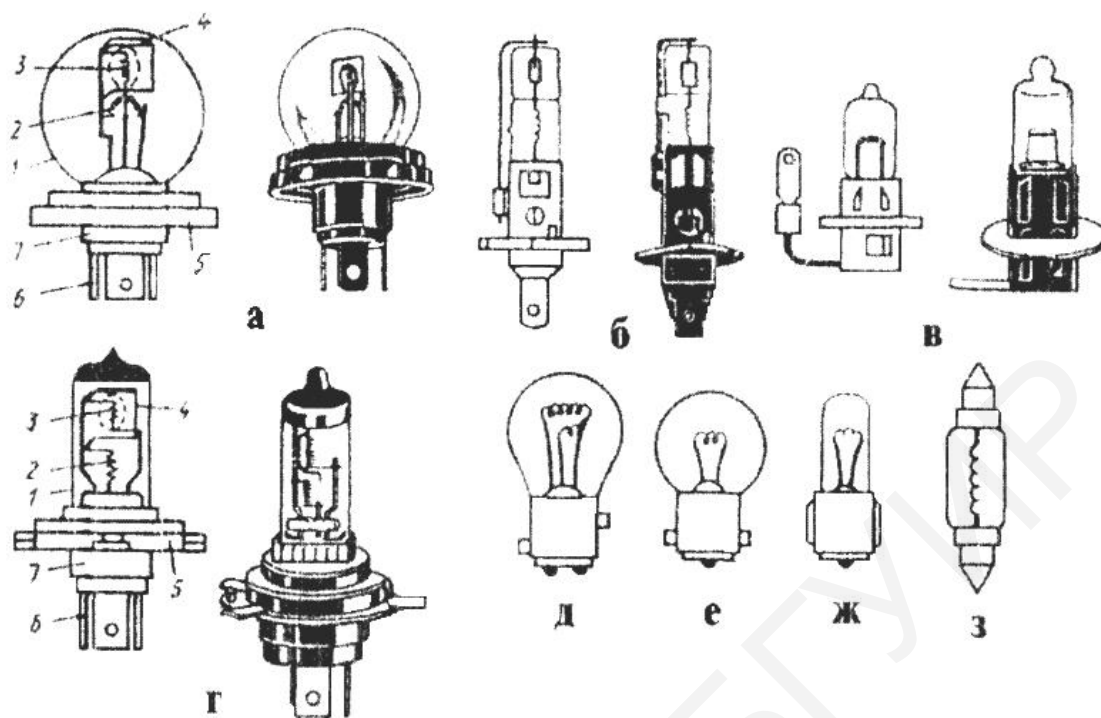


Рис. 4.1. Автомобильные лампы:

а – для фар головного освещения с европейской асимметричной системой светораспределения; *б* – галогенная категории H1; *в* – галогенная категории H3; *г* – галогенная категории H4; *д* – двухнитевая штифтовая; *е* – однонитевая штифтовая; *ж* – пальчиковая; *з* – софитная;
 1 – колба; 2 – нить дальнего света; 3 – нить ближнего света;
 4 – экран; 5 – фокусирующий фланец; 6 – выводы; 7 – цоколь

Типы автомобильных ламп:

1) *двухнитевые вакуумные лампы* (см. рис. 4.1, *а*) для головных фар с вольфрамовой спиральной *нитью накала* (температура плавления вольфрама **3380 °C**; рабочая температура – **2300–2700 °C**);

2) *галогенные лампы* (см. рис. 4.1, *б–г*), у которых преломление и отражение света – *кристаллическое* (так как при температуре нити накала свыше **2400 °C** вольфрам интенсивно испаряется в вакуумных лампах, колбы галогенных ламп мощностью свыше **2 Вт** *заполняют смесью инертных газов* (аргон, азот, ксенон, криптон и др.), дополняя небольшим количеством паров йода или брома). В колбе газонаполненной галогенной лампы температура нити накала или спирали достигает **2700–2900 °C**, что обеспечивает **на 50–60 %** больше световую отдачу лампы;

3) *двухнитевая штифтовая* (стержневая) лампа (см. рис. 4.1, *д*);

4) *однонитевая штифтовая* лампа (см. рис. 4.1, *е*);

5) *пальчиковая* (по форме колбы) лампа (см. рис. 4.1, *ж*);

6) *софитная* (рассеивающая) лампа (см. рис. 4.1, *з*), т. е. освещающая спереди и сверху.

Ксенон-наполнительные лампы отличаются от *галогенных* только наполнителем колбы. Бесцветный газ ксенон лучше замедляет испарения вольфрама, в связи с чем можно повысить температуру нити накаливания, что делает лампу более яркой.

Ксеноновые газоразрядные лампы (рис. 4.2) не имеют нити накаливания. В капсуле лампы, наполненной ксеноном, между двух электродов пропускается электрическая дуга, образующая световое излучение. По сравнению с галогенными, ксеноновые газоразрядные лампы значительно ярче и потребляют при этом значительно меньше энергии (прил. 3, табл. П.3.1). Кроме того, световой поток от ксеноновых ламп освещает большее пространство (рис. 4.3), облегчает передвижение автомобиля в дождливую погоду, так как световой пучок не рассеивается в дождевых каплях.

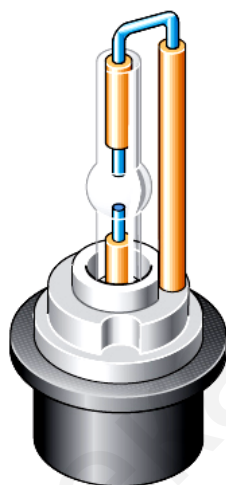
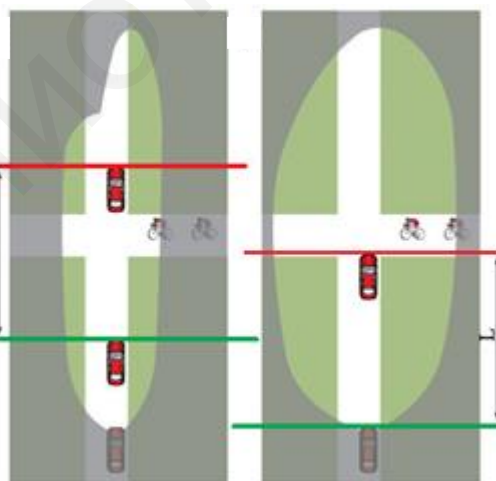


Рис. 4.2. Газоразрядная лампа



а

б

Рис. 4.3. Освещение дороги обычными (а) и ксеноновыми (б) лампами:

L – остановочный путь

В табл. 4.1 представлены единицы измерения, используемые в характеристиках лампы: сила света – кд (кандела); световой поток – лм (люмен); освещенность: лк (люкс), В (вольт), Вт (ватт).

Таблица 4.1

Параметры галогенного и ксенонового освещения

Параметр	Галоген	Ксенон
Потребляемая мощность	12 В, 55 Вт	12 В (24 В), 35 Вт
Сила света	67 500 кд	202 500 кд
Световой поток*	1550 лм	3200 лм
Цветовая температура	3200 К	4500–8000 К
Световая отдача**	28 лм/Вт	91 лм/Вт

* Световой поток – мощность видимого излучения, оцениваемого по световому ощущению, которое оно производит на нормальный человеческий глаз.

** Световая отдача – показывает, с каким КПД полученная электрическая мощность преобразуется в свет. Для галогена $1550/55=28$, для ксенона $3200/35=91$.

Типы фар: круглые, прямоугольные, гомофокальные, эллипсоидные, противотуманные.

Круглые фары (рис. 4.4). Впереди корпуса **5** находится круглый стеклянный рассеиватель света **11**, внутри корпуса – лампа **2**, соединительная колодка проводов **7**, отражатель **10**, опорное кольцо **4**. Кольцо прижимается к корпусу пружиной. По периферии опорного кольца размещены пазы, в которые входят регулировочные винты **3** для обеспечения регулировки направления светового пучка фары в горизонтальной и вертикальной плоскостях в пределах угла $\pm 4^{\circ}30'$.

Прямоугольные фары (рис. 4.5). Впереди корпуса **6** находится прямоугольный стеклянный рассеиватель света **8**, внутри корпуса – двухнитевая лампа **7**, параболический отражатель **5**, лампа габаритного света **11**, светодиодная колодка **2** проводов, винты **9** с пластмассовыми гайками **10** (обеспечивают регулировку направления светового пучка фары).

Гомофокальные фары. Достигнуть требуемых светотехнических характеристик при приемлемых соотношениях ширины, высоты и глубины фары позволяет принцип гомофокальности.

Принцип **гомофокальности** – это объединение нескольких усеченных параболических элементов с различным фокусным расстоянием (например, 20 и 40 мм – рис. 4.6, а и б) при совмещенных положениях их фокусов.

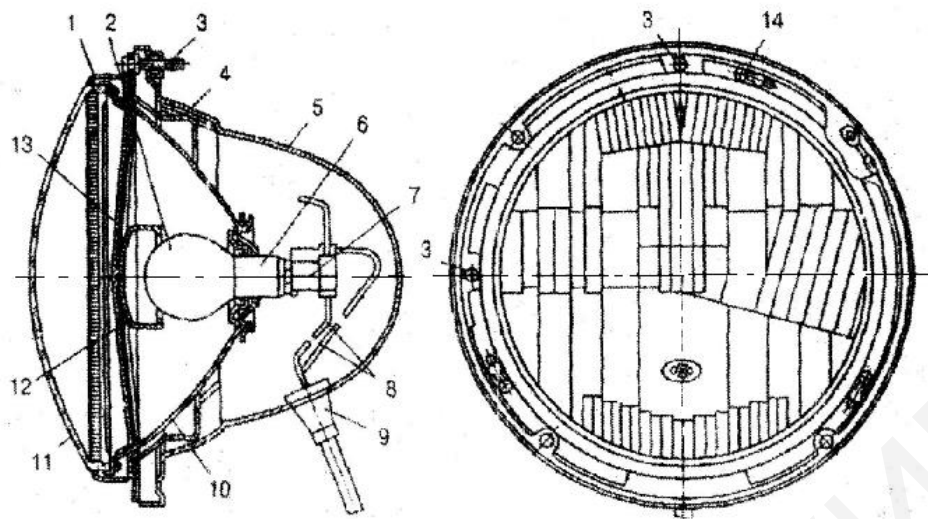


Рис. 4.4. Автомобильная фара АГ 140:

- 1 – внутренний ободок; 2 – лампа; 3 – регулировочный винт; 4 – опорное кольцо;
 5 – корпус; 6 – цоколь; 7 – соединительная колодка; 8 – провода; 9 – держатель проводов;
 10 – отражатель; 11 – рассеиватель; 12 – экран; 13 – держатель экрана;
 14 – винт крепления ободка

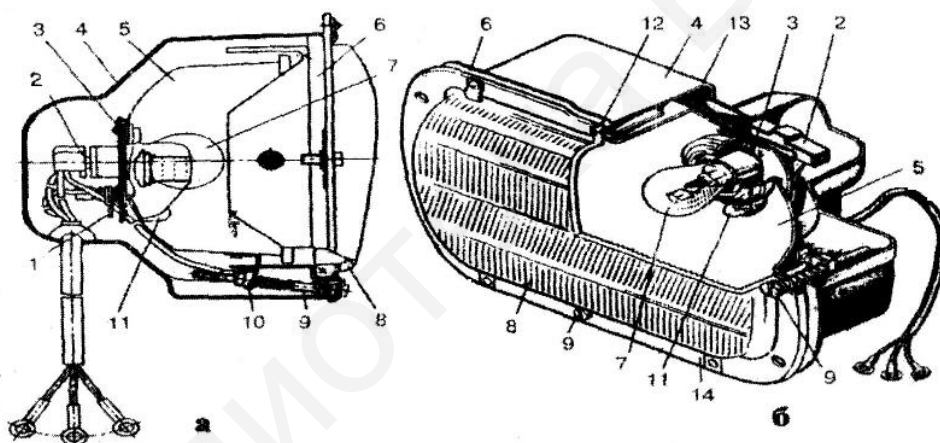


Рис. 4.5. Прямоугольная фара:

а – устройство; *б* – внешний вид:

- 1 – контактная пластина; 2 – соединительная колодка; 3 – металлическая пластина;
 4 – пластмассовый кожух; 5 – отражатель; 6 – корпус; 7 – двухнитевая лампа;
 8 – рассеиватель; 9 – винт; 10 – пластмассовая гайка; 11 – лампа габаритного света;
 12 – уплотнительная прокладка; 13 – пружинная защелка; 14 – ободок

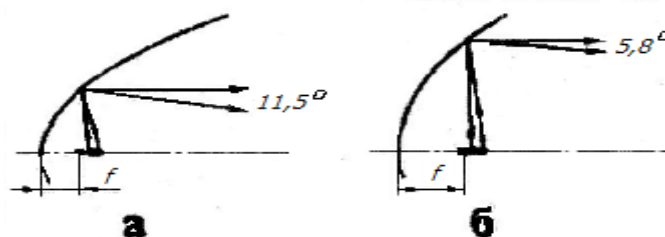


Рис. 4.6. Отражение света отражателями с различными фокусными расстояниями:

а – $f = 20$ мм; *б* – $f = 40$ мм

Гомофокальный отражатель 2 (рис. 4.7) собран из отдельных секторов разнофокусных отражателей таким образом, чтобы обеспечить формирование эффективного светораспределения в режиме как ближнего, так и дальнего света.

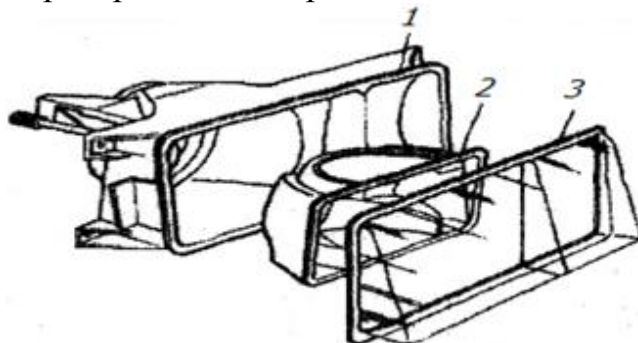


Рис. 4.7. Элементы гомофокальной фары:
1 – корпус; 2 – отражатель; 3 – рассеиватель

В четырехфарных системах с распределенными режимами освещения используются фары с бифокальным отражателем (рис. 4.8) ближнего света со смешанной светотехнической схемой.

Отражатель такой фары состоит из двух частей 1 и 2 (рис. 4.8, б) с положением фокальных точек по разные стороны от лампы накаливания и границей раздела между частями отражателя (рис. 4.8, а).

В фаре с эллипсоидным отражателем 1 (рис. 4.9) лампа накаливания устанавливается в переднем фокусе F_1 эллипсоида. После отражения световой пучок концентрируется в зоне второго фокуса F_2 отражателя 1, где устанавливается экран 2 с формой границы, симметричной светотеневой границе заданного режима освещения. Далее светораспределение формируется с помощью проекционной оптики (или конденсаторной линзы 3 фокусом F_3) в соответствии с формой границы экрана 2.

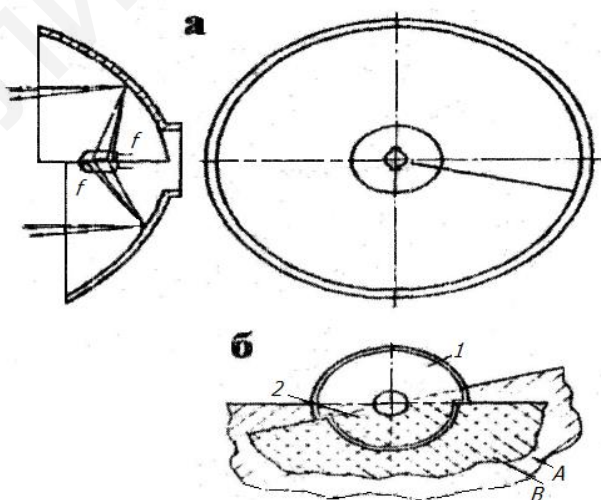


Рис. 4.8. Бифокальный отражатель фары ближнего света:
а – конструктивная схема; б – зона светораспределения:
1, 2 – соответственно верхняя и нижняя части отражателя; А, В – зоны светораспределения

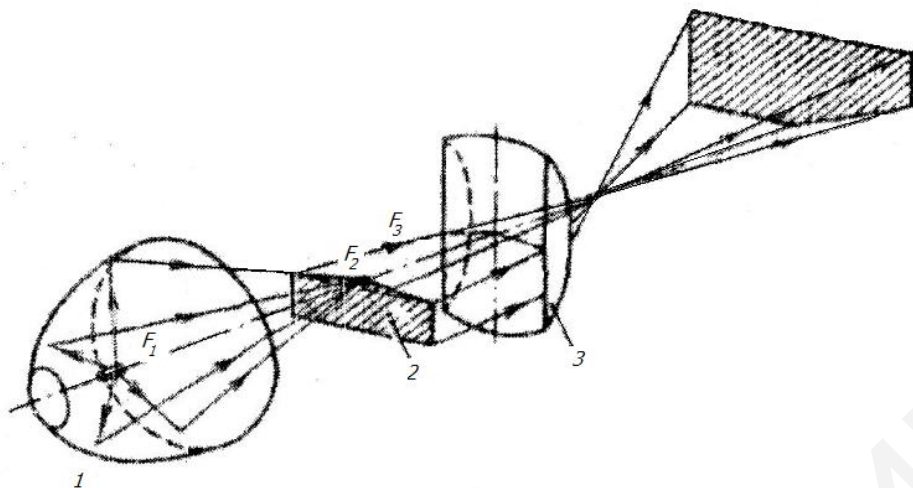


Рис. 4.9. Формирование светового пучка ближнего света проекторной системой с эллипсоидным отражателем:
1 – отражатель; 2 – экран; 3 – линза

Противотуманные фары. В тумане лучи ближнего и дальнего света фар головного освещения не обеспечивают удовлетворительной видимости дороги, так как, отражаясь от мельчайших капель тумана, рассеиваются и создают молочно-белую пелену перед автомобилем с видимостью менее 20 м.

Противотуманные фары отличаются от обычных большим углом рассеивания светового пучка в горизонтальной плоскости. Такое светораспределение обеспечивается: а) специальным микрорельефом внутренней поверхности рассеивателя; б) вертикальными цилиндрическими линзами; в) экраном перед лампой накаливания (как проекторной системы с эллипсоидным отражателем). Большой угол рассеивания светового пучка обеспечивает хорошую видимость дороги и обочины на расстоянии **15–25 м**.

4.3. Светосигнальные приборы автомобиля и звуковые сигналы

I. Перечень сигнальных приборов (рис. 4.10):

- 1) указатели поворотов **1** (оранжевый или желтый цвет);
- 2) габаритные фонари **4** (красный цвет);
- 3) стояночные фонари (2 белых – спереди; 2 красных – сзади);
- 4) сигналы торможения **2** (красный);
- 5) аварийная сигнализация (все указатели поворотов – оранжевый или желтый);
- 6) номерной знак **7** (освещается белым светом);
- 7) фонари заднего хода **3** (белый);
- 8) противотуманные фары **6** (белый или желтый);
- 9) опознавательные знаки (у автопоезда на крыше кабины тягача три рядом расположенных фонаря оранжевого или желтого цвета).

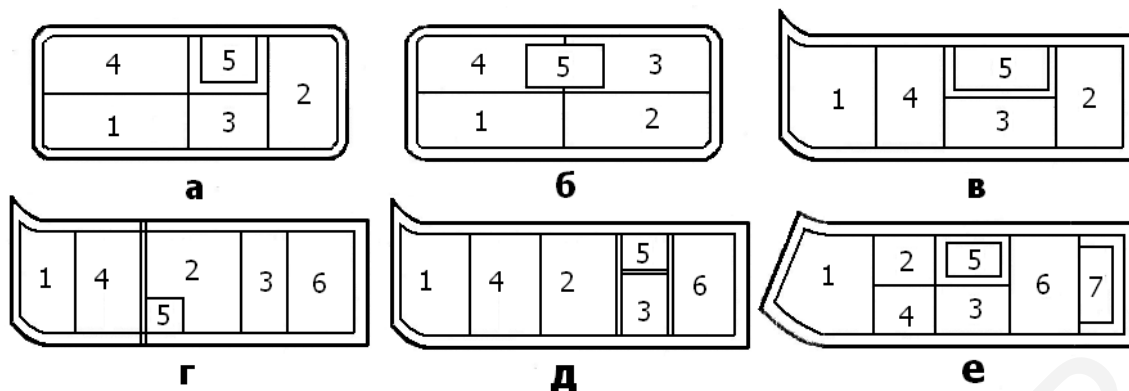


Рис. 4.10. Расположение светосигнальных секций в задних левых сгруппированных световых приборах:

а – ВАЗ 2105; *б* – ВАЗ 2107; *в* – ВАЗ 2108, 2109; *г* – ГАЗ 3102;

д – «Москвич» 2141; *е* – ЗАЗ 1102;

1 – указатель поворотов; 2 – сигнал торможения (красный);

3 – фонарь заднего хода (белый); 4 – габаритный фонарь (красный);

5 – световозвращатель (красный); 6 – противотуманный фонарь (красный);

7 – фонарь освещения знака (белый)

Световые приборы дальнего и ближнего света потребляют суммарную мощность от 120 до 260 Вт, что соответствует токам потребления 10–20 А. Поэтому коммутация таких приборов осуществляется с помощью электромагнитных реле.

II. Звуковые сигналы.

Типы сигналов:

- 1) по характеру звучания: шумовые, тональные;
- 2) по устройству: рупорные, безрупорные;
- 3) по роду тока: постоянного, переменного;
- 4) по принципу действия: электрические вибрационные, электропневматические звуковые.

Шумовые безрупорные сигналы (рис. 4.11) имеют мощность 40–60 Вт. Вибрационные звуковые сигналы настроены посредством мембраны **18** и резонатора **19** на один музыкальный тон. Питание осуществляется от аккумулятора через якорь **17** электромагнита **13**, который перемещается при подаче сигнала вместе с мембраной **18** и резонатором **19**.

От частоты колебаний мембраны и резонатора зависят высота тона звучания и частотный диапазон звукоизменения.

От зазора между якорем **17** и сердечником электромагнита **13** зависят громкость, тон и сила потребления тока.

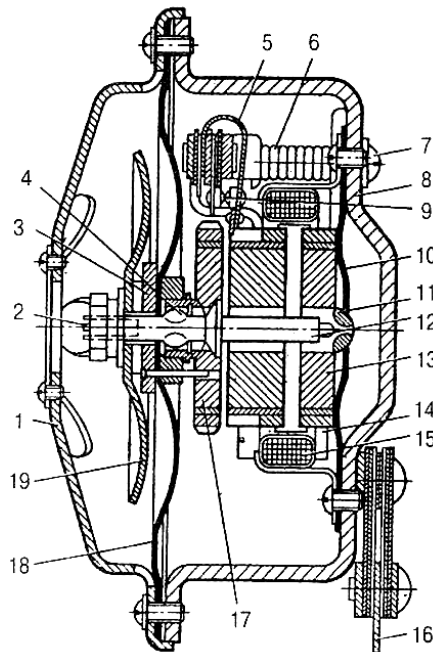


Рис. 4.11. Безрупорный шумовой сигнал:

- 1 – крышка; 2 – шлиц для регулировки; 3 – прижимная шайба; 4 – шпоночный выступ; 5 – пружина прерывателя; 6 – пружина регулировочного винта; 7 – регулировочный винт; 8 – корпус; 9 – контакты прерывателя; 10 – центрирующая пружина; 11 – упор стержня; 12 – стержень; 13 – сердечник электромагнита; 14 – конденсатор; 15 – обмотка электромагнита; 16 – пружинная подвеска; 17 – якорь; 18 – мембрана; 19 – резонатор

Тональные сигналы (рупорные) имеют (рис. 4.12): электромагнит с обмоткой **3**, сердечник **6**, якорь **13**, прерыватель с контактом **8**, мембрану **1**, столб воздуха в рупоре **12**, который является тональным резонатором.

Конфигурация рупора **12** обеспечивает взаимную настройку частот колебаний мембраны **1** и воздушного столба, чем достигается получение громкого звука определенного тона.

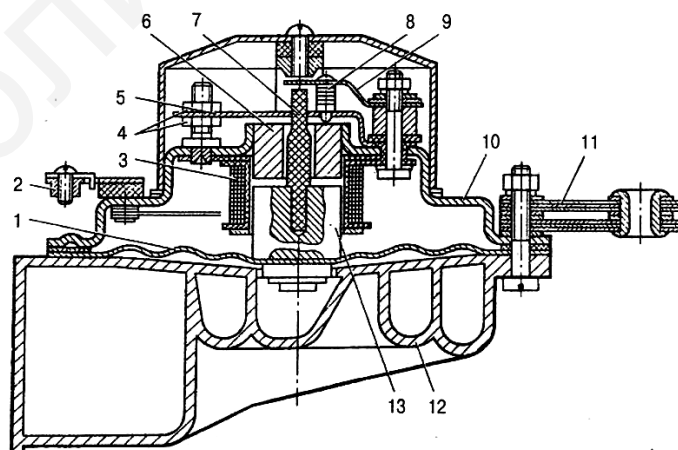


Рис. 4.12. Тональный рупорный сигнал:

- 1 – мембрана; 2 – изолированный вывод обмотки; 3 – обмотка электромагнита; 4 – регулировочные гайки; 5 – пластина неподвижного контакта; 6 – сердечник электромагнита; 7 – упорный штифт; 8 – контакты; 9 – пружина подвижного контакта; 10 – корпус; 11 – подвеска сигнала; 12 – рупор; 13 – якорь

Наиболее эффективно перекрывают шум дорожного движения и слышны в кабине обгоняемого автомобиля сигналы, частотный спектр которых находится в пределах 1800–3350 Гц.

4.4. Электрофизические параметры элементов системы освещения

Длина волны λ видимого органами зрения человека излучения световых приборов (табл. 4.2): от 380 до 770 нм ($1 \text{ нм (нанометр)} = 10^{-9} \text{ м} = 0,1 \text{ мк (микрон)}$).

Наибольшую чувствительность глаза человека проявляют к излучению с длиной волны $\lambda = 555 \text{ нм}$ (или $55,5 \text{ мк}$). Это длина волны зеленого цвета. Чуть меньшая чувствительность – к желтому цвету.

Основным светотехническим параметром световых приборов является активная поверхность оптической системы (иначе – зеркальная поверхность отражателя).

Наибольшее распространение для формирования светового пучка фары получил параболоидный отражатель (рис. 4.13).

Отраженные от параболоида лучи идут пучком параллельно оптической оси, если в фокусе F отражателя помещен точечный источник света. Но так как нить накала лампы имеет конечные размеры и технологически невозможно обеспечить точную геометрическую форму параболоида отражателя, то у него вместо фокуса имеет место фокальная область и в фарах отраженные лучи представляют собой слабо расходящийся пучок света.

Таблица 4.2

Спектр излучения световых приборов

Цветовой спектр	Длина волны, нм
Красный	770–620
Оранжевый	620–590
Желтый	590–560
Зеленый	560–500
Голубой	500–480
Синий	480–450
Фиолетовый	450–380

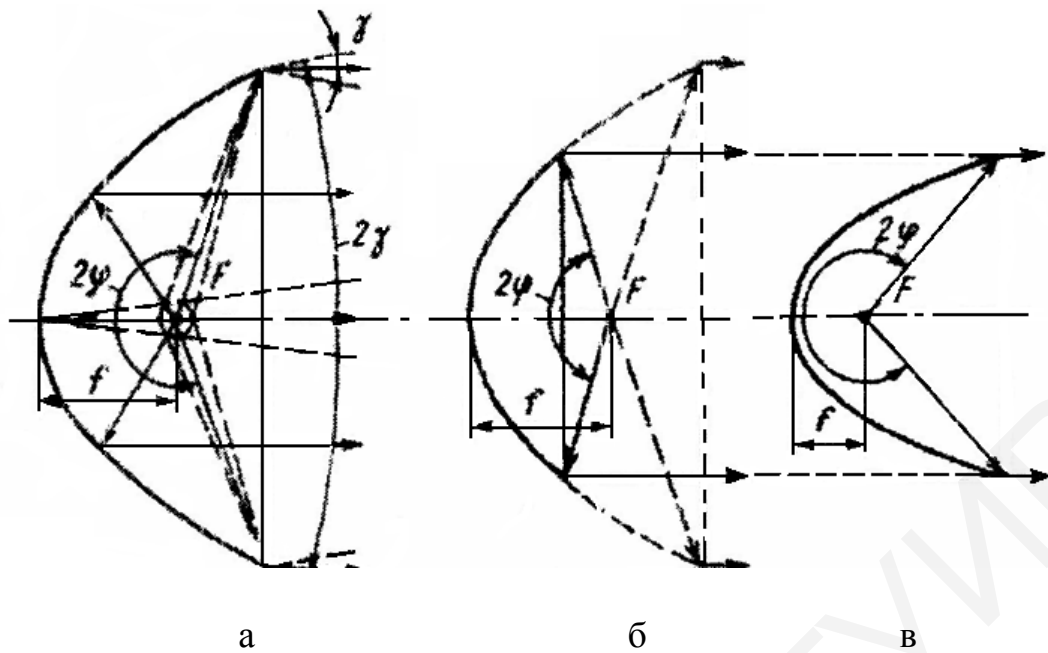


Рис. 4.13. Параметры параболического отражения:
 а – распределение светового потока при расположении тела накала в фокусе;
 б – мелкая фара; в – глубокая фара

Параболические отражатели автомобильных фар увеличивают силу света лампы в 200–400 раз, обеспечивая освещенность дороги на значительных расстояниях. Так, например, лампа *силой света* свыше 50 кд (кандел) без отражателя дает освещенность в 1 лк (люкс) на расстоянии около 7 м. При наличии отражателя *сила света* возрастает до 10 000–40 000 кд и *освещенность* в 1 лк достигает расстояния в 100–200 м.

Электрические и светотехнические параметры наиболее распространенных источников светового потока автомобильных фар – *ламп накаливания* с вольфрамовой нитью – приведены в прил. 3, табл. П.3.1.

Примечание. Рабочая температура вольфрамовой нити накаливания – около 2500 °С. Температура плавления 3380 °С (тогда как железо плавится при температуре 1535 °С).

Из табл. П.3.1 видно, что *мощность* вольфрамовых ламп накаливания – от 3 до 75 Вт; световой поток (или *сила света*) – от 22 до 1900 лм (люменов); средняя *продолжительность горения* – от 75 до 1000 часов.

Недостатки вольфрамовых ламп накаливания:

– высокая *затратность*, так как более **90 %** всей энергии уходит в *тепло* и менее **10 %** – непосредственно в *свет*;

– *тонкая спираль* из хрупкого вольфрама очень *чувствительна* к *вибрациям* автомобиля.

Галогенные лампы накаливания (рис. 4.14) на 25–30 % ярче, чем вольфрамовые.

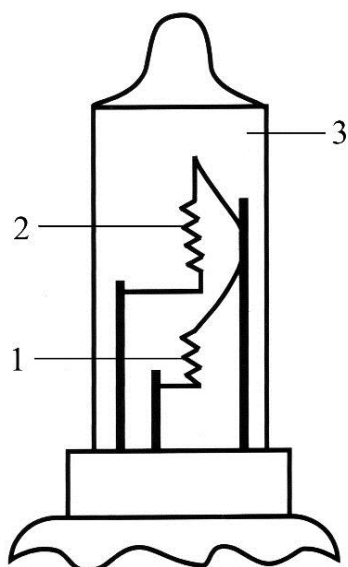


Рис. 4.14. Принципиальная схема галогенной лампы:
1 – нить дальнего света; 2 – нить ближнего света; 3 – колба

Светодиодные лампы накаливания на полупроводниках (рис. 4.15) обладают следующими преимуществами:

1) *высокая светоотдача*, поскольку в светодиоде электрический ток преобразуется в световое излучение практически напрямую, т. е. КПД – почти 100 %, что существенно снижает нагрузку на генератор;

2) светодиоды *по характеристикам сравнимы с газоразрядными ксеноновыми* лампами, что делает их в будущем потенциальными источниками света для головной оптики автомобилей;

3) *долговечность* – до 100 тыс. ч – сравнима с жизненным циклом автомобиля в связи с наличием следующих характеристик:

- светодиоды не имеют спиралей, электродов и других изнашиваемых элементов;
- светодиоды влаго- и пыленепроницаемые;
- вибрации на светодиоды практически не влияют.

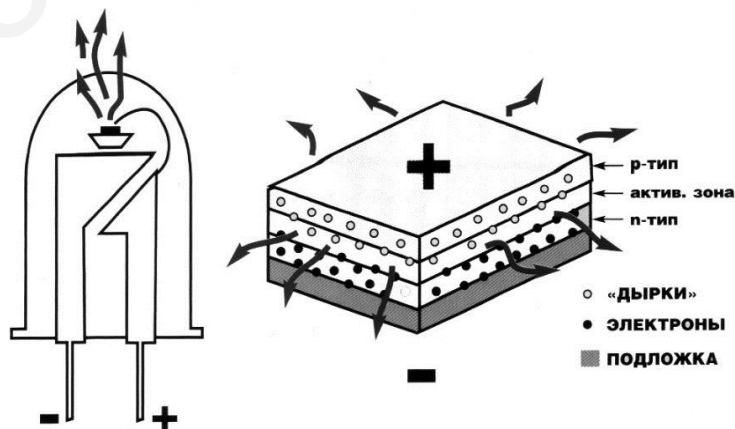


Рис. 4.15. Принцип действия светодиодной лампы

4.5. Европейская система светораспределения фар автомобиля

В фарах с европейской системой светораспределения нить лампы ближнего света расположена чуть выше оптической оси фары и выдвинута вперед по отношению к нити дальнего света. Поэтому лучи от нити ближнего света, попадающие на верхнюю половину отражателя, отражаются вниз и освещают близлежащие участки дороги перед автомобилем. Непрозрачный экран, расположенный под нитью ближнего света, исключает попадание световых лучей на нижнюю половину отражателя. Поэтому глаза водителя встречного транспорта находятся в теневой зоне.

Большая часть нижней половины отражателя при ближнем свете не используется. Она рассчитана на распределение дальнего света.

На рис. 4.16, а изображены световые пятна дальнего света на дорожном покрытии при освещении фары с европейской системой светораспределения, на рис. 4.16, б – световые пятна ближнего света: 1 – с обычной лампой накаливания; 2 – с галогенной.

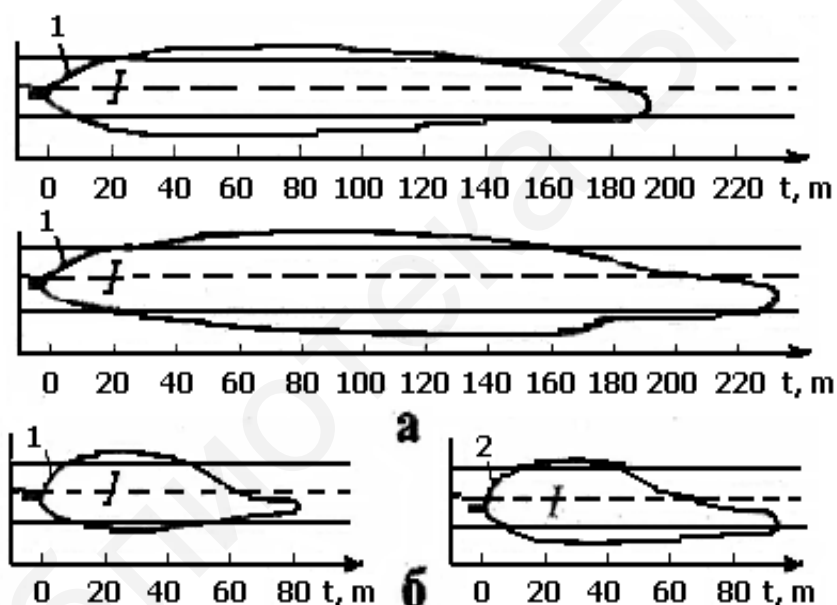


Рис. 4.16. Схемы световых пятен на дорожном покрытии при освещении фарой с европейской системой светораспределения:

а – дальний свет; б – ближний свет:

1 – с обычной лампой накаливания категории R2; 2 – с галогенной лампой категории H4;

I – осевая линия дороги

4.6. Адаптивные системы освещения дороги автомобилем

Виды адаптивных систем освещения:

- дополнительная «боковая» лампочка в фаре;
- поворотные фары;
- комбинированные фары («боковая» лампочка плюс поворотные фары);
- автоматическое регулирование наклона фар.

1) *Дополнительная «боковая» лампочка* в фаре автомобиля, которая загорается при повороте рулевого колеса или включенном указателе поворотов на скорости до 70 км/ч. Такие фары имеют, к примеру, Porsche Cayenne и Audi 8.

2) *Поворотные фары* поворачиваются вслед за рулевым колесом в пределах 15–22° наружу и на 7° внутрь. Такими фарами оснащаются, например, BMW, Mercedes, Lexus, Opel Astra.

3) *Комбинированная фара «адаптивного» света*: на высоких скоростях работает только поворотная фара, а при медленных поворотах или при маневрировании подключается дополнительная «боковая» лампочка с углом охвата 90° (рис. 4.17). Такими фарами оснащен Opel Signum.

4) *Автоматическое регулирование наклона фар*. Чтобы исключить ослепление встречных водителей, современные легковые автомобили оснащаются фарами с устройством автоматического регулирования наклона фар (рис. 4.18).

На рис. 4.18 изображена схема автомобиля равномерно нагруженного (рис. 4.18, а) и неравномерно нагруженного (рис. 4.18, б) автомобиля. Посредством двух сенсоров 3 и 4 на задней и передней осях автомобиля (установленных на одной стороне) блок управления 2 автоматического регулирования наклона фар получает информацию о степени загрузки автомобиля, на основе которой изменяет напряжение на серводвигателях фар 1. Поворачиваясь, серводвигатели обеспечивают оптимальное освещение фарами дороги.

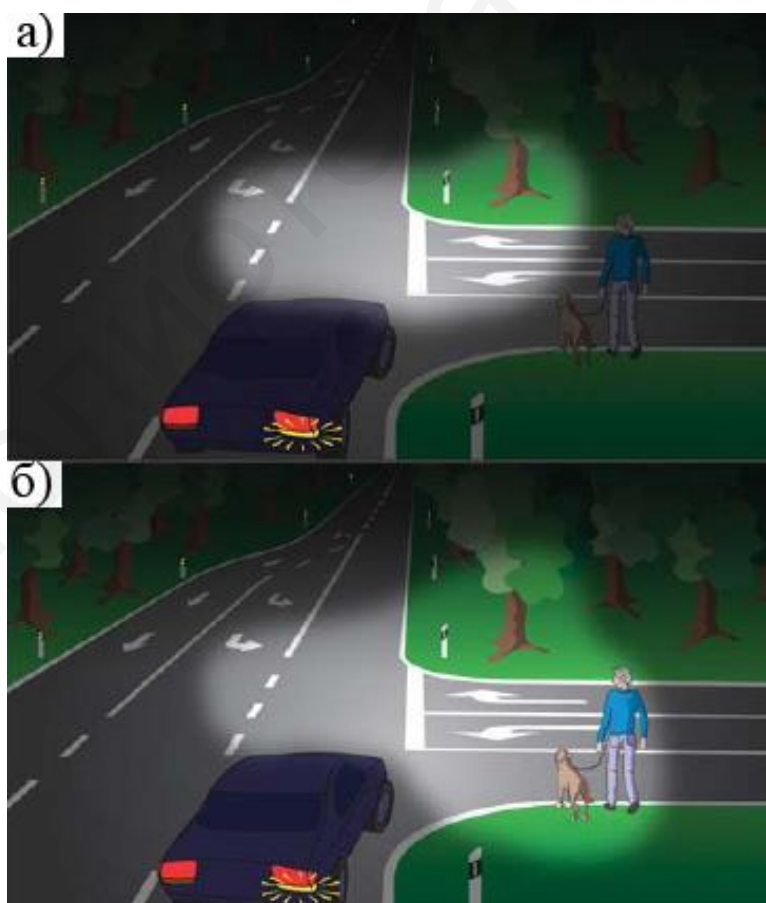


Рис. 4.17. Освещение дороги:
а – с обычной системой; б – с адаптивной системой

В адаптивной системе освещения за встречным и попутным потоком машин следит видеокамера, установленная под потолком салона. Вторая часть системы расположена в фаре автомобиля. Подвижные отражатели фары быстро изменяют ширину и направленность светового потока. При этом углы наклона и ширина светового пучка изменяются в зависимости от реальной дорожной обстановки (рис. 4.19). В результате луч света фар попадает лишь на дорогу, а не в глаза встречному водителю и не в зеркало заднего вида водителя, едущего в попутном направлении.

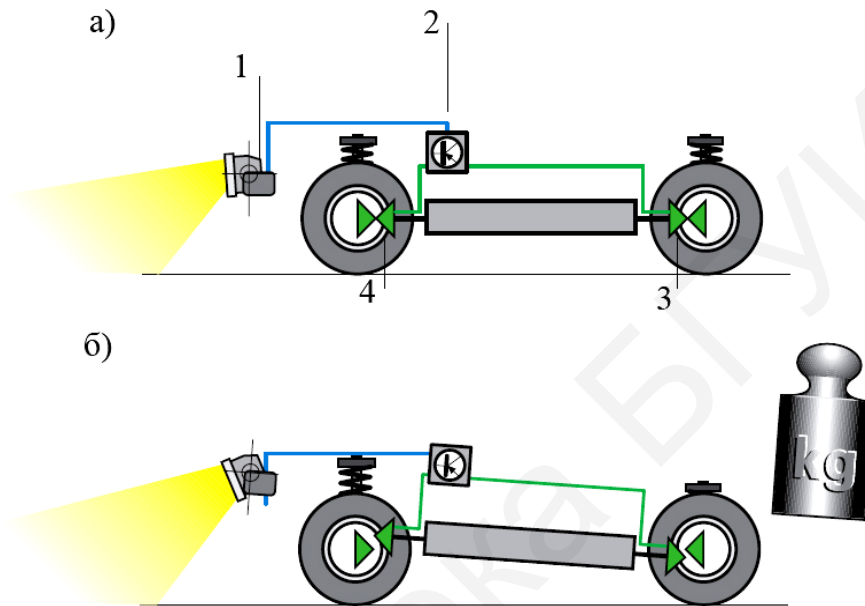


Рис. 4.18. Схема системы автоматического регулирования наклона фар при различном распределении нагрузки автомобиля:

- a* – равномерно нагруженный: 1 – серводвигатель автоматического наклона фар;
- 2 – блок управления автоматического угла наклона фар; 3, 4 – сенсоры загрузки;
- б* – неравномерно нагруженный

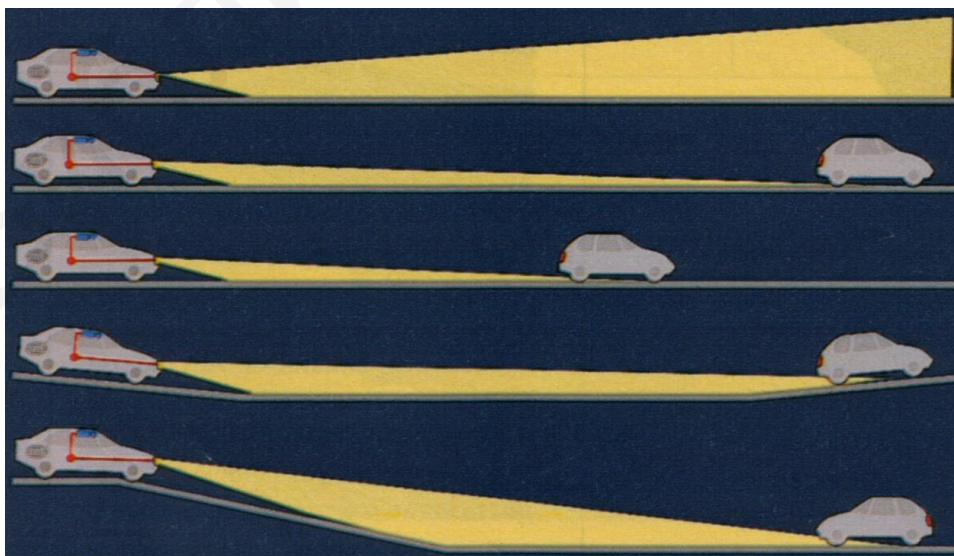


Рис. 4.19. Направление луча света фар системы освещения с адаптивной световой границей

4.7. Инфракрасные и радарные системы освещения дороги автомобилем

Чем больше на дорогах машин, тем реже удается подсветить путь дальним светом.

Компания «Валео» предложила *не выключать дальний свет, а закрыть его светофильтром, пропускающим только инфракрасные лучи* (рис. 4.20).

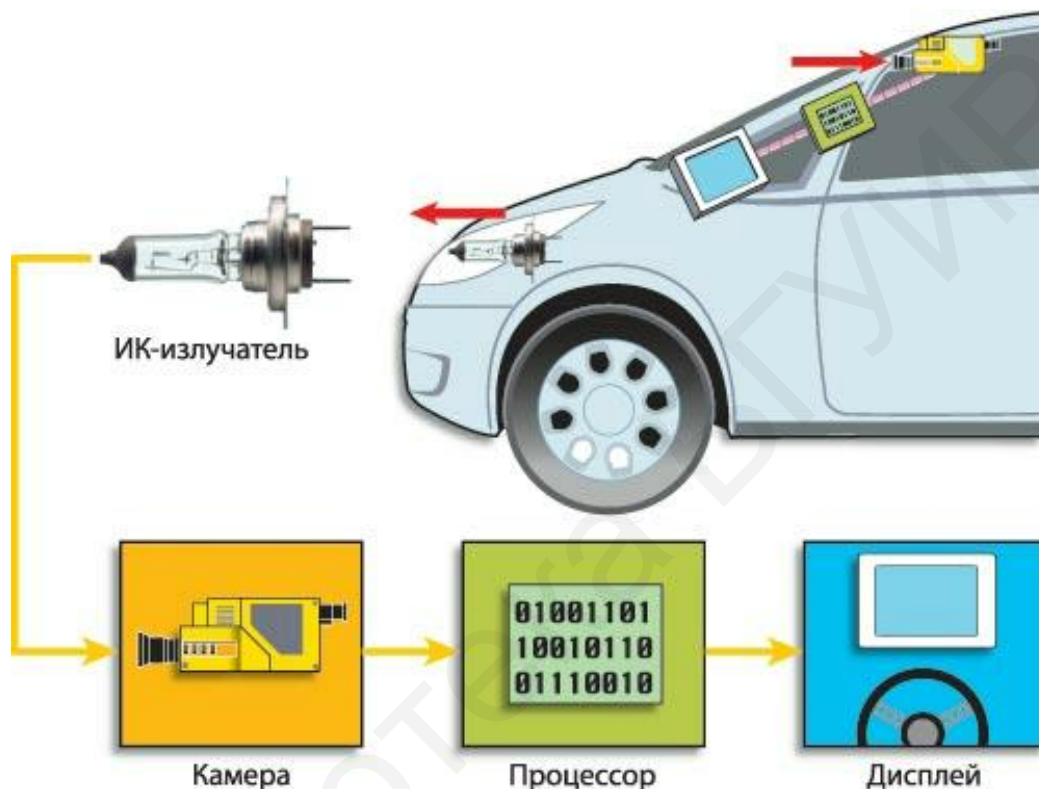


Рис. 4.20. Компоновка системы освещения с инфракрасным излучателем

В качестве излучателя используется обычная галогенная лампа (она достаточно хорошо светит в инфракрасном диапазоне).

В светофильтре применяется специальное стекло, состоящее из тончайших слоев таких материалов, как MgF_2 , Na_3AlF_6 , ZnS и др. Фильтр пропускает свет с длиной волны 780 нм (или 78 мк). Фара с таким стеклом выглядит выключенной, но только для глаз человека.

Встречные водители видят только ближний свет, в то время как инфракрасное излучение воспринимает видеочкамера, установленная за зеркалом заднего вида в салоне автомобиля.

Полученное изображение проходит цифровую обработку в процессоре и дальше отображается на отдельном мониторе или непосредственно на ветровом стекле.

Инфракрасная система освещает дорогу до 300 м (рис. 4.21 – автомагистральное освещение 4 с инфракрасным излучателем).

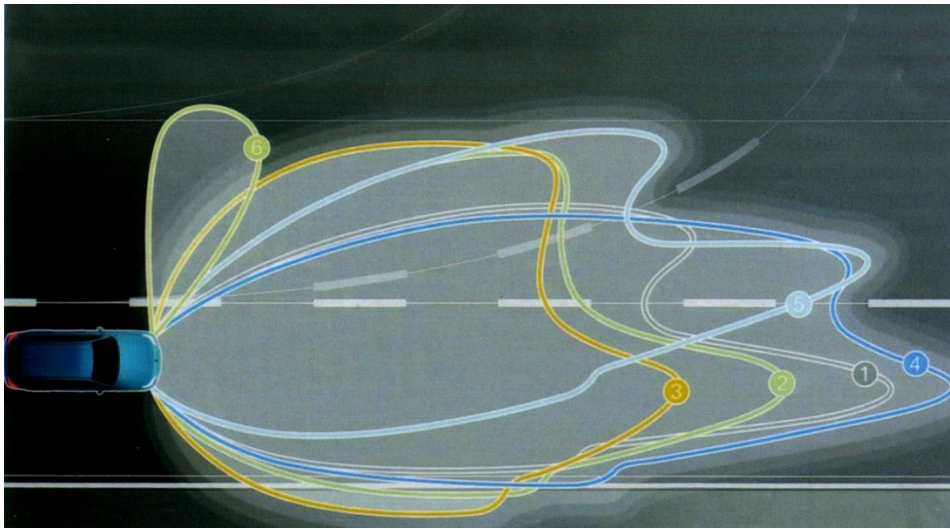


Рис. 4.21. Освещение дороги с адаптивной и инфракрасной системой:

1 – базовый свет; 2 – городской свет – «ближний»; 3 – противотуманное освещение; 4 – автомагистральный свет; 5 – освещение кривых на магистрали; 6 – освещение поворотов

Адаптивное и инфракрасное освещение применяется у автомобилях BMW 5-й серии. На скорости 50 км/ч автоматически включается ближний свет 2, свыше 110 км/ч работает базовый дальний свет 1. При движении в тумане автоматически включается противотуманное освещение 3, при поворотах или резких маневрах рулем включается освещение поворотов 6. Для исключения ослепления встречных водителей предусмотрено автомагистральное освещение 4 с инфракрасным излучением.

На базе инфракрасного излучателя и датчика из фоточувствительных полупроводниковых элементов компания Audi разработала *сканирующее устройство* (рис 4.22), способное обрабатывать сигналы, возвращенные от множества точек пространства одновременно. По строению они похожи на видеокамеры.

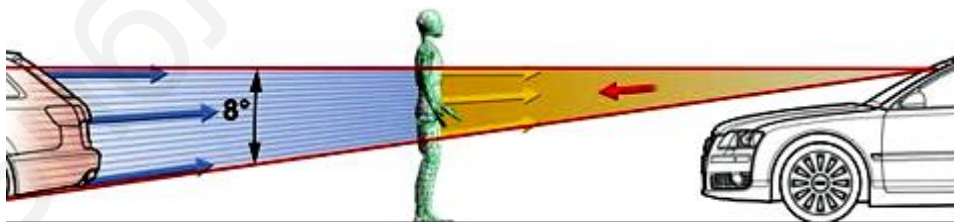


Рис. 4.22. Сканирующая система освещения

Частота сканирования препятствий (в виде автомобиля, человека, знаков и т. д.) 200 Гц, что позволяет быстро улавливать изменения дорожной обстановки. Поле зрения сканирующего устройства по *горизонтали* составляет **32°**, по *вертикали* **8°**.

Для вычисления объемного изображения система сравнивает от каждого пикселя матрицы с опорным модулированным сигналом, поставляемым схемой излучателя.

Назначение радарной системы оповещения:

- предотвращает столкновения при смене ряда движения;
- помогает при парковке;
- увеличивает безопасность движения в условиях плохой видимости.

Радарная система оповещения дороги (рис. 4.23) посылает вперед инфракрасный сигнал, который отражается от разных точек препятствия перед автомобилем и попадает в сенсор, включающий систему торможения, если водитель не отреагировал вовремя на появление препятствия.

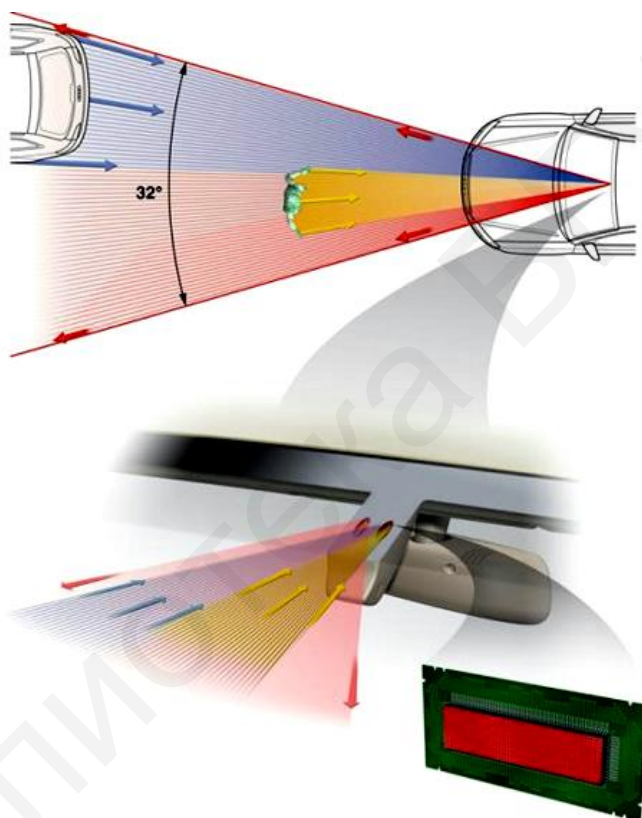


Рис. 4.23. Радарная система освещения

5. Информационно-измерительная система автомобиля

5.1. Датчики реостатные, температуры, давления

По конструкции датчики бывают: механические (шинные манометры), электрические (датчики, указатели), электронные (с дисплеем), в виде отдельных изделий и объединенных щитков.

По назначению:

- термометры;
- измерители давления;

- измерители уровня топлива;
- измерители заряда аккумуляторной батареи (амперметры, вольтметры);
- измерители скорости автомобиля;
- измерители пройденного пути (спидометры, состоящие из двух узлов: скоростного (собственно спидометра) и счетного (одометра, указывающего пробег автомобиля));
- измерители частоты вращения коленчатого вала (тахометры);
- тахографы, вычерчивающие на контрольном диске условия движения;
- эконометры, позволяющие подобрать режим движения при оптимальном расходе топлива.

Реостатные датчики (рис. 5.1) применяются там, где сопротивление на выходе реостата изменяется пропорционально физической величине. По сути это *датчик перемещения*, т. е. сопротивление на выходе реостатного датчика **1** изменяется с перемещением его ползунка **2**.

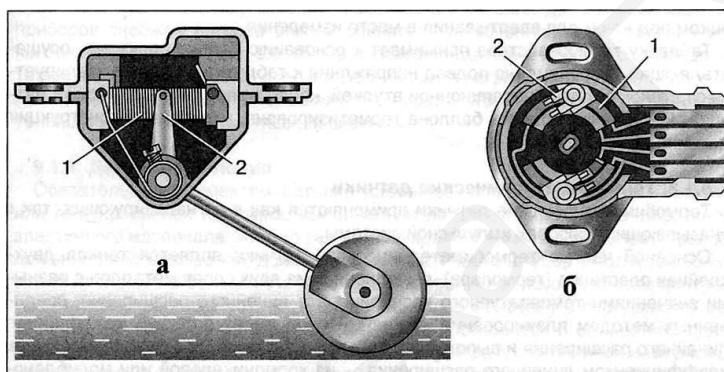


Рис. 5.1. Реостатный датчик:
а – с проволочной навивкой; *б* – пленочный:
 1 – сопротивление реостата; 2 – ползунок

Датчик температуры двигателя (рис. 5.2). Это терморезистивный датчик, у которого изменение температуры двигателя вызывает изменение его полупроводникового термосопротивления. Зависимость сопротивления от температуры приведена на рис. 5.3.



Рис. 5.2. Внешний вид датчика температуры двигателя

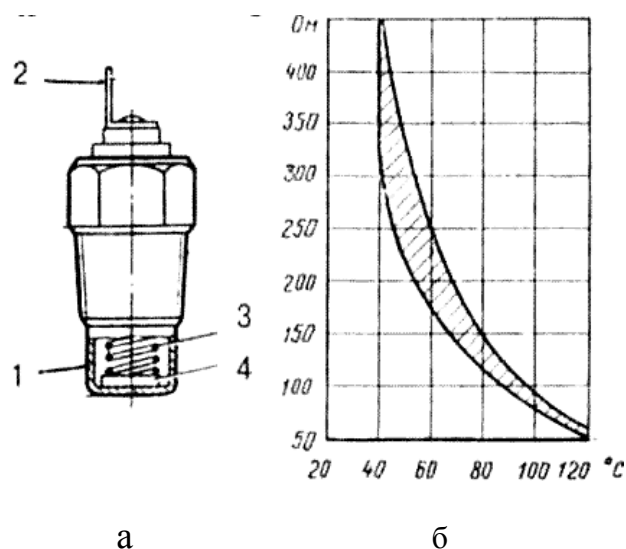


Рис. 5.3. Терморезистивный датчик ТМ100А:
а – конструкция; *б* – зависимость сопротивления от температуры:
 1 – корпус; 2 – вывод; 3 – пружина; 4 – терморезистор

Мембранные датчики давления:

- реостатный датчик (рис. 5.4, *а*);
- датчик импульсной системы (рис. 5.4, *б*);
- датчик сигнализатора (рис. 5.4, *в*).

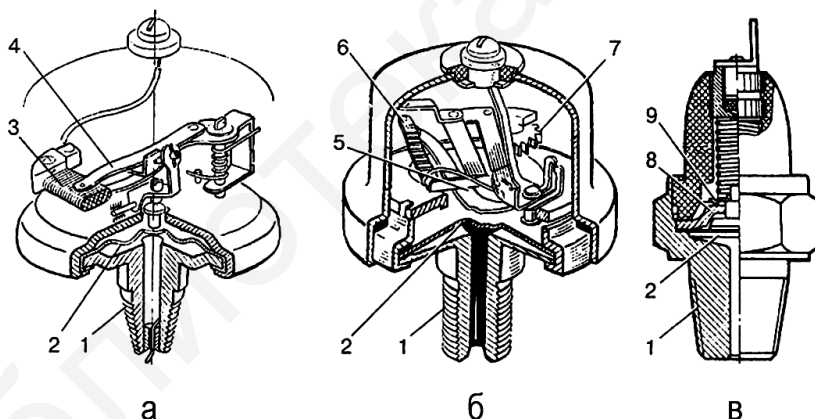


Рис. 5.4. Мембранные датчики давления:
а – реостатный датчик; *б* – датчик импульсной системы; *в* – датчик сигнализатора:
 1 – штуцер; 2 – мембрана; 3 – реостат; 4 – ползунок; 5 – упругая пластина с неподвижным контактом; 6 – термобиметалл со спиралью и подвижным контактом;
 7 – регулятор; 8 – неподвижный контакт; 9 – подвижный контакт

1. *Реостатный* датчик давления масла (см. рис. 5.4, *а*) снабжен реостатным элементом 3. Гофрированная часть мембраны 2 с изменением давления прогибается и ее жесткий центр перемещается. Толкатель, закрепленный в жестком центре мембраны, через качалку воздействует на ползунок 4 реостата 3. Ползунок, поворачиваясь вокруг своей оси, показывает давление масла. Возвратное движение ползунка 4 происходит под действием пружины.

2. Датчик импульсной системы (см. рис. 5.4, б). На жесткий центр мембраны 2 опирается упругая пластина 5 с контактом, соединенным с «массой».

Другой контакт 6 – подвижный. Он закреплен на плече П-образной биметаллической (термобиметалл) пластины с навитой на нем спиралью. Один конец спирали приварен к пластине, другой соединен с выводом датчика.

Настройку датчика осуществляют, изменяя положения упругого держателя второго плеча П-образной биметаллической пластины с помощью регулятора 7.

3. Датчик сигнализатора (см. рис. 5.4, в) аварийного давления (при повышенном или пониженном) срабатывает, когда замыкаются неподвижный контакт 8, соединенный с «массой», и подвижный контакт 9, опирающийся на жесткий центр мембраны.

5.2. Термобиметаллические датчики, измерители расхода воздуха с датчиком температуры, термоанемометрические измерители расхода воздуха

Термобиметаллические датчики (рис. 5.5, а, б, в) применяются в приборах импульсной системы, например, сигнализирующих, указывающих.

В сигнализирующих термобиметаллических датчиках (см. рис. 5.5, а, б) термобиметалл (с подвижным контуром 3) – это тонкая двухслойная пластина (термопара), выполненная из двух слоев металлов с разными значениями температурного коэффициента линейного расширения. Активный слой (из инвара) имеет бóльший коэффициент линейного расширения, пассивный (хромникелевая или молибденовая сталь) – меньший. Поэтому при нагреве биметаллическая пластина прогибается в сторону пассивного слоя и замыкается на неподвижный контакт 4. Нагревательная спираль 5 включена последовательно с контактами датчика. Срабатывание датчика зависит от силы тока, протекающего в спирали.

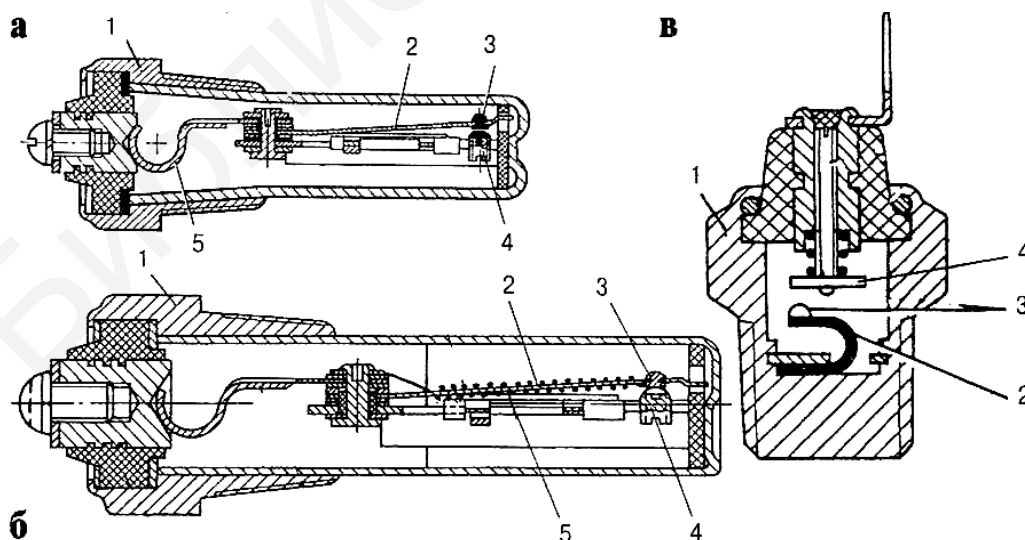


Рис. 5.5. Термобиметаллические датчики:

а – с плоским термобиметаллом; б – с фигурным термобиметаллом; в – со спиралью:
 1 – корпус; 2 – термобиметалл; 3 – подвижный контакт; 4 – неподвижный контакт;
 5 – нагревательная спираль

В *указывающих* приборах (см. рис. 5.5, в) подвижный контакт **3** при нагреве разгибающейся термобиметаллической пластины **2** замыкается на неподвижный контакт **4**.

В *измерителе расхода воздуха* (рис. 5.6) воздушный поток падает на измерительную заслонку **2**. Поворот заслонки преобразуется потенциометром **5** в напряжение, пропорциональное расходу воздуха. Воздействие воздушного потока на заслонку уравнивается пружиной. Демпфирующая камера **3** с пластиной **4** (выполнена как одно целое с измерительной заслонкой **2**) служит для гашения колебаний, вызываемых пульсациями воздушного потока и вибрацией автомобиля. Поступающий в двигатель воздух измеряется датчиком температуры **7**. С помощью винта **6** регулируется качество (состав) топливной смеси в режиме холостого хода.

Недостаток измерителя расхода воздуха: наличие подвижных деталей и скользящего контакта.

Термоанемометрический измеритель расхода воздуха (анемометр – с греческого «ветер» и «измеряю») для топливной системы выполняется в виде автономного блока (рис. 5.7) и устанавливается во впускном тракте двигателя автомобиля. Данный измеритель в отличие от перечисленных *не имеет подвижных деталей*, потому срок службы у него более длительный.

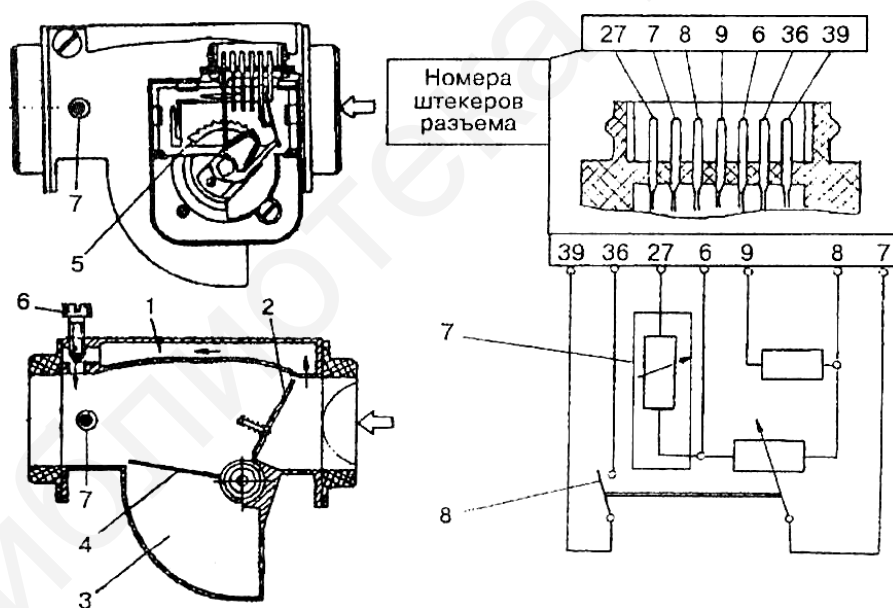


Рис. 5.6. Измеритель расхода воздуха с датчиком температуры:

- 1 – байпасный канал; 2 – измерительная заслонка; 3 – демпферная камера;
- 4 – пластина демпфера; 5 – потенциометр; 6 – винт качества (состава) смеси в режиме холостого хода; 7 – датчик температуры; 8 – контакт топливного насоса

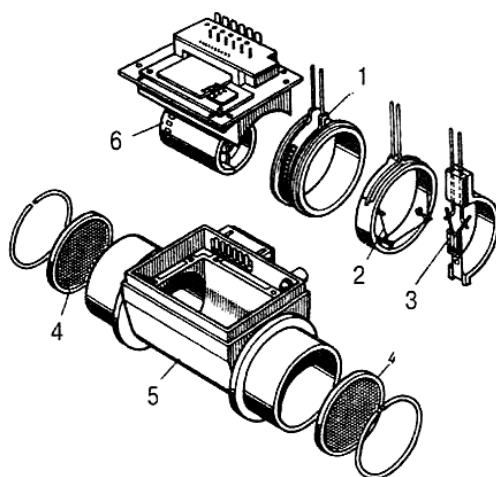


Рис. 5.7. Термоанемометрический измеритель расхода воздуха системы «LH-Jetronic»: 1 – прецизионный резистор; 2 – измерительный элемент; 3 – термокомпенсационный элемент; 4 – стабилизирующие решетки; 5 – пластмассовый корпус; 6 – внутренний измерительный канал, в котором располагаются элементы поз. 1, 2, 3 (на схеме показаны в увеличенном виде)

Роль термоанемометра (см. рис. 5.7) выполняет внутренний измерительный канал **6**, включающий следующие элементы: а) измерительный элемент **2** (из нагреваемой платиновой нити); б) термокомпенсационный пленочный резистором **3**; в) прецизионный резистор **1**. Падение напряжения на резисторе **1** является выходным параметром измерителя расхода воздуха.

На входе и выходе измерительного канала **6** установлены сетки **4**, стабилизирующие равномерность потока воздуха.

Более совершенным является термоанемометр на основе металлополимерных (пленочных) чувствительных элементов **5** (рис. 5.8). Температура подогрева воздуха фиксируется с помощью датчика **2** и поддерживается на уровне $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ с помощью электронной схемы **6**.

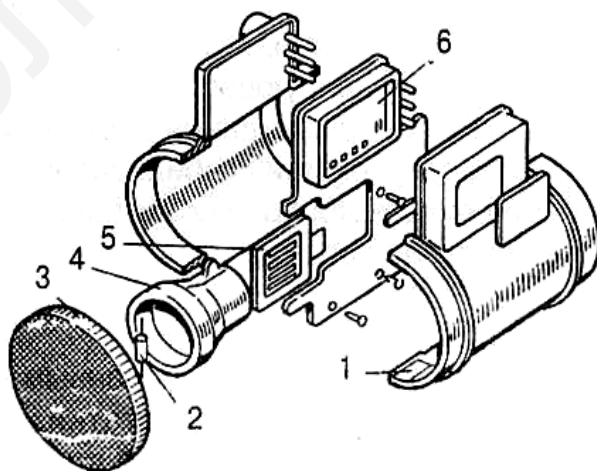


Рис. 5.8. Термоанемометрический расходомер с пленочным чувствительным элементом: 1 – корпус; 2 – датчик температуры воздуха; 3 – стабилизирующая решетка; 4 – внутренний измерительный канал; 5 – чувствительный элемент; 6 – электронная схема

Металлополимерный чувствительный элемент (рис. 5.9) на твердых диэлектрических (керамических) подложках **3** включает измерительный **1** и термокомпенсационный **2** резисторы.

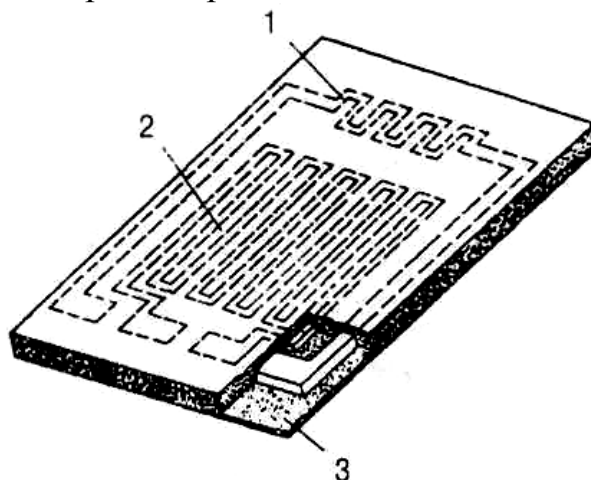


Рис. 5.9. Металлополимерный чувствительный элемент:
1 – измерительный терморезистор; 2 – термокомпенсационный резистор;
3 – диэлектрическая подложка

5.3. Датчики вибрации и кислорода

Датчик (вибродатчик) пьезокварцевый (или пьезоэлектрический) (рис. 5.10) крепится к основанию **1** из титанового сплава и состоит из двух включенных параллельно кварцевых пьезоэлементов **2**.

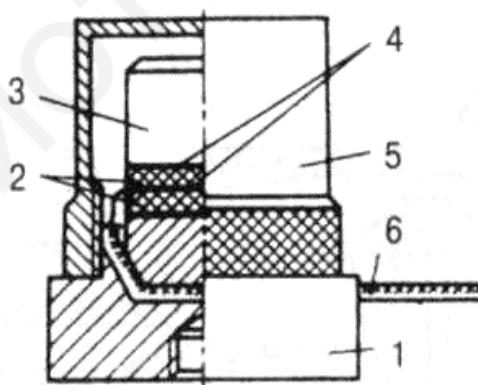


Рис. 5.10. Пьезоэлектрический вибродатчик:
1 – основание; 2 – пьезоэлементы; 3 – инерционная масса; 4 – латунная фольга;
5 – крышка; 6 – кабель

При возникновении детонации (вибрации) инерционная масса **3** (железный элемент) для механического сжатия пьезоэлементов) воздействует на пьезоэлементы **2** с соответствующей частотой и усилием. В результате пьезоэффекта появляется переменный сигнал, который снимается с кварцевых

пластин **2** с помощью выводов из латунной фольги **4** и подается на кабель **6**, ведущий в ЭБУ.

Датчик кислорода (λ -зонд, где λ – коэффициент избытка кислорода), реагирующий на парциальное давление кислорода в выхлопных газах автомобиля. В настоящее время применяется два типа таких датчиков:

- а) с чувствительным элементом диоксидом *циркония* (ZrO_2);
- б) с чувствительным элементом диоксидом *титана* (TiO_2).

Циркониевый датчик (рис. 5.11) имеет *внешний 4* и *внутренний 5* электроды из пористой пластины или ее сплава. Электроды разделены чувствительным элементом – слоем твердого электролита **3** из диоксида циркония ZrO_2 с добавлением (для повышения ионной проводимости электролита) оксида иттрия Y_2O_3 .

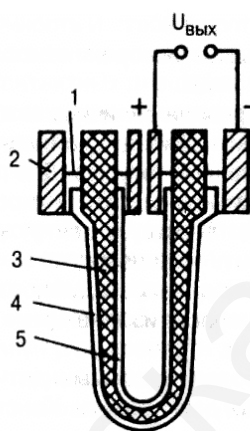


Рис. 5.11. Схема циркониевого датчика кислорода:

- 1 – электропроводное уплотнение; 2 – корпус; 3 – твердый электролит;
4, 5 – внешний и внутренний электроды соответственно

Среда, окружающая внутренний электрод **5**, подключенный к клемме «+» вывода, имеет *постоянное* парциальное давление кислорода. Напряжение $U_{\text{вых}}$ поступает в ЭБУ для включения подачи топлива. Внешний электрод **4**, подключенный к клемме «-» вывода, омывается потоком отработавших газов в выпускной системе двигателя с *переменным* парциальным давлением кислорода. Ионная проводимость твердого электролита **3**, возникающая вследствие разности парциальных давлений кислорода на внешнем **4** и внутреннем **5** электродах, обуславливает появление разности потенциалов между ними.

При низком давлении кислорода в отработавших газах, когда двигатель работает на обогащенной смеси, циркониевый датчик генерирует *высокое* напряжение (**700–1000 мВ**). При переходе на обедненную смесь давление кислорода отработавших газов заметно увеличивается, что приводит к резкому падению напряжения на выходе датчика (**50–100 мВ**).

Конструктивное выполнение циркониевого датчика приведено на рис. 5.12.

Принцип работы *титанового* датчика кислорода (рис. 5.13) практически такой же, как и циркониевого.

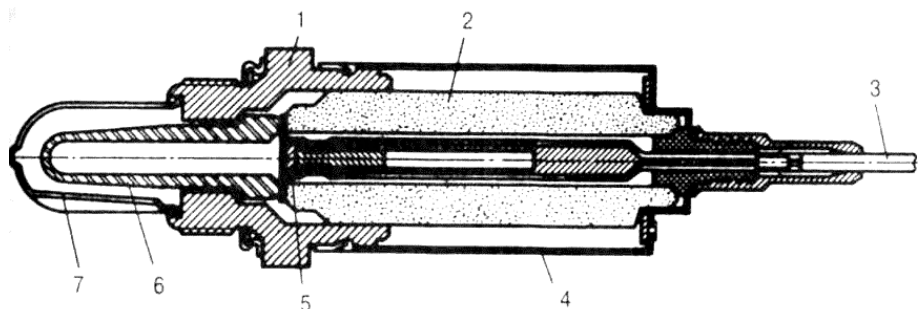


Рис. 5.12. Конструкция циркониевого датчика кислорода:
1 – металлический корпус; 2 – уплотнение; 3 – соединительный кабель; 4 – кожух;
5 – контактный стержень; 6 – активный элемент из двуокиси циркония; 7 – защитный колпачок с прорезьями

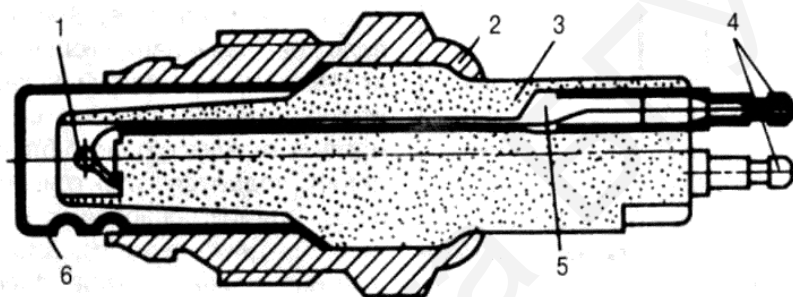


Рис. 5.13. Датчик кислорода на основе TiO_2 :
1 – чувствительный элемент; 2 – металлический корпус; 3 – изолятор;
4 – входные контакты; 5 – уплотнение; 6 – защитный кожух

5.4. Спидометры автомобилей

Спидометры информируют водителя о скорости движения автомобиля и о пройденном пути.

Типы спидометров:

- 1) спидометры с гибким приводным валом;
- 2) спидометры с электроприводом;
- 3) электронные спидометры.

Спидометры с гибким приводным валом

Спидометр состоит из двух узлов:

- а) *скоростного* (собственно спидометра);
- б) *счетного (одометра)*, указывающего пробег автомобиля.

Основу *скоростного узла* (рис. 5.14), преобразующего частоту вращения входного приводного вала **1** (длиной до 3,55 м), идущего от коробки передач, составляют:

- а) *постоянный магнит* **2**, закрепленный на выходном валу **1**;
- б) выполненная из электропроводящего материала катушка **4**, соединенная валом **7** со стрелкой **9**.

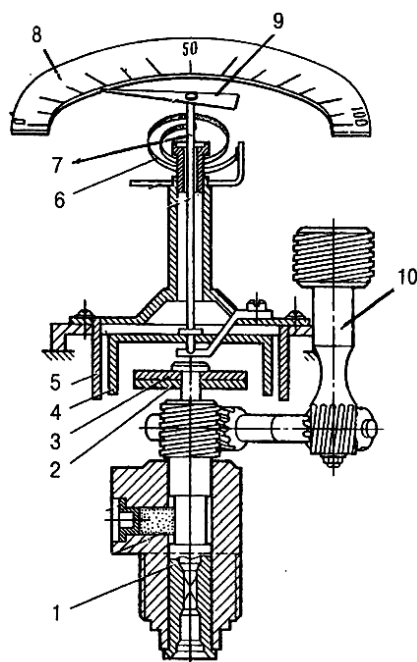


Рис. 5.14. Устройство спидометра:

- 1 – приводной вал; 2 – постоянный магнит; 3 – термомагнитный шунт; 4 – катушка;
 5 – экран-магнитопровод; 6 – пружина; 7 – вал стрелки; 8 – шкала; 9 – стрелка;
 10 – привод счетчика пройденного пути

Принцип действия спидометра. При вращении входного вала **1** и, соответственно, постоянного магнита **2** силовые линии магнита наводят в катушке **4** вихревые токи, под действием которых катушка поворачивается. Ее вращению вслед за вращением магнита препятствует упругая пружина **6**. Угол поворота катушки и связанной с ней стрелки пропорционален скорости движения автомобиля. Величина скорости отображается на шкале **8**.

Термомагнитный шунт **3**, прижатый к магниту **2** и вращающийся вместе с ним, компенсирует погрешность спидометра при изменении температуры. Относительная погрешность спидометра в нормальных условиях не превышает **5 %**. Нагрев (или охлаждение) на каждые **10 °С** увеличивает погрешность на каждые **2 %**.

Счетный узел спидометра (или одометр) приводится во вращение от входного приводного вала **1** через червячную передачу и привод счетчика **10** (см. рис. 5.14).

Одометр состоит из набора цилиндрических барабанчиков, установленных на одной оси. На их цилиндрической поверхности нанесены цифры от 0 до 9. *Передача* между барабанчиками осуществляется с помощью зубьев и специальных *шестерен-трибок*. Первый барабанчик жестко связан с приводом **10** счетчика и вращается всегда при движении автомобиля. Каждый барабанчик имеет с одной стороны **20 зубьев** зацепления, а с другой – **2 зуба**.

При полном обороте первого барабанчика его два зуба повернут шестерню-трибку на $1/3$ оборота, а трибка повернет следующий барабанчик через двадцатизубку на десятую часть оборота и т. д.

Максимальный отсчет пути – 99 999 км. После чего показания спидометра сбрасываются.

На специальных автомобилях, часто движущихся задним ходом (например, на карьерных самосвалах), счетный узел спидометра обеспечивает суммирование показаний при движении как вперед, так и назад. Для этого в приводе спидометра имеется еще один редуктор, сцепленный с ведомым валом коробки передач.

Спидометры с электроприводом.

В отличие от спидометров с гибким приводным валом длиной 3,55 м от коробки передач, в спидометрах с электроприводом вращение вала осуществляется с помощью электрического синхронного генератора, возбуждаемого постоянным магнитом (рис. 5.15).

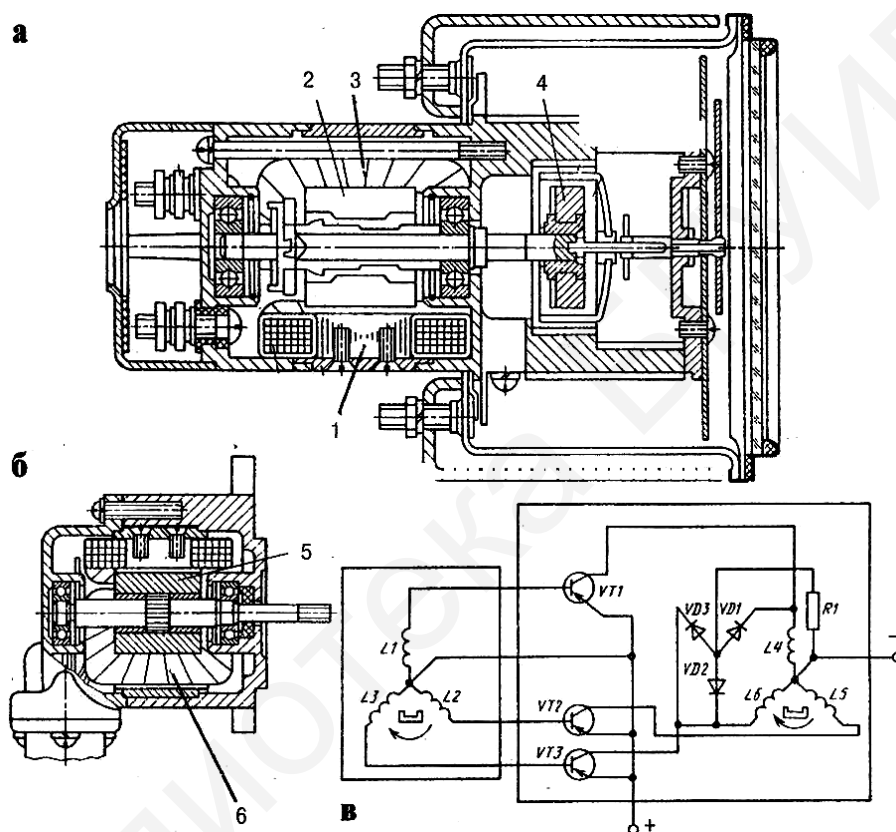


Рис. 5.15. Спидометр с электрическим приводом:

- а – указатель; б – датчик; в – электрическая схема; 1 – электродвигатель указателя; 2 – ротор электродвигателя; 3 – статор электродвигателя; 4 – счетный узел указателя; 5 – ротор датчика; 6 – трехфазная обмотка датчика

Приводной вал спидометра вращается электродвигателем 1. На рис. 5.15, а показаны ротор 2 и статор 3 этого электродвигателя.

Электродвигатель 1 получает питание от датчика (рис. 5.15, б), выполненного в виде возбуждаемого постоянным магнитом синхронного генератора с ротором 5 и трехфазной обмоткой 6.

Электронные спидометры.

Электронные спидометры получают сигналы от датчика Холла, расположенного на коробке передач. Электронная схема (рис. 5.16) преобразует сигналы в напряжение, пропорциональное скорости движения автомобиля.

Датчиком сигналов служит первичная система зажигания, откуда на спидометр поступают импульсы, частота следования которых пропорциональна частоте вращения двигателя.

На входе спидометра (рис. 5.16) установлен формирователь импульсов на резисторах **R1**, **R2**, конденсаторах **C1–C4**, диоде **VD1**. Формирователь преобразует входной колебательный импульс в сигнал положительной полуволны, который запускает мультивибратор на транзисторах **VT1** и **VT2**. Мультивибратор формирует сигналы прямоугольной формы постоянной величины и длительности, которые следуют друг за другом с частотой входного сигнала, приходящего на магнитоэлектрический измерительный прибор **PV**. Чем выше частота следования импульсов, тем больше сила тока, протекающего через прибор, что и фиксируется в виде его показаний по шкале, отградуированной в скорости вращения коленчатого вала двигателя.

Терморезистор **R3** осуществляет термокомпенсацию в приборе. Стабилитрон **VD3** защищает спидометр от всплесков напряжения по цепи питания.

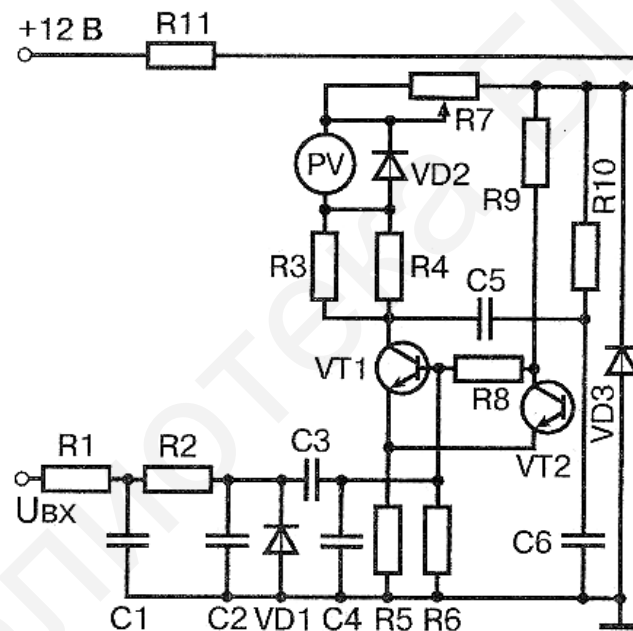


Рис. 5.16. Схема электронного спидометра

6. Электромеханические устройства автомобиля

6.1. Электродвигатели с электромагнитным возбуждением

Электромеханические устройства (*электроприводы*) применяются в настоящее время в стеклоочистителях, обогревателях, стеклоподъемниках, вентиляционных установках, центральной блокировке замков, фарочистителях, системе изменения положения сидений, приводе зеркал боковых и заднего вида.

Электропривод состоит:

- из электродвигателя;
- системы передачи механической энергии потребителю;
- системы управления и защиты.

Электродвигатель, объединенный с редуктором, образует *моторедуктор*.

Электродвигатель, объединенный с насосом, образует *мотонасос*.

На автомобилях устанавливаются *коллекторные электродвигатели постоянного* тока с мощностью в 6, 10, 16, 25, 40, 60, 90, 120, 150, 180, 250 Вт и частотой вращения от 2000, 3000 до 1000 об/мин.

Электродвигатели с электромагнитным возбуждением имеют:

- последовательное;
- параллельное;
- смешанное возбуждение.

Регулирование частоты вращения осуществляется:

- введением резистора или якоря в цепь возбуждения;
- переключением в цепи обмотки возбуждения.

Реверсивные двигатели снабжены двумя обмотками возбуждения.

Основные элементы электродвигателя с электромагнитным возбуждением (рис. 6.1): обмотка возбуждения **13**, якорь **1**, коллектор **8**, щетки **9**, подшипники **7, 15** и выходной вал **16**.

Возбуждение от постоянных магнитов упрощает конструкцию электродвигателя. На рис. 6.2 представлены основные элементы электродвигателей с возбуждением от постоянных магнитов: постоянный магнит **2**, катушка индуктивности **9**, якорь **12**, щетки **4**, коллектор **6**, подшипники **1, 7**.

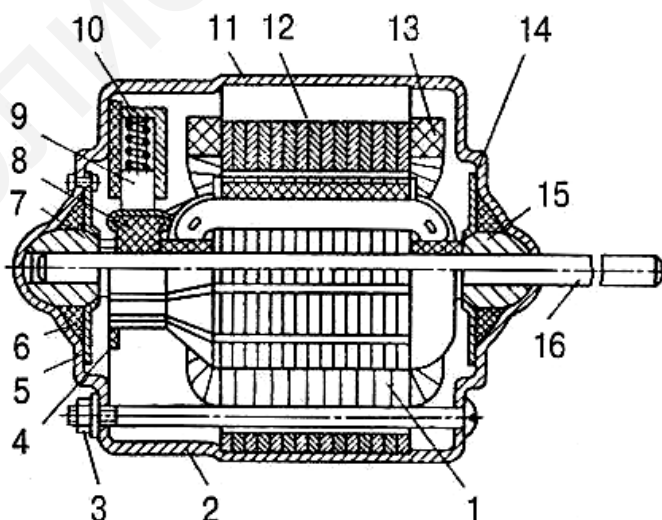


Рис. 6.1. Электродвигатель с электромагнитным возбуждением:

- 1 – якорь; 2 – крышка; 3 – винт; 4 – траверса; 5, 14 – плоские пружины; 6 – сальник; 7, 15 – подшипники; 8 – коллектор; 9 – щетки; 10 – щеткодержатель; 11 – корпус; 13 – обмотка возбуждения; 16 – выходной вал

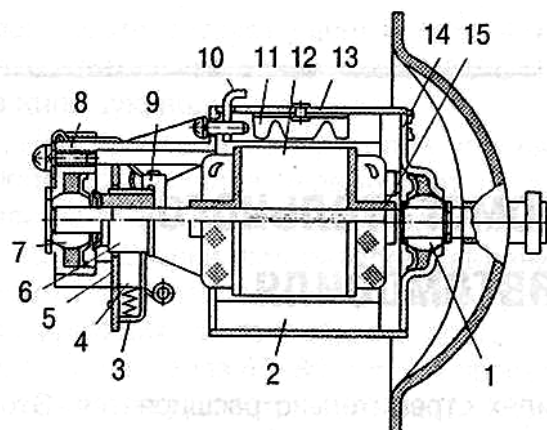


Рис. 6.2. Электродвигатель с возбуждением от постоянных магнитов:

- 1, 7 – подшипники; 2 – постоянный магнит; 3 – щеткодержатель; 4 – щетка; 5 – траверса;
 6 – коллектор; 8, 14 – крышки; 9 – катушка индуктивности; 10 – крепежная пластина;
 11 – пружина крепления магнита; 12 – якорь; 13 – корпус;
 15 – изоляционная пластина якоря

6.2. Моторредукторы и мотонасосы в автомобилях

Моторредуктор стеклоочистителя заднего стекла (рис. 6.3) состоит из электродвигателя (постоянный магнит **9** и якорь **10**) и редуктора (червяк **2**; шестерня **1**; кривошипно-шатунный механизм, состоящий из зубчатых секторов **5, 7**, позволяющих обеспечить угол колебания щеток до 120°). В моторредуктор встроен концевой выключатель, обеспечивающий установку щеток в крайнем положении при выключении моторредуктора.

Малогабаритный моторредуктор, применяемый для очистки фар (рис. 6.4), не имеет червячного механизма, так как достаточен угол колебаний щеток в 60° . Электродвигатель состоит из постоянного магнита **6**, якоря **5**, щеток **2** и коллектора **4**. Выходной вал **10** приводится в движение от многоступенчатого редуктора **7, 8** и двухзвенного кривошипно-шатунного механизма, состоящего из шатуна **11** и поводка **9**.

Для прямоугольных фар достаточен угол колебания в 45° , поэтому моторредуктор имеет однозвенный кривошипный механизм, состоящий из шатуна и пальца.

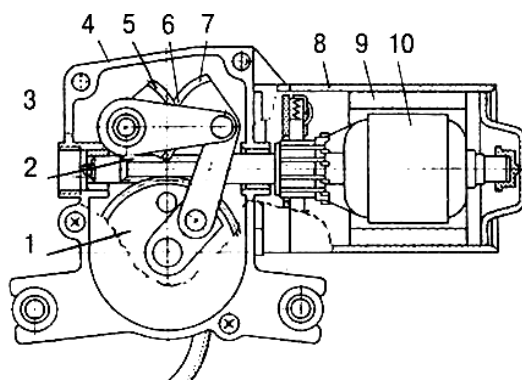


Рис. 6.3. Моторредуктор 47.3730 стеклоочистителя заднего стекла:

- 1 – шестерня; 2 – червяк; 3 – выходной вал; 4 – корпус редуктора; 5, 7 – зубчатые сектора;
 6 – серьга; 8 – корпус электродвигателя; 9 – постоянный магнит; 10 – якорь

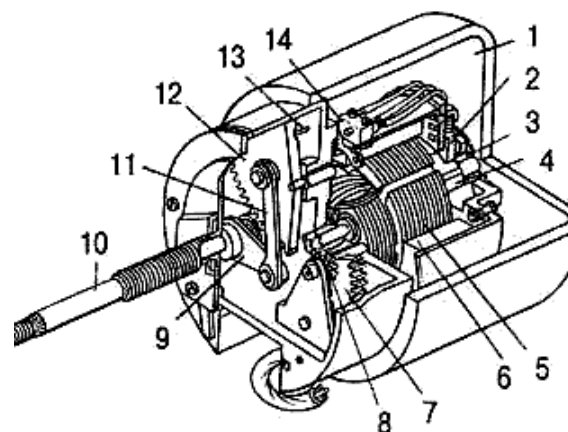


Рис. 6.4. Моторредуктор 221.3730 стеклоочистителя фар:

1 – корпус; 2 – щетки; 3 – подшипник; 4 – коллектор; 5 – якорь; 6 – постоянный магнит; 7 – ведомая шестерня первой ступени редуктора; 8 – ведущая шестерня второй ступени редуктора; 9 – поводок; 10 – выходной вал; 11 – шатун; 12 – ведомая шестерня второй ступени редуктора; 13 – шток; 14 – выключатель

Многие моторредукторы стеклоочистителей не имеют кривошипно-шатунного механизма, а вращательное движение вала электродвигателя преобразуется в колебательное рычажным механизмом щеток.

Моторредуктор стеклоподъемника зависит от размеров электродвигателя. Если габариты электродвигателя малы и допускают расположение моторредуктора в зоне механизма подъема стекла, то червячный редуктор **2** (рис. 6.5) объединен с электродвигателем **1** в единую конструкцию, в которой редуктор через червячное колесо и выходную шестерню **3** осуществляет управление механизмом подъема стекла.

Если габариты электродвигателя не позволяют разместить его в зоне стеклоподъемного механизма, то там располагается лишь червячный редуктор, вал которого приводится во вращение от вала электродвигателя *гибким валом*, стальной струной или иным способом.

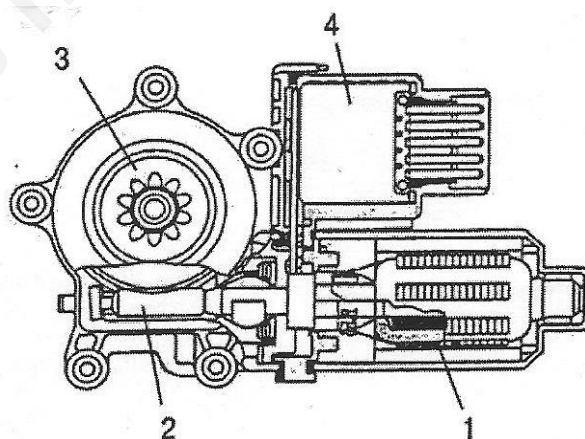


Рис. 6.5. Моторредуктор стеклоподъемника:

1 – электродвигатель; 2 – червячный редуктор; 3 – выходная шестерня; 4 – блок управления

Мотонасосы в автомобилях применяются в следующих системах:

- омывателей стекол и фар;
- перекачки жидкости;
- обогрева и т. п.

Мотонасос (рис. 6.6) конструктивно содержит электродвигатель **1** с возбуждением от постоянных магнитов и жидкостный насос **3** струйной фароочистки автомобиля. Крыльчатка **4** насоса закреплена на валу электродвигателя. Внутренняя полость электродвигателя защищена от попадания влаги резиновой манжетой **2**.

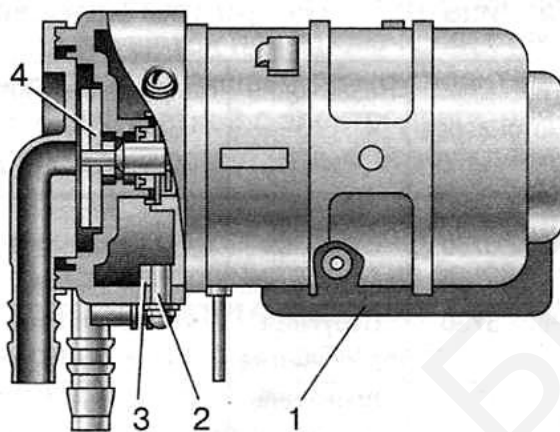


Рис. 6.6. Мотонасос 2002.3730:

1 – электродвигатель; 2 – манжета; 3 – корпус насоса; 4 – крыльчатка насоса

Параметры моторедукторов и мотонасосов автомобиля

Схемы управления электромеханическими устройствами автомобиля разрабатываются с учетом их конструктивных и электротехнических параметров.

В табл. П.4.1 прил. 4 приведены параметры наиболее используемых в автомобиле моторедукторов. Как видно из таблицы, напряжение питания в основном 12 В, редко 24 В, ток от 1,5 до 7,5 А, а значит, потребляемая мощность ($P=UI$) – от 18 до 90 Вт.

В табл. П.4.2 прил. 4 приведены параметры мотонасосов отечественного производства, применяемых в основном в системе освещения и в сервисных системах. В таблице потребляемое напряжение 12 В, потребляемый ток от 3 до 40 А. Разброс потребляемой мощности – от 36 до 480 Вт, перепад давления – от 0,015 до 3,9 МПа.

7. Управление электромеханическими устройствами автомобиля

7.1. Схемы управления электромеханическими устройствами автомобиля

Схема управления электровентилятором системы охлаждения двигателей внутреннего сгорания включает управляющее реле **KV** (рис. 7.1),

обмотка которого включается в сеть 12 В через контакты **SK** термобиметаллического датчика и электродвигатель **М**.

Если температура в системе охлаждения ДВС ниже, чем температура срабатывания датчика **SK**, то даже при включении выключателя **SA** электродвигатель **М** вентилятора остается отключенным от сети. Если же нагрев жидкости в системе охлаждения ДВС достигнет уровня срабатывания датчика **SK**, он замыкает свои контакты и реле **KV** через контакт **KV1** включает электродвигатель **М** вентилятора в работу. При переохлаждении ДВС вентилятор отключается. Так обеспечивается оптимальный тепловой режим ДВС.

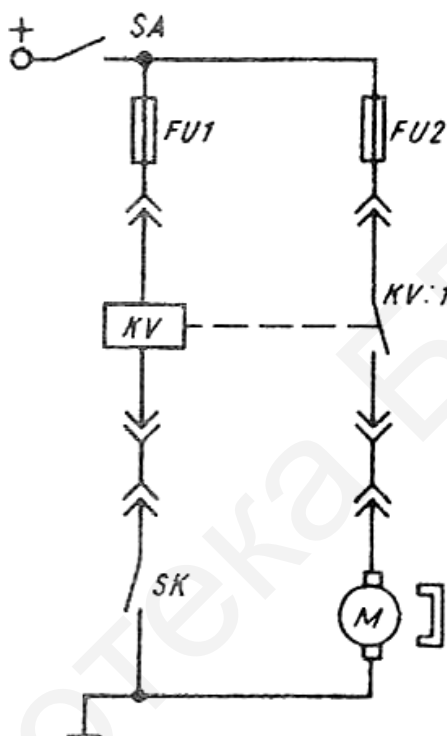


Рис. 7.1. Схема управления электровентилятором системы охлаждения двигателя

Схемы управления стеклоочистителем и стеклоомывателем ветрового стекла автомобиля

В автомобилях электродвигатель стеклоомывателей объединен в один узел с насосом, образуя единый узел – *мотонасос*.

Мотонасос нагнетает жидкость в три магистрали:

- к ветровому стеклу;
- к заднему стеклу;
- к фарам.

Схема управления стеклоочистителем и стеклоомывателем ветрового стекла должна обеспечивать:

- работу с малой и большой частотой вращения электродвигателя;
- установку щеток в крайнее правое положение при отключении стеклоочистителя;
- прерывистый режим работы стеклоочистителя;

– включение стеклоомывателя.

Переключатель **SA** (рис. 7.2) имеет шесть положений (I–VI).

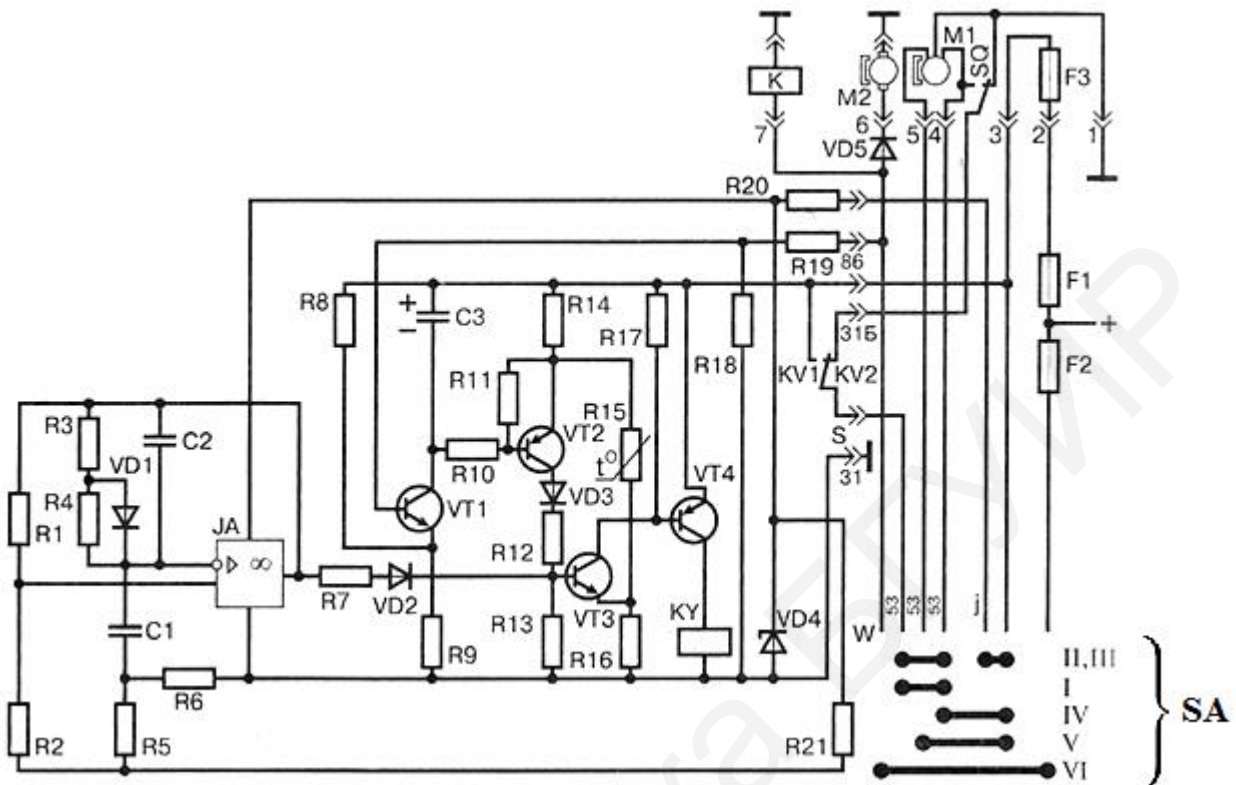


Рис. 7.2. Схема реле 522.3747 управления стеклоочистителем и стеклоомывателем

В положении **I** щетки электродвигателя **M1** через его размыкающий концевой выключатель **SQ** и контакты **KV2** реле **KV** оказываются замкнуты накоротко, и система стеклоочистителя отключается с динамическим торможением электродвигателя **M1**.

В положении **IV** щетки напряжение от сети через термобиметаллический предохранитель **F3** подается на основные щетки электродвигателя **M1**, и он работает на малой частоте вращения.

В положении **V** выключатель **SA** подводит питание к третьей дополнительной щетке электродвигателя. При этом электродвигатель **M1** начинает работать на высокой скорости. Интенсивность очистки стекла увеличивается.

В положениях **II** (не фиксированном) и **III** (фиксированном) выключателя **SA** осуществляется прерывистый режим работы стеклоочистителя. В прерывистом режиме напряжение бортовой сети попадает на основные щетки электродвигателя **M1** только в том случае, если замкнуты контакты **KV1** реле **KV**. Срабатыванием реле **KV** управляет электронная схема реле времени, собранная на операционном усилителе **JA** и транзисторах **VT1**, **VT2**, **VT3**, **VT4**.

Перевод выключателя **SA** в положение **II** или **III** подводит к операционному усилителю **JA** стабилизированное напряжение.

Операционный усилитель **JA** управляет транзисторами **VT3** и **VT4**, которые периодически включают обмотку реле **KV** в сеть питания. Реле **KV** срабатывает и через замкнутые контакты **KV1** включает через вывод **S** электродвигатель **M2** в работу на малой скорости. Появление напряжения на выводе **S** происходит с частотой **14** циклов в минуту.

В положении **VI** выключателя **SA** включается электродвигатель **M2** стеклоомывателя путем подачи напряжения смещения на переход база – эмиттер транзистора **VT1**. Транзисторы **VT1**, **VT2**, **VT3** и **VT4** открываются, реле **KV** замыкает свои контакты **KV1** и стеклоомыватель начинает работать.

При отключении стеклоомывателя конденсатор **C3** некоторое время разряжается через переход база – эмиттер транзистора **VT2**, поддерживая **VT2**, **VT3** и **VT4** в открытом состоянии и включенном реле **KV**, поэтому стеклоочистка прекращается не сразу, а после двух – четырех полных циклов очистки.

В системе очистки заднего стекла электронное реле времени (рис. 7.3) после возвращения рычага выключателя стеклоомывателя в исходное положение еще в течение **5** с держит клапан **K** и мотонасос во включенном состоянии. Это достигается медленным нарастанием напряжения на конденсаторе **C1**, присоединенном к затвору полевого транзистора **VT1**. Открываясь, транзистор **VT1** открывает транзистор **VT2**, закрывает транзистор **VT3** и отключает реле **K1** от цепи питания.

Схема управления струйной фароочисткой (рис. 7.4) состоит из электронного реле времени и мотонасоса **M**.

После отключения выключателя **SA** электромагнитное реле времени в течение **4** с удерживает электродвигатель **M** во включенном состоянии до тех пор, пока через контакты **1K1**, диод **VD2**, резисторы **R7**, **R8** не зарядится конденсатор **C2**. После его зарядки напряжение на эмиттере транзистора **VT3** становится достаточным для перехода транзистора **VT3** и с ним транзистора **VT2** в открытое состояние.

По истечении **4** с реле **K1** отключается, транзистор **VT1** закрывается, электродвигатель **M** останавливается.

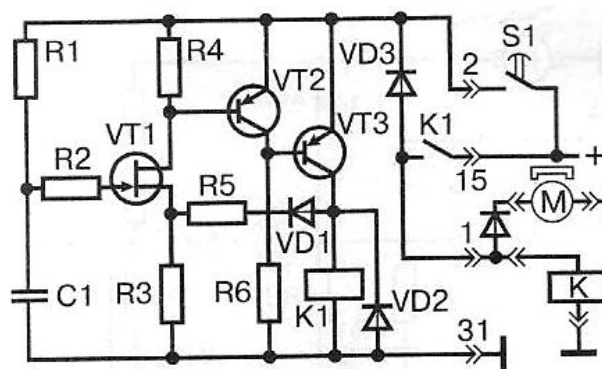


Рис. 7.3. Схема реле управления стеклоомывателем

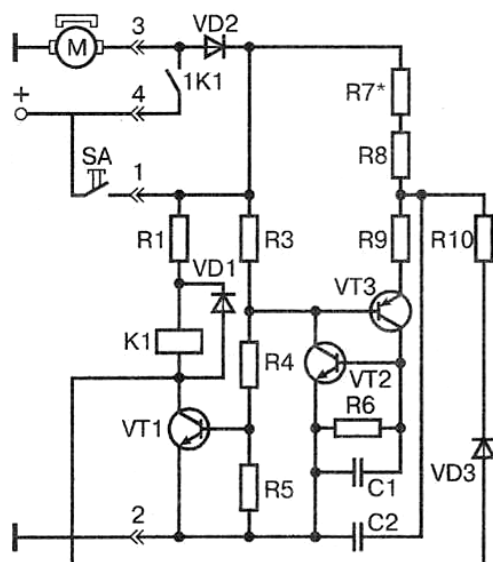


Рис. 7.4. Схема управления струйной фариочисткой

В схему управления системой блокировки замков дверей автомобиля (рис. 7.5) входят моторедуктор и электронный блок управления.

Принцип действия:

1) *Блокировка дверей.* При нажатии кнопки SA2 открываются транзисторы VT3, VT4 и подключается к цепи питания реле KV2, которое включает электродвигатель M моторедуктора с полярностью «+» на его выводе 2 и «-» на выводе 1. При такой полярности электродвигатель перемещением рейки блокирует двери.

2) *Разблокировка дверей.* При нажатии кнопки SA1 открываются транзисторы VT1, VT2 и подключается к цепи питания реле KV1, которое меняет полярность питания электродвигателя M, т. е. на вывод 2 подается «-», а на вывод 1 – «+». Поэтому электродвигатель M, вращая редуктор в обратную сторону, разблокирует двери.

Концевой выключатель SQ блокирует кнопки SA1 и SA2. Он устанавливается только в моторедукторах блокировки передних дверей. Моторедукторы задних дверей выключателем SQ не оборудованы.

Схема управления стеклоподъемом в автомобиле

Сигнал на подъем или опускание стекла (рис. 7.6) с блока управления изменяет полярность электропитания электродвигателей моторедукторов с помощью триггеров DD1.3 и DD1.4, логических элементов «ИЛИ» DD1.2 и DD1.1, реле-переключателей KV1 и KV2 и путем замыкания или размыкания контактов K1.1 и K2.1 заставляет вращаться моторедукторы в ту или другую сторону, как это делается в схеме управления системой блокировки замков дверей автомобиля (см. рис. 7.5).

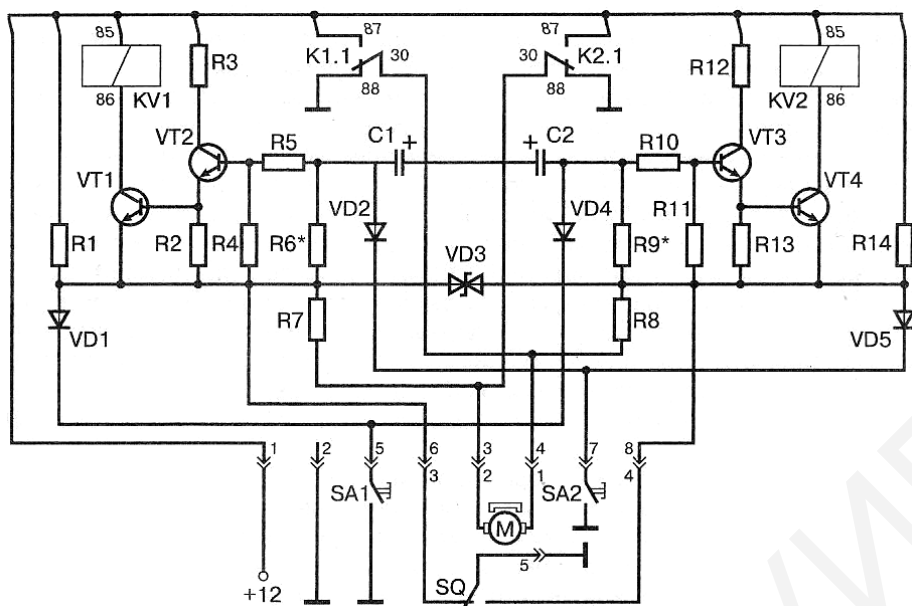


Рис. 7.5. Схема управления системой блокировки замков дверей

Концевой выключатель **SQ** блокирует кнопки **SA1** и **SA2**. Он устанавливается *только* в моторедукторах блокировки *передних* дверей. Моторедукторы задних дверей выключателем **SQ** не оборудованы.

Схема управления стеклоподъемом в автомобиле

Сигнал на подъем или опускание стекла (рис. 7.6) с блока управления изменяет полярность электропитания электродвигателей моторедукторов с помощью триггеров **DD1.3** и **DD1.**, логических элементов «ИЛИ» **DD1.2** и **DD1.1**, реле-переключателей **KV1** и **KV2** и путем замыкания или размыкания контактов **K1.1** и **K2.1** заставляет вращаться моторедукторы в ту или другую сторону, как это делается в схеме управления системой блокировки замков дверей автомобиля (см. рис. 7.5).

При установке стекла в крайнее нижнее (или верхнее) положение или при попадании в щель над закрываемым стеклом руки водителя или пассажира электродвигатель моторедуктора затормаживается, ток электродвигателя возрастает, и по сигналу от термобиметаллического микровыключателя (геркона **SF1**) происходит остановка электродвигателя моторедуктора.

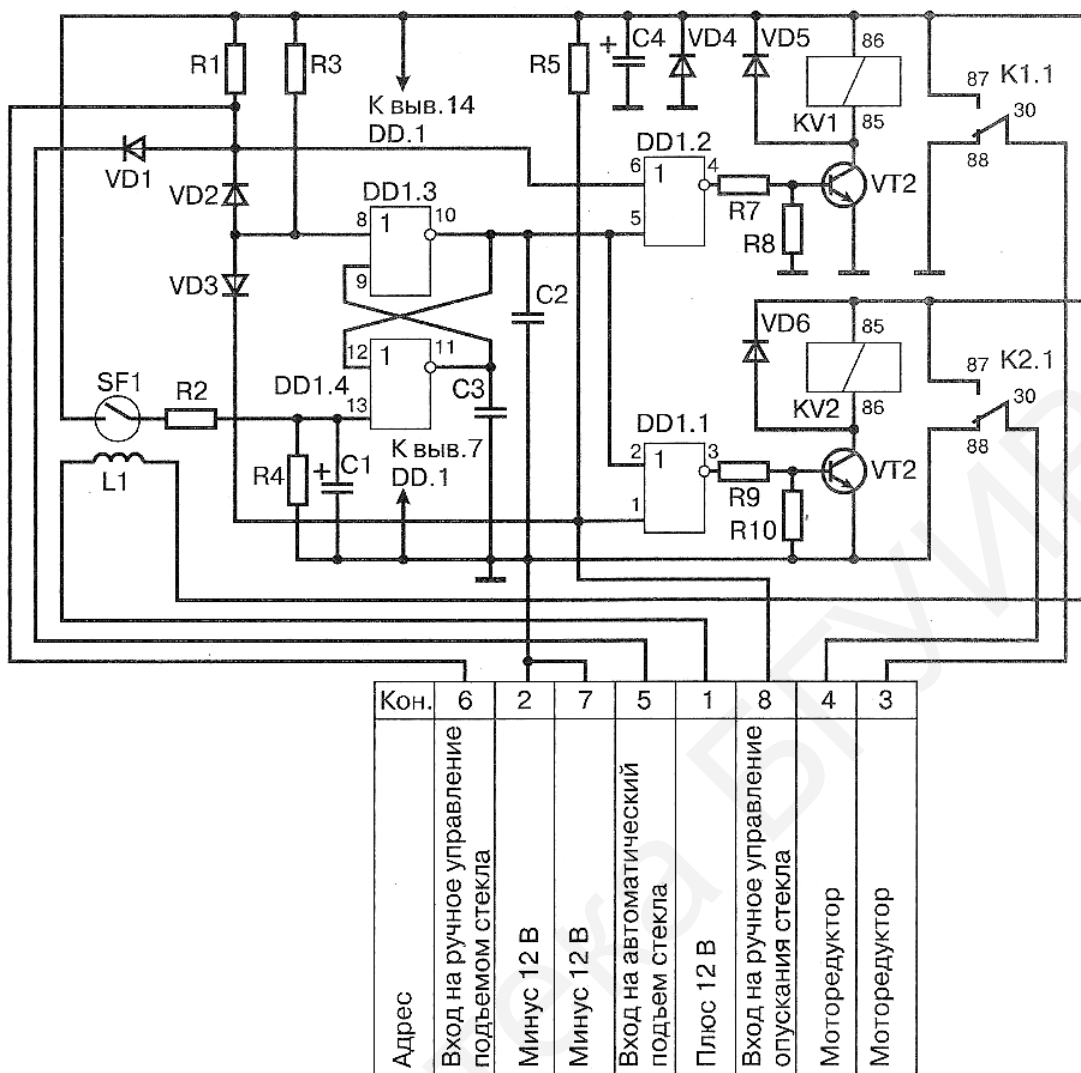


Рис. 7.6. Схема управления стеклоподъемом

7.2. Защита электрических цепей автомобиля от короткого замыкания и перегрузок

Защита электрических цепей автомобиля от короткого замыкания и перегрузок осуществляется:

- плавкими предохранителями;
- термобиметаллическими предохранителями;
- позисторами (полупроводниковыми терморезисторами).

В плавких предохранителях итекерного типа (рис. 7.7, а) плавкий элемент 4 помещен в пластмассовую оболочку 5, что увеличивает скорость их срабатывания.

Плавкая вставка должна разрывать цепь менее чем за 10 с, при силе тока, в 3 раза превышающей номинальную.

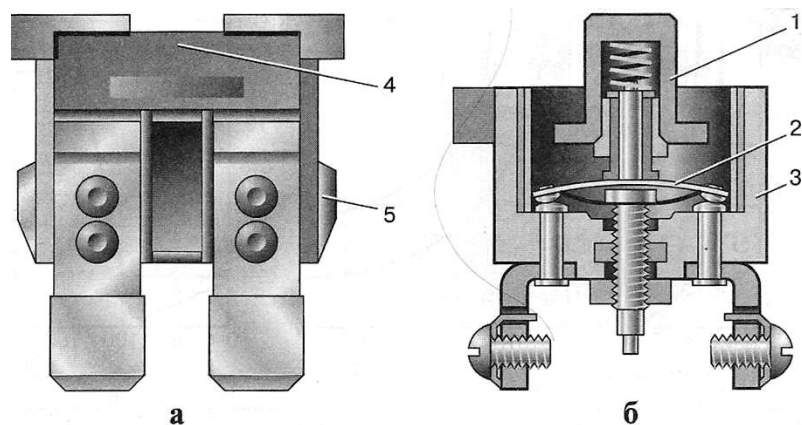


Рис. 7.7. Устройство предохранителей:

а – плавкого штекерного типа; *б* – термобиметаллического:

1 – кнопка возврата; 2 – биметаллическая пластина; 3 – корпус; 4 – плавкий элемент;
5 – пластмассовая оболочка

В термобиметаллических предохранителях (рис. 7.7, б) биметаллическая пластина **2** прогибается при силе тока, в **2,5 раза** превышающей номинальную, и срабатывает не более чем за **25 с**.

Термобиметаллические предохранители *более инерционны* по сравнению с плавкими, поэтому их применяют в цепях защиты электродвигателей.

Позистор – это полупроводниковый терморезистор, у которого сопротивление при достижении определенной температуры с ростом тока (точки Кюри) возрастает в несколько порядков, т. е. сопротивление резко увеличивается, защищая цепь от перегрузок.

Материалом для позисторов служит *титанатбариевая* керамика с примесью редкоземельных элементов.

Для приведения схемы в нормальное состояние следует отключить напряжение с защищаемого участка цепи.

7.3. Коммутационная аппаратура автомобиля

Коммутационная аппаратура делится :

- на аппаратуру *прямого* действия (выключатели, переключатели, кнопки);
- аппаратуру *дистанционного* действия (реле, контакторы).

Коммутационная аппаратура прямого действия

В рукоятки элементов коммутационной аппаратуры прямого действия встраиваются лампы со светофильтрами:

- *красный* указывает на необходимость принятия мер для предотвращения аварийной ситуации;
- *оранжевый* предупреждает о необходимости принять меры для обеспечения нормальной работы;
- *зеленый* сигнализирует о нормальной работе;
- *синий* указывает на включение дальнего света;

– белый указывает на включение лампы подсветки.

Конструктивное исполнение выключателей и переключателей:

- кнопочные;
- клавишные;
- поворотные (в том числе со съемным ключом);
- рычажные.

Клавишные выключатели имеют два фиксированных положения, кнопочные переключатели – три. Конструктивно они перекидные и ползунковые. В *перекидной* конструкции (рис. 7.8, а) при нажатии клавиши **1** плунжерный толкатель **2** *перекидывает* контактную пластину **3**, замыкающую контакты. В *ползунковой* конструкции (рис. 7.8, б) толкатель **2** *перемещает* подвижные контакты **6** по контактной неподвижной пластине **7** до замыкания контактов через пластину.

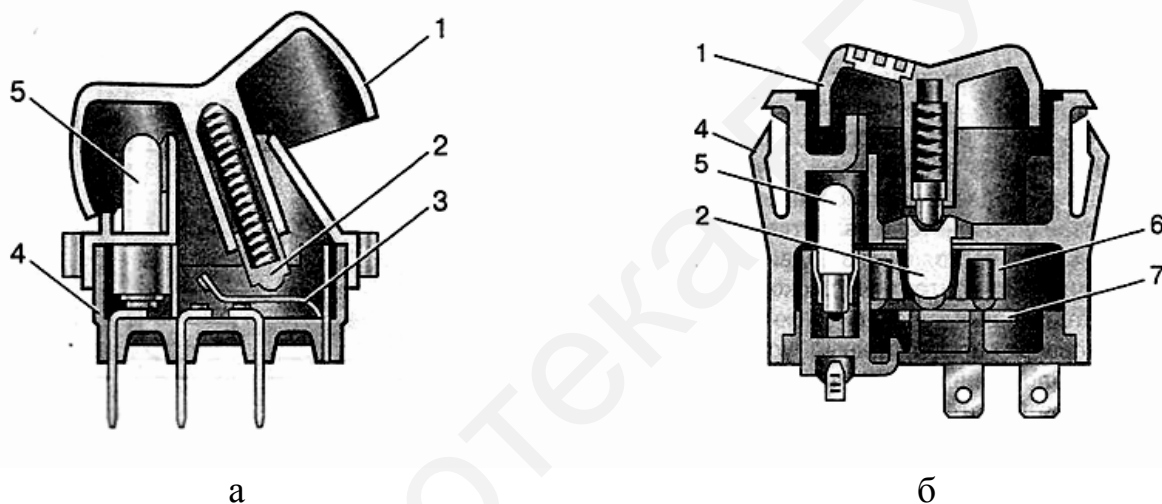


Рис. 7.8. Клавишные выключатели:

а – перекидной; *б* – ползунковый:

- 1 – клавиша; 2 – толкатель; 3 – перекидная пластина; 4 – корпус; 5 – лампа подсветки;
6 – подвижные контакты; 7 – неподвижный контакт

Поворотные конструкции применяются в выключателях зажигания и подрулевых переключателях.

Выключатель зажигания коммутирует системы: зажигания, пуска, стеклоочистителей, указателей поворота, фонаря заднего хода, фар головного света, радиоприемника.

Некоторые выключатели зажигания оборудованы:

- противоугонным устройством;
- блокировкой от повторного включения стартера;
- сигнализацией об оставленном ключе.

Повторное включение стартера (в случае блокировки) возможно лишь после возврата выключателя в нулевое положение.

Подрулевые переключатели имеют несколько отдельных контактных узлов, управляемых собственными рукоятками:

а) *переключатель наружного освещения и световой сигнализации* управляет:

- переключением фар с ближнего на дальний свет и обратно;
- указателями поворота;
- стояночными огнями;

б) *переключатель стеклоочистителя*:

– изменяет режим работы стеклоочистителя ветрового стекла (большая, малая скорости, прерывистый режим, положения фиксированное и нефиксированное, включение омывателя);

- включает стеклоочиститель заднего стекла и его омыватель.

Коммутационная аппаратура дистанционного действия

- электромагнитное реле;
- электронное реле;
- контакторы.

Конструкция *электромагнитного реле* представлена на рис. 7.9. При подаче на обмотку **1** катушки индуктивности напряжения магнитное поле намагничивает сердечник **2**, который притягивает к себе якорь **5**, и контакты **6** замыкаются. При снятии напряжения с обмотки **1** пружина **4** возвращает якорь **5** в исходное положение и контакты **6** размыкаются.

Электронные реле выполняются с использованием интегральных микросхем. Коммутатором служит электромагнитное реле или ключ на транзисторе.

Реле и предохранители, как правило, располагаются в едином блоке, связанном через штекерные разъемы и жгуты проводов со всеми элементами бортовой сети автомобиля.

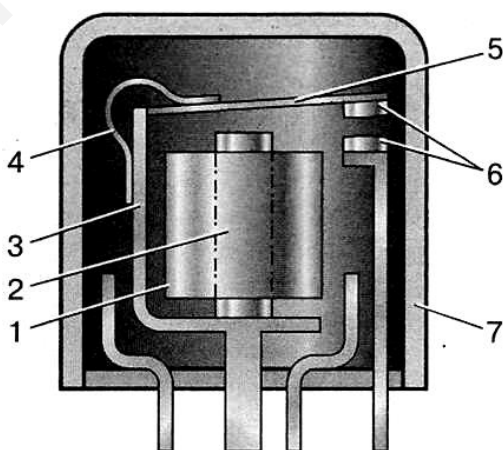


Рис. 7.9. Электромагнитное реле:
1 – обмотка; 2 – сердечник; 3 – ярмо; 4 – пружина; 5 – якорь;
6 – контакты; 7 – крышка

8. Системы электрооборудования автомобиля

8.1. Маркировка и технические характеристики проводов

Высоковольтные провода

1. Провода с *металлическим центральным электропроводом* (ПШВ, ПВРВ, ППОВ, ПВЗС) имеют изоляцию из полихлорвинила, резины и полиэтилена. Поверх проводов ПВРВ, ППОВ и ПВЗС надета оболочка повышенной *бензостойкости*. Сопротивление центральной жилы составляет **18–19 Ом/км**, рабочее напряжение – **15–25 кВ**. Могут применяться *только* в комплекте с помехоподавительными сопротивлениями.

2. Провода с *распределенными параметрами*:

- с *распределенным активным* сопротивлением (резистивный провод);
- с *распределенным реактивным* сопротивлением (реактивный провод).

Резистивный провод ПВВО обладает сопротивлением **15–40 кОм/м** и рассчитан на максимальное рабочее напряжение **15 кВ**. Резистивный провод имеет токопроводящую жилу из хлопчатобумажной ткани, пропитанной сажевым раствором, в капроновой или хлопчатобумажной оплетке.

Реактивный провод ПВВП имеет льняную центральную нить, на которую нанесен слой ферропласта (марганец-никелевые и никель-цинковые порошки). Поверх ферропластового сердечника наматывается токопроводящая железно-никелевая проволока. Изоляция – поливинилхлоридная. Сопротивление реактивного провода ПВВП – **2 кОм/м**, рабочее напряжение – **25 кВ** и **40 кВ**.

Провода низкого напряжения

Провода низкого напряжения состоят из медной (луженой или нелуженой) проволоки, обладающей высокой электропроводностью, эластичностью.

Провода могут иметь:

- изоляцию из поливинилхлоридного пластика или резины;
- бронированную изоляцию от механических повреждений или экранирующую оплетку (для снижения уровня радиопомех).

Одножильные гибкие провода ПВА, ПВАЭ (экранированный) и ПВАЛ (с луженой жилой) используются в жгутах, работающих при температуре от **–40 до +105 °С**. Провода ПГВА, ПГВАД (двухжильные), ПГВАЭ (экранированный) используются для температурного диапазона от **–50 до +80 °С**.

Провода ПГВА-ХЛ предназначены для эксплуатации в районах с холодным климатом: от **–60 до +70 °С**.

Провода ШВГТТ с параллельно уложенными жилами и ПЛНТ с резиновой изоляцией применяются в переносных лампах.

Плетеный неизолированный провод АМГ используется для соединения вывода аккумуляторной батареи с «массой» и помехоподавляющих перемычек кузова.

Провода перед установкой собираются в жгуты. Нормы допустимых токовых нагрузок отечественных жгутов традиционной конструкции приведены в табл. 8.1, а плоских жгутов при прокладке проводов в один слой – в табл. 8.2.

Таблица 8.1

Допустимая токовая нагрузка для жгутов

Номинальное сечение, мм ²	Постоянная токовая нагрузка, А, при температуре окружающей среды					
	30 °С		50 °С		80 °С	
	Число проводов в жгуте					
	2–7	8–19	2–7	8–19	2–7	8–19
0,5	9,5	6,5	7,5	5,0	5	3,5
0,75	12	8,5	9,5	6,5	6,5	4,5
1	14,5	10,5	11,5	8	7,5	5,5
1,5	19	13	15	10,5	10	7
2,5	26	18	20,5	14	14	9,5
4,0	34,5	23,5	28	18,5	18,5	12,5
6,5	44	31	36	25	26	18

Таблица 8.2

Допустимая токовая нагрузка для плоских жгутов

Номинальное сечение, мм ²	Постоянная токовая нагрузка, А, при температуре окружающей среды		
	30 °С	50 °С	80 °С
0,5	9	7,5	5,5
0,75	11	9,5	7
1	13	11	8
1,5	17	15	10
2,5	23	19	13
4	31	25	17

8.2. Классификация электрических схем автомобиля по принципу их построения

По принципу построения электрические схемы автомобиля классифицируют следующим образом: топологические, функциональные, координатные, схемы линейного типа.

1. *Топологические схемы* по возможности отражают размещение элементов и соединения между ними в устройстве (в частности, в автомобиле). Для примера топологическая схема электрооборудования автомобиля приведена на рис. П.5.1 прил. 5. При наличии большого

количества пересечений соединений целесообразна цветная маркировка проводов.

2. *Функциональные схемы* отображают выполняющие определенные функции элементы схемы и их соединения. Пример функциональной схемы зарядки аккумулятора и запуска двигателя автомобиля приведен на рис. П.5.2 прил. 5.

3. В *координатных схемах* элементы схемы и соединения между ними размещены в квадрантах (рис. П.5.3 прил. 5), обозначенных цифро-буквенными координатами. Такие схемы удобны для быстрого нахождения необходимого функционального блока.

4. В *схемах линейного типа* элементы схемы и соединения между ними размещены между проводниками (линиями) питания положительной и отрицательной полярности (рис. П.5.4 прил. 5). Название и место расположения функционального узла указываются в описании схемы по номеру координаты, показанной в нижней части схемы.

Современная *мультиплексная система* проводки предусматривает подведение ко всем устройствам сигналов по двум общим:

- силовому («+» питающей цепи);
- управляющему (в двоичном коде) на включение и выключение.

Управляющий сигнал формируется в мультиплексоре и расшифровывается в демультимплексоре.

Управляющая шина может быть световодом (в системе оптической связи). В этом случае управляющий сигнал из электрического преобразовывается в световой.

8.3. Отопительная система автомобиля

Отопительная система автомобиля поддерживает заданную положительную температуру и рециркуляцию воздуха в салоне автомобиля. Для этого используется тепло, выделяемое в системе охлаждения двигателя (в процессе его работы).

Схема системы автоматического управления отопителем автомобиля приведена на рис. 8.1.

Электродвигатель вентилятора **М1** создает поток воздуха, который проходит через радиатор отопителя, соединенного с системой охлаждения двигателя.

Величина потока воздуха регулируется заслонкой отопителя с приводом от электродвигателя с микроредуктором **М3**. Рециркуляция воздуха осуществляется вентилятором обдува салона с приводом электродвигателя **М2**.

Температура в салоне задается устройством задания температуры **7**, подключенным к контроллеру **6**. Контроль и автоматическое регулирование температуры осуществляется с помощью датчика температуры воздуха в салоне **1** и контроллера **6**. Режимы работы электродвигателей **М1**, **М2** и **М3**

задаются контроллером **6**. Включение системы рециркуляции осуществляется выключателями **K1**, **K2** и реле **3**.

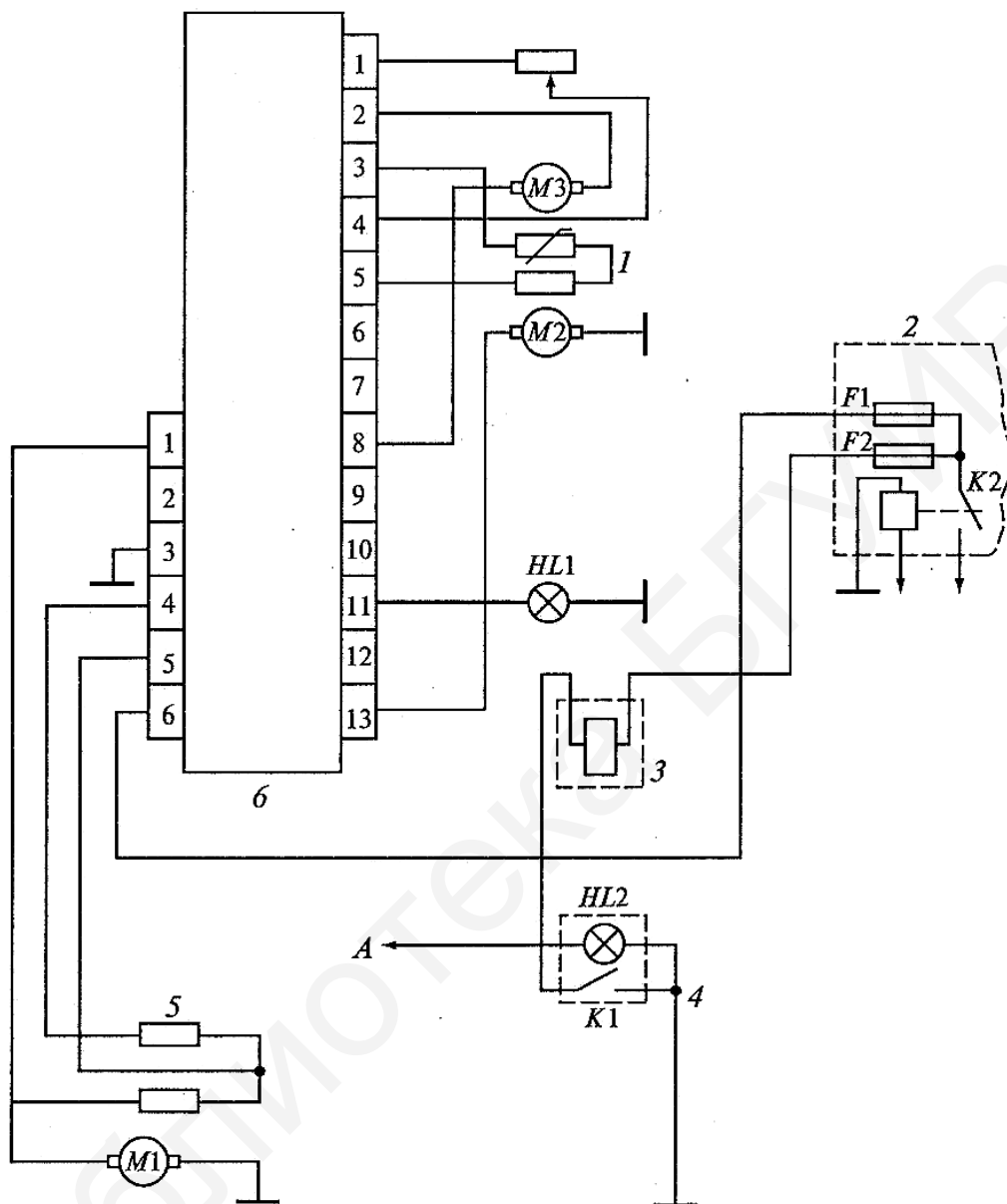


Рис. 8.1. Схема системы автоматического управления отопителем автомобиля:

- 1 – датчик температуры воздуха в салоне автомобиля; 2 – монтажный блок;
- 3, 4 – соответственно клапан и выключатель рециркуляции воздуха;
- 5 – дополнительный резистор; 6 – контроллер; 7 – устройство задания температуры;
- A – к выключателю освещения указательных приборов; F1, F2 – предохранители;
- HL1, HL2 – лампы; K1, K2 – контакты реле; M1 – электродвигатель вентилятора;
- M2 – электродвигатель обдува салона автомобиля; M3 – микроредуктор привода заслонки отопителя;
- 1–6, 1–13 – нумерация разъемов

9. Электронные системы управления двигателем автомобиля

9.1. Комплексная система управления опережением зажигания и впрыском топлива в двигателе автомобиля

Входными (или управляющими) параметрами двигателя (рис. 9.1) являются:

- угол открытия дроссельной заслонки $\gamma_{др}$;
- угол опережения зажигания Θ ;
- цикловой расход топлива G_T и др.

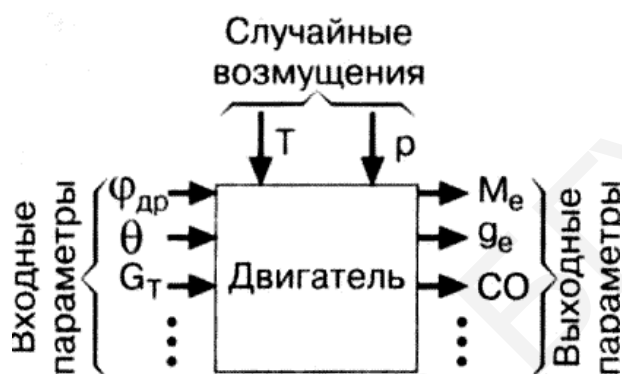


Рис. 9.1. Двигатель как объект управления

Значения входных параметров определяются:

- внешним воздействием на двигатель со стороны водителя;
- сигналами системы автоматического управления.

На двигатель во время его работы воздействуют мешающие управлению *случайные возмущения* (температура T , атмосферное давление p , влажность, свойства топлива и масла и т. д.).

К *выходным* (управляемым) параметрам относятся:

- частота вращения коленчатого вала g_e ;
- крутящий момент M_e ;
- показатель топливной экономичности и токсичности отработавших газов (например, содержание CO) и др.

На рис. 9.2 приведена комплексная система управления зажиганием и впрыском топлива в двигателе на основе микропроцессора.

В комплексную систему управления входят: интерфейсы ввода и вывода информации, процессор и вторичный источник питания (**ВИП**).

С встроенных датчиков снимается следующая информация о режиме работы двигателя:

- частота вращения коленчатого вала;
- положение коленвала по углу поворота;
- абсолютное давление во впускном трубопроводе;

- положение дроссельной заслонки;
- температура охлаждающей жидкости;
- температура воздуха.

Эти сигналы интерфейсом блока управления преобразуются из аналоговой формы в цифровую и поступают в процессор, где сравниваются со значениями, заложенными в памяти блока управления.

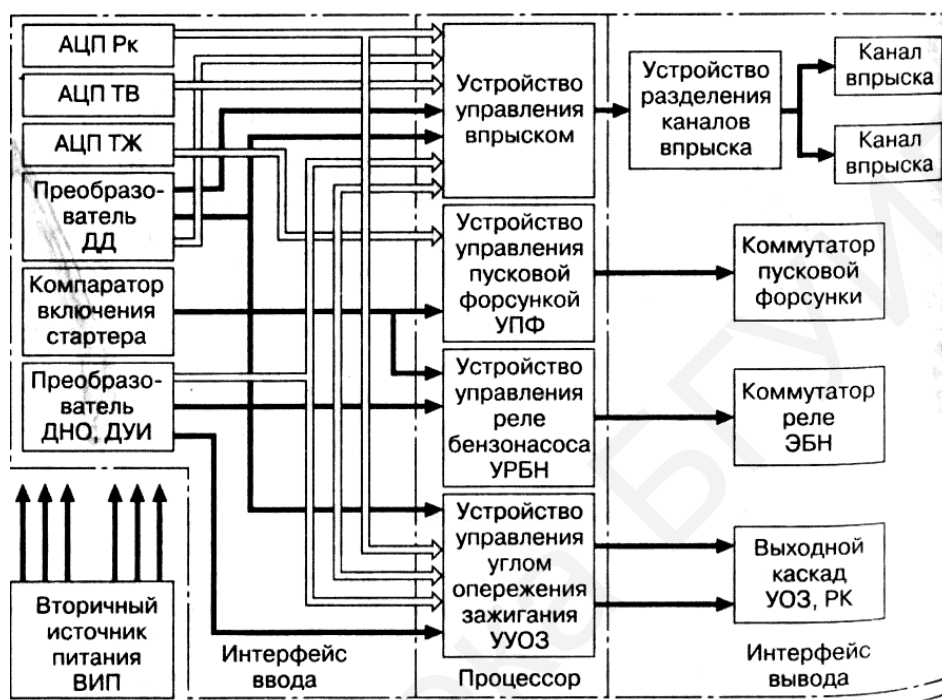


Рис. 9.2. Комплексная система управления двигателем

Процессор выдает регулирующий сигнал на исполнительные устройства. Для системы зажигания таким устройством является транзисторный коммутатор, для системы впрыска топлива – форсунки (основные и пусковые) и электробензонасос.

Блок управления комплексной системы содержит: интерфейс ввода информации, вторичный источник питания, процессор, интерфейс вывода информации.

В интерфейс ввода информации входят:

- 1) аналого-цифровые преобразователи:
 - а) давления во впускном трубопроводе (АЦПРк);
 - б) температуры воздуха (АЦПТВ);
 - в) температуры охлаждающей жидкости (АЦПТЖ);
- 2) преобразователь аналогового сигнала датчика положения дроссельной заслонки и изменения скорости открытия и закрытия дроссельной заслонки (ДД);
- 3) компаратор включения стартера;

4) преобразователи сигналов датчиков начала отсчета (ДНО) и угловых импульсов (ДУИ).

В процессор входят:

- 1) устройство управления впрыском;
- 2) устройство управления пусковой форсункой (УПФ);
- 3) устройство управления реле бензонасоса (УРБН);
- 4) устройство управления углом опережения зажигания (УУОЗ).

В интерфейс вывода информации входят:

- 1) устройство разделения каналов впрыска;
- 2) коммутатор пусковой форсунки;
- 3) коммутатор реле электробензонасоса (ЭБН);
- 4) выходные каскады: угла опережения зажигания (УОЗ); разделения каналов зажигания (РК).

Блок управления обеспечивает:

- включение экономайзера при углах открытия дроссельной заслонки более $70 \pm 5^\circ$ за счет увеличения длительности впрыскивания топлива на **23 %**;
- управление пусковой форсункой при включении стартера и температуре охлаждающей жидкости менее **20 °С**;
- управление реле электробензонасоса (включение реле на **2 с**) при выключенном зажигании и неработающем двигателе;
- постоянное выключение реле электробензонасоса при частоте вращения коленчатого вала двигателя более **300 об/мин**;
- отключение реле электробензонасоса при частоте вращения вала менее **300 об/мин**.

9.2. Система впрыска топлива «K-Jetronic» фирмы BOSCH

Система «K-Jetronic» – это механическая система постоянного впрыска топлива (рис. 9.3).

Топливо из бака **1** с помощью топливного насоса **2** под давлением около **5 кгс/см²** через накопитель **3** и фильтр **4** подается к каналу **A** дозатора-распределителя **6** и далее по каналам подвода топлива **E** к форсункам (инжекторам) впрыска **9**, установленным перед впускными клапанами во впускном коллекторе.

Требуемое давление обеспечивается регулятором давления питания **7** и регулятором управляющего давления **8** по каналу **C**.

Давление топлива (а значит и расход) зависит от нагрузки двигателя и режимов его работы, таких как пуск холодного двигателя, работа под полной нагрузкой. При пуске рабочую смесь необходимо обогащать, при полной нагрузке – обеднять.

Требуемое соотношение между количеством подводимого воздуха и количеством впрыскиваемого бензина постоянно регулируется напорным диском расходомера воздуха **5** и дозатором-распределителем топлива **6**.

Напорный диск **5** крепится к рычагу. С другой стороны рычага установлен балансир, уравновешивающий систему.

На оси вращения рычага напорного диска **5** закреплен второй рычаг с роликом. Ролик упирается непосредственно в нижний конец плунжера дозатора-распределителя **6**. Наличие второго рычага с регулировочным винтом позволяет менять относительное положение рычагов, а значит, напорного диска и упорного ролика (плунжера распределителя), и этим изменять состав рабочей смеси.

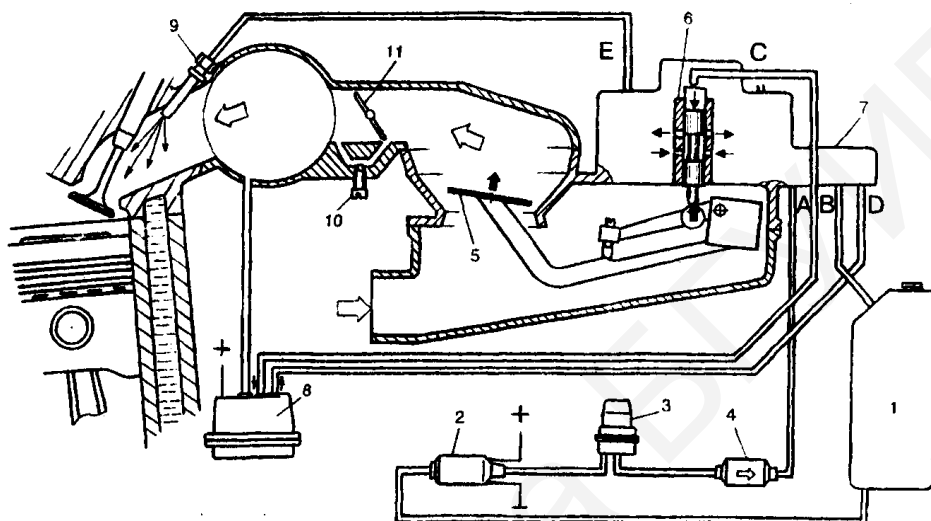


Рис. 9.3. Схема главной дозирующей системы и системы холостого хода системы впрыска «K-Jetronic»:

1 – топливный бак; 2 – топливный насос; 3 – накопитель топлива; 4 – топливный фильтр; 5 – напорный диск расходомера воздуха; 6 – дозатор-распределитель количества топлива; 7 – регулятор давления питания; 8 – регулятор управляющего давления; 9 – форсунка; 10 – регулировочный винт холостого хода; 11 – дроссельная заслонка; А – подвод топлива к дозатору-распределителю; В – слив топлива в бак; С – канал управляющего давления; D – канал толчкового клапана; E – подвод топлива к форсункам

В двигателе при нажатии на педаль «газа» дроссельная заслонка **11** регулирует подачу в цилиндры чистого воздуха.

Холостой ход карбюраторных двигателей регулируется двумя винтами: количества и качества смеси. Винтом количества смеси **10** устанавливается частота вращения коленчатого вала двигателя. Винт качества (состава) рабочей смеси в дозаторе-распределителе **6** регулирует содержание CO в отработавших газах. Положение винта качества регулируется на заводе-изготовителе.

9.3. Система впрыска топлива «L-Jetronic» фирмы BOSCH

Система впрыска топлива «L-Jetronic» – управляемая электроникой система прерывистого впрыска топлива (L – нем. Lade – заряд, порция). Главные отличия от систем «K-Jetronic» и «KE-Jetronic»: 1) нет дозатора-

распределителя и регулятора управляющего давления; 2) все форсунки (пусковая и рабочие) с электромагнитным управлением.

К преимуществам системы «L-Jetronic» относят следующее:

- уменьшился расход воздуха;
- почти в 2 раза уменьшилось давление топлива;
- возможно отсутствие накопителя (гидроаккумулятора);
- увеличилась экономичность;
- снизилась токсичность отработавших газов;
- улучшилась динамика автомобиля.

Функциональная схема системы впрыска «L-Jetronic» приведена на рис. 9.4.

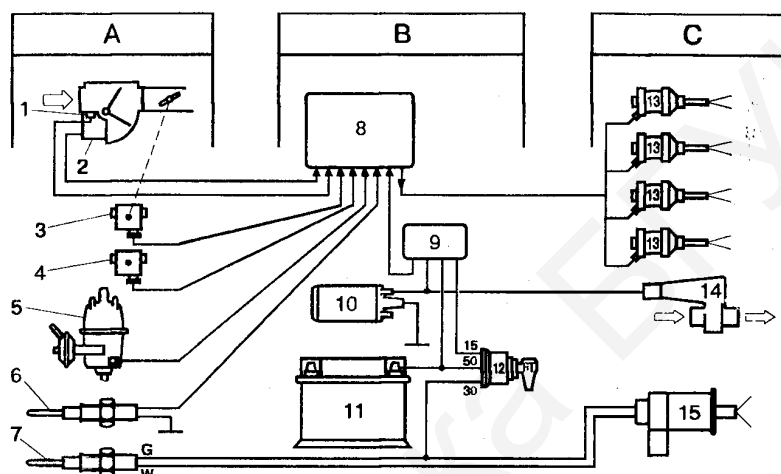


Рис. 9.4. Функциональная схема системы впрыска «L-Jetronic»:

А – устройство входных параметров; В – устройства управления и обеспечения;

С – устройства выходных параметров:

- 1 – датчик температуры всасываемого воздуха; 2 – расходомер воздуха;
 3 – выключатель положения дроссельной заслонки; 4 – высотный корректор;
 5 – датчик-распределитель зажигания; 6 – датчик температуры охлаждающей жидкости;
 7 – термореле; 8 – электронный блок управления; 9 – блок реле; 10 – топливный насос;
 11 – аккумуляторная батарея; 12 – выключатель зажигания; 13 – рабочие форсунки;
 14 – клапан добавочного воздуха; 15 – пусковая форсунка

В схеме системы впрыска топлива «L-Jetronic», приведенной на рис. 9.5, электрический топливный насос 2 подает топливо из бака 1 под давлением $2,5 \text{ кгс/см}^2$ через фильтр тонкой очистки 3 к распределительной магистрали 5, соединенной шлангами с рабочими форсунками 8 (инжекторами) цилиндров. Регулятор давления 4 поддерживает в системе постоянное давление впрыска и осуществляет слив излишнего топлива в бак.

Количество впрыскиваемого топлива определяется электронным блоком управления 10 в зависимости от следующих показателей:

- температура и объем поступающего воздуха;
- частота вращения коленчатого вала;
- нагрузка на двигатель;
- температура охлаждающей жидкости.

Основным параметром, определяющим дозировку топлива, является объем всасываемого воздуха, измеряемый расходомером воздуха **15**.

Поступающий воздушный поток **16** отклоняет напорную измерительную заслонку расходомера воздуха **15**, преодолевая усилие пружины, на определенный угол, который преобразуется в электрическое напряжение посредством потенциометра.

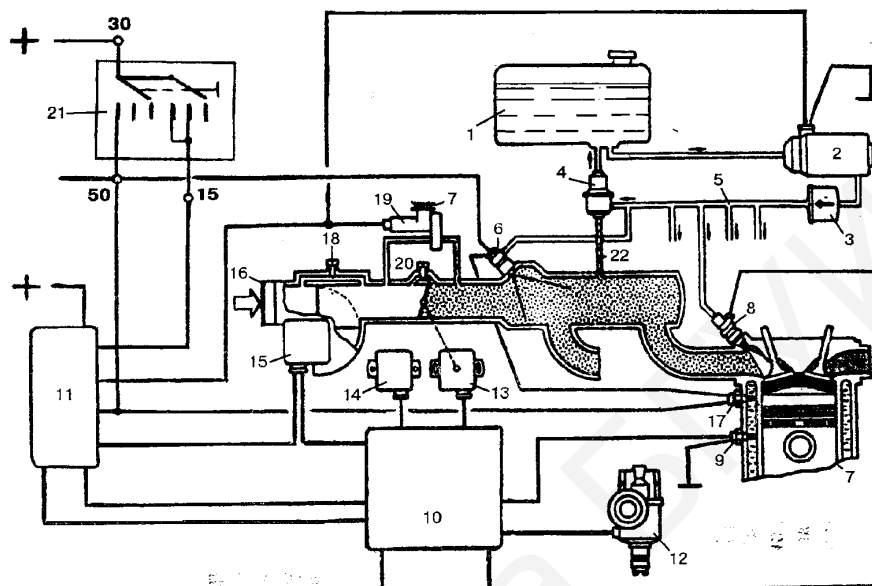


Рис. 9.5. Схема системы впрыска топлива «L-Jetronic»:

- 1 – топливный бак; 2 – топливный насос; 3 – фильтр тонкой очистки топлива;
- 4 – регулятор давления топлива в системе; 5 – распределительная магистраль;
- 6 – пусковая форсунка; 7 – блок цилиндров двигателя; 8 – форсунка (инжектор) впрыска;
- 9 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 10 – электронный блок управления;
- 11 – блок реле; 12 – датчик-распределитель зажигания; 13 – выключатель положения дроссельной заслонки; 14 – высотный корректор; 15 – расходомер воздуха;
- 16 – подвод воздуха; 17 – термореле; 18 – винт качества (состава) смеси на холостом ходу;
- 19 – клапан добавочного воздуха; 20 – винт количества смеси на холостом ходу;
- 21 – выключатель зажигания; 22 – подвод разрежения к регулятору давления топлива в системе

Соответствующий электрический сигнал передается на блок электронного управления **10**, который определяет необходимое количество топлива в данный момент работы двигателя и выдает на электромагнитные клапаны рабочих форсунок импульсы времени подачи топлива. Независимо от положения впускных клапанов форсунки впрыскивают топливо за один или два оборота коленчатого вала двигателя.

Клапан дополнительной подачи воздуха **19**, установленный в воздушном канале, параллельном дроссельной заслонке, подводит к двигателю добавочный воздух при холодном пуске и прогреве двигателя для увеличения частоты вращения коленчатого вала (более 1000 об/мин). Для облегчения пуска холодного двигателя применяется электромагнитная пусковая форсунка **6**, продолжительность открытия которой зависит от температуры охлаждающей жидкости (термостат **17**).

Система впрыска топлива «L-Jetronic» усовершенствована в модификациях «LE2-Jetronic», «LE3-Jetronic» (BMW 318i), «LE4-Jetronic» (BMW 320i), «LH-Jetronic», «LH2.2-Jetronic».

В системах впрыска топлива «D-Jetronic», «General Motors» и других отказались от расходомера воздуха и соответствие между количеством топлива и воздуха осуществляется электронным блоком управления по сигналам трех датчиков:

- положения дроссельной заслонки;
- частоты вращения коленчатого вала;
- степени разрежения или величины давления во впускном коллекторе.

9.4. Цифровая система впрыска топлива «ME-Motronic»

Цифровая система «ME-Motronic» содержит контроллер **14** (рис.9.6), в состав которого входят:

- аналого-цифровой преобразователь (АЦП);
- микроЭВМ;
- входные и выходные схемы с каскадами усиления мощности.

Контроллер управляет системой впрыска топлива в зависимости от следующих факторов:

- напряжения аккумуляторной батареи **13**;
- режима работы стартера;
- углового положения коленчатого вала двигателя с помощью датчика **11**, установленного на блоке двигателя напротив зубчатого венца **12** на маховике (**232** венца) и выдающего **232** импульса за **1** оборот коленвала;
 - числа оборотов коленвала, определяемого датчиком, который генерирует импульс напряжения в момент прохождения в его магнитном поле специального штифта, запрессованного в маховик (этот момент соответствует **100°** до ВМТ);
 - сигнала от теплового реле времени **7** (оно включено параллельно датчику температуры охлаждающей жидкости **8** и замыкает его накоротко, как только двигатель достигает рабочей температуры);
 - положения дроссельной заслонки (полная нагрузка или холостой ход в зависимости от комплектующих элементов: воздушного фильтра **16**, измерителя количества воздуха **17**, регулятора холостого хода **18** и выключателя дроссельной заслонки **19**).

Для управления впрыском топлива контроллер выполняет следующие функции:

- включает топливный насос **1** при частоте вращения коленвала двигателя более 30 об/мин;
- управляет пуском холодного двигателя путем изменения продолжительности впрыска топлива форсунками **21** и включения пусковой форсунки **20** по команде теплового реле времени **7** в зависимости от температуры охлаждающей жидкости;

– выдает сигналы обогащения горючей смеси (с помощью регулятора холостого хода **18**) для увеличения числа оборотов после пуска в зависимости от температуры охлаждающей жидкости (датчик **8**);

– регулирует работу двигателя в режимах: а) подогрева (в зависимости от температуры охлаждающей жидкости); б) разгона двигателя;

– корректирует подачу воздуха в цилиндры, определяемую измерителем расхода воздуха **17**;

– управляет работой двигателя на холостом ходу и при полной нагрузке;

– ограничивает число оборотов коленвала двигателя путем закрытия форсунок при частоте вращения коленвала более **(6400+80) об/мин**;

– прекращает подачу топлива на принудительном холостом ходу при частоте вращения **1200 об/мин** и постепенно включает подачу топлива при снижении числа оборотов двигателя до определенного значения, изменяя продолжительность впрыска топлива форсунками.

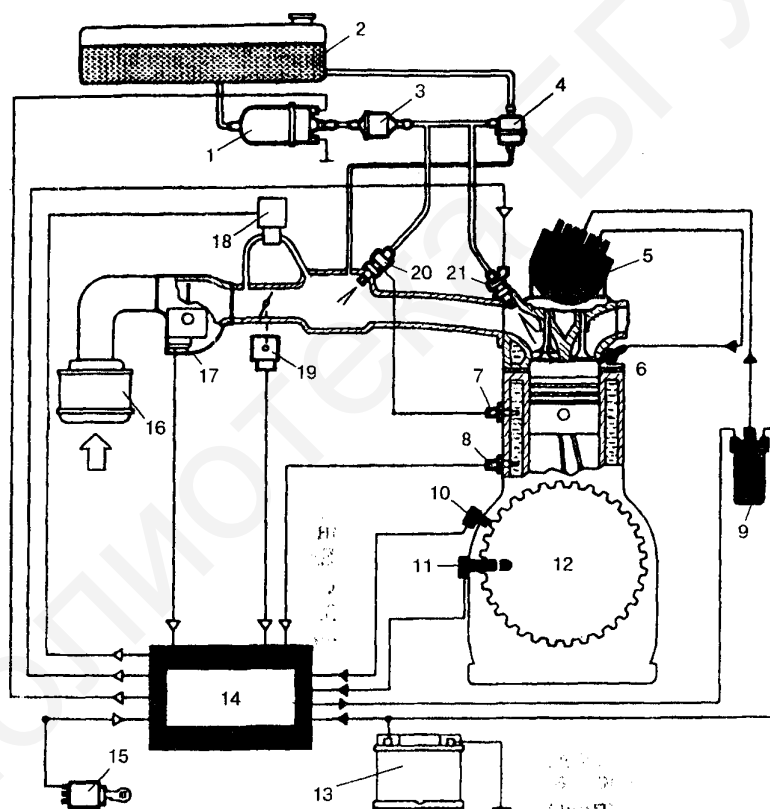


Рис. 9.6. Схема системы управления двигателем «ME-Motronic»:

- 1 – топливный насос; 2 – топливный бак; 3 – фильтр тонкой очистки топлива;
- 4 – регулятор давления; 5 – распределитель зажигания; 6 – свеча зажигания;
- 7 – теплое реле времени; 8 – датчик температуры охлаждающей жидкости;
- 9 – катушка зажигания; 10 – датчик числа оборотов двигателя; 11 – датчик угловых импульсов; 12 – зубчатый венец маховика; 13 – аккумуляторная батарея; 14 – контроллер;
- 15 – выключатель зажигания; 16 – воздушный фильтр; 17 – измеритель количества воздуха;
- 18 – регулятор холостого хода; 19 – выключатель дроссельной заслонки;
- 20 – пусковая форсунка; 21 – рабочие форсунки

Функциональная схема системы впрыска «ME-Motronic» с блоком управления (ЭБУ-Д23 или контроллер) приведена на рис. 9.7.

ЭБУ-Д23 имеет три типа памяти:

1. ПЗУ (постоянное запоминающее устройство) – *энергонезависимая* память, в которую «защита» общая программа управления (алгоритмы) и исходная (базовая) информация. Эта память не стирается при отключении аккумуляторной батареи от бортсети автомобиля.

2. ОЗУ (оперативное запоминающее устройство) – *энергозависимая* память, которая используется для временного хранения измеренных параметров. Микропроцессор ЭБУ может вносить в **ОЗУ** данные или считывать их. При прекращении подачи питания содержащиеся в **ОЗУ** расчетные данные стираются.

3. ЭПЗУ – электрически переписываемое запоминающее устройство (*энергонезависимое*) – это память, в которую на заводе-изготовителе записывается информация паспортного характера, а также информация о параметрах начальной настройки системы. Эта память не требует питания для хранения в ней информации.

В ЭБУ-Д23 (рис. 9.7) поступает следующая информация:

- положение поршня 1-го цилиндра в **ВМТ** (датчик ДРВ-В91);
- положение и частота вращения коленвала (датчик ДКВ-В74);
- массовый расход воздуха двигателем (датчик ДММ-В75);
- температура охлаждающей жидкости (датчик ДТД-В70);
- угол поворота дроссельной заслонки (датчик ДПД-В76);
- наличие детонации в двигателе (датчик ДД-В92);
- напряжение в бортовой сети автомобиля (**ПР** (предохранитель) **FU-10**);
- температура воздуха во впускной системе (датчик ДТВ-В64).

На основе полученной от входных датчиков информации и в соответствии с заложенной в запоминающее устройство программой ЭБУ управляет следующими подсистемами и устройствами:

- подсистемой топливоподачи (электробензонасосом **ЭБН-М6** через реле бензонасоса **РБН-К9**);
- электромагнитными рабочими форсунками (**У19-У22**).

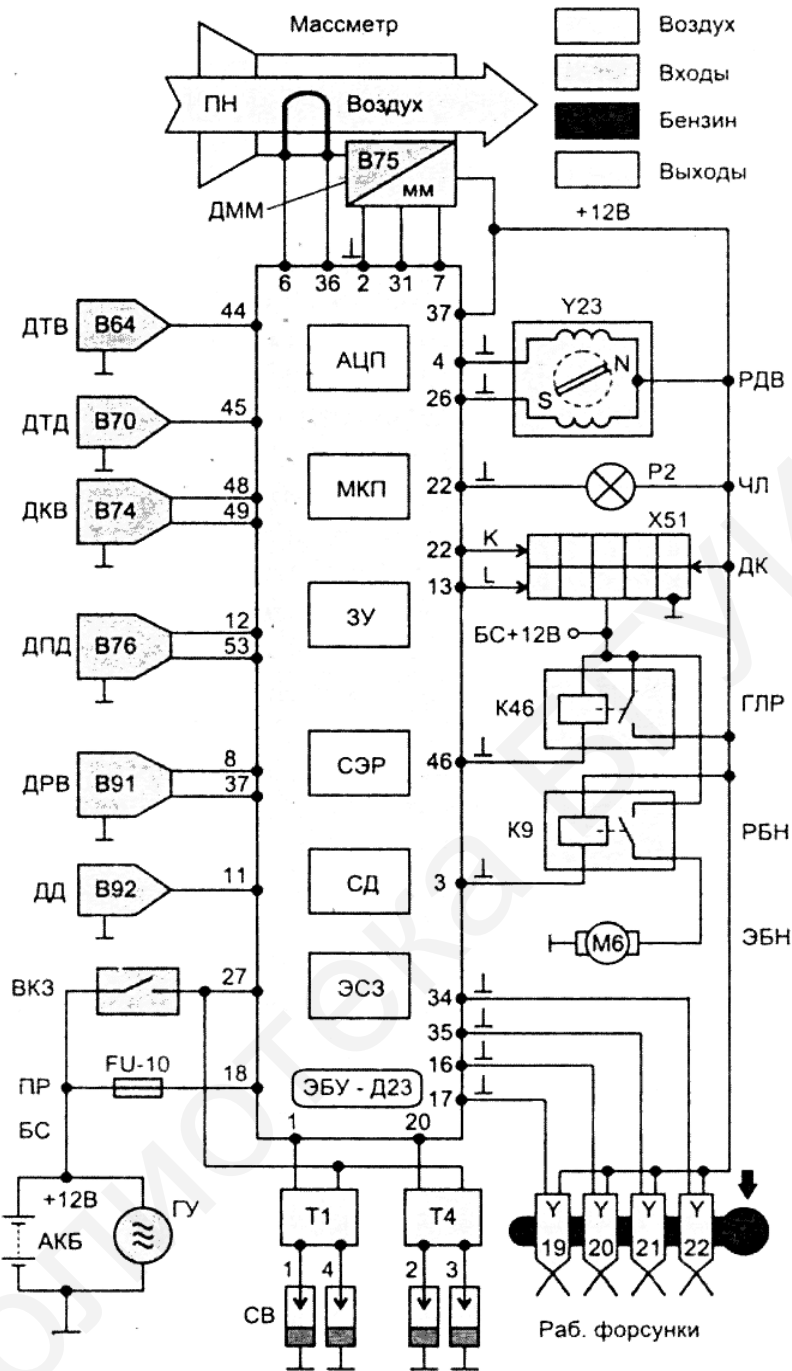


Рис. 9.7. Функциональная схема системы впрыска топлива «ME-Motronic»:
 АЦП – аналого-цифровой преобразователь; МКП – микропроцессор; ЗУ – запоминающее устройство; СЭР – схема электронного резервирования; СД – схема диагностики;
 ЭСЗ – электронные схемы системы зажигания; ЭБУ-23 – электронный блок управления;
 АКБ – аккумуляторная батарея; ГУ – генераторная установка; БС – бортсеть;
 ПР – предохранитель; ВКЗ – выключатель зажигания; ПН – платиновая нить;
 ДК – диагностическая колодка; ЭБН – электробензонасос; РБН – реле блокировки насоса;
 ГЛР – главное линейное реле; РДВ – регулятор дополнительного воздуха холостого хода;
 КЛ – контрольная лампа диагностики (остальные обозначения указаны в тексте)

10. Система управления подвеской автомобиля

10.1. Пневматическая система управления подвеской автомобиля

Устройство и состояние подвески значительно влияет на устойчивость автомобиля.

Снижение центра тяжести при регулируемой подвеске уменьшает опрокидывающий момент. Это достигается за счет изменения геометрии (размеров) и жесткости амортизаторов.

Электронный блок управления (ЭБУ) анализирует параметры датчиков движения (скорость, положение рулевого колеса (т. е. радиус поворота), режимы работы двигателя и коробки передач) и увеличивает жесткость и размеры амортизатора на стороне автомобиля, противоположной направлению радиуса поворота.

Конструкция пневматической системы управления амортизаторами автомобиля – четырехуровневой пневмоподвески – приведена на рис. 10.1 и включает в себя шесть электромагнитных клапанов.

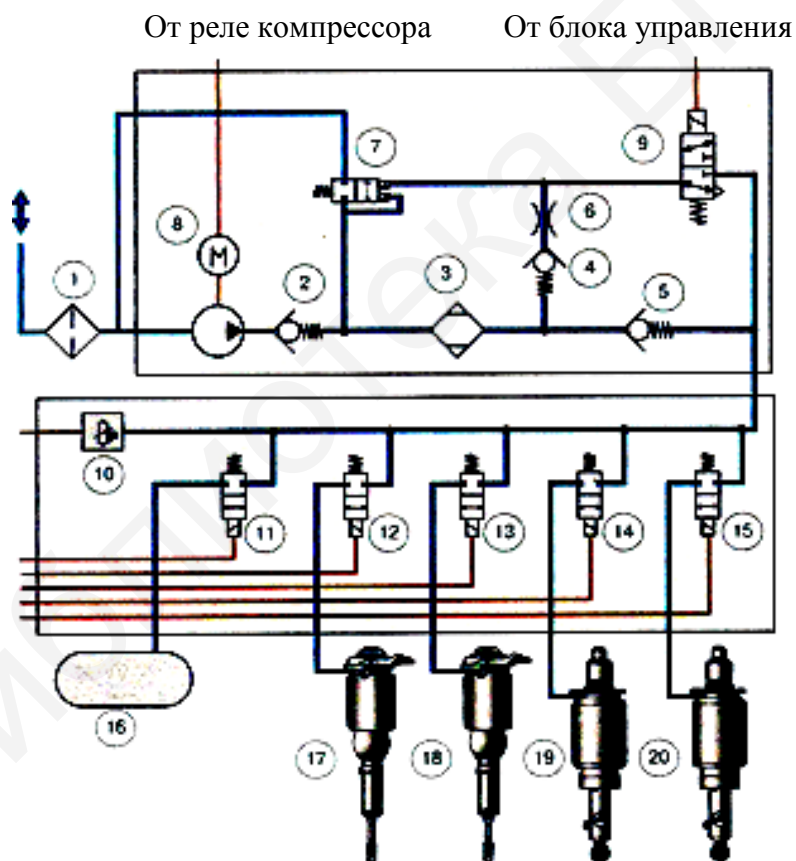


Рис. 10.1. Схема управления амортизаторами в пневматической системе:
1 – дополнительный глушитель; 2, 4, 5 – обратные клапаны; 3 – осушитель воздуха;
6 – дроссель на выпуске; 7 – пневматический выпускной клапан; 8 – компрессор;
9 – электрический выпускной клапан; 10 – датчик давления; 11 – клапан ресивера;
12 – клапан передней левой амортизационной стойки; 13 – клапан передней правой амортизационной стойки; 14 – клапан задней левой амортизационной стойки; 15 – клапан задней правой амортизационной стойки; 16 – ресивер; 17, 18, 19, 20 – амортизаторы

Электромагнитный выпускной клапан **9** образует с пневматическим выпускным клапаном **7** единый узел в корпусе осушителя воздуха **3**. Клапан **9** в обесточенном состоянии закрыт. Клапан **7** предназначен для ограничения максимального давления и поддержания минимального остаточного давления в пневмосистеме управления амортизаторами автомобиля.

Четыре клапана пневматических упругих элементов (**12** и **13** – клапаны передней левой и правой амортизационных стоек соответственно, **14** и **15** – клапаны задней левой и правой амортизационных стоек соответственно), и клапан ресивера **11** с датчиком давления **10** собраны в *едином блоке клапанов*.

Клапаны **12**, **13**, **14** и **15** закрыты в обесточенном состоянии под силой давления ресивера **16**.

На рис. 10.1 **17**, **18** – передние и **19**, **20** – задние амортизаторные стойки.

10.2. Датчики системы управления подвеской автомобиля

Датчик температуры компрессора

Для повышения готовности системы управления подвеской автомобиля к работе в головке компрессора (рис. 10.2 и 10.3) установлен датчик температуры. Блок управления рассчитывает температуру компрессора (в зависимости от времени его работы и показания датчика температуры), сравнивает полученную величину с установленным граничным значением и может прервать работу компрессора или заблокировать его включение.

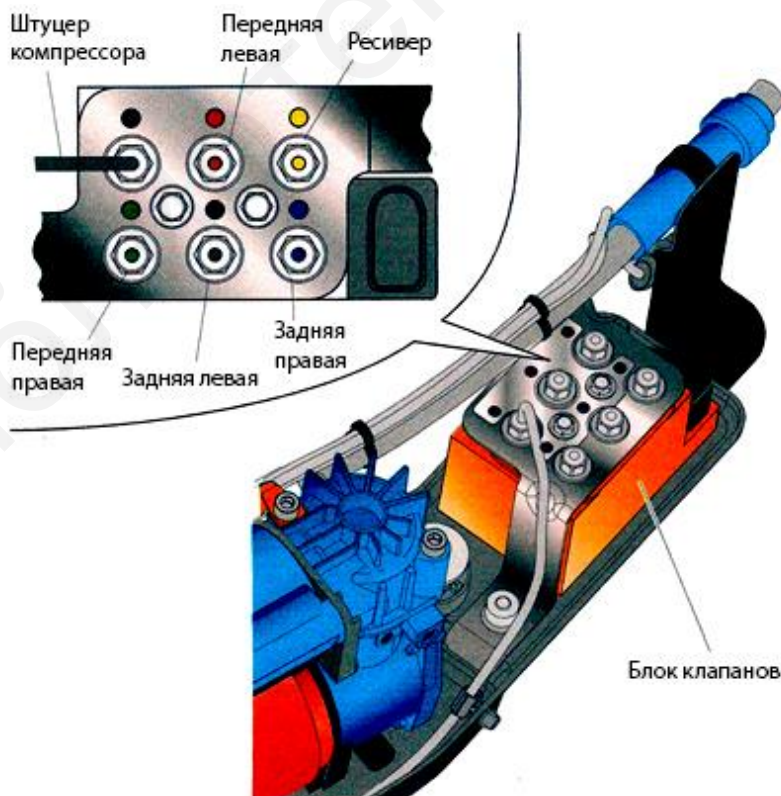


Рис. 10.2. Конструкция блока клапанов

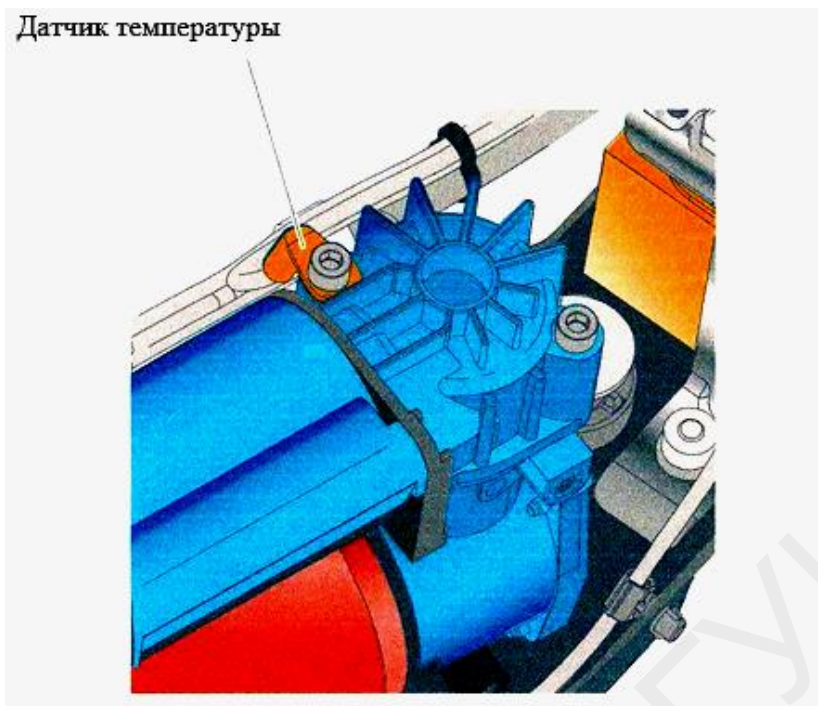


Рис. 10.3. Установка датчика температуры компрессора

Датчик давления

Датчик давления встроен в блок клапанов (рис. 10.4) и используется для контроля давления в ресивере и пневматических упругих элементах.

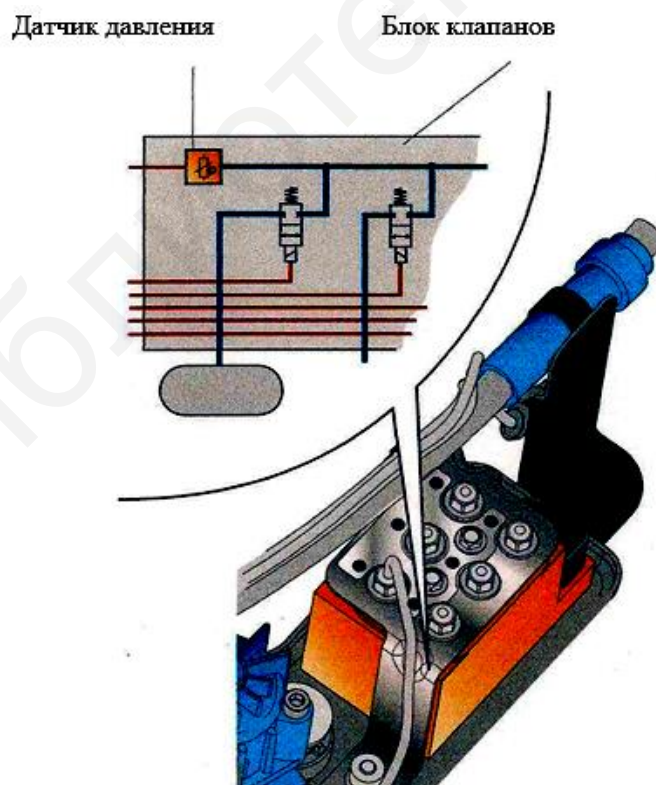


Рис. 10.4. Установка датчика давления в блоке клапанов

Информация о давлении в ресивере необходима для управления процессом увеличения дорожного просвета и самодиагностики. Изменение давления в отдельно взятых пневматических упругих элементах и ресивере происходит при стравливании или закачке воздуха. Величина давления в ресивере измеряется датчиком каждые 6 мин.

Датчик дорожного просвета

Действие датчика дорожного просвета основано на измерении угла поворота кривошипа. Все четыре датчика дорожного просвета имеют аналогичную конструкцию и отличаются только кронштейнами крепления и рычажными механизмами привода в зависимости от того, с какой стороны и на какой оси они установлены (рис. 10.5 и 10.6). Перемещение кривошипов датчиков слева и справа происходит в противоположных направлениях. Например, при уменьшении дорожного просвета выходной сигнал датчика с одной стороны увеличивается, а с другой стороны уменьшается.



Рис. 10.5. Установка датчика дорожного просвета передней оси

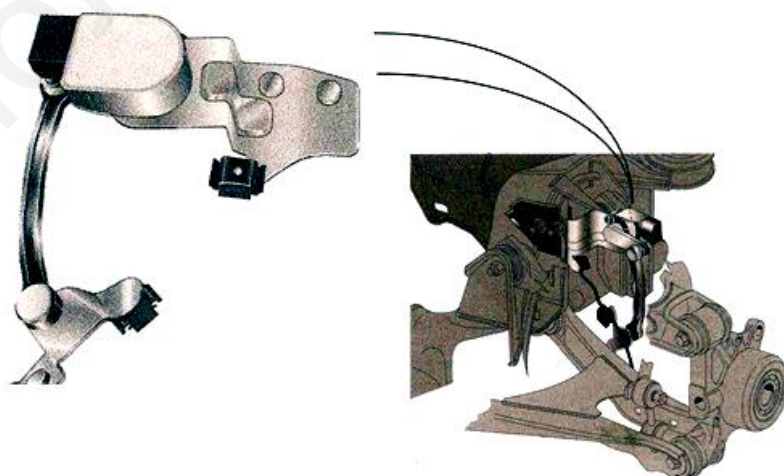


Рис. 10.6. Установка датчика дорожного просвета задней оси

Сигналы с датчиков дорожного просвета используются для регулирования не только четырехуровневой пневмоподвески, но и работы корректора фар. Причем корректор фар продолжает работать даже при выходе из строя блока управления пневмоподвески.

11. Бортовая система контроля устройств автомобиля

11.1. Бортовая мультиплексная информационно-управляющая система диагностики автомобиля

Бортовая диагностика на автомобиле служит:

- для определения оптимальных режимов работы устройств и появления нарушений этих режимов;
- для введения коррекции параметров в процессе эксплуатации автомобиля.

Основное назначение бортовой диагностики:

- обеспечение безопасности движения автомобиля;
- определение нарушений в работе устройств и электронных систем автомобиля.

Так как важнейшую роль в автомобиле сегодня играют электронные системы, то решение проблемы их надежности осуществляется путем создания *бортовой системы самодиагностики*.

Виды бортовых систем самодиагностики объектов и устройств автомобиля:

- бортовая мультиплексная информационно-управляющая система;
- бортовая система непрерывного мониторинга технического состояния объектов автомобильной техники.

Бортовая мультиплексная информационно-управляющая система самодиагностики автомобиля

Задачей бортовой системы самодиагностики является выявление отказов и нарушений функционирования подконтрольных систем с занесением в память бортового процессора соответствующих диагностических кодов и оповещением водителя о факте нарушения.

Основной элемент бортовой системы самодиагностики – бортовой процессор (или электронный модуль управления, или модуль управления функционированием силового агрегата).

В состав *бортовой системы самодиагностики* входят несколько диагностических устройств:

- производящих мониторинг отдельных параметров систем снижения токсичности;
- фиксирующих выявленные отказы в памяти бортового процессора в виде индивидуальных кодов неисправностей;

- производящих проверку датчиков и исполнительных устройств;
- контролирующих циклы обслуживания автомобиля;
- обеспечивающих циклы запоминания даже кратковременно возникающих в процессе работы сбоев и очистку блока памяти.

Диагностические устройства бортовой системы самодиагностики – это унифицированные бортовые контроллеры четырех *типов*: контроллер бортовой информационный, коммутационный, управляющий, информационно-управляющий.

На основании анализа поступающих от информационных датчиков данных и сравнения их с заложенными в память бортового процессора базовыми параметрами процессор вырабатывает команды на запуск различных управляющих реле и исполнительных устройств, осуществляя тем самым корректировку рабочих параметров двигателя и обеспечивая максимум его эффективности при минимальном расходе топлива.

Таким образом, бортовая система самодиагностики (или бортовая мультиплексная информационно-управляющая система) для управления электрооборудованием, узлами и агрегатами автомобиля обеспечивает:

- сбор информации о текущем состоянии узлов и агрегатов автомобиля;
- отображение текущей информации с использованием средств символьного (на приборной панели), текстового и речевого оповещения водителя;
- определение аварийных и предварительных ситуаций и оповещение о них водителя;
- выявление и блокировку неправильных действий водителя с соответствующим оповещением;
- выдачу водителю рекомендаций по режиму движения и другим действиям по управлению автомобилем;
- управление сложными узлами (двигателем, трансмиссией и т. п.);
- управление электрооборудованием кабины и светотехникой;
- возможность подключения навигационной системы (**GPS** или **ГЛОНАСС**).

Бортовая система непрерывного мониторинга технического состояния объектов автомобиля

Система позволяет осуществить контроль следующих основных параметров:

- скорость движения;
- частота вращения коленчатого вала двигателя;
- температура охлаждающей жидкости;
- давление масла в системе смазки двигателя;
- напряжение в бортовой сети;
- уровень топлива в баках;
- время (год, месяц, число, час, минута, секунда в реальном масштабе);

- состояние сигнализаторов (аварийной температуры охлаждающей жидкости);
- давление масла;
- давление воздуха в тормозных контурах;
- пробег автомобиля;
- попытки несанкционированного доступа к информации блока управления двигателем.

Параметры диагностики автомобиля:

- 1) состояние масла в двигателе (вязкость при различных температурах);
- 2) износ шеек коленвала двигателя;
- 3) работоспособность термостата системы охлаждения двигателя;
- 4) техническое состояние:
 - масляного насоса (давление, исправность клапанов);
 - системы охлаждения (темп прогрева двигателя внутреннего сгорания);
 - компрессора;
 - тормозной системы (наличие утечек по контурам, исправность пяти датчиков давления);
 - антиблокировочной системы;
 - генератора;
 - стартера (датчика тока);
 - двигателя по мгновенному расходу топлива (топливомеров);
 - топливopодкачивающего насоса (датчик давления);
 - воздушного фильтра (датчик разряжения) и др.

11.2. Режимы диагностики автомобиля

По организации и работе диагностического интерфейса **ISO 9141** принят ряд стандартов, которыми предусмотрены протоколы считывания информации об отклонениях параметров от нормы.

Протоколами установлен ряд стандартизованных функциональных возможностей (или 10 режимов диагностики).

Режим 1. Считывание текущих параметров работы системы управления (их около **20**). Некоторые автопроизводители (например, концерн General Motors) осуществляет слежение более чем за **100** параметрами.

Режим 2. Получение сохраненной фотографии текущих параметров работы системы управления в момент появления кодов неисправностей.

Режим 3. Считывание и просмотр кодов неисправностей.

Режим 4. Очистка диагностической памяти (стирание кодов неисправностей, фотографий текущих параметров, результатов тестов датчиков кислорода и т. д.).

Режим 5. Считывание и просмотр результатов теста датчиков.

Режим 6. Запрос последних результатов диагностики однократных тестовых мониторов (тестов, проводимых один раз в течение поездки). Эти

тесты контролируют работу катализатора, системы рециркуляции выхлопных газов, системы вентиляции топливного бака.

Режим 7. Запрос результатов диагностики непрерывно действующих тестовых мониторов, контролирующих состав топливно-воздушной смеси, пропуски зажигания, компоненты выхлопа.

Режим 8. Управление исполнительными механизмами.

Режим 9. Запрос информации о калибровочных данных диагностируемого автомобиля.

Режим 10. Ручной ввод команды запроса диагностической информации.

Далеко не на каждом автомобиле зарубежных производителей бортовая система контроля (БСК) поддерживает все вышеперечисленные режимы.

11.3. Применение бортовой системы контроля в отечественных автомобилях

Пример применения в отечественных автомобилях БСК, контролирующей 12 параметров, приведен на рис. 11.1.

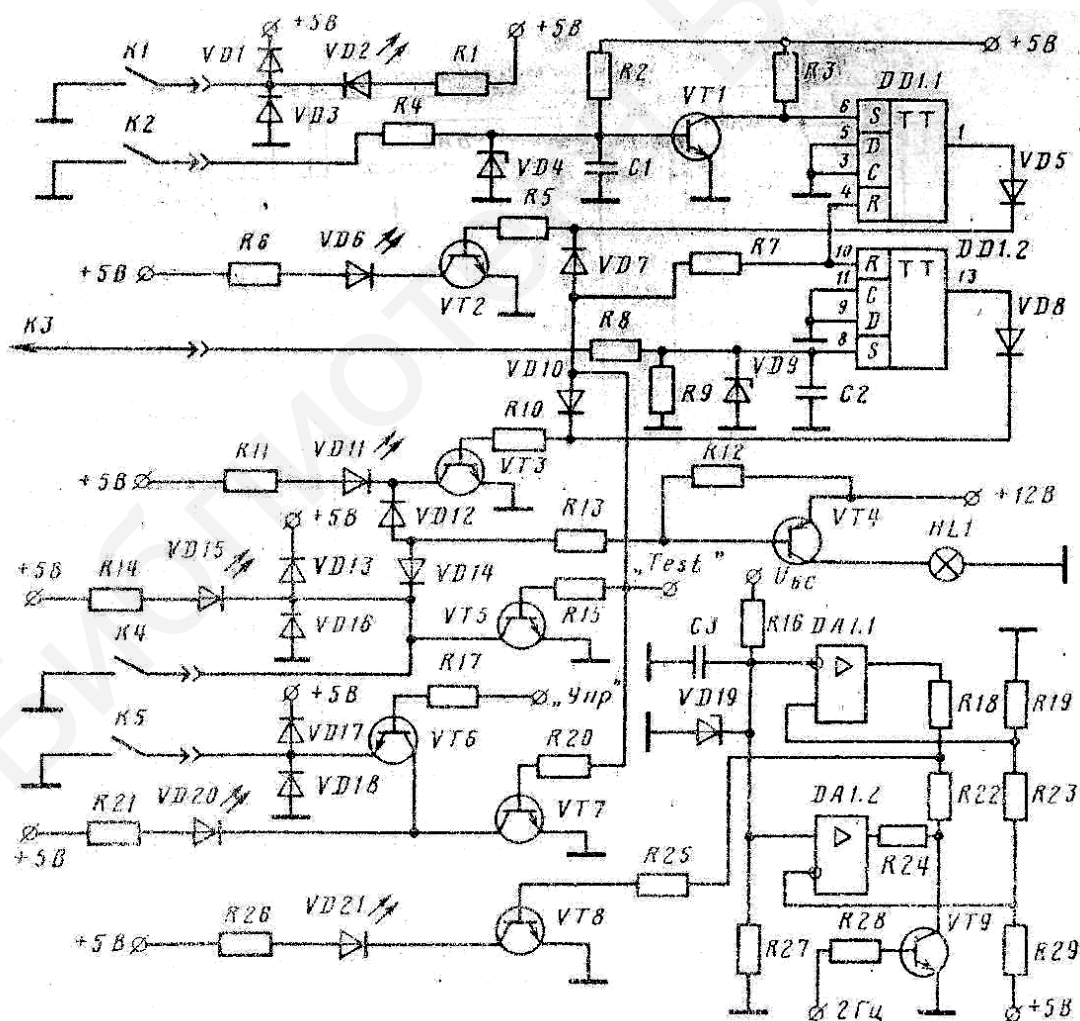


Рис. 11.1. Фрагмент принципиальной схемы БСК

Сигнализаторы бортовой системы контроля выполнены на светоизлучающих диодах красного и оранжевого свечения.

Красный цвет предупреждает водителя об аварийном состоянии агрегата или узла автомобиля и необходимости срочного принятия мер по ликвидации неисправности.

Сигнализаторы *оранжевого* цвета несут предупредительную функцию.

При включении зажигания все сигнализаторы бортовой системы контроля светятся в течение 4 с в режиме «Тест» для их визуальной проверки.

Значения сигнализаторов красного цвета свечения:

- «пристегните ремни»;
- включение стояночного тормоза;
- аварийное давление масла;
- износ тормозных колодок;
- неисправность ламп тормозных и габаритных фонарей;
- перегрев двигателя.

Сигнализаторы оранжевого цвета свечения оповещают:

- о низком уровне жидкости: тормозной, охлаждающей, омывающей;
- о низком уровне масла;
- о резерве топлива,

а также контролируют напряжение бортовой сети автомобиля.

В состав сигнализаторов входит также лампа **STOP**. Она начинает светиться, когда горит хотя бы один красный сигнализатор, и предупреждает о необходимости немедленного устранения неисправности.

Фрагменты *принципиальной схемы* бортовой системы контроля приведены на рис. 11.1.

1. Сигнализатор **VD2** («пристегните ремни») загорается при подключении концевого выключателя **K1** пристегнутых ремней к корпусу автомобиля. Резистор **R1** формирует ток через светодиод **VD2**, а диоды **VD1** и **VD3** обеспечивают защиту индикатора от помех.

2. Сигнализатор **VD6** износа тормозных накладок срабатывает при первом же торможении (если изношены накладки), когда датчик износа накладок (замыкающего типа) подключает контакт **K2** БСК к корпусу автомобиля.

Нормально открытый ключ на транзисторе **VT1** закрывается и на выходе **1** триггера **DDI.1** устанавливается высокий уровень напряжения, который через диод **VD5** и резистор **R5** открывает транзистор **VT2**, и светодиод **VD6** начинает светиться.

Отключение сигнализатора произойдет только при выключении замка зажигания.

Контроль исправности сигнализатора осуществляется сигналом «Тест» через диод **VD7**. Этот же сигнал через резистор **R7** приводит триггер **DDI.1** в исходное состояние.

Цепь **R4-VD4-C1** служит: а) для ограничения по амплитуде сигнала от датчика износа тормозных колодок; б) для фильтрации помех.

3. Сигнализатор VD11 светится тогда, когда возникает неисправность *хотя бы на одном из* тормозных и габаритных фонарей.

При этом на контакте **K3** появляется напряжение бортовой сети автомобиля (с выходного транзистора реле контроля исправности ламп). Цепь **R8-R9-VD9** ограничивает это напряжение до **4,7 В**. Фильтр **R8-C2** служит для защиты сигнализатора от ложных срабатываний по наведенным помехам.

Триггер **DDI.2** устанавливается в логическую «1» и сигнал с выхода **13** триггера **DDI.2** через диод **VD8** и резистор **R10** открывает транзистор **VT3**, и светодиод **VD11** начинает светиться.

Отключение сигнализатора **VD11** происходит только при выключении замка зажигания.

Через диод **VD10** осуществляется контроль исправности сигнализатора по сигналу «Тест».

Одновременно с выключением сигнализатора **VD11** база транзистора **VT4** через резистор **R13**, диод **VD12** и транзистор **VT3** подключается к корпусу автомобиля, что приводит к выключению лампы **HL1 STOP**.

4. Сигнализатор VD15 аварийного давления масла загорается при подключении контакта **K4** датчика давления к корпусу автомобиля.

Транзистор **VT5** служит для проверки сигнализатора по сигналу **Тест**.

При включении сигнализатора **VD15** через диод **VD14** и резистор **R13** на базу транзистора **VT4** поступает открывающее смещение напряжения и одновременно загорается сигнализирующая лампа **HL1 STOP**.

Диоды **VD13** и **VD16** предохраняют сигнализатор от ложных срабатываний по помехам.

Аналогично работает и сигнализатор уровня тормозной жидкости.

5. Сигнализатор VD20 уровня омывающей жидкости начинает светиться тогда, когда уровень омывающей жидкости ниже определенной отметки, и датчик уровня через контакт **K5** подключает эмиттер транзистора **VT6** к корпусу автомобиля.

При включении замка зажигания, когда частота вращения коленвала двигателя *меньше 50 об/мин*, на специальном контакте «Упр» бортовой системы контроля появляется сигнал, открывающий транзистор **VT6** через резистор **R17**, и светодиод **VD20** при этом светится.

Таким образом можно контролировать уровень омывающей жидкости при включении замка зажигания после окончания сигнала «Тест», т. е. осуществляется так называемый «предвыездной» контроль данного параметра.

Аналогичным образом работают сигнализаторы уровней масла и охлаждающей жидкости.

6. Схема управления сигнализатором VD21 контроля напряжения бортовой сети собрана на компараторах **DAI.1**, **DAI.2** и транзисторах **VT8** и **VT9**.

Напряжение, пропорциональное напряжению бортовой сети автомобиля $U_{\text{БС}}$, с делителя напряжения на резисторах **R16** и **R27** подается на *инвертирующий* вход компаратора **DAI.1** и на *неинвертирующий* вход компаратора **DAI.2**.

Соотношение номиналов прецизионных резисторов делителя (**R19**, **R23** и **R29**) выбрано таким образом, что компаратор **DAI.1** переходит из состояния «0» в состояние «1» при напряжении бортовой сети, а компаратор **DAI.2** переходит из состояния «0» в состояние «1» при $U_{\text{БС}} > 15 \text{ В}$.

При напряжении $U_{\text{БС}} < 13,2 \text{ В}$ высокий уровень сигнала с выхода **DAI.1** через резисторы **R18** и **R25** поступает на базу транзистора **VT8**, открывая его. Светодиод **VD21** при этом непрерывно светится.

При условии $13,2 \text{ В} < U_{\text{БС}} < 15 \text{ В}$ на выходах обоих компараторов – низкий уровень сигнала. Транзистор **VT8** закрыт, сигнализатор **VD21** не светится.

При $U_{\text{БС}} > 15 \text{ В}$ на выходе компаратора **DAI.2** – высокий уровень сигнала. На базу транзистора **VT9** через резистор **R28** со специального контакта бортовой системы контроля постоянно подается импульсный сигнал с частотой **2 Гц**. При этом светодиод **VD21** мигает с частотой **2 Гц**.

Стабилитрон **VD19** и конденсатор **C3** обеспечивают защиту схемы от импульсных перенапряжений в бортовой сети автомобиля.

12. Основные системы безопасности автомобиля

12.1. Антиблокировочная и антипробуксовочная системы автомобиля

Назначение антиблокировочной и антипробуксовочной систем – предотвращение аварийной ситуации.

Основные системы активной безопасности (САБ) автомобиля:

- антиблокировочная система тормозов;
- антипробуксовочная система (или пробуксовочная система);
- система курсовой устойчивости (или система динамической стабилизации);
- система распределения тормозных усилий;
- система экстренного торможения;
- электронная блокировка дифференциала.

Вспомогательные САБ (ассистенты):

- парктроник;
- адаптивный круиз-контроль;
- система помощи при спуске автомобиля;
- система помощи при подъеме автомобиля;
- электромеханический стояночный тормоз.

Основные системы активной безопасности автомобиля

В зависимости от производителя *антипробуксовочная система* имеет более **10** торговых наименований. Одна из самых распространенных систем – система **ASR** (*Automatic Slip Regulation* или *Acceleration Slip Regulation*) на автомобилях Mercedes, Volkswagen, Audi и др.

Конструктивная основа **ASR** – антиблокировочная система тормозов.

В системе ASR реализованы две функции:

- электронная блокировка дифференциала;
- управление крутящим моментом двигателя.

Для реализации противобуксовочных функций в системе **ASR** используются:

- насос обратной подачи;
- дополнительные электромагнитные клапаны на каждые из ведущих колес (переключающий клапан и клапан высокого давления).

Антипробуксовочная система ASR предупреждает пробуксовку колес *во всем диапазоне скоростей автомобиля*:

- при низких скоростях движения (от **0** до **80 км/ч**) система обеспечивает передачу крутящего момента за счет подтормаживания ведущих колес;
- при скорости выше **80 км/ч ASR** уменьшает передаваемый от двигателя крутящий момент.

На основании сигналов датчиков угловых скоростей колес блок **ASR** определяет следующие *характеристики*:

- *угловое ускорение ведущих колес*;
- *скорость движения автомобиля* (на основании угловой скорости *неведущих колес*);
- *характер движения автомобиля* – прямолинейное или криволинейное (на основании сравнения угловых скоростей *неведущих колес*);
- *величину проскальзывания ведущих колес* (на основании разности угловых скоростей ведущих и неведущих колес).

На основании текущих значений перечисленных характеристик производится:

- управление тормозным давлением;
- управление крутящим моментом двигателя.

Управление тормозным давлением осуществляется циклически. Рабочий цикл имеет три фазы: увеличение давления, удержание и сброс давления.

Увеличение давления тормозной жидкости в контуре обеспечивает торможение ведущего колеса: оно производится за счет включения насоса обратной подачи, закрытия переключающего клапана и открытия клапана высокого давления.

Удержание давления достигается за счет отключения насоса обратной подачи.

Сброс давления производится по окончании пробуксовки при открытых впускном и переключающем клапанах.

Управление крутящим моментом двигателя осуществляется во взаимодействии с системами управления двигателем на основании информации о проскальзывании ведущих колес, получаемой от датчиков угловой скорости, и фактической величине крутящего момента, получаемой от блока управления двигателем.

По этим двум данным блок управления пробуксовочной системы вычисляет величину необходимого крутящего момента и передает эту информацию в блок системы управления двигателем для реализации следующих действий:

- изменения положения дроссельной заслонки;
- пропуска впрыскиваний топлива в системе впрыска;
- пропуска импульсов зажигания или изменения угла опережения зажигания в системе зажигания;
- отмены переключения передач в автомобиле с автоматической коробкой передач.

12.2. Система курсовой устойчивости автомобиля

Система курсовой устойчивости автомобиля предназначена для сохранения устойчивости автомобиля и управляемости им за счет заблаговременного определения и устранения критической ситуации.

Система позволяет удерживать автомобиль в пределах заданной водителем траектории при различных режимах движения (разгон, торможение, движение по прямой, повороты, свободное качение).

В зависимости от производителя существует более восьми *систем курсовой устойчивости (СКУ)*.

Наиболее распространена на большинстве автомобилей Европы и Америки система **ESP** (*Electronic Stability Programme* – электронная программа стабилизации).

ESP состоит из следующих систем:

- антиблокировочная система тормозов (**ABS**);
- система распределения тормозных усилий;
- электронная блокировка дифференциала;
- антипробуксовочная система (**ASR**).

В систему СКУ входят:

- входные датчики;
- блок управления;
- гидравлический блок.

Входные датчики ESP:

- а) используемые для оценки действий водителя:
 - датчик угла поворота рулевого колеса;
 - датчик давления в тормозной системе;
 - выключатель стоп-сигнала;

б) используемые для оценки фактических параметров движения:

- датчики угловой скорости колес;
- датчик продольного ускорения;
- датчик поперечного ускорения;
- датчик скорости поворота автомобиля;
- датчик давления в тормозной системе.

Блок управления ESP (системы курсовой устойчивости) взаимодействует с блоком системы управления двигателем и блоком управления автоматической коробкой передач.

Блок управления системы **ESP** принимает сигналы от датчиков и формирует управляющие воздействия:

- на впускные и выпускные клапаны системы антиблокировки;
- переключающие клапаны и клапаны высокого давления системы **ASR**;
- контрольные лампы тормозной системы, **ESP** (системы курсовой устойчивости), **ABS** (антиблокировочной системы).

Гидравлический блок системы ABS/ASR (антипробуксовочной) используется для работы системы динамической стабилизации автомобиля.

Стабилизация движения автомобиля с помощью системы курсовой устойчивости **ESP (СКУ)** может достигаться несколькими *основными способами*:

- подтормаживанием определенных колес;
- изменением крутящего момента двигателя;
- изменением угла поворота передних колес (при наличии систем активного рулевого управления);
- изменением степени демпфирования амортизаторов (при наличии адаптивной подвески).

Дополнительные функции ESP (СКУ):

1. Гидравлический усилитель тормозов. Дополнительное давление в тормозной системе создается с помощью активного усилителя тормозов.

2. Система предотвращения опрокидывания. Предотвращение опрокидывания достигается за счет уменьшения поперечного ускорения путем подтормаживания передних колес и снижения крутящего момента двигателя.

3. Система предотвращения столкновения. Предотвращение столкновения, которое может быть реализовано в автомобиле, оснащённом адаптивным круиз-контролем, осуществляется с помощью визуальных и звуковых сигналов, а в критической ситуации – путем нагнетания давления в тормозной системе (т. е. путем автоматического включения насоса обратной подачи).

4. Система стабилизации автопоезда, оборудованного тягово-сцепным устройством, предотвращает рыскание прицепа за счет торможения колес или снижения крутящего момента двигателя.

5. Система повышения эффективности тормозов при нагреве предотвращает недостаточное сцепление тормозных колодок с тормозными

дисками, возникающее при нагреве, путем дополнительного увеличения давления в тормозном приводе.

6. Система *удаления влаги* с тормозных дисков активизируется на скорости свыше **50 км/ч** и при включенных стеклоочистителях. Принцип работы системы заключается в кратковременном повышении давления в контуре передних колес, за счет чего тормозные колодки прижимаются к дискам и происходит испарение влаги.

12.3. Система распределения тормозных усилий в автомобиле

Система распределения тормозных усилий в автомобиле предназначена для предотвращения блокировки задних колес за счет управления тормозным усилием.

На заднюю ось современного автомобиля приходится меньшая нагрузка, чем на переднюю.

При резком торможении центр тяжести автомобиля смещается вперед и происходит дополнительное уменьшение нагрузки на задние колеса. Поэтому для сохранения курсовой устойчивости автомобиля блокировка передних колес должна наступать раньше блокировки задних.

Цикл работы системы распределения тормозных усилий **EBD** (*Electronic Brake Distribution*) так же, как и **ABS** (антиблокировочной системы), включает три фазы:

- удержание давления;
- сброс давления;
- увеличение давления.

По данным датчиков угловой скорости колес блок управления **ABS** сравнивает тормозные усилия передних и задних колес. Когда разница превышает заданную величину, включается система распределения тормозных усилий. Она определяет начало блокирования задних колес, закрывает впускные клапаны в корпусах тормозных цилиндров задних колес, и давление в контурах задних колес удерживается на текущем уровне.

Впускные клапаны передних колес остаются открытыми. Давление в контурах цилиндров передних колес продолжает увеличиваться до начала блокировки передних колес.

Если колеса задней оси продолжают блокироваться, открываются соответствующие выпускные клапаны и давление в контурах тормозных цилиндров задних колес уменьшается.

При превышении угловой скорости задних колес заданного значения давление в контуре увеличивается и происходит торможение задних колес.

Работа системы **EBD** заканчивается с началом блокирования передних колес.

12.4. Система экстренного торможения автомобиля

Система экстренного торможения (СЭТ) предотвращает аварии, так как позволяет сократить тормозной путь на **15–20 %**.

По принципу действия СЭТ бывают пневматические и гидравлические.

Пневматические СЭТ обеспечивают эффективную работу вакуумного усилителя тормозов. СЭТ устанавливается на автомобилях с антиблокировочной системой (ABS).

В СЭТ входят:

- датчик скорости перемещения штока вакуумного усилителя;
- электронный блок управления;
- электронный привод штока.

Принцип работы СЭТ основан на распознавании ситуации экстренного торможения по скорости нажатия педали тормоза, которую фиксирует датчик скорости перемещения штока вакуумного усилителя и передает сигнал в ЭБУ. Если величина сигнала превышает установленное значение, ЭБУ активирует электромагнит привода штока и вакуумный усилитель тормозов дожимает педаль тормоза.

Гидравлические СЭТ обеспечивают максимальное давление жидкости в тормозной системе.

К наиболее совершенным относят:

- систему **НВА** (*Hydraulic Braking Assistance*) на автомобилях Volkswagen, Audi;
- систему **SBC** (*Sensotronic Brake Control*) на автомобилях Mercedes.

Система **НВА** распознает экстренную ситуацию по скорости и силе нажатия педали тормоза.

На основании поступающих сигналов от датчика давления в тормозной системе, датчика частоты вращения колес, выключателя стоп-сигнала ЭБУ включает насос обратной подачи, которой доводит давление в тормозной системе до максимального.

Система **НВА**, например, при прогреве двигателя дублирует вакуумный усилитель тормозов.

Система **SBC** учитывает при экстренном торможении большее число факторов, чем другие системы, а именно: скорость переноса ноги с педали газа на педаль тормоза, сила нажатия на педаль тормоза, качество дорожного покрытия, направление движения и др.

Электронный блок управления **SBC** формирует оптимальное тормозное усилие на каждое колесо.

12.5. Электронная блокировка дифференциала автомобиля

Электронная блокировка дифференциала автомобиля – **EDS** (*Electronische Differenzialsperre*) – предназначена для предотвращения

пробуксовки ведущих колес в следующих случаях: при трогании автомобиля с места, разгоне автомобиля по скользкой дороге, движении по прямой и поворотах за счет притормаживания ведущих колес.

Система **EDS** работает при скоростях от **0** до **80 км/ч**. Она срабатывает в случае проскальзывания одного из ведущих колес: притормаживает скользящее колесо, за счет чего на нем увеличивается крутящий момент. Так как ведущие колеса соединены симметричным дифференциалом, то на других колесах (с лучшим сцеплением) крутящий момент также увеличивается.

В **EDS** предусмотрена возможность самостоятельного создания водителем давления в тормозной системе. Для реализации данной функции используются: насос обратной подачи и два электронных клапана (на каждое из ведущих колес), включение в гидравлический блок **ABS** (антиблокировочной системы), переключающий клапан и клапан давления.

Пробуксовка ведущего колеса определяется на основании сравнения сигналов, поступающих от датчиков угловых скоростей колес.

При этом блок управления закрывает переключающий клапан и открывает клапан высокого давления. Для создания давления в контуре тормозных цилиндров ведущего колеса включается клапан обратной подачи. Происходит увеличение давления тормозной жидкости в контуре и торможение ведущего колеса.

При достижении тормозного усилия, необходимого для предотвращения пробуксовки величины, производится удержание давления. Это достигается отключением насоса обратной подачи.

По окончании пробуксовки производится сброс давления. При этом впускной и переключающий клапаны в контуре тормозного цилиндра ведущего колеса открыты.

Аналогичный принцип действия имеет система **ETS** (*Electronic Traction System*) от Mercedes.

13. Вспомогательная система активной безопасности автомобиля

13.1. Система помощи при спуске автомобиля

Система помощи при спуске – **HDC** (*Hill Descent Control*) – от Volkswagen, BMW и других марок предназначена для предотвращения ускорения автомобиля при движении по горным дорогам.

Принцип работы системы основан на поддержании постоянной скорости автомобиля при спуске за счет притормаживания колес.

Система активируется включением соответствующей клавиши на приборной панели.

Алгоритм управления системы срабатывает, когда автомобиль заведен, педали газа и тормоза отпущены, скорость движения менее **20 км/ч**, преодолеваемый уклон более **20 %**.

По сигналам датчиков блок управления включает насос обратной подачи, открывает впускные клапаны и клапаны высокого давления.

Выпускные и переключающие клапаны закрыты. За счет этого в тормозной системе создается необходимое давление, которое обеспечивает снижение скорости автомобиля до определенного значения.

Система деактивируется принудительно (повторным нажатием клавиши на приборной панели) или автоматически при нажатии на педаль газа, а также *снижении величины уклона менее 12 %*.

13.2. Система помощи при подъеме автомобиля

Система помощи при подъеме – **ННС (Hill Hold Control)** – от Volkswagen предназначена для предотвращения откатывания автомобиля назад при трогании на подъеме.

Принцип работы системы основан на замедлении снижения давления в тормозной системе при отпускании педали тормоза, когда автомобиль заведен, педаль тормоза нажата, величина подъема $>5\%$.

Цикл работы – четыре фазы: создание тормозного давления, удержание, снижение и сброс.

При торможении на подъеме впускные и переключающие клапаны открыты, а выпускные и клапаны высокого давления закрыты. В результате тормозное давление удерживает автомобиль на месте.

При отпускании педали тормоза закрываются переключающие клапаны, в контурах удерживается давление на прежнем уровне, чем предотвращается откатывание автомобиля назад.

При нажатии на педаль газа происходит *постепенное* открытие перепускных клапанов, которые обеспечивают снижение тормозного давления.

При трогании с места на подъеме и достижении крутящим моментом достаточной для движения величины переключающие клапаны полностью открываются и происходит сброс давления в системе.

14. Система пассивной безопасности автомобиля

14.1. Компоненты системы и входные датчики

Система пассивной безопасности (**СПБ**) автомобиля предназначена для защиты пассажиров и участников дорожного движения от травм при аварии.

Компоненты **СПБ**:

- ремни безопасности;
- натяжители ремней безопасности;
- активные подголовники;
- подушки безопасности;
- кузов автомобиля, устойчивый к деформации;

- аварийный размыкатель аккумуляторной батареи;
- другие устройства: система защиты при опрокидывании; детские системы безопасности: крепления, кресла, ремни безопасности.

В электронную систему СПБ входят:

- входные датчики;
- блок управления;
- исполнительные устройства.

Входные датчики фиксируют параметры аварийной ситуации и преобразуют их в электрические сигналы.

К входным датчикам относятся (рис. 14.1):

- 1) датчики удара:
 - а) фронтальной подушки безопасности водителя **1**, переднего пассажира **2**;
 - б) боковой подушки безопасности водителя **12**, переднего пассажира **18**;
 - в) задней боковой подушки безопасности водителя **27**, переднего пассажира **28**;
- 2) датчики положения сидения водителя **14** и переднего пассажира **15**;
- 3) датчик занятости сидения переднего пассажира **16**.

14.2. Исполнительные устройства системы в автомобиле

К исполнительным устройствам системы пассивной безопасности относят (см. рис. 14.1):

- пиропатроны подушки безопасности водителя **9**, переднего пассажира **10**;
- пиропатроны натяжителя ремня безопасности водителя **21**, переднего пассажира **22**;
- пиропатроны (реле) аварийного размыкателя аккумуляторной батареи **29**;
- пиропатрон механизма привода активных подголовников: левый **25**, правый **26**;
- контрольная лампа, сигнализирующая о неисправности ремней безопасности **2**.

Активация исполнительных устройств в СПБ автомобиля производится по программе ЭБУ:

- 1) при фронтальном ударе активируются:
 - натяжители ремней безопасности;
 - фронтальные подушки безопасности;
- 2) при фронтально-диагональном ударе активируются:
 - натяжители ремней безопасности;
 - фронтальные подушки безопасности;
 - правые и левые боковые подушки безопасности;
 - головные подушки безопасности;

- 3) при боковом ударе активируются:
- натяжители ремней безопасности;
 - активные подголовники;
 - размыкатель аккумуляторной батареи.

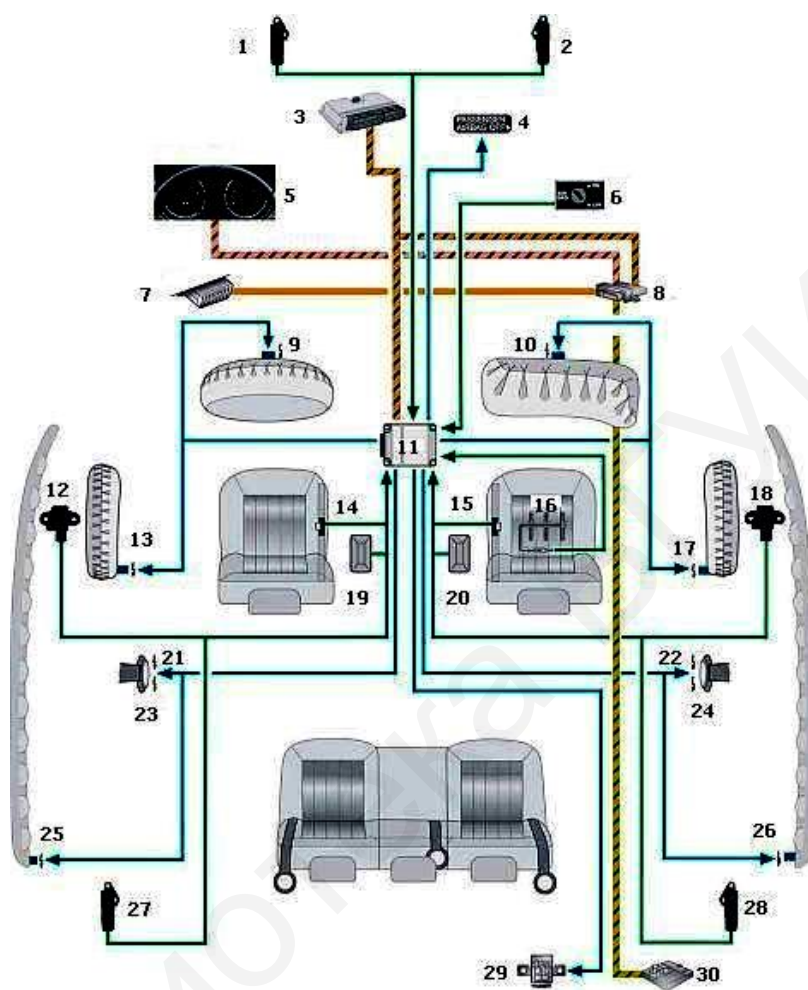


Рис. 14.1. Устройства системы пассивной безопасности

14.3. Виды подушек безопасности в автомобилях

Виды подушек безопасности: фронтальные, боковые, головные.

Подушка безопасности – эластичная оболочка, наполняемая газом от газогенератора.

Конструкция газогенераторов:

- 1) по форме: куполообразные и трубчатые;
- 2) по характеру работы: с одноступенчатым и двухступенчатым срабатыванием;
- 3) по способу газообразования – твердотельные и гибридные:

а) твердотельный газогенератор состоит из корпуса, пиропатрона и заряда твердого топлива; воспламенение топлива происходит от пиропатрона и сопровождается образованием газа (азота);

б) гибридный газогенератор состоит из корпуса, пиропатрона, заряда твердого топлива и газового заряда высокого давления; наполнение подушки безопасности происходит сжатым газом, который освобождается выталкивающим зарядом из твердого топлива.

Для различных видов подушек безопасности используются газогенераторы, описанные в табл. 14.1.

Таблица 14.1

Виды подушек безопасности и газогенераторов

№	Вид подушки безопасности	Характеристика газогенератора и место его расположения
1.	Фронтальная подушка безопасности водителя	<i>Куполообразный; с одноступенчатым или двухступенчатым срабатыванием; твердотопливный или гибридный. Расположен в рулевом колесе</i>
2.	Фронтальная подушка безопасности пассажира	<i>Трубчатый; с одно- или двухступенчатым срабатыванием; твердотопливный или гибридный. Расположен в верхней правой части панели управления</i>
3.	Боковая подушка безопасности	<i>Трубчатый; с одно- или двухступенчатым срабатыванием; твердотопливный или гибридный. Расположен на переднем сиденье в спинке, на заднем сиденье в спинке или в боковой обшивке</i>
4.	Головная подушка безопасности	<i>Трубчатый; с одно- или двухступенчатым срабатыванием; твердотопливный или гибридный. Расположен в передней части крыши, между стойками, в задней части крыши</i>

Газогенератор обеспечивает раскрытие и надувание газом подушки.

Подушки безопасности – одноразовое устройство. После соприкосновением с человеком подушка разрывается и сдувается.

14.4. Ремни безопасности с натяжителем

Такие ремни предотвращают перемещение человека вперед при аварии за счет сматывания и уменьшения свободы прилегания ремня безопасности. Сматывание ремня длиной до **130 мм** обеспечивается за **13 мс**.

Натяжители устанавливаются либо на замке ремня безопасности, либо на втягивающем устройстве ремня безопасности.

Конструкции натяжительных ремней безопасности: тросовый, шариковый, роторный, реечный, ленточный.

Натяжители оснащаются механическим или электрическим приводом:

– механический привод основан на воспламенении пиропатрона накалыванием бойком;

– электрический привод воспламеняет пиропатрон электрическим сигналом от ЭБУ (или от отдельного датчика).

Для предотвращения значительных нагрузок на человека при аварии натяжитель ремня безопасности оснащают ограничителем. Простейший ограничитель – петля, прошитая на ремне безопасности. При превышении определенного уровня натяжения ремня безопасности швы в петле рвутся и ремень становится длиннее.

В современных конструкциях ограничитель – торсионный вал в катушке ремня безопасности. Торсион (от французского *torsion* – скручивание, кручение) – стержень, работающий на кручение и выполняющий функции пружины. В зависимости от усилия натяжения или нагрузки ремня безопасности торсионный вал скручивается, уменьшая это усилие (или нагрузку).

14.5. Подголовники в автомобилях

Подголовники снижают вероятность травмирования отдела позвоночника человека при аварии (пассивные – за счет конструкции сиденья и подголовника, активные – за счет близкого расположения к голове).

Активный подголовник:

а) механический – при аварии инерционное движение человека передается через рычажный механизм к подголовнику, который перемещается к голове;

б) электрический – состоит из датчика удара, блока управления и собственно механизма привода. Датчики удара устанавливаются у подголовника. Сигналы от датчика через блок управления приводят в действие механизм привода подголовника. Основу привода составляет пиропатрон с электровоспламенителем.

14.6. Кузов автомобиля и аварийный размыкатель аккумуляторной батареи

Кузов автомобиля для систем пассивной безопасности разрабатывают, исходя из следующих принципов:

– для поглощения энергии столкновения передней и задней части автомобиля они должны быть деформируемы путем предельного складывания в «гармошку»; для этого коробчатые профили кузова имеют углубления и выступы в различных местах;

– для выживания пассажиров каркас салона автомобиля должен иметь максимальную жесткость и прочность, для чего используются элементы из прочной и особо прочной стали методом горячей штамповки.

Аварийный размыкатель аккумуляторной батареи – это пиропатрон или реле, которые устанавливаются на «+» на клемме аккумулятора и срабатывают по команде из блока управления системы пассивной безопасности.

15. Сервисные системы автомобиля

15.1. Системы контроля расхода топлива в автомобиле

Система контроля расхода топлива (СКРТ) предназначена:

- для оперативного контроля пробега и месторасположения на местности;
- для выявления фактов использования автомобиля и хищения топлива.

Устройство СКРТ представлено на рис. 15.1.

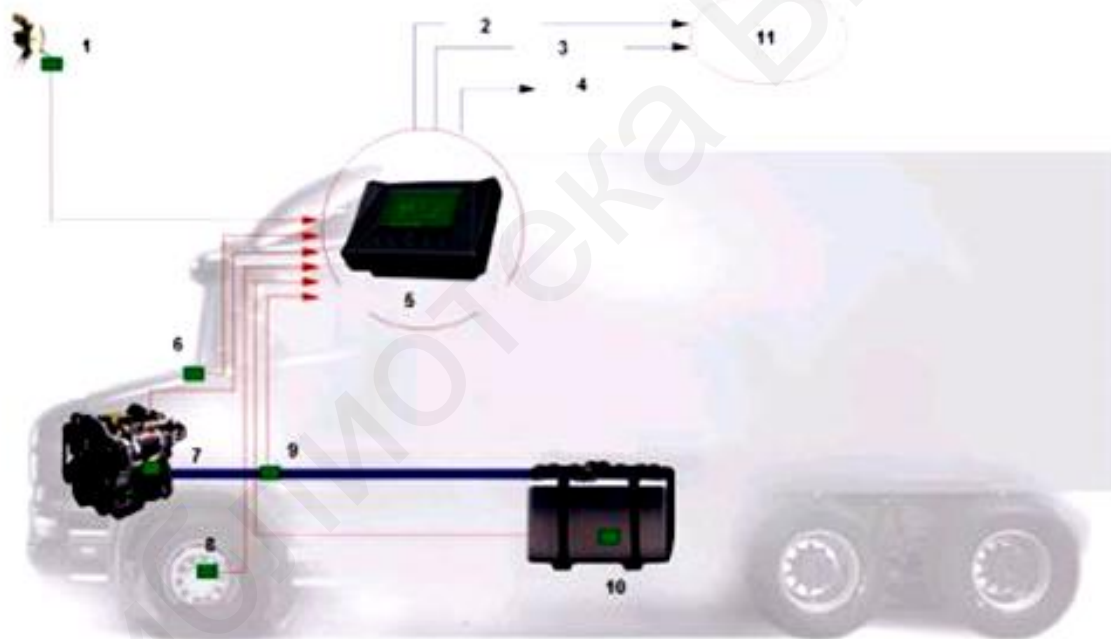


Рис. 15.1. Схема системы контроля расхода топлива:

- 1 – спутник GPRS-ГЛОНАСС; 2 – беспроводной канал Bluetooth; 3 – USB-кабель;
4 – GSM-канал; 5 – регистратор; 6 – вольтметр; 7 – датчик частоты вращения коленчатого вала; 8 – датчик частоты вращения колеса; 9 – датчик объема топлива;
10 – датчик уровня топлива; 11 – программное обеспечение

1. Бортовое оборудование:

а) датчики:

- частоты вращения колес **8**;
- частоты вращения коленвала **7**;

- объема топлива **9**;
- уровня топлива в баке **10**;
- б)** спидометр, тахометр **6**;
- в)** навигационное устройство GPRS-ГЛОНАСС **1**;
- г)** регистратор (терминал) **5**.

2. Внешние элементы:

- а)** беспроводной канал (Bluetooth) **2**;
- б)** USB-кабель **3**;
- в)** GSM-канал **4**.

В зависимости от *способа* передачи данных различают два вида **СКРТ**:

- передающие данные в режиме реального времени (*online*-системы);
- передающие данные по окончании работы (*offline*-системы).

Пример *online*-системы – **СКРТ FAS** компании Omnicomm, которая непрерывно считывает информацию с регистратора.

Другая **СКРТ FMS** сначала накапливает информацию о работе автомобиля, а затем периодически считывает с регистратора.

Для работы в *online*-режиме используется **GSM**-канал передачи данных.

В *offline*-режиме информация непосредственно считывается с регистратора либо по беспроводному каналу **Bluetooth**, либо по проводному **USB**-кабелю.

15.2. Система активного шумоподавления в салоне автомобиля

Система активного шумоподавления в салоне (**САШП**) (*ANC-Active Noise Control, ANR-Active Noise Reduction*) впервые была применена в автомобилях Toyota в 2008 году.

САШП предназначена для подавления **НЧ-шума** от двигателя и других агрегатов в салоне автомобиля на **5–8 дБ**.

В **САШП** входят (рис. 15.2):

- потолочные микрофоны **3**;
- динамики в нижней части передних дверей **2**;
- аудиосистема **6**;
- ЭБУ **5**;
- сабвуфер **4** (один динамик за задним сиденьем).

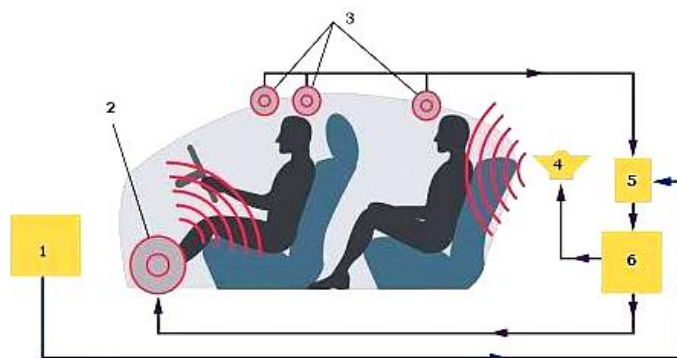


Рис. 15.2. Схема системы активного шумоподавления:

1 – двигатель; 2 – динамики в нижней части передних дверей; 3 – потолочные микрофоны; 4 – сабвуфер; 5 – электронный блок управления; 6 – аудиосистема

Негативные шумы от потолочных микрофонов **3** и двигателя **1** поступают в ЭБУ **5** и далее на аудиосистему **6**, которая генерирует акустические сигналы в *противофазе к шуму*, чем достигается его подавление. Сигналы с аудиосистемы **6** подаются на динамики **2** в передних дверях и на сабвуфер **1** за задним сиденьем.

Конструкторским и технологическим продолжением **САШП** является *система активного звукового оформления ASD (Active Sound Design)* от BMW.

Отличие ASD от ANC состоит в том, что на выходе аудиосистемы – не сигналы в противофазе шуму, а измененный звук, который выбирает амбициозный водитель с помощью кнопок на приборной панели автомобиля.

15.3. Система адаптивного круиз-контроля в автомобиле

АСС (Adaptive Cruise Control или Distronic) предназначена для поддержания скорости и безопасной дистанции при движении автомобиля.

В систему входят ультразвуковой датчик и блок управления.

Ультразвуковой датчик служит для измерения:

- скорости движения автомобиля;
- расстояния до впереди идущего автомобиля.

Скорость оценивается по изменению частоты отраженных волн, а расстояние до машины – по времени возвращения сигнала.

Установленные параметры преобразуются в электрические сигналы и передаются в блок управления. Программное обеспечение сравнивает фактические параметры с заданными, формирует управляющие сигналы по изменению скорости и передает их в блок управления системы курсовой устойчивости, который осуществляет замедление или ускорение автомобиля.

Ультразвуковой датчик устанавливается на переднем бампере или решетке радиатора автомобиля. Радиус действия датчика – 150 м.

В современной системе **Distronic** используют два датчика – дальнего и ближнего (в «пробках») действия. Работа системы **АСС** осуществляется в диапазоне скоростей от 30 до 180 км/ч, а для **Distronic** – от 0 до 200 км/ч.

На низкой скорости замедление движения автомобиля достигается за счет увеличения давления в тормозной системе, на высокой скорости – за счет снижения мощности двигателя (уменьшение подачи воздуха) и работы тормозной системы.

15.4. Парковочная система (парктроник) автомобиля

Система облегчает процесс парковки автомобиля за счет контроля расстояния до препятствия при движении задним ходом, в темное время суток, при сильной тонировке стекол, а также в стесненных условиях.

Наиболее популярна парковочная система **PTS** (*Parktronic System*) на автомобилях Audi.

Устройство системы **PTS**:

– ультразвуковые датчики парковки (четыре *задних* и от двух до четырех *передних*);

– ЭБУ;

– устройство индикации.

Принцип работы системы PTS: датчик посылает сигнал ультразвуковой частоты (около 40 кГц), принимает его отражение от препятствия (0,25–1,8 м) и отправляет в ЭБУ, который управляет парковкой, взаимодействуя с рулевым управлением, тормозной системой, системой управления двигателем, устройством индикации.

Виды индикации: звуковая, светодиодная, цифровая, оптическая.

Звуковая индикация – это подача в процессе парковки звуковых сигналов от прерывистого до непрерывного.

В светодиодной индикации в зависимости от расстояния до препятствия используется световая шкала от зеленого к красному.

Цифровая индикация показывает расстояние до препятствия. Обычно цифровая индикация совмещена со светодиодной.

При оптической индикации цифровая и цветовая индикации выносятся на жидкокристаллический дисплей.

В дополнение к парковочной системе может устанавливаться камера заднего вида, которая включается вместе с передачей заднего хода и передает изображение на дисплей.

Развитием парковочных систем является парковочный автопилот, который включается принудительно специальной клавишей в кабине автомобиля.

Поиск места на стоянке осуществляется четырьмя ультразвуковыми датчиками (два слева и два справа). При определении достаточного места для парковки на дисплей автомобиля выводится соответствующая информация.

Автоматическая парковка производится парковочным автопилотом с помощью соответствующего программного обеспечения в ЭБУ.

В любой момент работу парковочного автопилота можно перевести из автоматического режима в ручной.

15.5. Системы отопления, вентиляции и кондиционирования автомобиля

1. Система отопления служит для обогрева салона автомобиля и *состоит* из отопителя, центробежного вентилятора и направляющих каналов с заслонками.

Теплый воздух направляется:

- к ветровому стеклу;
- к боковым передним окнам;
- в салон автомобиля на уровне лица человека и в ноги.

Для быстрого нагрева воздуха в автомобиле используются электронагреватели ветрового и заднего стекол.

2. Система вентиляции служит для охлаждения воздуха в салоне автомобиля, а также его очистки, и *состоит*: из вентилятора, направляющих каналов, фильтра очистки от пыли, твердых частиц, запахов и вредных веществ.

Для уменьшения нагрева салона в автомобиле используются *атермальные* стекла.

3. Система кондиционирования служит для создания микроклимата в салоне автомобиля. Система как охлаждает, так и нагревает воздух с помощью автокондиционера.

Современные автомобили оснащаются системой отдельного (зонального) климат-контроля, т. е. системой регулирования температуры в разных частях салона.

Система обеспечивает совместную работу систем отопления, вентиляции и кондиционирования с помощью электронного управления.

По числу температурных зон различают следующие системы климат-контроля:

- однозонный (ветровое стекло и ножное пространство);
- двухзонный (добавляется боковое пространство справа и слева);
- трехзонный (спереди слева и справа и сзади).

Система климат-контроля обеспечивает автоматическую регулировку температуры в салоне автомобиля в пределах 16–30 °С.

Желаемое значение температуры устанавливается с помощью регуляторов на панели приборов автомобиля. Сигнал от регулятора поступает в ЭБУ, где активируется соответствующая программа, задействуются необходимые исполнительные устройства. Температура поддерживается автоматически. Поступающий в салон автомобиля наружный воздух или воздух из-под капота проходит радиаторный отопитель и нагревается теплом охлаждающей двигатель жидкости. Степень нагрева воздуха регулируется центральной заслонкой и заслонками температурного регулирования путем смешивания холодного и горячего воздуха.

При необходимости включается кондиционер, который удаляет излишнее тепло и влагу из салона.

15.6. Противоугонные системы в автомобиле

Противоугонные системы предназначены для снижения вероятности и предотвращения угона автомобиля, а также его поиска в случае угона.

Существуют следующие противоугонные системы:

- механические;
- электромеханические;
- электронные.

1. Механические системы – это механически запирающие устройства – блокираторы:

- замок на коробку передач;
- замок капота;
- замок на рулевой вал;
- блокираторы колес и др.

2. Электромеханические – являются разновидностью механических противоугонных систем.

3. Электронные системы:

- автомобильная сигнализация;
- иммобилайзер;
- спутниковые противоугонные системы.

Автосигнализация служит для оповещения о попытке проникнуть в автомобиль или причинить ему вред. От проникновения защищены капот, багажник, салон, от несанкционированного запуска – двигатель.

Иммобилайзер – электронное устройство, блокирующее систему управления автомобилем.

Спутниковые противоугонные системы следят за автомобилем со спутника, что облегчает поиск автомобиля в случае угона. Данная система основана на работе системы глобального позиционирования (GPS): детали автомобиля маркируются путем нанесения специальных трудноудаляемых меток. Информация на метках позволяет идентифицировать автомобиль.

Для повышения эффективности механические и электронные противоугонные средства используются совместно, образуя комплексные противоугонные системы.

16. Электромобили

16.1. Общие сведения

Сегодня большинство автомобильных производителей серийно выпускают небольшое количество электромобилей. Гаражи различных городских служб экспериментируют с широкомасштабной эксплуатацией электромобилей. В крупных городах уже имеются пункты зарядки

аккумуляторов электромобилей. Тем не менее сегодня эксплуатация электромобилей экономически не оправдана. Электромобили стоят значительно дороже аналогичных моделей с двигателями внутреннего сгорания (ДВС).

Серьезным недостатком электромобилей является малый пробег до перезарядки кислотных аккумуляторных батарей (от 80 до 160 км) в зависимости от скорости. Литий-ионные аккумуляторные батареи имеют улучшенные характеристики. Однако их стоимость значительно высокая. В гибридных электромобилях этот недостаток преодолевается за счет использования двух источников энергии: электродвигателя с аккумулятором и ДВС. Например, гибрид Toyota Prius (Япония) при небольших нагрузках применяет электрическую тягу, при больших – бензиновый полторалитровый двигатель внутреннего сгорания или оба двигателя одновременно, аккумуляторная батарея подзаряжается от ДВС. Загрязнение окружающей среды токсичными отходами от гибридных электромобилей по сравнению с автомобилями значительно уменьшено.

Электромобили появились раньше, чем автомобили с двигателями внутреннего сгорания. Первый электромобиль, приводимый в движение электродвигателем, питаемым от аккумулятора, был создан в 1835 году в США Т. Давенпортом.

Первоначально электромобили были более распространены, чем автомобили с ДВС: электродвигатели проще включались и управлялись, не было необходимости в бензозаправочных станциях, которые в те годы просто не существовали. Быстрое совершенствование ДВС, появление электростартеров сделали электромобили неконкурентноспособными. Однако электромобили еще долго применялись ограниченно местными службами доставки. Например, почта США использовала их в Нью-Йорке многие десятилетия.

Увеличение загрязнения окружающей среды с 1960 года стало критическим фактором, что подтолкнуло автомобилестроителей к разработке электромобилей. Основным недостатком электромобилей является относительно короткий пробег до перезарядки, так как плотность энергии в традиционном топливе для ДВС в 20 раз выше, чем в современных аккумуляторах.

Основным аргументом за использование электромобилей является отсутствие выбросов токсичных веществ в окружающую среду. Загрязнение атмосферы автомобильными ДВС в больших городах достигло критического уровня. Переход на электромобили уменьшит загрязнение окружающей среды автомобилями, но увеличится потребление электроэнергии и загрязнение окружающей среды электростанциями. Если рассматривать загрязнение окружающей среды только от автомобилей и электростанций, то произойдет следующее. В атмосферу практически не будут поступать токсичные вещества (канцерогены) CO, озон, летучие органические соединения. Уровень CO₂ будет понижен вдвое, содержание окислов азота N₀, снизится на 20–25 %. Содержание двуокиси серы вырастет (двуокись серы – продукт сжигания угля

на тепловых электростанциях, вызывающий кислотные дожди). Для уменьшения загрязнения атмосферы при сжигании топлива окислами серы и азота на электростанциях устанавливаются специальные фильтры.

Вторым аргументом в пользу применения электромобилей является сокращение потребления нефти. Тепловые электростанции могут потреблять уголь или газ, автомобили с ДВС – только топливо, произведенное из нефти, разведанные запасы которой значительно меньше, чем угля. Например, в США только 4 % электроэнергии вырабатывается электростанциями, потребляющими нефтепродукты.

Третий аргумент: большинство электромобилей будут перезаряжаться в непиковые ночные часы. Это позволит рациональнее использовать имеющуюся систему распределения электроэнергии, что приведет к снижению тарифов. Поставщики электроэнергии тарифной политикой поощряют ночную перезарядку. Правительство США рассматривает вопрос о поощрительной частичной компенсации затрат на электроэнергию при покупке электромобилей.

Серьезным недостатком электромобилей в экологическом отношении является загрязнение окружающей среды свинцом. На большинстве электромобилей установлены свинцово-кислотные аккумуляторные батареи. Производство, эксплуатация, утилизация таких батарей неизбежно увеличивает загрязнение окружающей среды свинцом. Модели электромобилей 1998 года в 60 раз больше загрязняют свинцом среду за пройденный километр, чем автомобиль с ДВС на этилированном бензине. Аккумуляторы на основе никеля еще более токсичны. Загрязнение окружающей среды свинцом сильно уменьшает экологическую привлекательность электромобилей.

Вопреки бытующему мнению о высокой экономичности аккумуляторных электромобилей, анализ показывает, что химическая энергия топлива, сжигаемого на электростанциях, используется для движения транспортного средства всего на 15 % и менее. Это происходит из-за потерь электроэнергии в линиях электропередачи, трансформаторах, преобразователях, зарядных устройствах для аккумуляторов и самих аккумуляторах, электромашин, как в тяговом, так и в генераторном режимах, а также в тормозах при невозможности рекуперации энергии. Для сравнения, дизельный двигатель в оптимальном режиме работы преобразует в механическую энергию около 40 % химической энергии топлива. При большом распространении аккумуляторных электромобилей им возможно не будет хватать электроэнергии, вырабатываемой всеми электростанциями мира. Не следует забывать, что суммарная установочная мощность двигателей всех автомобилей намного превышает мощность всех электростанций мира.

Полагают, что при сегодняшнем уровне техники широкое применение электромобилей уменьшит загрязнение атмосферы и в крупных городах, при этом ухудшится экологическая ситуация в местах производства электроэнергии и в среднем на планете.

16.2. Эксплуатационные характеристики электромобилей

Основной задачей разработчиков электромобилей является создание модели, конкурентоспособной автомобилю с ДВС. Большинство электромобилей являются модификациями обычных автомобилей, например, Ford Ranger или ВАЗ выпускаются и с ДВС, и как электромобили.

General Motors EVI с самого начала проектировался как электромобиль. Модель имеет алюминиевый кузов с композитными внешними панелями. Батарея состоит из 26 12-вольтовых свинцово-кислотных аккумуляторов. Напряжение на зажимах батареи 312 В, запасаемая энергия 16,2 кВт·ч, емкость 53 А·ч. На аккумуляторную батарею приходится почти половина массы электромобиля. Транзисторный инвертор преобразует постоянное напряжение 312 В в трехфазное переменное с управляемой частотой тока, подаваемое на электродвигатель мощностью 137 л.с с оборотами от 7000 до 13 500 в минуту. Двигатель подключен к передним колесам через односкоростную понижающую коробку передач. Аккумуляторная батарея может быть полностью заряжена за 15 ч от внешнего зарядного устройства, подключаемого через трансформатор к бытовой электросети 110 В/10 А (для США). При торможении производится рекуперация энергии. Электромобиль имеет ABS, гидроусилитель руля, компьютерную систему управления климатом салона и т. п.

Основным ограничением при эксплуатации электромобилей является их малый радиус действия. Средний автомобиль с ДВС и полным баком горючего проходит от 750 до 1100 км, бак может быть заправлен за время от 5 до 10 мин. Современный электромобиль проходит до перезарядки в среднем от 180 до 300 км, заряд батареи занимает несколько часов.

Малый радиус действия электромобилей объясняется низкой плотностью запасаемой энергии в аккумуляторе. Для кислотно-свинцового аккумулятора этот показатель составляет от 30 до 35 Вт·ч/кг, что значительно меньше, чем для стандартного автомобильного топлива – 12000 Вт·ч/кг. На практике радиус действия электромобиля зависит от скорости, манеры вождения, климата (температуры воздуха), дорожных условий, состояния аккумуляторной батареи. По статистике среднесуточный пробег автомобиля в городе не превышает 50 км, что соответствует возможностям электромобиля.

Скорость и ускорение электромобилей меньше, чем у автомобилей с ДВС. Для движения по шоссе это очень важно. Гоночные электромобили на короткое время способны развить скорость более 200 км/ч. На серийных электромобилях производители ограничивают скорость до 120 км/ч. В основном электромобили отвечают требованиям для вождения в черте города. Ускорение при трогании с места у электромобилей такое же, как у автомобилей с ДВС. Ускорение у электромобилей на высоких скоростях (более 110 км/ч) и при движении в гору меньше, чем у автомобилей с ДВС. При движении по шоссе из-за этого могут возникать проблемы с безопасностью.

Электромобили тяжелее аналогичных автомобилей с ДВС из-за большого веса аккумуляторов, что приходится компенсировать применением легких сплавов для кузовных и других компонентов.

Электромобиль должен иметь низкое трение качения, малое аэродинамическое сопротивление, эффективные системы отопления/кондиционирования, при этом электромобиль должен отвечать требованиям безопасности при столкновениях и т. д. Как следствие, в электромобиле имеется множество дорогостоящих электронных компонентов и микропроцессорных систем, цена при покупке электромобиля значительно выше, чем у обычного автомобиля с ДВС. Например, электромобиль Toyota RAV4 стоит около 50 тыс. дол. США на японском рынке, тогда как обычный автомобильный вариант стоит только 20 тыс. дол. США. Фирма Chrysler Corp. еще в 1993 году выпустила минивэн стоимостью 120 тыс. дол. США, но за три года удалось продать только 51 машину. Отечественный ВАЗ 1111 (ЭлектроОка) стоит 18 тыс. дол. США, в то время как обычная Ока – 3 тыс. дол. США.

Но не во всем электромобиль проигрывает автомобилю. Ожидаемые эксплуатационные расходы у электромобиля должны быть ниже, чем у автомобиля с ДВС. Например, небольшой автомобиль с ДВС объемом 1,2 л и ручной коробкой переключения передач на легком топливе стоимостью 1 дол. США проезжает около 50 км. Электромобиль при тарифе на электроэнергию 12 центов за 1 кВт·ч (для США) проезжает за 1 дол. США 120 км. Этот оптимистический расчет приведен в американских средствах массовой информации.

Действительно, тарифы на электроэнергию в США до 2001 года были относительно низкими: в среднем для населения 8,4 цента за 1 кВт·ч, для коммерческих организаций 7,7 цента; для промышленных предприятий 4,8 цента. В Калифорнии тариф для населения был выше 12 центов за 1 кВт ч, так как местные власти в борьбе за экологию не разрешали строить новые электростанции, предпочитая импортировать электроэнергию из других регионов. Начиная с 2001 года и по настоящее время американские тарифы на электроэнергию увеличились более чем в четыре раза. Эксплуатация электромобилей стала дороже. Но и бензин подорожал. Так что пропорции эксплуатационных затрат не меняются.

Двигатель внутреннего сгорания работает при высоких температурах, вибрациях, в химически активной среде, нуждается в жидкостном охлаждении, имеет много подвижных частей. Как следствие, силовой агрегат электромобиля служит намного дольше, чем двигатель внутреннего сгорания, сам электромобиль также значительно долговечнее, чем автомобиль с ДВС. Аккумуляторная батарея это единственный проблемный элемент электромобиля, так как нуждается в интенсивном обслуживании и замене каждые 4 года или 5 лет.

16.3. Узлы, агрегаты и системы электромобиля

16.3.1. Классическая схема

Классическая схема электромобиля показана на рис. 16.1. Схема включает высоковольтную (не ниже 100 В) ходовую аккумуляторную батарею (ХАКБ), электродвигатель (ЭД) (либо монотипа, либо колесный для каждого ведущего колеса отдельно) и устройство управления (УУ) (контроллер), которое управляет энергией ходовой АКБ при ее подаче к электродвигателю. Первоначально считалось, что такой электромобиль предельно прост и вся проблема сведется к разработке новых конструкций ходовой АКБ и электродвигателя. Но в этой трехзвенной модели не менее сложным оказалось создать устройство управления. Кроме того, было не ясно, отчего и где можно будет подзаряжать ХАКБ. Стали также подвергать критическому анализу главное преимущество электромобилей перед автомобилями, а именно экологическое.

Сначала как аксиома было принято предположение, что электромобиль абсолютно чистое транспортное средство, наподобие троллейбуса без проводов. Однако ходовые батареи и станции их обслуживания сами по себе могут стать источниками ядовитого загрязнения окружающей среды. Нетрудно себе представить, что будет с городом, когда хотя бы каждый третий из 3 млн столичных автомобилей станет электромобилем, ведь это в среднем 20 тыс. т сернокислотного электролита будут в воздухе. К этому надо добавить, что ежедневная подзарядка ХАКБ для 1 млн электромобилей потребует дополнительно электроэнергии еще столько же, сколько она потребляет.

В настоящее время ведется ряд научных разработок в направлении поиска новых химических источников тока (ХИТ). На автомобилях опробованы щелочные аккумуляторы, солнечные батареи и топливные элементы. Топливные элементы являются одноразовыми химическими источниками тока, которые работают по принципу превращения энергии высокотемпературной химической реакции в электрическую энергию. Они обладают малыми габаритами и весом, интенсивной токоотдачей, но непродолжительны в действии. Для электромобилей могут оказаться перспективными щелочные воздух-алюминиевые топливные элементы, в которых «выгорает» листовой алюминий и в которых можно легко и быстро сменить реагенты. Такой топливный элемент может быть многоразовым. Однако применяемость его в электромобилях ограничена высокой стоимостью катализаторов, входящих в состав воздух-алюминиевых ХИТ, и сложностью реализации многократных остановок химической реакции на непродолжительное время (стояночный режим электромобиля). Однако с использованием перечисленных источников тока достичь для электромобиля уровня технических показателей автомобиля-прототипа пока не удастся.

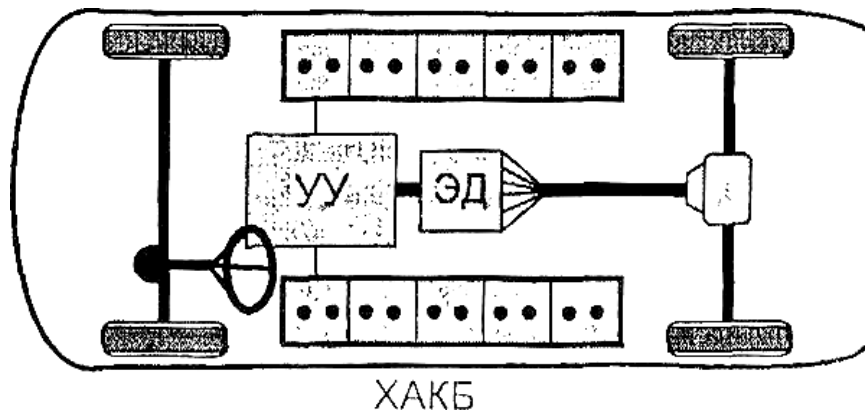


Рис. 16.1. Классическая схема электромобиля:

ХАКБ – ходовая аккумуляторная батарея;

УУ – электронное устройство управления (контроллер); ЭД – ходовой электродвигатель

16.3.2. Компоненты современного электромобиля

Для большинства современных электромобилей кузов, шасси и многие другие механические узлы и агрегаты позаимствованы от серийных автомобилей с ДВС: пикап Ford Ranger EV, ВАЗ 111 1э (ЭлектроОка), Toyota RAV4 EV и пр. Лишь немногие модели с самого начала проектировались как электромобили, например, GM EV1 или Honda EV-plus. Но те и другие имеют примерно одинаковый состав основных функциональных и вспомогательных компонентов, показанных на блок-схеме электромобиля (рис. 16.2).

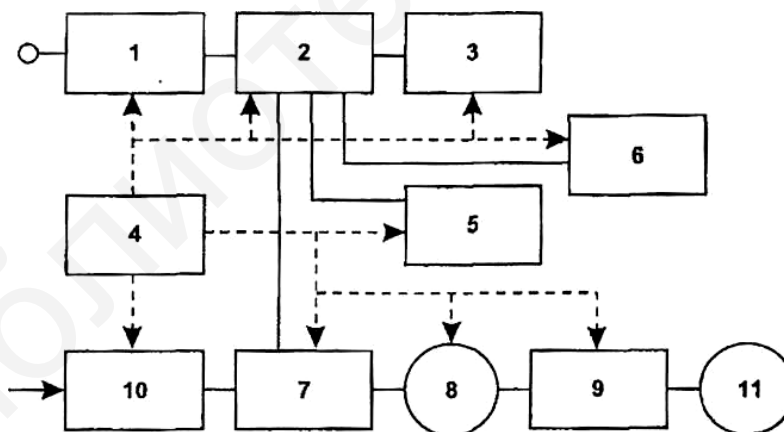


Рис. 16.2. Функциональная схема современного электромобиля

Обозначения на рис. 16.2:

1. Зарядное устройство. Преобразует переменное напряжение внешней сети в постоянное для заряда аккумуляторных батарей, тяговой и вспомогательной.

2. Устройство защиты (блок реле и предохранителей). Состоит из выключателей, реле, предохранителей, которые включены между аккумуляторной батареей и остальной электрической схемой.

При возникновении неисправности цепь переменного тока и аккумуляторы отключаются.

3. Тяговая аккумуляторная батарея. Обеспечивает энергией двигатель электромобиля.

4. Бортовой компьютер. Контролирует состояние основных функциональных компонентов и бортовых систем электромобиля. При необходимости инициирует средства защиты.

5. Дополнительный источник электроэнергии (обычно вспомогательная аккумуляторная батарея на 12 В). Обеспечивает работу осветительных приборов, панели приборов, стеклоподъемников, стеклоочистителей и т. д.

6. Система климат-контроля салона. Состоит из кондиционера и электроотопителя.

7. Электронный контроллер электродвигателя. Формирует требуемый вид напряжения питания. Управляет числом оборотов и тяговым моментом на валу по командам водителя или автоматически.

8. Электродвигатель. Приводит в движение колеса электромобиля непосредственно или опосредованно через трансмиссию. Применяются электродвигатели постоянного и переменного тока, а также мотор-колеса.

9. Механическая трансмиссия. Состоит из коробки передач, дифференциала и других механических устройств для обеспечения движения электромобиля.

10. Водительские органы управления электромобилем.

11. Двигатели (колеса) электромобиля.

16.3.3. Зарядные и защитные устройства

Батареи электромобилей могут быть заряжены медленно от 8 до 10 ч ночью, когда городские электрические сети мало загружены, или быстро на специальных зарядных станциях (СЗС) от 15 до 30 мин током в несколько сотен ампер. Сегодня освоены три технологии заряда аккумуляторных батарей электромобилей:

1. Технология 1-го уровня (стандартный заряд). Аккумулятор заряжается от стандартной бытовой сети током от 6 до 12 А от 15 до 20 ч. Соединительная розетка должна быть надежно подключена и заземлена.

2. Технология 2-го уровня (быстрый заряд). Аккумулятор заряжается от однофазной бытовой сети током около 30 А от 3 до 10 ч. Розетки устанавливаются в частных гаражах или на общественных автостоянках. К аналогичной сети подключаются мощные бытовые приборы типа электросушителей или электроплит.

3. Технология 3-го уровня (ускоренный или форсированный заряд). Аккумулятор заряжается от трехфазной сети током 400 А от 15 до 20 мин. Стандартные зарядные устройства потребляют мощность от 160 до 200 кВт и должны размещаться на специальных зарядных станциях.

Зарядное устройство содержит цепи подключения к сети переменного тока, выпрямитель, регулятор зарядного тока (напряжения), систему управления зарядом (обычно микропроцессорную) для контроля за уровнем заряда, параметрами батареи, отключения при возникновении аварийной ситуации.

Зарядное устройство может размещаться на борту электромобиля. В этом случае бортовой компьютер управляет процессом заряда, а сеть переменного тока подключается к электромобилю. Это характерно для устройств 1-го уровня и устройств 2-го уровня с непосредственным подключением.

Стационарное зарядное устройство монтируется в настенном шкафу или на стенде. Регулируемое постоянное напряжение подается непосредственно на аккумуляторы электромобиля. Это характерно для технологии 3-го уровня. В гибридных системах электромобиль может подключаться к сети переменного тока или к стационарным зарядным устройствам.

При непосредственном подключении зарядное устройство подсоединяется к электромобилю собственным кабелем или кабелем электромобиля с мощным токовым разъемом в металлическом защитном корпусе. Металлический разъем примерно такой же, как для наружных бытовых приборов. Основные требования: высокая степень защиты, способность выдерживать неправильное подключение. Любая неисправность разъема определяется системой защиты, отключающей в этом случае напряжение. При подключении с гальванической развязкой используется магнитная связь между обмотками специального высокочастотного трансформатора, первичная обмотка которого размещена на зарядной станции (зарядной колонке), а вторичная – на электромобиле. При передаче энергии расстояние между частями трансформатора должно быть минимальным для хорошей индуктивной связи обмоток (рис. 16.3).

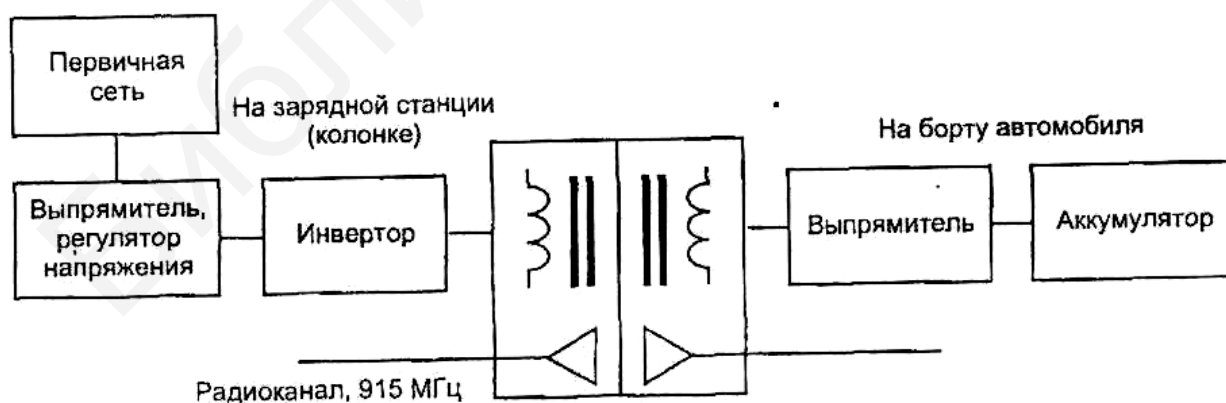


Рис. 16.3. Подключение с гальванической развязкой

В зарядном устройстве напряжение сети переменного тока промышленной частоты 50/60 Гц выпрямляется и фильтруется. Затем

постоянное напряжение преобразуется в инверторе в переменное повышенной частоты. Повышение частоты в инверторе от 25 до 40 кГц позволяет уменьшить массу и габариты трансформатора и расход меди в обмотках. Регулирование энергии производится в инверторе или выпрямителе.

Переменное напряжение повышенной частоты выпрямляется уже на борту электромобиля и подается на аккумуляторную батарею для заряда.

Подключение с гальванической развязкой может быть использовано для различных режимов заряда. Например, электромобиль Chevrolet S 10 выпускается с бортовым зарядным устройством мощностью 6,6 кВт с индуктивной развязкой и временем заряда 2,5–3 ч от однофазной сети. Для ускорения заряда используется трехфазная сеть, при этом потребляется мощность 150–160 кВт.

Зарядное устройство обычно контролирует степень заряда аккумуляторной батареи и индицирует время до окончания заряда. Пользователь вставляет терминал стационарного зарядного устройства в специальный приемник на борту электромобиля. По окончании заряда терминал автоматически выталкивается из приемника. Система управляется микропроцессорами с обеих сторон. Служебная связь производится через радиоканал в 915 МГц. Есть конструкции, где электромобиль «наезжает» на шкаф зарядного устройства таким образом, чтобы первичная (стационарная) обмотка и вторичная (на автомобиле) оказались индуктивно связанными. Основным удобством такой системы является отсутствие гальванической связи электромобиля с электрической сетью, это повышает электробезопасность.

Основным элементом любого бортового зарядного устройства является управляемый выпрямитель, регулирующий напряжение на аккумуляторной батарее при заряде. В простейшем случае это однофазная тиристорная схема с фазным управлением. Трансформатор повышает сетевое напряжение (110 или 220 В) до требуемого уровня. Как правило, преобразовательная часть зарядного устройства используется также в качестве контроллера для управления тяговым электродвигателем. Кроме тириستоров в качестве коммутирующих элементов используются силовые полевые или биполярные транзисторы.

Для безопасной эксплуатации электромобилей применяются различные аппаратные или программные блокировки. Например, когда терминал зарядного устройства вставлен в приемник электромобиля, заблокировано включение тягового двигателя, включение системы управления климатом салона и т. д.

16.4. Электродвигатели и приводные системы электромобиля

Первоначально электромобили оснащались обычными электродвигателями постоянного или переменного тока. Сегодня на электромобилях используются в основном специальные электродвигатели переменного тока. К таким электродвигателям предъявляются требования

высокой эффективности при постоянстве тяговых характеристик, необходимости в периодическом техобслуживании, способности выдерживать перегрузки и загрязнение.

Двигатели переменного тока

Используются трехфазные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором. Обороты двигателя регулируются с помощью контроллера изменением частоты питающего напряжения. Такая конструкция практически не требует обслуживания.

КПД электродвигателя зависит от числа оборотов ротора. Например, двигатель мощностью 7 кВт имеет КПД 97 % при 6000 об/мин и 82 % при 1500 об/мин, максимальное число оборотов минуту – 15 000. Момент на валу изменяется при коммутации обмоток статора с треугольника на звезду и обратно. При соединении обмоток статора в треугольник двигатель развивает большие обороты, что необходимо при движении по шоссе, при соединении в звезду увеличивается момент на валу. Это необходимо при ускорении или во время движения на подъем. Переключение обмоток со звезды на треугольник аналогично переключению скоростей в коробке передач. Современный трехфазный двигатель электромобиля GM EV1 развивает мощность 137 л.с в диапазоне от 7000 до 13 000 об/мин, имеет момент силы на валу 150 н/м в диапазоне от 0 до 7000 об/мин.

16.5. Электродвигатели постоянного тока

Наряду с трехфазным асинхронным двигателем на современных электромобилях используются электродвигатели постоянного тока с последовательным возбуждением, которые имеют хорошие скоростные и тяговые характеристики. Обороты электродвигателя постоянного тока пропорциональны напряжению питания, что упрощает управление. КПД электродвигателей постоянного тока ниже, чем двигателей переменного тока, конструкция их сложнее, они нуждаются в регулярном обслуживании, более чувствительны к перегрузкам, их максимальные обороты ниже. На электромобилях с двигателями постоянного тока устанавливают многоскоростные механические коробки передач.

В двигателях постоянного тока, используемых на электромобилях, обмотки возбуждения и ротора включены последовательно. При трогании момент на валу такого двигателя большой, но уменьшается с ростом оборотов. Такая характеристика удовлетворительна для езды по городу, но малоприспособна для движения по шоссе. Смена полосы может потребовать движения с ускорением, которого электродвигатель обеспечить не может. Поэтому на некоторых электромобилях используются электродвигатели со смешанным (последовательно-параллельным) включением обмоток возбуждения.

Эффективность двигателей постоянного тока возрастает при замене электрически возбуждаемого статора постоянными магнитами. Дорогостоящие

постоянные магниты создают более сильное магнитное поле, чем обмотки статора, двигатели имеют меньшие габариты и массу.

Двигатели постоянного тока для электромобилей используются ограниченно и обычно небольшими автосборочными предприятиями.

16.6. Бесколлекторные электродвигатели постоянного тока

Такие электродвигатели состоят из ротора на базе постоянных магнитов и трех- или четырехсекционной обмотки на статоре. Электронный коммутатор поочередно возбуждает секции обмотки так, чтобы возникающее магнитное поле постоянно приводило в движение ротор с магнитами. Позиция ротора определяется системой управления с помощью датчика. Преимуществом такого электрода является отсутствие стираемых щеток, а также искрения в коллекторе; его эффективность и надежность выше, чем у обычных электродвигателей постоянного тока. Недостатком является высокая стоимость. Бесколлекторные электродвигатели постоянного тока особенно эффективны при езде с высокой постоянной скоростью, поэтому большинство гоночных электромобилей оснащены именно такими двигателями.

Электродвигатели на электромобилях подключены к колесам через механические коробки переключения передач, иногда непосредственно. На рис. 16.4 показано размещение бесколлекторного тягового электродвигателя постоянного тока непосредственно в колесе (разработка компании Токуо Electric Power Company). Такую конструкцию называют мотор-колесом. В обод колеса вмонтировано кольцо из постоянных магнитов на основе кобальта и самария. Обмотки возбуждения статора жестко связаны с осью колеса. Экспериментальный автомобиль имел привод всех четырех колес. Отсутствие механической передачи сделало управление двигателями слишком сложным. Серийная модель Toyota RAV4-EV приводится в движение бесконтактным электродвигателем постоянного тока с напряжением питания 288 В, мощностью 45 кВт в диапазоне 2600–2800 об/мин. В данной модели используется односкоростная коробка передач, ведущими являются передние колеса.

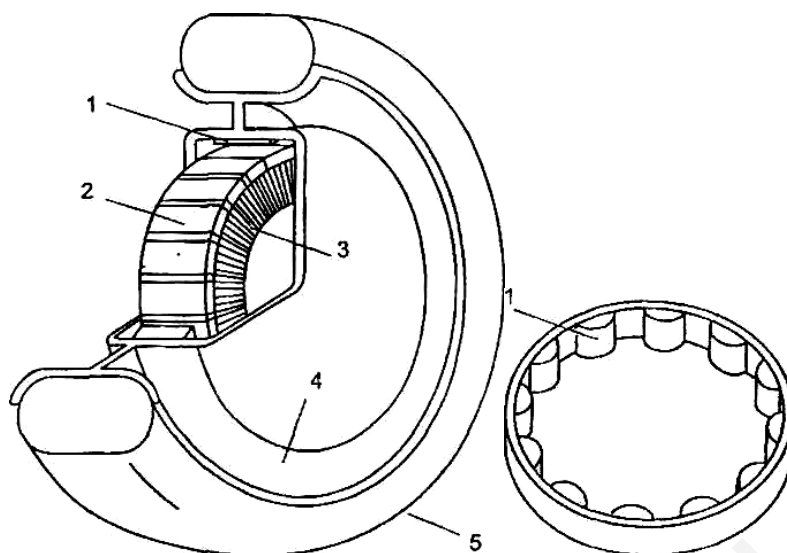


Рис. 16.4. Мотор-колесо на основе бесколлекторного электродвигателя постоянного тока:
 1 – ротор с набором постоянных магнитов; 2 – статор; 3 – статорная обмотка;
 4 – обод колеса; 5 – шина

16.7. Электроприводные системы

Схемы управления тяговыми электродвигателями регулируют обороты и момент на валу, ограничивают максимальный ток. Используются электроприводы постоянного и переменного тока. По мере появления новых электронных компонентов меняется технология привода, производители электромобилей экспериментируют с различными схемами, добиваясь максимальной эффективности.

Основные требования, предъявляемые к электроприводным системам:

- регулирование числа оборотов во всем диапазоне;
- высокий КПД;
- возможность рекуперации при торможении;
- защита от перегрузок и перегрева;
- высокий момент на старте;
- возможность реверса.

В приводах постоянного тока используются традиционные коллекторные электродвигатели с последовательным возбуждением. Обороты регулируются с помощью импульсных преобразователей постоянного напряжения. В бесколлекторных двигателях постоянного тока необходимость в обслуживании значительно уменьшена, они конкурируют с двигателями переменного тока.

Двигатели переменного тока недороги, практически не нуждаются в обслуживании, лучше, чем двигатели постоянного тока, подходят для массового производства. Для их управления необходимы сложные трехфазные инверторы, формирующие напряжение переменной частоты. Последние достижения в области силовой электроники удешевляют электропривод переменного тока.

16.8. Электропривод постоянного тока

Схема показана на рис. 16.5. Обороты электродвигателя регулируются величиной подаваемого напряжения. Ключи в схеме применяют на основе полевых или биполярных транзисторов. Для шунтирования реактивных токов встречно-параллельно транзисторам включены вентили. Ключ VT1 регулирует среднее значение напряжения на клеммах двигателя, т. е. его обороты. Когда ключ замкнут, напряжение аккумуляторной батареи подается на двигатель, когда VT1 разомкнут, реактивный ток замыкается через вентиль VD2. Среднее значение напряжения на клеммах двигателя пропорционально коэффициенту скважности (отношение времени замкнутого состояния транзистора VT1 к периоду преобразователя напряжения на транзисторе VT2). В режиме рекуперативного торможения ключ VT2 разомкнут. Электродвигатель работает как генератор и подает зарядный ток на аккумулятор через вентиль VD1. Зарядный ток регулируется коэффициентом скважности преобразователя постоянного напряжения на транзисторе VT2.

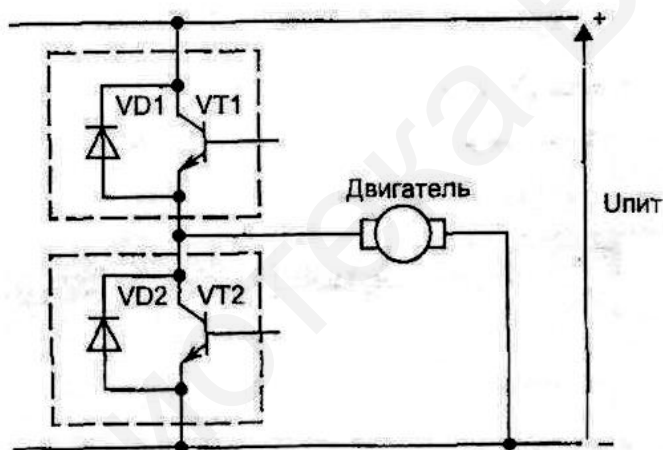


Рис. 16.5. Схема подключения двигателя постоянного тока

16.9. Привод бесколлекторных двигателей постоянного тока

Одним из достижений современной силовой электроники является привод бесколлекторных двигателей переменного тока. На роторе электрической машины размещены постоянные магниты, на статоре – обмотки. Для вращения ротора обмотки поочередно подключаются к источнику питания электронным коммутатором. Имеется датчик для определения углового положения ротора. Обмотки статора могут подключаться к шинам питания разной полярности, чем достигается реверс. В электроприводах переменного тока используются трехфазные асинхронные электродвигатели. Для управления оборотами и моментом на валу применяются трехфазные инверторы с регулируемой частотой и широтно-импульсной модуляцией.

На рис. 16.6 показана схема подключения электродвигателя к инвертору. Инвертор состоит из трех параллельных ветвей с двумя последовательными ключами в каждой. Ключи зашунтированы обратными диодами для прохождения реактивного тока. Трехфазное напряжение генерируется последовательной коммутацией ключей. Например, ключи Q1, Q2, Q3 замыкаются одновременно, это подключает фазу «с» к положительной шине аккумулятора, а фазы «а» и «b» – к отрицательной. Одновременное замыкание, например, ключей Q1 и Q4, недопустимо, так как это замкнет аккумуляторную батарею. Транзисторы включаются со сдвигом 60° относительно друг друга. Интервал проводящего состояния для каждого – 180° .

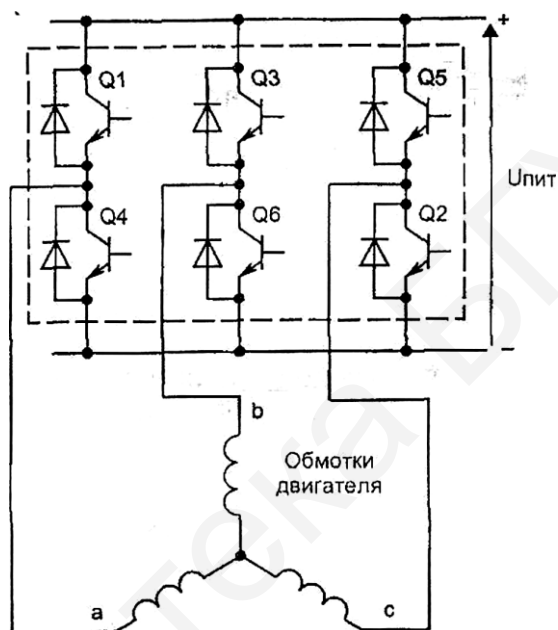


Рис. 16.6. Схема подключения электродвигателя переменного тока к инвертору

Ключи коммутируются в последовательности: 123, 234, 345, 456, 561, 612, 123. При таком алгоритме работы инвертора напряжения на его выходах прямоугольные.

Для регулирования тока используется широтно-импульсная модуляция. Каждый ключ во время своего проводящего состояния (в пределах интервала в 180°) открывается несколько раз, когда напряжение развертки превышает напряжение синусоиды. Обмотка двигателя выполняет роль низкочастотного фильтра, и ток в ней становится близким к синусоидальному с регулируемой амплитудой. КПД приводов переменного тока для электромобилей составляет от 85 до 91%, они хорошо работают при движении электромобиля по городу.

16.10. Полупроводниковые ключевые устройства

Основным элементом в приводе постоянного или переменного тока является полупроводниковое ключевое устройство (табл. 16.1). Для

электромобилей с двигателями мощностью от 40 до 45 кВт и многоскоростной коробкой переключения передач ключ должен работать при напряжениях до 200 В и токах до 250 А, для односкоростной коробки передач от 400 до 600 В и от 400 до 500 А.

Ключевые элементы в электроприводах работают на частотах от 10 до 20 кГц. Повышенная частота коммутации уменьшает шум в звуковом диапазоне, но увеличивает коммутационные потери, излучение электромагнитных помех. Желательно иметь время переключения ключа менее 1 мкс. В качестве ключевых элементов на электромобилях используются различные электронные устройства: тиристоры, запираемые тиристоры, биполярные транзисторы, мощные полевые транзисторы (MOSFET).

Таблица 16.1

Параметры ключевых устройств.

Рабочий диапазон	1200В, 800А	500В, 50А	1200В, 400А	600В, 60А
Чем управляется	Током	Напряжением	Напряжением	Напряжением
Напряжение на открытом ключе, В	1,9	3,2	3,2...1,7	1,1
Частота, кГц	10	100	20...40	20
di/dt , А/мкс	100	Большое значение	Большое значение	1000
Время включения	1,7 мкс	90 нс	0,9 мкс	1,0 мкс
Время отключения	5 мкс	0,14 мкс	200 нс...1,4 мкс	2,1 мкс

16.11. Коробки переключения передач для электромобилей

На электромобилях используются примерно такие же коробки переключения передач (КПП), как на автомобилях с ДВС. Эффективность привода электромобилей зависит от оборотов. Двигатель переменного тока обычно имеет КПД не менее 80 % в диапазоне от 2000 до 12 000 об/мин, двигатель постоянного тока с последовательным возбуждением до 70 % в диапазоне от 2000 до 5000 об/мин. Бесколлекторный двигатель постоянного тока имеет КПД больше 85 % в диапазоне от 3000 до 8000 об/мин.

Большинство конструкций электродвигателей имеют постоянный крутящий момент на валу в диапазоне от 0 до 4000 до 5000 об/мин, при более высоких оборотах момент падает. Это значит, что при скоростях от 65 до 105 км/ч электромобиль плохо ускоряется, при движении по шоссе это опасно.

Приведенные примеры показывают, что для эффективной работы электродвигатель должен иметь обороты более 2000 и до 3000 в минуту, с другой стороны, колесо автомобиля на скорости 105 км/ч делает только 500 об/ мин. Вот

почему, несмотря на электронное управление приводом, большинство электромобилей имеют механические коробки переключения передач с диапазоном передаточных отношений от 4:1 до 8:1.

16.12. Привод электромобилей

Многоскоростные КПП устанавливаются совместно с электродвигателями постоянного тока с последовательным возбуждением, имеющими удовлетворительный КПД в относительно узком диапазоне оборотов.

Односкоростные КПП применяются совместно с электродвигателями, эффективно работающими в широком диапазоне оборотов (например, двигатели переменного тока). В этом случае для согласования характеристик двигателя с дорожными условиями достаточно одной понижающей передачи. На рис. 16.7 показан бесколлекторный двигатель постоянного тока с максимальным числом оборотов в минуту 7500, встроенный в ведущий мост, с передаточным отношением 7,5:1.

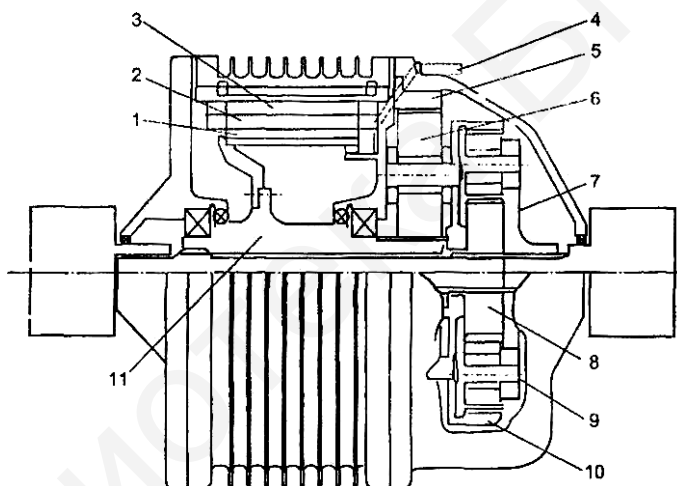


Рис. 16.7. Ведущий мост с встроенным электродвигателем:

- 1 – постоянный магнит; 2 – статор; 3 – магнитная цепь; 4 – электрические провода;
- 5 – коронная шестерня; 6 – планетарная передача; 7 – планетарный дифференциал;
- 8 – выход дифференциала на левое колесо; 9 – выход на правое колесо;
- 10 – вход дифференциала; 11 – полый вал

В электромобилях желательно подключать колеса непосредственно к электродвигателю без механических передач, что упрощает механическую конструкцию. Но такая схема требует сложных алгоритмов управления и при этом ухудшаются ездовые характеристики электромобиля.

16.13. Требования к аккумуляторам электромобилей

Аккумуляторы электромобилей должны соответствовать следующим требованиям: высокие удельные энергия и мощность, высокий КПД, большое

число циклов «заряд – разряд», низкая стоимость, безопасность, надежность, незначительные затраты на техническое обслуживание, малое время заряда, восстанавливаемость материалов (табл. 16.2).

Таблица 16.2

Параметры аккумуляторов для электромобилей

Тип аккумулятора	Удельная мощность, Вт/кг	Плотность энергии, Вт·ч/дм ³	Удельная энергия, Вт·ч/кг	Число циклов «заряд – разряд»	Цена 1\$/кВт·ч
Свинцово-кислотные	35–300	50–90	15–45	300–600	70–400
Железо-никелевые	70–130	60–100	35–60	400–1200	400–500
Никель-кадмиевые	100–200	60–100	30–60	1000–1500	500
Никель-металлогидридные	140–200	100–210	55–80	1000	150–800
Натриево-серные	90–120	75–110	80–120	250–500	300
Никель-хлоридные	160	100	500	1000	150
Литий-ионные	100	100	150	300	>1000

16.14. Гибридные электромобили

Токи в работающем электромобиле достигают сотен ампер и порождают электромагнитное излучение внутри и вне транспортного средства. Привод постоянного тока излучает постоянное и переменное электромагнитное поле.

В приводе переменного тока частота наиболее мощной первой гармоники излучаемого поля определяется оборотами тягового двигателя. Наиболее интенсивные поля возникают при ускорении и рекуперационном торможении. В этот момент в моторном отсеке электромобиля индукция поля достигает 120 мГс (1 Гс = 10⁻⁴ Тл). В салоне из-за экранирования корпусом поле практически отсутствует.

При заряде в непосредственной близости зарядного кабеля индукция магнитного поля около 50 мГс, на расстоянии 50 см от электромобиля от 20 до 30 мГс.

Гибридные электромобили имеют двигатель внутреннего сгорания, тяговый электродвигатель и аккумуляторную батарею. Гибридные электромобили с ДВС иногда называют бензоэлектромобилями. Во время

движения по загородному шоссе, когда загрязнение атмосферы не столь критично, работает ДВС, движущий электромобиль и подзаряжающий аккумуляторную батарею. В городе движение производится от тяговой аккумуляторной батареи. На рис. 16.8 представлены схемы силовой установки гибридного автомобиля. В последовательной схеме ДВС приводит в действие генератор G , который заряжает аккумуляторную батарею и дает энергию тяговому электродвигателю M , вращающему колеса. В параллельной схеме ДВС и тяговый электродвигатель подключены к механической коробке переключения передач параллельно. Электрический привод состоит из обратимого электродвигателя G/M , электронного управления и аккумуляторной батареи.

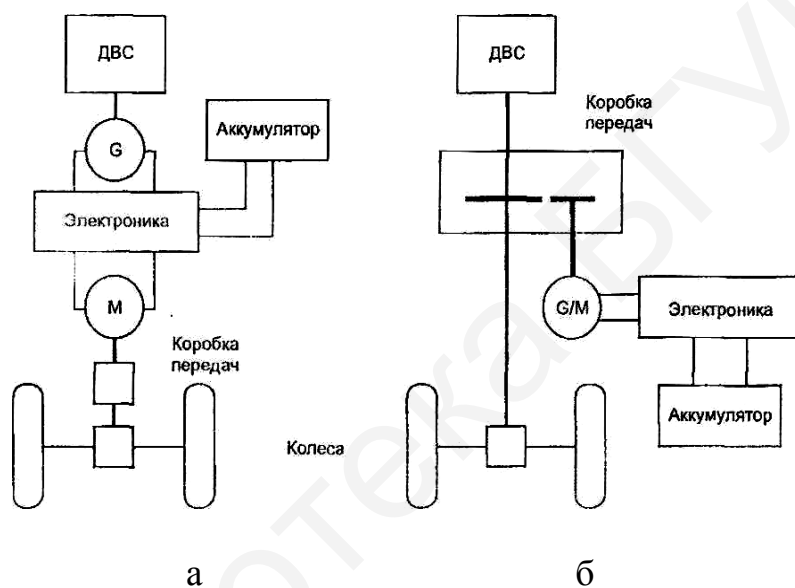


Рис. 16.8. Последовательная (а) и параллельная (б) схемы силовой установки гибридного электромобиля

Система управления гибридной силовой установкой (см. рис. 16.8) обеспечивает движение электромобиля с заданной скоростью в оптимальном режиме. При этом работают или бензиновый двигатель, или электродвигатель по отдельности, или их комбинация с различными долями по мощности. Смешанная структура комбинирует достоинства параллельной и последовательной схем. Бензиновый двигатель через коробку переключения передач может приводить в движение колеса и генератор. Напряжение с генератора после преобразования в инверторе поступает для заряда аккумуляторной батареи и/или для работы электродвигателя. Специальная коробка переключения передач суммирует и распределяет энергию между бензиновым двигателем, электродвигателем, генератором. При торможении энергия рекуперируется, при необходимости резкого торможения используются и обычные гидравлические тормоза. Имеется также антиблокировочная

тормозная система. На рис. 16.9 представлена смешанная схема гибридной силовой установки.

Функциональные электрические схемы управления системами электромобиля представлены на рис. 16.10, 16.11. С помощью датчика G712 контролируется температура тягового электродвигателя V141 с целью предупреждения его перегрева и повреждения изоляции (пробоя). Датчики G713, G714, G715 определяют положение ротора тягового электродвигателя относительно обмотки статора (магнитного поля статора) для установления направления вращения ротора перед началом движения (вперед, назад). Блок управления JX1 определяет распределение тока в соответствующей обмотке статора, задавая определенное направление вращения ротора. Блок управления с помощью силового блока (преобразователя) формирует ток в обмотке статора V141 в зависимости от заданного водителем режима движения и реальных параметров движения автомобиля в данный момент (направления движения, скорости, нагрузки). Кроме того, блок управления JX1 определяет режим потребления (разгон) или рекуперации тока (торможение) в зависимости от режима движения автомобиля.

Блок управления J840 высоковольтной батареей A38 контролирует режим ее зарядки-разрядки и управления вентиляторами V457, V458 для ее охлаждения (заданного температурного режима). Для передачи информационных сигналов управления используется шина CAN. Схема включает коммутационный блок SX1, сервисный разъем высоковольтной системы TW и системы защиты T V44.

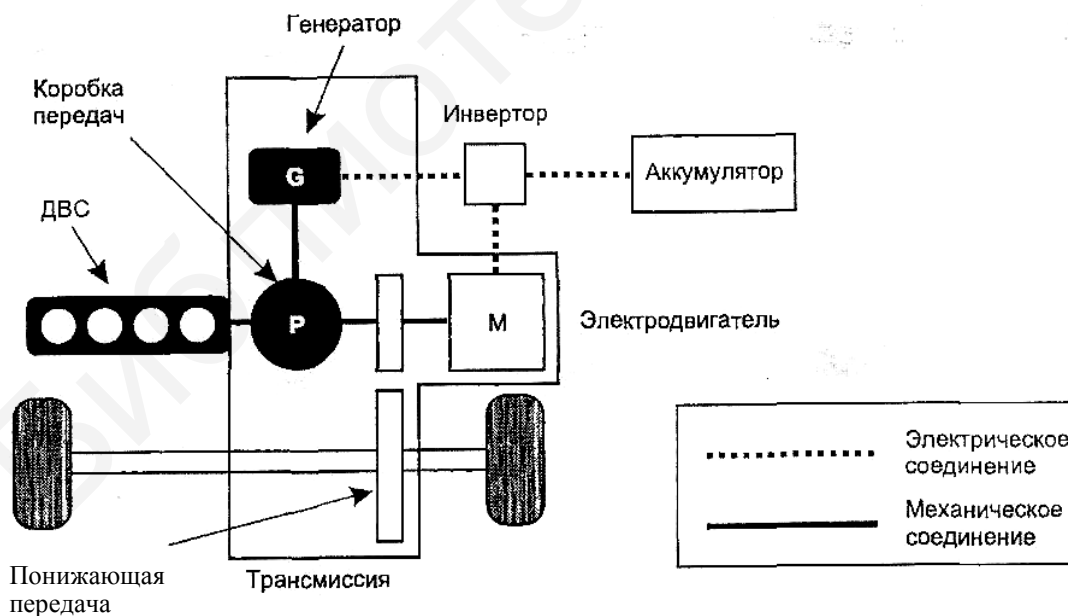
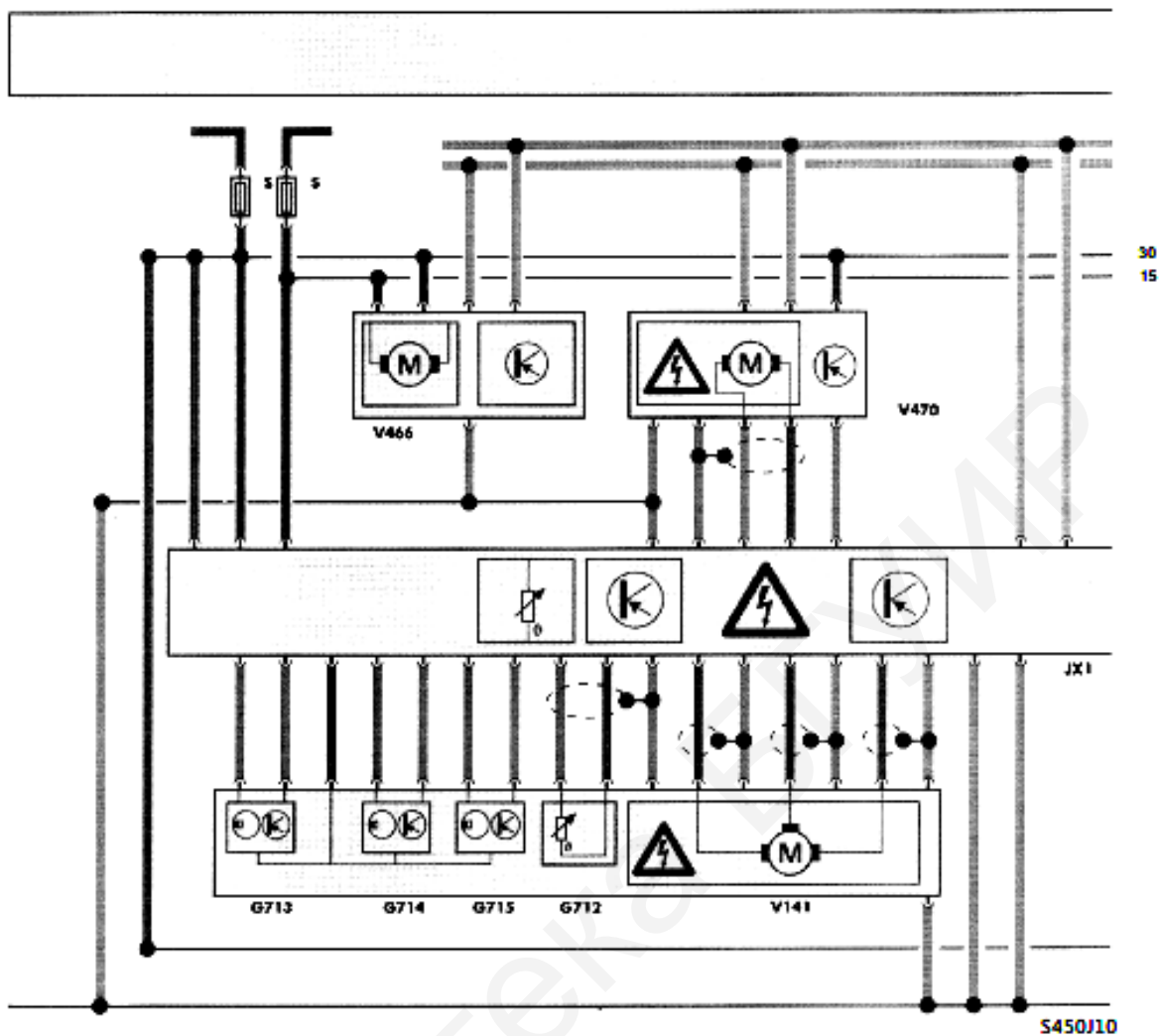


Рис. 16.9. Схема гибридной силовой установки



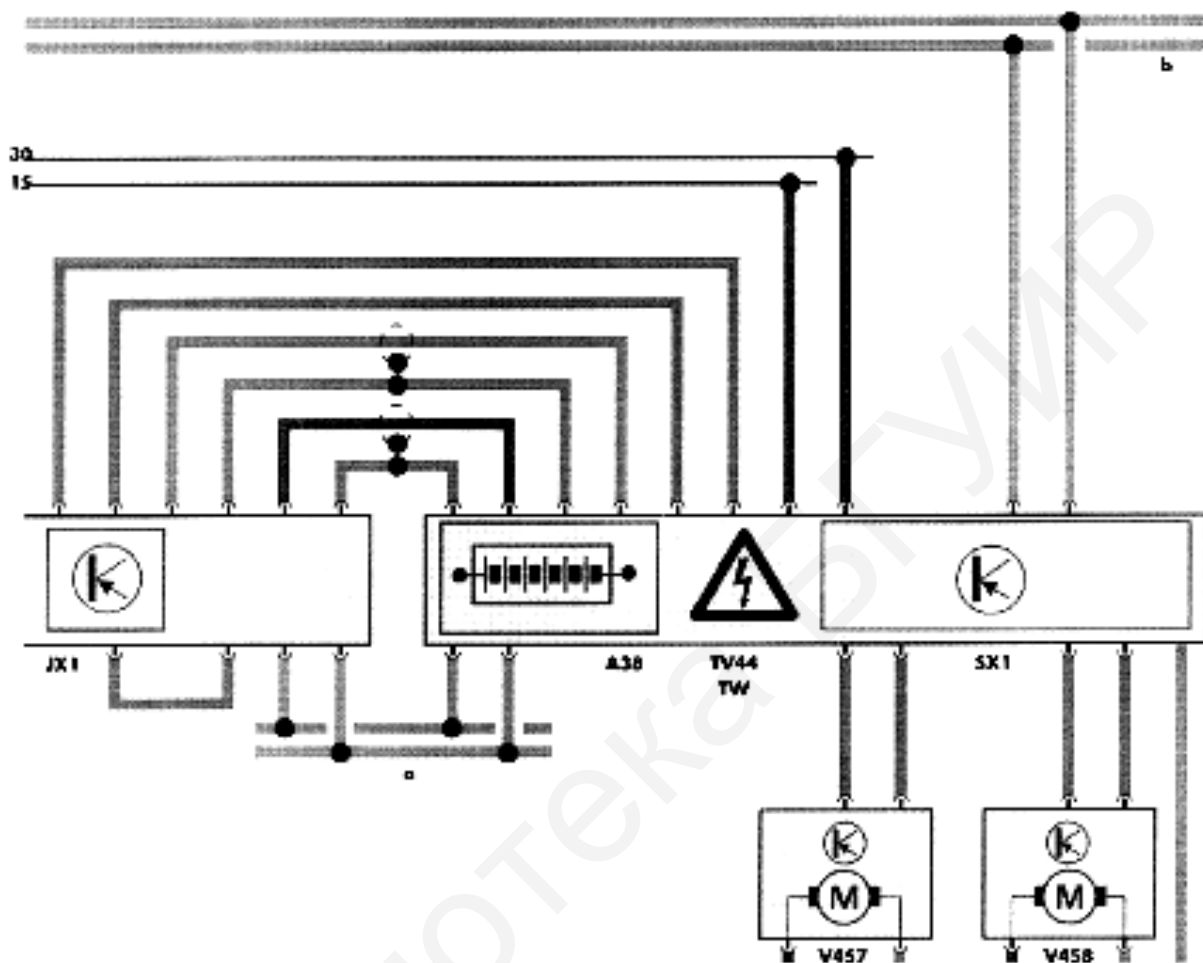
- G712 Датчик температуры тягового электродвигателя
- G713 Датчик 1 положения ротора тягового электродвигателя
- G714 Датчик 2 положения ротора тягового электродвигателя
- G715 Датчик 3 положения ротора тягового электродвигателя

- V141 Тяговый электродвигатель для электрического привода (электродвигатель – генератор)
- V466 Электрический насос усилителя рулевого управления
- V470 Компрессор климатической установки

- JX 1 Силовой модуль и блок управления электрического привода

Предохранитель

Рис. 16.10. Схема управления системой электрического привода электромобиля



- A38 Высоковольтная батарея
- JX1 Силовой модуль и блок управления электрического привода
- J840 Блок управления высоковольтной батареи
- SX1 Коммутационный блок (E-Box)
- TV44 Предохранительное устройство 1
- TW Сервисный разъем высоковольтной системы
- V457 Вентилятор 1 АКБ гибридного привода
- V458 Вентилятор 2 АКБ гибридного привода

- a шина CAN-гибридный привод
- b шина CAN-привод

Рис. 16.11. Схема управления системой электрического привода вентиляторов охлаждения высоковольтных батарей электромобиля

Выводы:

1. Электромобили обладают улучшенными экологическими параметрами относительно ДВС.

2. Гибридные автомобили улучшают динамические параметры автомобиля.

3. Гибридные автомобили увеличивают расстояние пробега до ближайшего времени заправки, что определяет их применение для эксплуатации на длинных расстояниях.

4. Электромобили экологично и экономично применять в городских условиях эксплуатации, так как имеется возможность создания в городе широкой сети подзарядки.

5. Дальнейшее развитие электромобилей связано с созданием источника электрической энергии большой емкости.

Библиотека БГУИР

Схемы включения генераторных устройств

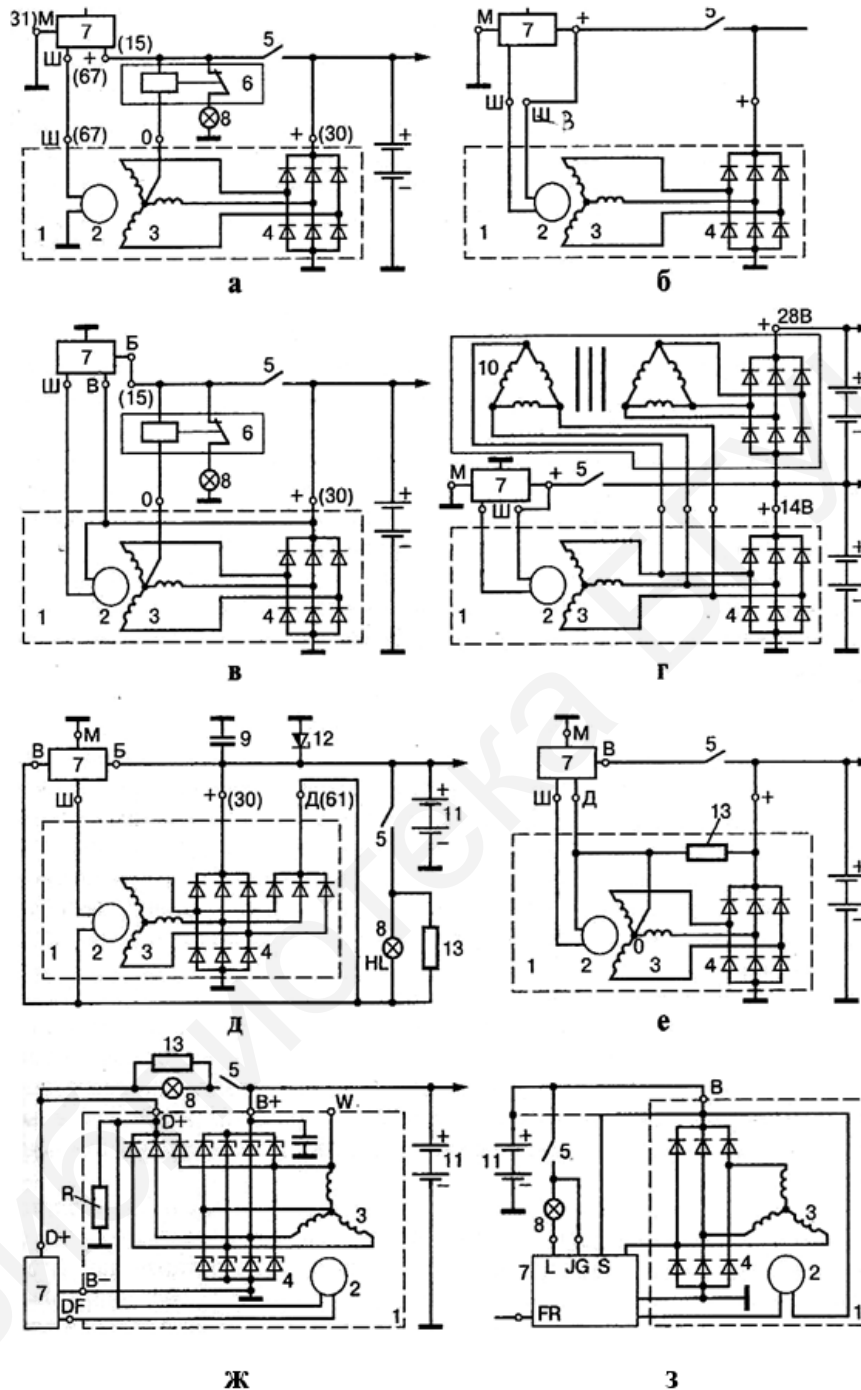


Рис. П.1. Схемы генераторных установок:

- 1 – генератор; 2 – обмотка возбуждения; 3 – обмотка статора; 4 – выпрямитель;
- 5 – выключатель; 6 – реле контрольной лампы; 7 – регулятор напряжения;
- 8 – контрольная лампа; 9 – помехоподавляющий конденсатор;
- 10 – трансформаторно-выпрямительный блок; 11 – аккумуляторная батарея;
- 12 – стабилитрон защиты от всплесков напряжения; 13 – резистор

Международная система обозначений световых приборов

Таблица П.2.1

Световой прибор	Знак международного утверждения
Фары головного освещения	
Габаритные огни	
Указатели поворота	
Сигналы торможения	
Световозвращатели	
Задние противотуманные фонари	

**Электрические и светотехнические параметры автомобильных
ламп накаливания**

Таблица П.3.1

Обозначение лампы		Мощность, Вт	Световой поток, лм	Средняя продолжи- тельность горения, ч	Тип цоколя
по ГОСТ 2023-75	между- народное				
A 12-45+40	R2	45/40	740/450	100/200	P45t/41
A 24-55+50	R2	55/50	700/450	75/150	P45t/41
АКГ 12-55-2	H1	55	1550	150	P14,5s
АКГ 24-70-2	H1	70	1900	150	P14,5s
АКГ 12-55-1	H3	55	1450	150	P22s
АКГ 24-70-1	H3	70	1750	150	P22s
АКГ 12-60+55	H4	60/55	1650/1000	100/200	P43t/38
АКГ 24-75+70	H4	75/70	1900/1200	100/200	P43t/38
A 12-21-3	P21W	25	529	100	BA12s/19
A 24-21-3	P21W	28	529	100	BA12s/19
A 12-21+5	P21/5W	25/6	506	100/1000	BAY15d
A 24-21+5	P21/5W	28	440/35	100/1000	BAY15d
A 12-4-1	T4W	4	35	200	BA9s/14
AMH 24-4	T4W	5	35	200	BA9s/14
A 12-3-1	W3W	3	22	200	W2,1×9,5d
A 12-5-2	W5W	5	50	200	W2,1×9,5d
A 24-5-2	W5W	7	50	200	W2,1×9,5d
A 12-5-1	C5W	10	45	200	SV8,5/8
A 24-5-1	C5W	10	45	200	SV8,5/8

Параметры моторедукторов и мотонасосов

Таблица П.4.1

Тип моторедуктора	Привод	Напряжение, В	Сила потребляемого тока, А	Момент на выходном валу, Н·м	Частота вращения вала, мин ⁻¹	Масса, кг
16.3730	Стеклоочиститель	24	2/3*	3,92	35/51	2,5
161.3730	То же	12	4/6	3,92	35/51	2,5
171.3730	- >> -	12	3,5/5	3,92	35/55	2,0
46.3730	- >> -	12	4,5/7,5	2,35	35/53	2,5
471.3730	- >> -	12	2,0	0,49	50	1,1
52.3730	- >> -	24	2,5/3,5	2,94	35/51	2,8
84.3730	- >> -	12	4/4,7	5	45/65	1,5
МЭ241, 85.3730	- >> -	12	3	1	60	1,3
22.3730	Фароочиститель	12	1,5	0,49	50	0,65
30.3730	То же	12	1,5	0,49	50	0,65
7902.3730	Подъем антенны	12	4	-	4000	0,5
87.3730	Блокировка замков	12	5	25**	-	0,2

* – дробью указаны параметры двухскоростных моторедукторов.

** – для моторедуктора 87.3730 указано усилие втягивания рейки (Н).

Таблица П.4.2

Тип мотонасоса	Назначение	Напряжение, В	Потребляемый ток, А, не более	Перепад давления, МПа	Применяемость
2002.3730	Струйная фароочистка	12	40	0,3	ГАЗ-3102 с двигателем ЗМЗ-402
9602.3730	Струйная фароочистка	12	20	0,38	ГАЗ-3102 с двигателем ЗМЗ-406
274.3730	Омыватель стекол	12	3	0,16	Автомобили ВАЗ, ГАЗ-3101
99.3730	Омыватель стекол	12	3	0,11	БАЗ-3778
351.3730	Обогрев салона	12	3,7	0,015	ГАЗ-33023, -2705, -3221 и др.
75.3730	Электробензонасос	12	6,5	3,9	РАФ-22038

Электрооборудование автомобиля

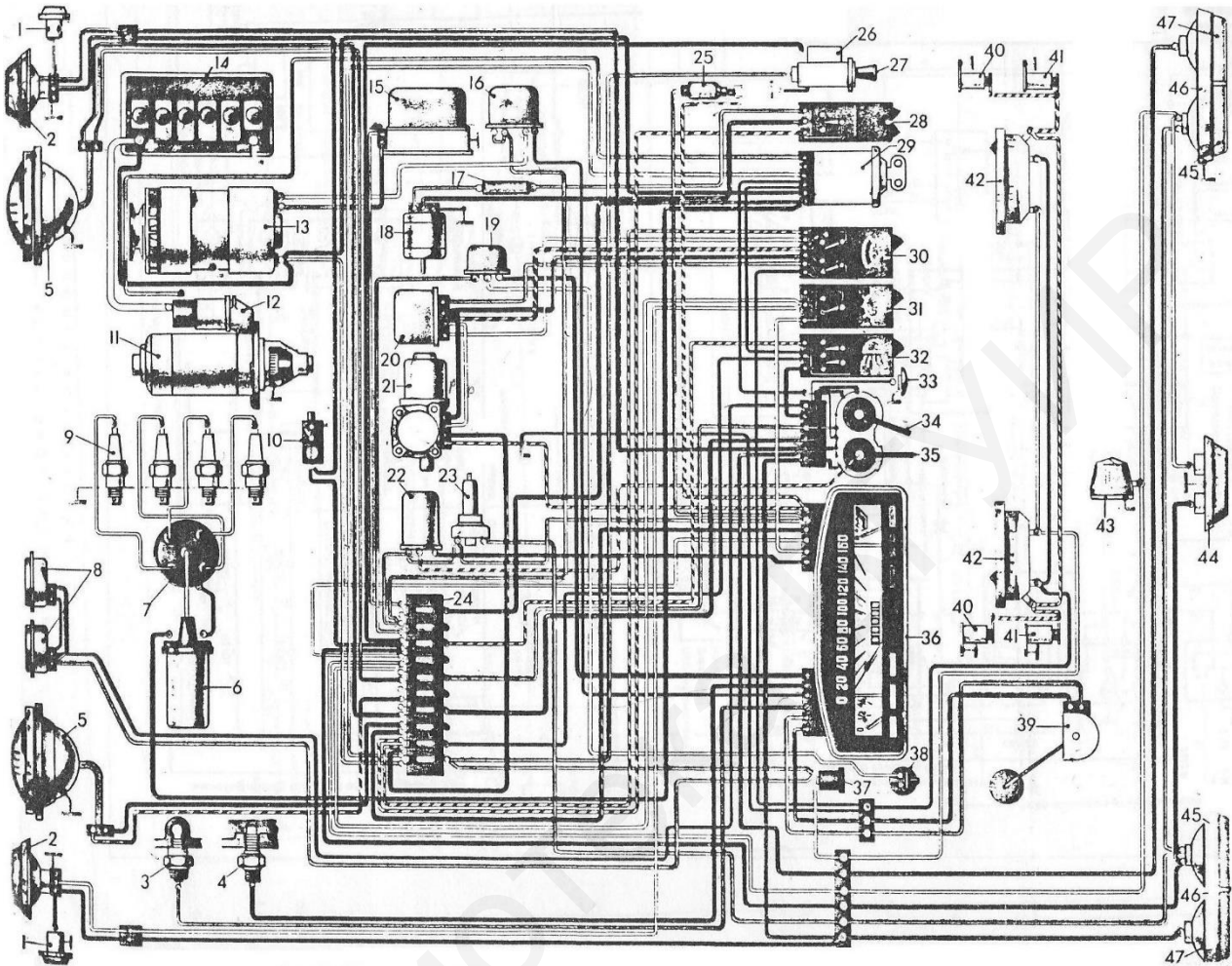


Рис. П.5.1. Топологическая схема электрооборудования автомобиля

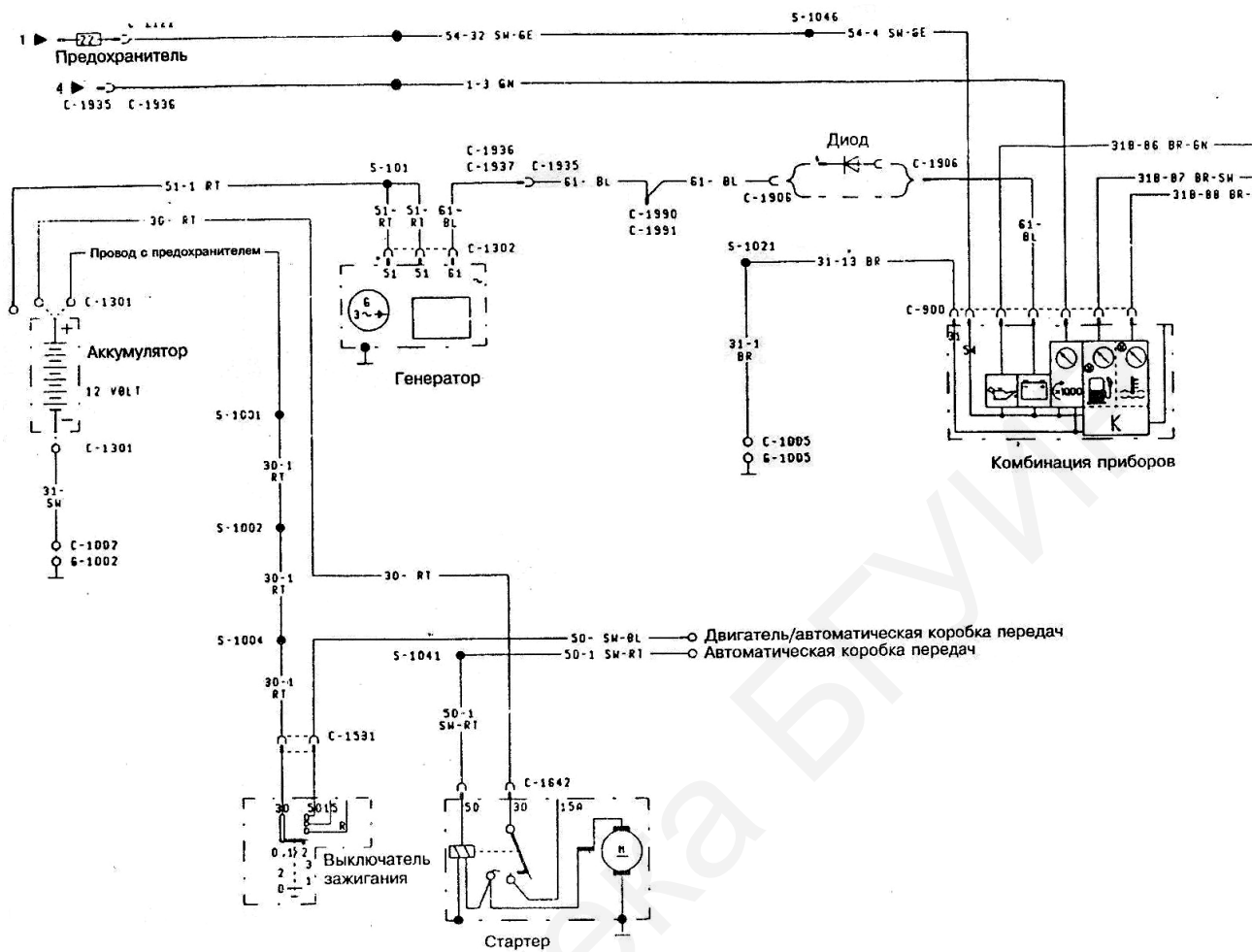


Рис. П.5.2. Функциональная схема зарядки и запуска аккумулятора

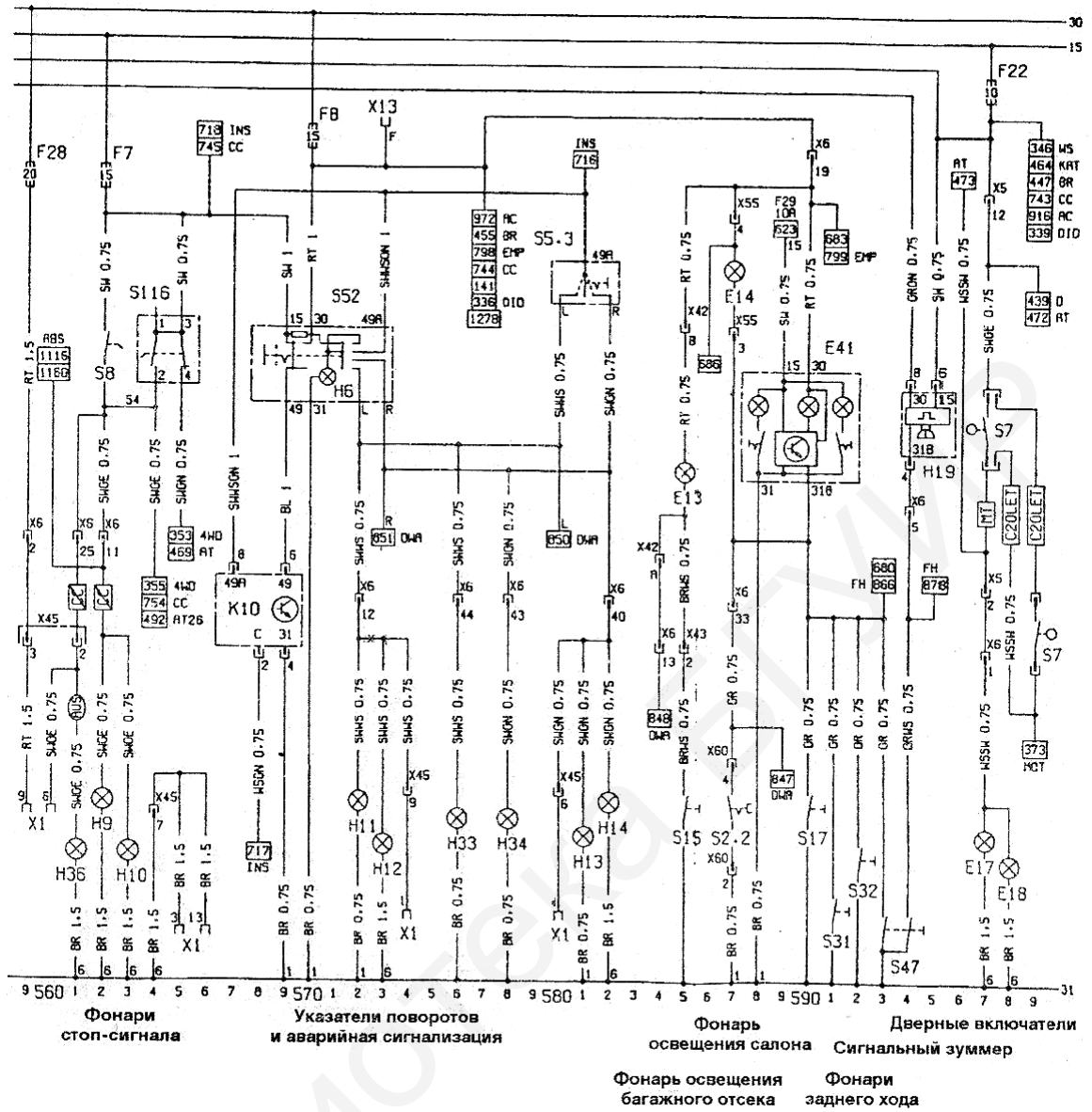


Рис. П.5.4. Схема линейного типа

Литература

1. Савич, Е. Л. Техническая эксплуатация автомобилей / Е. Л. Савич, А. С. Сай. – Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2015. – 426 с.
2. Стуканов, В. А. Основы теории автомобильных двигателей и автомобиля / В. А. Стуканов. – М. : Академия, 2013. – 368 с.
3. Молибошко, Л. А. Компьютерные модели автомобилей / Л. А. Молибошко. – Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2012. – 295 с.
4. Савич, Е. Л. Легковые автомобили / Е. Л. Савич. – М. : Новое знание, 2009. – 644 с.
5. Иванов, А. М. Основы конструкции автомобиля / А. М. Иванов. – М. : За рулем, 2006. – 336 с.
6. Тарасик, В. П. Теория автомобилей и двигателей / В. П. Тарасик, М. П. Бренч. – Минск : Новое знание, 2004. – 400 с.
7. Попков, А. Н. Устройство, обслуживание и ремонт автоматических трансмиссий : учеб. пособие / А. Н. Попков. – М. : Роко, 2003. – 332 с.
8. Дентон, Т. Автомобильная электроника / Т. Дентон ; пер. с англ. – М. : НТ-Пресс, 2008. – 559 с.
9. Астратов, Б. В. Электронное оборудование автомобилей / Б. В. Астратов, Д. А. Соснин, А. А. Тюнин. – М. : СОЛОН-Пресс, 2005. – 284 с.
10. Соснин, Д. А. Новейшие автомобильные электронные системы / Д. А. Соснин, В. Ф. Яковлев. – М. : СОЛОН -Пресс, 2005. – 240 с.
11. Росс, Т. Системы зажигания легковых автомобилей / Т. Росс. – М. : За рулем, 1997. – 95 с.
12. Курулёв, А. П. Устройство автомобиля. В 2 ч. Ч. 1 : Устройство и электрооборудование автомобильной техники : учеб.-метод. пособие / А. П. Курулёв, П. П. Стешенко. – Минск : БГУИР, 2019. – 148 с.
13. Чишков, Ю. П. Электрооборудование автомобилей : учебник / Ю. П. Чишков, С. В. Акимов. – М. : За рулем, 1999. – 384 с.
14. Данов, Б. А. Электронное оборудование иностранных автомобилей. Системы управления трансмиссией, подвеской и тормозной системой / Б. А. Данов, Е. И. Титов. – М. : Транспорт, 1998. – 78 с.
15. Данов, Б. А. Электронное оборудование иностранных автомобилей. Системы управления оборудованием салона / Б. А. Данов, Е. И. Титов. – М. : Транспорт, 1998. – 78 с.
16. Данов, Б. А. Электронные приборы автомобилей / Б. А. Данов, В. Д. Рогачёв. – М. : Транспорт, 1996. – 80 с.
17. Набоких, В. А. Эксплуатация и ремонт электрооборудования автомобилей и тракторов : учебник / В. А. Набоких. – М. : Изд. центр «Академия», 2006. – 236 с.

Содержание

Предисловие	3
Список сокращений и условных обозначений	5
1. Система зажигания двигателя автомобиля	8
1.1. Назначение системы зажигания двигателя автомобиля	8
1.2. Контактная система зажигания	10
1.3. Контактнo-транзисторная система зажигания.....	13
1.4. Бесконтактнo-транзисторная система зажигания	16
1.5. Микропроцессорные системы управления двигателем.....	18
1.6. Статические и динамические параметры системы зажигания двигателя автомобиля.....	22
2. Стартерные устройства автомобиля	26
2.1. Назначение, элементы конструкции и основные характеристики свинцовых аккумуляторных батарей с жидким электролитом.....	26
2.2. Стартер с встроенным цилиндрическим редуктором с внешним зацеплением.....	33
2.3. Стартер с встроенным цилиндрическим редуктором с внутренним зацеплением	35
2.4. Стартер с планетарным мультипликатором	36
2.5. Система стоп-старта автомобиля	37
3. Система энергоснабжения автомобиля	39
3.1. Электрогенераторы и выпрямители автомобиля	39
3.2. Бесщеточный генератор системы энергоснабжения автомобиля.....	41
3.3. Регуляторы напряжения генераторных установок автомобиля.....	42
4. Система освещения. Световая и звуковая сигнализация автомобиля	44
4.1. Международная система обозначений световых приборов автомобиля.....	44
4.2. Типы автомобильных ламп.....	46
4.3. Светосигнальные приборы автомобиля и звуковые сигналы	52
4.4. Электрофизические параметры элементов системы освещения	55
4.5. Европейская система светораспределения фар автомобиля	58
4.6. Адаптивные системы освещения дороги автомобилем.....	58
4.7. Инфракрасные и радарные системы освещения дороги автомобилем	61
5. Информационно-измерительная система автомобиля	63
5.1. Датчики реостатные, температуры, давления	63
5.2. Термобиметаллические датчики, измерители расхода воздуха с датчиком температуры, термоанемометрические измерители расхода воздуха.....	66
5.3. Датчики вибрации и кислорода.....	69
5.4. Спидометры автомобилей.....	71
6. Электромеханические устройства автомобиля	74
6.1. Электродвигатели с электромагнитным возбуждением.....	74
6.2. Моторедукторы и мотонасосы в автомобилях	76
7. Управление электромеханическими устройствами автомобиля	78

7.1. Схемы управления электромеханическими устройствами автомобиля	78
7.2. Защита электрических цепей автомобиля от короткого замыкания и перегрузок	84
7.3. Коммутационная аппаратура автомобиля	85
8. Системы электрооборудования автомобиля	88
8.1. Маркировка и технические характеристики проводов	88
8.2. Классификация электрических схем автомобиля по принципу их построения	89
8.3. Отопительная система автомобиля	90
9. Электронные системы управления двигателем автомобиля	92
9.1. Комплексная система управления опережением зажигания и впрыском топлива в двигателе автомобиля	92
9.2. Система впрыска топлива «K-Jetronic» фирмы BOSCH	94
9.3. Система впрыска топлива «L-Jetronic» фирмы BOSCH	95
9.4. Цифровая система впрыска топлива «ME-Motronic»	98
10. Система управления подвеской автомобиля	102
10.1. Пневматическая система управления подвеской автомобиля	102
10.2. Датчики системы управления подвеской автомобиля	103
11. Бортовая система контроля устройств автомобиля	106
11.1. Бортовая мультиплексная информационно-управляющая система диагностики автомобиля	106
11.2. Режимы диагностики автомобиля	108
11.3. Применение бортовой системы контроля в отечественных автомобилях	109
12. Основные системы безопасности автомобиля	112
12.1. Антиблокировочная и антипробуксовочная системы автомобиля	112
12.2. Система курсовой устойчивости автомобиля	114
12.3. Система распределения тормозных усилий в автомобиле	116
12.4. Система экстренного торможения автомобиля	117
12.5. Электронная блокировка дифференциала автомобиля	117
13. Вспомогательная система активной безопасности автомобиля	118
13.1. Система помощи при спуске автомобиля	118
13.2. Система помощи при подъеме автомобиля	119
14. Система пассивной безопасности автомобиля	119
14.1. Компоненты системы и входные датчики	119
14.2. Исполнительные устройства системы в автомобиле	120
14.3. Виды подушек безопасности в автомобилях	121
14.4. Ремни безопасности с натяжителем	122
14.5. Подголовники в автомобилях	123
14.6. Кузов автомобиля и аварийный размыкатель аккумуляторной батареи	123
15. Сервисные системы автомобиля	124
15.1. Системы контроля расхода топлива в автомобиле	124
15.2. Система активного шумоподавления в салоне автомобиля	125

15.3. Система адаптивного круиз-контроля в автомобиле	126
15.4. Парковочная система (парктроник) автомобиля	127
15.5. Системы отопления, вентиляции и кондиционирования автомобиля	128
15.6. Противоугонные системы в автомобиле	129
16. Электромобили	129
16.1. Общие сведения	129
16.2. Эксплуатационные характеристики электромобилей	132
16.3. Узлы, агрегаты и системы электромобиля	134
16.3.1. Классическая схема	134
16.3.2. Компоненты современного электромобиля	135
16.3.3. Зарядные и защитные устройства	136
16.4. Электродвигатели и приводные системы электромобиля	138
16.5. Электродвигатели постоянного тока	139
16.6. Бесколлекторные электродвигатели постоянного тока	140
16.7. Электроприводные системы	141
16.8. Электропривод постоянного тока	142
16.9. Привод бесколлекторных двигателей постоянного тока	142
16.10. Полупроводниковые ключевые устройства	143
16.11. Коробки переключения передач для электромобилей	144
16.12. Привод электромобилей	145
16.13. Требования к аккумуляторам электромобилей	145
16.14. Гибридные электромобили	146
Приложение 1. Схемы включения генераторных устройств	152
Приложение 2. Международная система обозначений световых приборов	153
Приложение 3. Электрические и светотехнические параметры автомобильных ламп накаливания	154
Приложение 4. Параметры моторедукторов и мотонасосов	155
Приложение 5. Электрооборудование автомобиля	156
Литература	160

Учебное издание

Курулёв Александр Петрович
Стещенко Павел Павлович

УСТРОЙСТВО АВТОМОБИЛЯ

В двух частях

Часть 2

ЭЛЕКТРОННЫЕ УСТРОЙСТВА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Редактор *М. А. Зайцева*
Корректор *Е. Н. Батурчик*
Компьютерная правка, оригинал-макет *А. А. Луцикова*

Подписано в печать 03.012.2021. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 9,65. Уч.-изд. л. 10,6. Тираж 30 экз. Заказ 67.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий №1/238 от 24.03.2014,
№2/113 от 07.04.2014, №3/615 от 07.04.2014.
Ул. П. Бровки, 6, 220013, г. Минск