

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЕЙ

Допущено УМО вузов РФ по образованию
в области транспортных машин и транспортно-технологических
комплексов в качестве учебного пособия для студентов вузов,
обучающихся по направлению подготовки бакалавров
«Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов»
(профили подготовки: «Автомобили и автомобильное хозяйство»,
«Автомобильный сервис»)

Пенза 2014

УДК 621.3:656
ББК 39.3:31.26 я73
Э45

Рецензенты: кафедра «Эксплуатация машино-тракторного парка» Пензенской государственной сельскохозяйственной академии (зав. каф. доктор технических наук, профессор К.З. Кухмазов); кандидат технических наук, доцент А.А. Грабовский (ПГУ)

Э45 **Электронные системы автомобилей: учеб. пособие / А.С. Ширшиков, В.В. Лянденбургский, Г.И. Шаронов, А.М. Белоковылский. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 232 с.**
ISBN 978-5-9282-1042-7

Рассмотрены принципы работы, конструкция, основные характеристики электронных систем автомобилей.

Учебное пособие подготовлено на кафедре «Эксплуатация автомобильного транспорта» и предназначено для студентов, обучающихся по направлению 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» (профили подготовки: «Автомобили и автомобильное хозяйство», «Автомобильный сервис») всех форм обучения

ISBN 978-5-9282-1042-7

© Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2014
© Ширшиков А.С., Лянденбургский В.В., Шаронов Г.И., Белоковылский А.М., 2014

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие написано в соответствии с программой дисциплины «Электронные системы и бортовые компьютеры автомобилей» на основе опыта ее преподавания в Пензенском государственном университете архитектуры и строительства. В пособии дается информация как о старом, но еще широко распространенном электрооборудовании автомобилей, так и о современном электрооборудовании, рассматриваются основные направления развития электрооборудования автомобилей.

Практическую ценность представляют содержащиеся в учебном пособии сведения об устройстве и принципах работы электронных систем автомобиля, знание которых позволяет принимать эффективные решения при выборе электронных систем, его модернизации, диагностировании и восстановлении.

Весь учебный материал в учебном пособии изложен в строгой логической последовательности: 1) назначение соответствующего электрооборудования; 2) его состав; 3) принцип действия; 4) функционирование электрооборудования конкретного типа.

Авторы выражают благодарность за ценные замечания и советы рецензентам книги – доктору технических наук, профессору К.З. Кухмазову заведующему кафедры «Эксплуатация машино-тракторного парка» Пензенской государственной сельскохозяйственной академии и доценту Пензенского государственного университета кандидату технических наук, доценту А.А. Грабовскому.

ВВЕДЕНИЕ

В автомобиле для придания ему высоких эксплуатационных свойств широко применяется оборудование из различных областей техники. Оборудование, в котором используются электротехнические, электромеханические, электронные и светотехнические устройства, принято объединять в единый комплекс под названием электронные системы автомобиля. Устройства, входящие в состав электронных систем, исходя из выполняемых задач можно отнести к следующим основным группам: источникам и потребителям электрической энергии. Задача источников – обеспечение потребителей необходимым количеством электрической энергии в различных условиях эксплуатации. Потребители электрической энергии выполняют самые разнообразные функции. Уже традиционным стало применение электрической энергии для зажигания рабочей смеси в цилиндрах карбюраторного двигателя и его пуска, освещения пути следования автомобиля и передачи необходимой информации (световой и звуковой) другим участникам дорожного движения, контроля работы узлов, агрегатов и автомобиля в целом. Здесь перечислены далеко не все функции, которые выполняет или в выполнении которых задействовано электрооборудование.

Многообразие функций электронных систем потребовало изменения подхода к нему как при конструировании, так и при эксплуатации. Современные электронные системы рассматриваются как совокупность систем, имеющих свое собственное назначение и различным образом взаимосвязанных между собой и с другими системами автомобиля. В систему объединяются устройства, участвующие в выполнении определенных функций, и связи между ними. Руководствуясь таким подходом, можно выделить следующие основные электронные системы автомобилей:

- 1) систему электроснабжения;
- 2) систему пуска;
- 3) систему зажигания;
- 4) систему освещения;
- 5) систему сигнализации;
- 6) системы автоматического управления агрегатами автомобиля;
- 7) информационно-диагностическую систему;
- 8) систему вспомогательного электрооборудования.

В бортовой сети автомобиля используется постоянный ток при номинальном напряжении 12 или 24 В. Напряжение 24 В выбирается в тех случаях, когда система пуска не обеспечивает необходимых мощностных

характеристик при напряжении 12 В. Иногда применяются бортовые сети, обеспечивающие переключение напряжения с 12 на 24 В. В этих сетях стартер включается в цепь напряжением 24 В, а остальные потребители – напряжением 12 В.

Электрооборудование автомобилей постоянно совершенствуется в разных направлениях. Во-первых, увеличивается число потребителей. Появляются устройства, которые позволяют улучшить условия труда водителей, повысить безопасность движения и топливную экономичность, уменьшить загрязнение окружающей среды. Во-вторых, повышается технический уровень традиционных устройств благодаря применению новых материалов и совершенствованию конструкции. В-третьих, широко внедряются электронные приборы, в которых используются самые последние достижения электронной техники.

Электрооборудование современного автомобиля во многом влияет на его надежность. Для обеспечения надежной работы электрооборудования необходимо четко представлять себе устройство отдельных систем и электрооборудования в целом, неукоснительно выполнять все работы по техническому обслуживанию и в том числе владеть основными приемами поиска неисправностей.

1. СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Система электроснабжения обеспечивает производство электрической энергии и ее передачу потребителям. Передачу электрической энергии осуществляет бортовая электрическая сеть, включающая в себя провода, защитную, распределительную и коммутационную аппаратуру. Производство электрической энергии на автомобиле выполняют генераторная установка и аккумуляторная батарея, включенные параллельно. Они обеспечивают в бортовой сети автомобиля постоянное напряжение 12 или 24 В.

Выходное напряжение U_G генератора (рис. 1.1) зависит от его нагрузки (силы тока I_G) и от его частоты вращения n . Поэтому для стабилизации напряжения в бортовой сети автомобиля применяется регулятор напряжения, который соответствующим образом воздействует на ток I_B в обмотке возбуждения генератора.

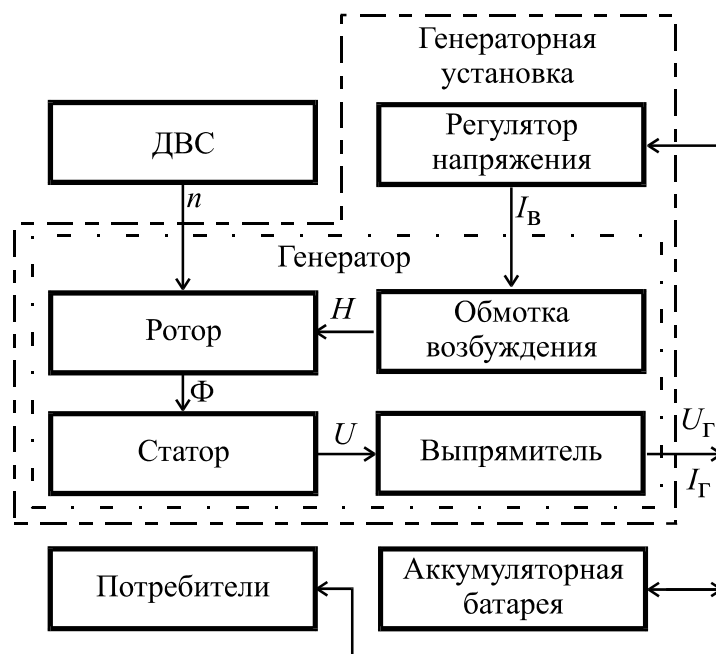


Рис. 1.1. Структурная схема системы электроснабжения автомобиля:
 n – частота вращения генератора; I_B – ток в обмотке возбуждения;
 U – выходное напряжение генератора переменного тока; U_G – выходное напряжение вентильного генератора; I_G – ток в нагрузке;
 H – напряженность;
 Φ – магнитный поток

1.1. Аккумуляторные батареи

Аккумуляторные батареи в автомобиле обеспечивают электропитание потребителей при недостаточной мощности энергии, вырабатываемой генератором (например, при неработающем двигателе, при пуске двигателя, при малых оборотах двигателя).

1.1.1. Электрохимические процессы в свинцовых аккумуляторах

Аккумулятор накапливает и хранит в себе химическую энергию активных материалов и преобразует накопленную химическую энергию в электрическую.

Активными веществами заряженной аккумуляторной батареи являются двуокись свинца PbO_2 (положительный электрод), губчатый свинец Pb (отрицательный электрод) и электролит – водный раствор серной кислоты ($H_2SO_4 + H_2O$).

При разряде аккумулятора активные вещества превращаются в сульфат свинца $PbSO_4$ и воду.

При заряде аккумулятора происходит обратное преобразование сульфата свинца $PbSO_4$ и воды в активные вещества PbO_2 , Pb и H_2SO_4 . В конце заряда аккумулятора плотность электролита перестает изменяться, т.к. процессы преобразования веществ на электродах заканчиваются. При продолжении заряда происходит интенсивное разложение воды на кислород и водород, что создает эффект кипения электролита. Неизменность плотности электролита или его кипение служат признаком окончания зарядного процесса.

1.1.2. Устройство аккумуляторов и батарей

Аккумуляторные батареи можно разделить на три группы:

- 1) традиционные;
- 2) малообслуживаемые;
- 3) необслуживаемые.

Традиционные батареи собираются в корпусах с отдельными крышками и в корпусах с общей крышкой.

Батареи с отдельными крышками собираются в одном эбонитовом или пластмассовом сосуде – моноблоке, разделенном перегородками на отдельные камеры по числу аккумуляторов (в просторечии – банок) в батарее. В каждой камере помещен электродный блок, состоящий из чередующихся положительных и отрицательных электродов, разделенных сепараторами. Сепараторы служат для предотвращения замыкания электродов, но при этом за счет своей пористости способны пропускать через себя электролит. Электроды устанавливаются на опорные призмы, что предотвращает замыкание разноименных электродов через шлам, накапливающийся в процессе эксплуатации на дне моноблока.

Сверху электродного блока устанавливается перфорированный предохранительный щиток, защищающий верхние кромки сепараторов от механических повреждений при замерах температуры, уровня и плотности электролита.

Каждый аккумулятор батареи закрывается отдельной крышкой из эбонита или пластмассы. В крышке имеется два отверстия для вывода борнов электродного блока и одно резьбовое отверстие – для заливки электролита. Резьбовое отверстие закрывается резьбовой пробкой из полиэтилена, имеющей небольшое вентиляционное отверстие, предназначенное для выхода газов во время эксплуатации.

В новых сухозаряженных батареях вентиляционное отверстие закрыто приливом. После заливки электролита этот прилив следует срезать.

Соединение аккумуляторов в батарею осуществляется с помощью перемычек. К выводным борнам крайних аккумуляторов приваривают полюсные выводы для соединения батареи с внешней электрической цепью. Диаметр положительного вывода больше диаметра отрицательного. Это исключает неправильное подключение батареи. В некоторых случаях полюсные выводы имеют отверстия под болт.

Герметизация батареи в местах сопряжения крышек со стенками и перегородками моноблока обеспечивается обратимой битумной заливочной мастикой.

Батареи с общей крышкой изготавливают в пластмассовых моноблоках. Эластичность пластмассы позволяет соединять аккумуляторы в батарею сквозь отверстия в перегородках моноблока. Это делает возможным на 0,1...0,3 В повысить напряжение батареи при стартерном разряде и уменьшить расход свинца в батарее на 0,5...3 кг. Применение термопластичных пластмасс привело к значительному снижению массы корпуса батареи.

Использование пластмассового моноблока и общей крышки позволило применить герметизацию батареи методом контактно-тепловой сварки, что обеспечивает надежную герметичность при температурах от -50 до $+70$ °С.

Малообслуживаемые батареи. В малообслуживаемых батареях содержание сурьмы в сплаве токоотводов снижено в 2-3 раза по сравнению с традиционными батареями. Ряд производителей к малосурьмянистому свинцу добавляет различные легирующие вещества, в частности серебро и селен. Это обеспечивает подзаряд батареи в интервале регулируемого напряжения практически без газовыделения. В традиционных батареях заметное газовыделение начинается при напряжении 14,4 В. Вместе с тем скорость саморазряда малообслуживаемой батареи снижена примерно в 5-6 раз.

Малообслуживаемая батарея имеет улучшенную конструкцию. Один из аккумуляторных электродов в ней помещен в сепаратор-конверт, опорные призмы удалены, электроды установлены на дно моноблока. В результате этого электролит, который в традиционных батареях был под электродами, в малообслуживаемых батареях находится над электродами.

Поэтому доливка воды в такую батарею необходима не чаще, чем 1 раз в 1,5...2 года. В традиционных батареях доливка необходима 1–2 раза в месяц.

Необслуживаемые батареи отличаются малым расходом воды и не требуют ее долива в течение всего срока службы. Вместо сурьмы в сплаве решеток аккумуляторов используется другой элемент (обычно – кальций). Применение кальция позволило уменьшить газовыделение более чем в десять раз. Столь медленное «выкипание» большого объема воды можно «растянуть» на весь срок службы аккумулятора, вообще отказавшись от заливных отверстий. Такой аккумулятор получается действительно необслуживаемым, т.к. заливать воду в него невозможно.

1.1.3. Основные параметры аккумуляторных батарей

Электродвижущей силой (ЭДС) аккумулятора E называют разность его электродных потенциалов (напряжение аккумулятора) при разомкнутой внешней цепи:

$$E = \varphi^+ - \varphi^-,$$

где φ^+ и φ^- – потенциалы положительного и отрицательного электродов соответственно.

ЭДС батареи, состоящей из n последовательно соединенных аккумуляторов,

$$E_6 = nE.$$

Для практических целей ЭДС может быть определена по эмпирической формуле

$$E = 0,84 + \gamma_{25},$$

где γ_{25} – плотность электролита при температуре $+25\text{ }^\circ\text{C}$, измеренная в г/см^3 .

Если измерения проводились при температуре, отличной от $+25\text{ }^\circ\text{C}$, то необходимо привести плотность γ_t к температуре $+25\text{ }^\circ\text{C}$:

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

На практике более важным параметром является *напряжение аккумулятора*, которое при разряде всегда ниже, при заряде выше, а при разомкнутой внешней цепи равно значению ЭДС. Это отличие обусловлено падением напряжения на внутреннем сопротивлении аккумулятора R_0 , а также электродной поляризацией.

Поляризацией называется явление изменения потенциала электрода от исходного равновесного φ (без тока) до нового φ^I (при прохождении тока). Поляризация является следствием затруднения протекания электродного процесса на аккумуляторных электродах из-за изменения концентрации

электролита вблизи электродов; образования на поверхности электрода слоя сульфата свинца и др.

Омическое сопротивление батареи R_0 складывается из сопротивлений электролита $R_э$, сепараторов $R_с$, активной массы $R_м$, решеток $R_р$ и соединительных элементов $R_{с.э}$:

$$R_0 = R_э + R_с + R_м + R_р + R_{с.э}.$$

Под сопротивлением электролита понимается сопротивление той его части, которая находится между электродами.

Разрядной емкостью C_p называется максимальное количество электричества Q_{pmax} , которое аккумулятор может сообщить во внешнюю цепь при разряде от начального напряжения $U_{нач}$ до конечного $U_{кон}$. Обычно разрядная емкость аккумуляторных батарей определяется при постоянном токе разряда I_p . Тогда

$$C_p = I_p t_{кон},$$

где $t_{кон}$ – время разряда аккумуляторной батареи от напряжения $U_{нач}$ до напряжения $U_{кон}$.

Номинальная разрядная емкость аккумуляторной батареи C_{20} определяется при 20-часовом режиме разряда током $I = 0,05 C_{20}$ при температуре $+25$ °С. Разряд должен прекращаться после достижения конечного напряжения 5,25 В у батареи на 6 В и 10,5 В у батареи на 12 В.

На практике при определении разрядной емкости используют внесистемную единицу измерения *ампер-час* ($1 \text{ А} \cdot \text{ч} = 3600 \text{ Кл}$).

На батареях, сделанных в США и в некоторых азиатских странах, вместо номинальной емкости указывается резервная емкость. Этот параметр показывает время (в минутах) разряда батареи током 25 А до конечного напряжения 10,5 В. По мнению американских производителей, он близок к реальному потреблению тока на автомобиле при неработающем генераторе.

Для электропотребителей автомобиля, представляющих собой нагрузку аккумуляторной батареи, важным показателем является *энергозапас* аккумуляторной батареи W_p , под которым понимается максимальное количество энергии, выделяемое во внешней цепи за время $t_{кон}$. При постоянном разрядном токе

$$W_p = \bar{U}_p I_p t_{кон} = \bar{U}_p C_p,$$

где \bar{U}_p – среднее значение напряжения U_p за время $t_{кон}$.

1.1.5. Факторы, влияющие на емкость аккумуляторной батареи

Из принципа работы свинцово-кислотного аккумулятора следует, что емкость аккумулятора определяется объемом активной массы и электролита. Но реально емкость батареи зависит еще и от множества конструктивных, технологических и эксплуатационных факторов.

Емкость аккумуляторной батареи существенно снижается с увеличением силы тока (рис. 1.2) и с понижением температуры (рис. 1.3) из-за увеличения вязкости электролита и замедления поступления серной кислоты в поры активной массы.

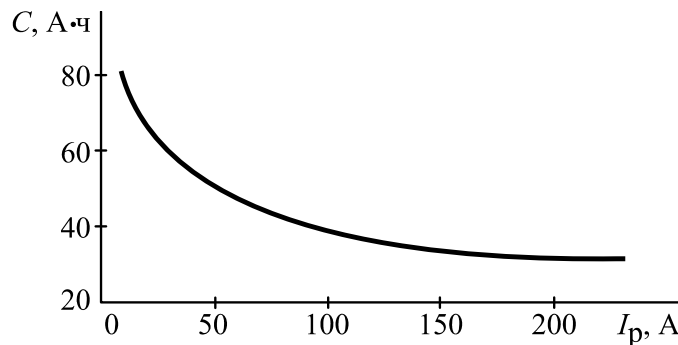


Рис. 1.2. Зависимость емкости аккумуляторной батареи от разрядного тока

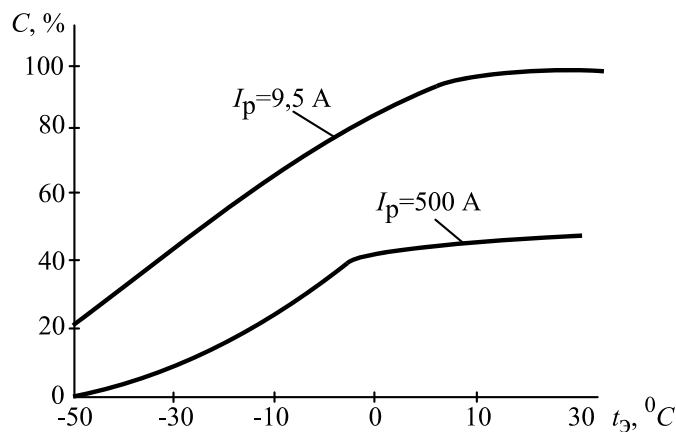


Рис. 1.3. Зависимость емкости аккумуляторной батареи от температуры электролита в режиме разряда

Так как емкость аккумуляторной батареи зависит от температуры, то значение емкости, полученное при температуре T , приводят к температуре 25 °C:

$$C_{25} = \frac{C_T}{1 + 0,01(T - 25)},$$

где C_{25} – емкость, приведенная к температуре 25 °C;

C_T – емкость, полученная при средней температуре T ;

0,01 – температурный коэффициент изменения емкости при температуре 18...27 °C.

При известной начальной плотности электролита γ_3 степень разряженности определяется по формуле

$$\Delta C_p = \frac{\gamma_3 - \gamma_{25}}{0,16} 100\%,$$

где γ_{25} – плотность электролита при температуре +25 °С (плотности γ_3 и γ_{25} измерены в г/см³).

1.1.6. Подготовка аккумуляторной батареи к эксплуатации

Приготовление электролита. Существует два способа приготовления электролита. Способ 1: концентрированная серная кислота плотностью 1,83 г/см³ добавляется в дистиллированную воду (но не наоборот). Способ 2: электролит плотностью 1,40 г/см³ добавляется в дистиллированную воду или в электролит, плотность которого ниже необходимой плотности. Следует учитывать, что плотность электролита для различных времен года и климатических условий должна быть различной. Например, в районах с умеренным климатом (со средней месячной температурой в январе –15...–8 °С) плотность электролита должна быть равна 1,26±0,01 г/см³, в районах с холодным климатом (со средней месячной температурой в январе –30...–15 °С) – 1,28 ± 0,01 г/см³.

Заливка батареи электролитом. Температура заливаемого электролита должна быть в пределах 15...30 °С. Его плотность зависит от климатических условий эксплуатации батареи. Перед заливкой необходимо отвернуть вентиляционные пробки и удалить элементы, герметизирующие вентиляционные отверстия. Электролит заливают до тех пор, пока он не достигнет нижнего торца тубуса горловины крышки или определенного уровня выше предохранительного щитка (для традиционных аккумуляторных батарей уровень электролита равен 10 мм). Плотность электролита, заливаемого в новую батарею, должна быть на 0,02 г/см³ меньше той плотности, которая требуется в конце заряда для данной климатической зоны. Если через два часа после заливки сухозаряженной батареи плотность электролита будет на 0,03 г/см³ ниже плотности этого электролита через 20 минут после заливки, то батарею следует зарядить, а затем скорректировать плотность электролита. Но желательно все же заряжать батарею в любом случае.

Заряд аккумуляторных батарей. Аккумуляторные батареи можно заряжать от любого источника постоянного тока при условии, что его напряжение больше напряжения заряжаемой батареи. Для полного заряда батарея должна принять 150 % своей емкости. Различают два основных способа заряда: при постоянном токе и при постоянном напряжении.

Заряд при постоянном токе. Оптимальная сила тока заряда составляет: $I_3=0,1 \cdot C_{20}$. При повышении температуры электролита до 45 °С необходимо снизить зарядный ток в два раза или прервать заряд для охлаждения электролита до 30...35 °С.

Методом заряда при постоянном токе можно заряжать n последовательно включенных аккумуляторов при напряжении на выходе зарядного устройства $U_3 > 2,7n$.

Достоинствами данного метода являются: 1) простота зарядных устройств; 2) простота расчета количества электричества, сообщаемого батарее (количество электричества равно произведению тока и времени заряда).

Недостатком метода при малом токе заряда является большая длительность заряда, а при большом – плохая заряжаемость к концу заряда и повышенная температура электролита.

Заряд при постоянном напряжении. Данный метод используется, в частности, для заряда аккумулятора, уже установленного на автомобиле. Метод имеет два недостатка, проявляющихся в начале заряда полностью разряженных батарей: 1) зарядный ток достигает 1...1,5 C_{20} ; 2) из-за большого зарядного тока перегревается аккумулятор. Поэтому для предохранения генератора от перегрузки на автомобиле устанавливаются ограничители тока.

Продолжительность заряда при использовании обоих методов одинакова. Недостатки, присущие этим методам, преодолеваются комбинированными способами заряда.

Заряд ступенчатым током (ступенчатый заряд). Способ заключается в том, что сначала заряд выполняют номинальным током до заданного напряжения, затем ток снижают в 2...3 раза и доводят заряд до конца. Используются двух-, трех- и четырехступенчатые режимы заряда.

Смешанный способ заряда. При данном способе сначала осуществляется заряд при постоянном токе, а затем – при постоянном напряжении.

Уравнительный заряд. Сущность заряда заключается в заряде при постоянном токе, равном 0,1 C_{20} , до тех пор, пока плотность электролита и напряжение батареи не будут постоянными в течение 3 часов. Такой заряд необходим для выравнивания степени заряженности всех аккумуляторов батареи и устранения сульфатации электродов. Явление *сульфатации* заключается в образовании крупных труднорастворимых кристаллов сернокислого свинца (сульфата свинца) на поверхности электродов и на стенках пор активного вещества. В результате сульфатации не всё активное вещество электродов может участвовать в работе. Поэтому ёмкость батареи снижается. Сульфатацию определяют по ЭДС аккумулятора. Если ЭДС

аккумулятора, измеренная вольтметром, будет меньше ЭДС, подсчитанной по плотности, то электроды аккумулятора сульфатированы.

Контрольный разряд аккумуляторной батареи. Контрольный разряд проводится для определения исправности полностью заряженной батареи. Сила разрядного тока поддерживается равной $0,1C_{20}$. Когда на зажимах одного из аккумуляторов напряжение понизится до 1,7 В (или 10,2 В на батарее), разряд заканчивают. Батарея считается исправной, если время разряда будет не менее 7,5 ч для батарей с электролитом плотностью $1,29 \text{ г/см}^3$, 6,5 ч – для $1,27 \text{ г/см}^3$, 5,5 ч – для $1,25 \text{ г/см}^3$. В противном случае батарея является неисправной. К основным причинам плохой заряжаемости батарей относятся: 1) высыпание активной массы из решеток вследствие коробления последних при заряде большими токами, при замерзании электролита и т.п.; 2) наличие в аккумуляторном электролите примесей веществ, которые, осаждаясь на электродах, экранируют часть их рабочей поверхности, препятствуя протеканию на ней основной токообразующей реакции, и способствуют усиленному разложению воды и газовыделению; 3) сульфатация электродов из-за хранения батареи в теплом помещении при высокой плотности электролита. Из-за систематических недозарядов батареи, высокого саморазряда, длительного бездействия батареи в разряженном (частично или полностью) состоянии, снижения уровня электролита ниже верхней кромки электродов возникает *необратимая сульфатация*.

Устранение сульфатации электродов. Сульфатацию устраняют несколькими циклами разряда-заряда при малой плотности электролита ($1,11...1,12 \text{ г/см}^3$). Заряд производят током не более $0,05C_{20}$ ампер, доводят плотность электролита до нормы, а затем проводят контрольный разряд батареи при силе тока $0,1C_{20}$. Разряд заканчивают, когда на зажимах одного из аккумуляторов напряжение понизится до 1,7 В (или 10,2 В на батарее). Батарея считается исправной, если время разряда будет не менее 7,5 ч для батарей с электролитом плотностью $1,29 \text{ г/см}^3$, 6,5 ч – для $1,27 \text{ г/см}^3$, 5,5 ч – для $1,25 \text{ г/см}^3$. В противном случае батарею подвергают нескольким циклам заряда-разряда. Если при повторных циклах время разряда не увеличивается, то батарея требует ремонта.

Хранение аккумуляторных батарей. Новые, не залитые электролитом батареи хранятся при температуре не ниже $-50 \text{ }^\circ\text{C}$. Максимальный срок хранения сухих батарей – три года. Заряженные батареи с электролитом хранятся по возможности при температуре не выше $0 \text{ }^\circ\text{C}$. Минимальная температура их хранения $-30 \text{ }^\circ\text{C}$. При чрезмерно низких температурах электролит может замерзнуть. Электролит, имеющий плотность $\gamma_{25}=1,31 \text{ г/см}^3$, замерзает при температуре ниже $-40 \text{ }^\circ\text{C}$, при $\gamma_{25}=1,27 \text{ г/см}^3$ электролит замерзает при температуре до $-30 \text{ }^\circ\text{C}$. Срок хранения батарей с электролитом при отрицательной температуре – до 1,5 лет, при положительной темпера-

туре – до 9 месяцев. Батарею не рекомендуется ставить на длительное хранение, если ее контрольный разряд током $0,1C_{20}$ при температуре $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и плотности электролита 1,24; 1,26; 1,28 г/см³ длится менее 5,5, 6,5 и 7,5 часов соответственно. Перед постановкой на хранение несухозаряженной батареи необходимо: 1) полностью зарядить батарею; 2) скорректировать плотность электролита; 3) если потребовалась коррекция плотности, то следует подзарядить батарею в течение 30 минут для выравнивания плотности электролита по объему каждой банки; 4) удалить с батареи токопроводящий слой, используя для этого раствор пищевой соды или нашатыря.

1.2. Автомобильные генераторные установки

Автомобильные генераторные установки представляют собой совокупность генератора, выпрямителя (если используется генератор переменного тока) и регулятора напряжения. В настоящее время коллекторные генераторы постоянного тока практически полностью вытеснены *вентильными генераторами* – генераторами переменного тока со встроенными в них выпрямителями. Это обусловлено следующим: вентильные генераторы при той же мощности в 1,8...2,5 раза легче генераторов постоянного тока, имеют большую максимальную мощность, более надежны. Современные вентильные генераторы включают в свою конструкцию и выпрямитель, и регулятор напряжения. В схемы генераторных установок стали добавляться элементы защиты от аварий.

Главным требованием, предъявляемым к генераторным установкам, является обеспечение электропитанием потребителей во всех режимах работы автомобиля. Номинальное напряжение генератора равно 14 В или 28 В (для дизельных двигателей). Номинальная мощность генератора определяется как произведение номинального напряжения на максимальную силу выходного тока. Максимальный ток, отдаваемый генератором, указывается обычно при частоте вращения 5000 мин^{-1} , а для современных генераторов – при частоте 6000 мин^{-1} .

Генераторные установки выполняются по однопроводной схеме, в которой с корпусом соединен отрицательный полюс системы.

Обозначение элементов современной генераторной установки производится следующим образом:

xxxx.3701 – генератор;

xxxx.3702 – регулятор напряжения.

1.2.1. Автомобильные вентильные генераторы

Действие автомобильных генераторов основано на явлении электромагнитной индукции. Это явление состоит в том, что если с определенной скоростью изменять магнитный поток, пронизывающий катушку, то на ее выводах появится напряжение, равное произведению числа ее витков на скорость изменения магнитного потока (рис. 1.4).

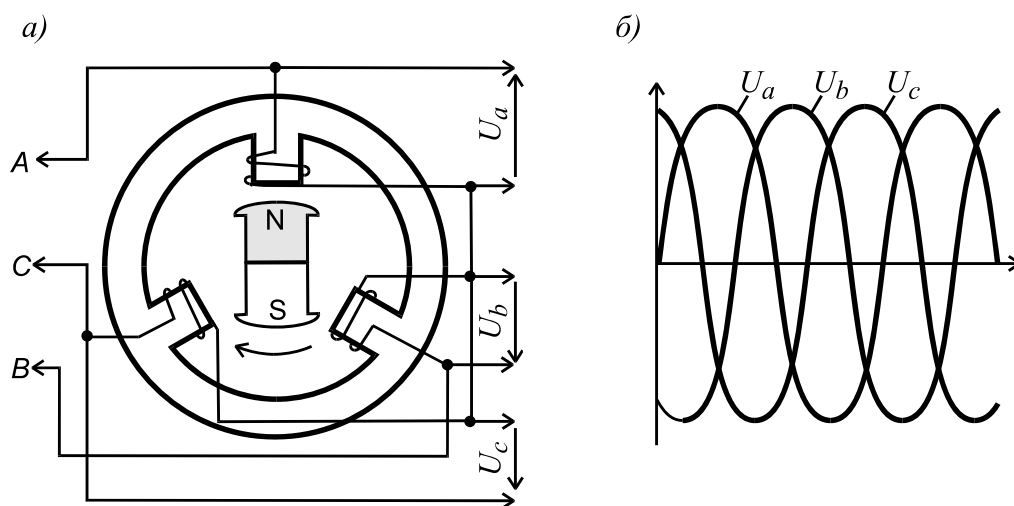


Рис. 1.4. Генератор переменного тока с ротором, представляющим собой постоянный магнит:
а – упрощенная конструкция генератора;
б – временные диаграммы фазных напряжений

Вентильные автомобильные генераторы делятся на щёточные и бесщёточные.

Трёхфазный *щёточный генератор* состоит из статора 1, на зубцах которого закрепляется обмотка 2, и вращающегося ротора с полюсами 3, на которых находится обмотка возбуждения 5. Электрический ток к обмотке возбуждения подводится через вращающиеся кольца и неподвижные щетки 4. Обмотка статора состоит из трех фазных обмоток. При вращении ротора напротив фазных обмоток оказывается то северный, то южный полюс ротора (рис. 1.5). В результате этого в обмотках вырабатываются переменные напряжения, равные по амплитуде и частоте, но сдвинутые друг относительно друга на 120° . Амплитуда напряжения тем больше, чем больше частота вращения ротора и чем больше сила тока в обмотке возбуждения. В реальных генераторах число зубцов статора достигает 36. Ротор реального автомобильного щёточного генератора – *генератора с клювообразным ротором* – состоит из двух полюсных половин. Каждая половина имеет выступы-клювы, охватывающие собой обмотку возбуждения. Клювообразные полюсы позволяют с помощью одной катушки образовывать многополюсную систему.

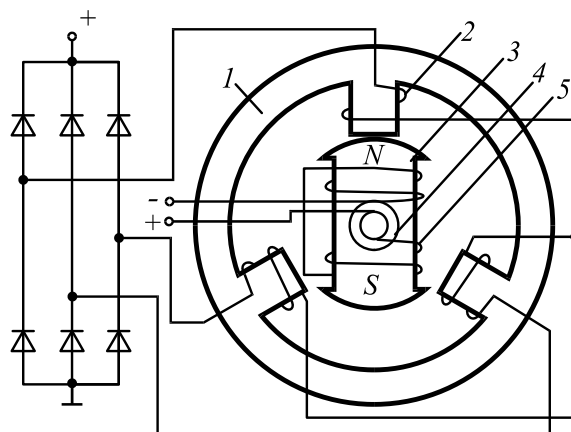


Рис. 1.5. Вентильный щёточный генератор (упрощенная конструкция):
1 – статор; 2 – обмотка статора; 3 – полюс ротора; 4 – контактные кольца;
5 – обмотка возбуждения

Недостатком генераторов, имеющих описанную конструкцию, является наличие трущихся электрических контактов. Этот недостаток устранен в *бесщёточных* генераторах индукторного типа и генераторах с укороченными полюсами.

В *индукторных генераторах* (рис. 1.6) обмотка возбуждения жёстко закреплена на стальной передней крышке. Ротор генератора представляет собой многолучевую звёздочку 2, надетую на вал. Статор по конструкции не отличается от статора щёточного генератора. При вращении ротора напротив обмоток статора попеременно оказывается то зубец, то впадина ротора. Поэтому магнитный поток, проходящий через них, то увеличивается, то уменьшается. В катушках появляется переменное напряжение.

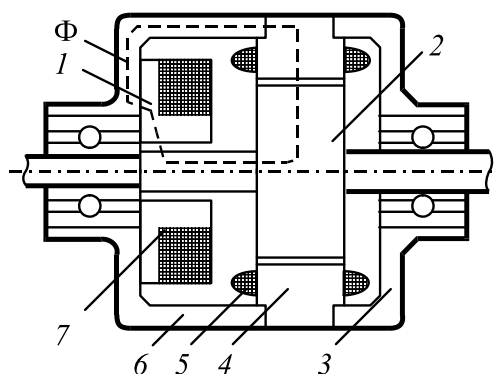


Рис. 1.6. Вентильный индукторный генератор:
1 – индуктор; 2 – ротор (многолучевая стальная звездочка); 3 – задняя крышка;
4 – магнитопровод; 5 – обмотка статора; 6 – передняя крышка-магнитопровод;
7 – обмотка возбуждения

Другой тип бесщёточных генераторов – *генераторы с укороченными полюсами* (рис. 1.7). По конструкции они занимают промежуточное положение между генераторами с клювообразным ротором и индукторными генераторами. В этих генераторах клювы ротора укорочены настолько, что

полученной щели хватает для размещения проводов питания обмотки возбуждения и деталей для закрепления обмотки возбуждения между полюсными половинами.

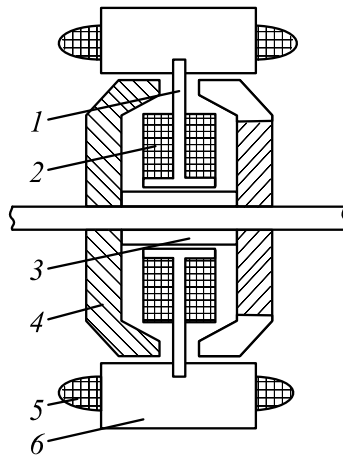


Рис. 1.7. Вентильный генератор с укороченными полюсами:
1 – крепление обмотки возбуждения; 2 – обмотка возбуждения; 3 – втулка;
4 – укороченные полюсные половины; 5 – обмотка статора; 6 – статор

Переменный ток, наводимый в обмотках статора, выпрямляется полупроводниковым *выпрямителем*, собранным из диодов по мостовой схеме (рис. 1.8). Диоды $VD1... VD3, VD7... VD9$ образуют силовой выпрямитель. Катоды диодов $VD7...VD9$ соединены с выводом «+» генератора, а аноды диодов $VD1...VD3$ – с выводом «-». Диоды $VD1...VD6$ образуют дополнительный выпрямитель для обмотки возбуждения, подключенной к нему через вывод «Д». Этот выпрямитель предотвращает разряд аккумуляторной батареи на обмотку возбуждения генератора при неработающем двигателе автомобиля.

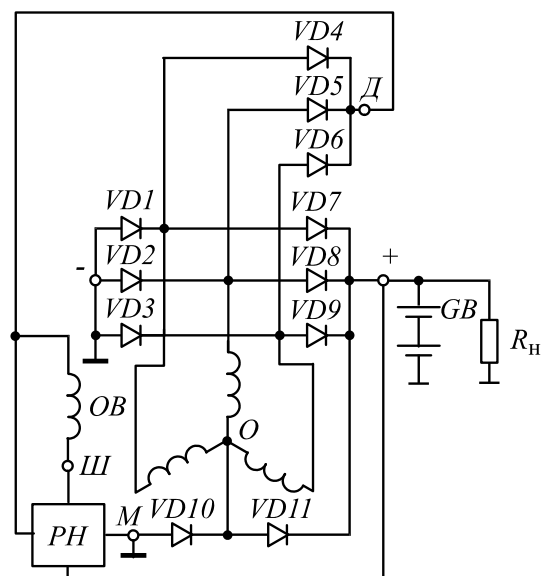


Рис. 1.8. Генераторная установка с выпрямителем, имеющим дополнительное плечо

В моделях современных генераторов силовой выпрямитель содержит дополнительное плечо из диодов $VD10...VD11$, соединенное с нулевой точкой 0 генератора. Дополнительное плечо используется, если фазное напряжение генератора по форме отличается от синусоиды. В этом случае в нем имеются различные гармоники, в частности третья гармоника и гармоники, кратные трем. В линейном напряжении этих гармоник нет, так как они взаимно компенсируют друг друга. Введение дополнительного плеча позволяет подавать в нагрузку вместо линейного напряжения фазное. Так как все гармоники при этом попадают в нагрузку, то увеличение мощности генератора без изменения его габаритов достигает 15 %.

1.2.2. Характеристики генераторов переменного тока

Основными характеристиками генераторов переменного тока являются: 1) внешняя; 2) скоростная регулировочная и 3) токоскоростная характеристики.

Внешняя характеристика – зависимость напряжения генератора от тока $U_{\Gamma}(I_{\Gamma})$ при $n = \text{const}$ – может определяться при самовозбуждении и при независимом возбуждении.

При увеличении нагрузки (а значит, и силы тока) происходит снижение выходного напряжения генератора (рис. 1.9). Причинами этого являются: 1) падение напряжения в активном и индуктивном сопротивлениях обмоток статора; 2) размагничивающее действие реакции якоря, уменьшающей магнитный поток в воздушном зазоре; 3) падение напряжения в цепи выпрямителя; 4) в случае самовозбуждения – падение напряжения на обмотке возбуждения. Из семейства внешних характеристик определяется максимальный ток, который обеспечивается при заданном или регулируемом значении напряжения.

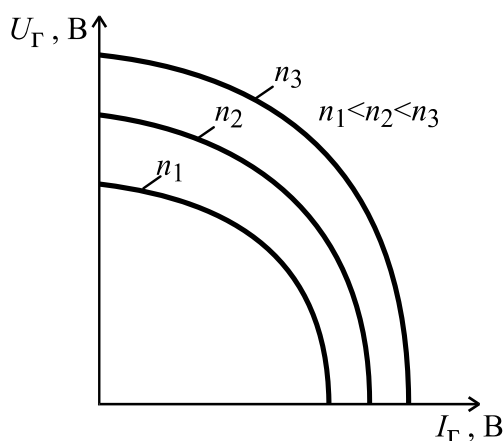


Рис. 1.9. Внешняя характеристика генератора переменного тока с независимым возбуждением

Скоростная регулировочная характеристика $I_B(n)$ (рис. 1.10, а) обычно снимается при нескольких значениях тока нагрузки. Минимальное значение тока возбуждения измеряется при токе нагрузки генератора, равном нулю, и максимальной частоте вращения. Скоростные регулировочные характеристики позволяют определить диапазон изменения тока возбуждения с изменением нагрузки при постоянном напряжении.

Токоскоростная характеристика $I_T(n)$ (рис. 1.10, б) имеет важное значение при разработке и выборе генератора.

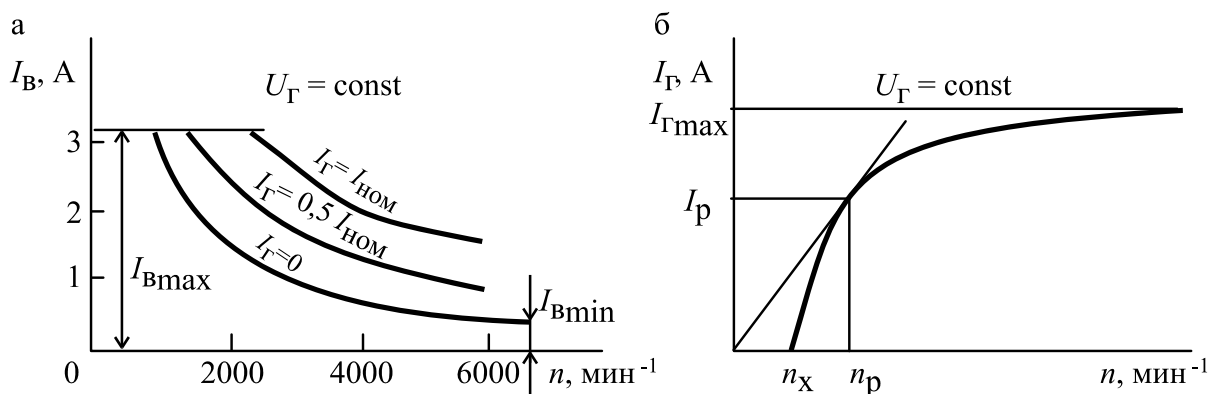


Рис. 1.10. Характеристики генератора переменного тока при $U_T = \text{const}$:
а – скоростная регулировочная характеристика;
б – токоскоростная характеристика

Все современные автомобильные генераторы обладают *свойством самоограничения максимального тока*: при изменении частоты вращения генератора в диапазоне больших частот сила тока генератора остается неизменной.

1.2.3. Регуляторы напряжения

Выходное напряжение генератора зависит от трех величин: 1) частоты вращения его ротора; 2) выходной силы тока генератора; 3) силы тока в обмотке возбуждения генератора. Так как первые две величины в автомобильном генераторе постоянно изменяются, то для обеспечения стабильного напряжения необходимо соответствующим образом воздействовать на силу тока в обмотке возбуждения генератора. Для этого в генераторную установку вводится регулятор напряжения.

По своей конструкции регуляторы делятся на вибрационные (реле-регуляторы), контактно-транзисторные и бесконтактные (транзисторные).

В *вибрационных регуляторах* при повышенном напряжении на выходе генератора электромагнитное реле своими контактами включает в цепь

питания обмотки возбуждения добавочный резистор. При пониженном напряжении добавочный резистор отключается (шунтируется).

Контактно-транзисторный регулятор работает аналогично вибрационному. Отличие заключается в том, что контакты электромагнитного реле, входящего в состав контактно-транзисторного регулятора, служат для управления транзистором. Транзистор работает в ключевом режиме и выполняет ту роль, которую в вибрационном регуляторе выполняют контакты электромагнитного реле. Так как управление транзистором осуществляется малыми токами, то износ контактов в контактно-транзисторном регуляторе по сравнению с вибрационным существенно ниже.

Общим недостатком вибрационных и контактно-транзисторных регуляторов является нестабильность регулируемого напряжения, вызываемая старением возвратной пружины электромагнитного реле. Этот недостаток полностью исключается в *бесконтактных регуляторах напряжения* (рис. 1.11).

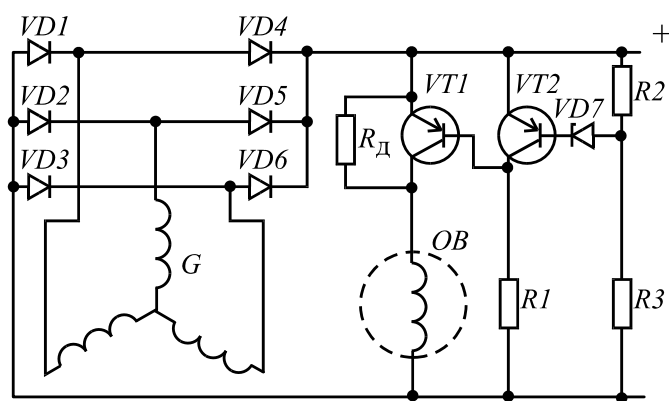


Рис. 1.11. Принципиальная схема бесконтактного регулятора напряжения

При снижении напряжения генератора ниже регулируемого значения стабилитрон $VD7$ закрывается, вследствие чего закрывается транзистор $VT2$, обеспечивая открытие транзистора $VT1$. Открытый транзистор $VT1$ шунтирует добавочный резистор $R_д$, что приводит к возрастанию тока, питающего обмотку возбуждения генератора. Повышение напряжения на выходе генератора вызовет пробой стабилитрона $VD7$ (снижение его сопротивления). Поэтому транзистор $VT2$ перейдет в открытое состояние, а транзистор $VT1$ – в закрытое. Ток, питающий обмотку возбуждения генератора, снизится, так как в этом случае он будет протекать не через открытый транзистор $VT2$, а через добавочный резистор $R_д$.

Разновидностью бесконтактных регуляторов являются *интегральные регуляторы*, представляющие собой микросхему, имеющую небольшие размеры и способную работать при высоких температурах. Поэтому интегральные регуляторы легко встраиваются в генератор, что положительно сказывается на надежности генераторной установки в целом.

1.3. Бортовая электрическая сеть

Бортовая электрическая сеть – это совокупность средств, обеспечивающих соединение источников и потребителей электрической энергии. Основными элементами электрической сети являются: соединительные провода, средства защиты цепей от перегрузок (предохранители, автоматические выключатели), средства коммутации (выключатели, переключатели) и различные соединительные и распределительные устройства. Соединение потребителей в основном осуществляется по однопроводной схеме. В качестве второго провода используется корпус автомобиля. Достоинствами такого соединения являются уменьшение расхода меди, упрощение монтажа проводки. Недостатки – увеличенная возможность замыкания между проводами и корпусом.

Предохранители используются для защиты электрических цепей от перегрузок. На автомобилях широко применяются плавкие и термобиметаллические предохранители.

Термобиметаллические предохранители делятся на предохранители много- и однократного действия. В их состав входит биметаллическая пластина, которая при повышении тока в результате нагрева изгибается и размыкает электрическую цепь. В предохранителях многократного действия после остывания биметаллической пластины электрическая цепь восстанавливается. В предохранителях однократного действия для восстановления электрической цепи необходимо нажать специальную кнопку.

Коммутационная аппаратура включает в себя различные типы выключателей и переключателей.

Основным коммутационным устройством на автомобиле является выключатель с приводом от замкового устройства – замок-выключатель. Замок-выключатель обеспечивает включение первичной цепи системы зажигания, контрольно-измерительных приборов, стартера, стеклоочистителя, радиоприемника и других устройств. На автомобилях с карбюраторным двигателем замок-выключатель называют выключателем зажигания, а на автомобилях с дизелем – выключателем приборов и стартера.

2. СИСТЕМА ПУСКА АВТОМОБИЛЯ

Система пуска предназначена для принудительного вращения вала ДВС. Наибольшее распространение получила электростартерная система пуска. Она состоит из аккумуляторной батареи, стартерной цепи (провода, коммутационная аппаратура), стартера, средств облегчения пуска и ДВС (рис. 2.1).

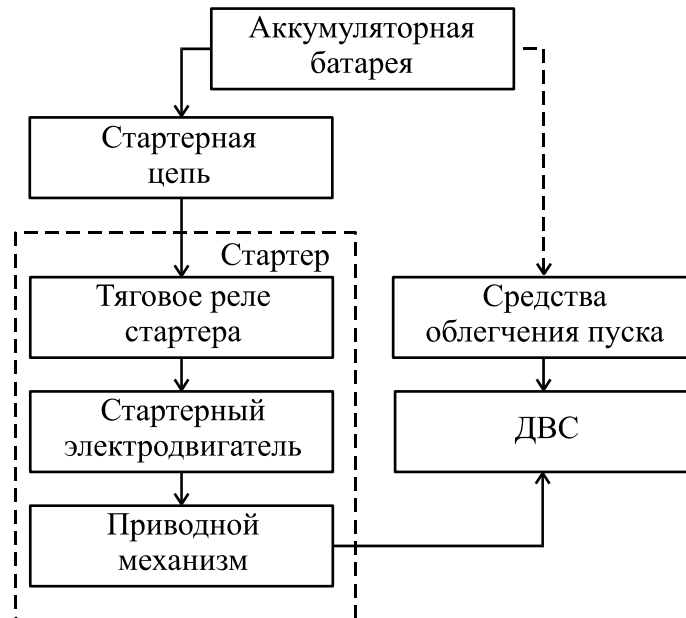


Рис. 2.1. Структурная схема электростартерной системы пуска

2.1. Стартер

Автомобильный стартер служит для сообщения коленчатому валу двигателя определенной начальной частоты вращения. У карбюраторных двигателей эта частота должна быть равна 50...100 об/мин, у дизелей – 150...200 об/мин. Пусковой ток у стартеров различного типа достигает 100...800 А.

Стартер (рис. 2.2) современного автомобиля состоит из электродвигателя, приводного механизма и тягового реле. Приводной механизм обеспечивает ввод и удержание шестерни стартера в зацеплении с венцом маховика во время пуска, предохранение якоря стартерного электродвигателя от разноса вращающимся маховиком работающего двигателя. Тяговое реле является одновременно и частью приводного механизма, обеспечивая его перемещение по оси вала якоря, и частью стартерной цепи, замыкая в конце хода якоря тягового электромагнита силовые контакты цепи питания стартерного электродвигателя. В качестве стартерного электродвигателя часто применяются электродвигатели постоянного тока с последовательным возбуждением, так как в этом случае обеспечивается большой пусковой момент. Недостатком этих двигателей является значи-

тельная частота вращения при холостом ходе, что вызывает разрушение якоря. Данный недостаток частично устраняется использованием электродвигателей смешанного возбуждения, имеющих дополнительную параллельную обмотку возбуждения. К общим недостаткам двигателей постоянного тока следует отнести повышенный износ электрических контактов в коллекторно-щёточном механизме, вызванный трением и искрением контактов. Коллектор, составленный из медных ламелей, является наиболее ответственным узлом электродвигателя. Коллекторы подвергаются значительным электрическим, тепловым и механическим нагрузкам. В стартерах применяют сборные цилиндрические коллекторы на металлической втулке (стартеры большой мощности), а также цилиндрические и торцовые с пластмассовым корпусом.

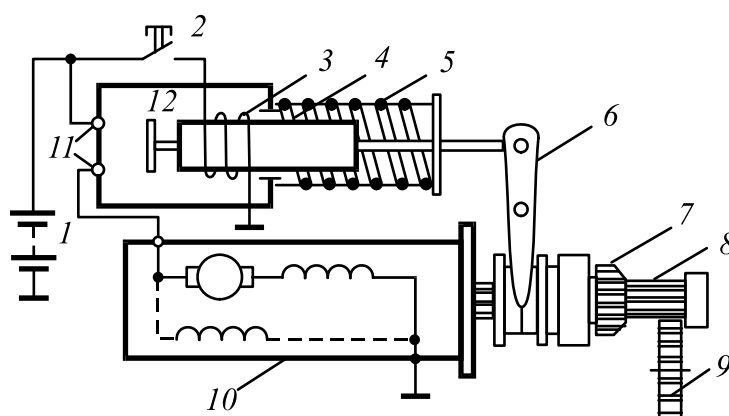


Рис. 2.2. Схема стартера с электромагнитным включением:
 1 – аккумуляторная батарея; 2 – выключатель; 3 – обмотка тягового реле;
 4 – подвижный сердечник (якорь); 5 – пружина; 6 – рычаг; 7 – шестерня;
 8 – вал электродвигателя; 9 – маховик; 10 – электродвигатель

После пуска двигателя частота вращения коленчатого вала не должна передаваться через шестерню обратно на стартер. В противном случае возможен разнос якоря стартера. Поэтому усилие от вала якоря к шестерне у большинства стартеров передается через муфту свободного хода, или обгонную муфту. Муфта обеспечивает передачу крутящего момента только в одном направлении – от вала якоря к маховику.

Для увеличения вращающего момента на коленчатом валу применяется понижающая передача (с передаточным отношением 10...15), позволяющая использовать в стартерах быстроходные двигатели, требующие для своего производства небольшого расхода активных материалов и имеющие малые габариты и массу. В настоящее время широкое распространение получают высокооборотные стартеры с встроенным редуктором. Редуктор устанавливается между ротором электродвигателя и шестерней, сидящей на выходном валу стартера. Наиболее перспективным редуктором является планетарный редуктор Джемса (рис. 2.3). Его достоинствами являются симметричность передаваемых усилий и высокий КПД. При этом преиму-

щества стартеров с редуктором проявляются, начиная с мощности примерно 1 кВт.

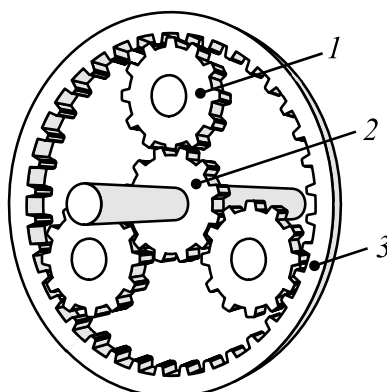


Рис. 2.3. Планетарный редуктор:
1 – сателлит; 2 – солнечное зубчатое колесо;
3 – коронное зубчатое колесо

Для маломощных стартеров, устанавливаемых на карбюраторных ДВС с небольшим рабочим объемом, применение редуктора не сокращает общую массу. Для них целесообразно применение непосредственного привода.

2.1.1. Электрические схемы управления стартером

Все современные электростартерные системы пуска имеют дистанционное управление стартером, при котором электродвигатель стартера подключается к аккумуляторной батарее с помощью тягового реле стартера. На автомобилях с дизельными двигателями тяговое реле подключается к аккумуляторной батарее через мощные контакты выключателя стартера. На автомобилях с карбюраторными двигателями – через контакты промежуточного реле, включаемого с помощью контактов выключателя зажигания.

Для уменьшения обгорания контактов выключателя зажигания обмотка тягового реле подключается не напрямую, а через вспомогательное реле, а для уменьшения потребления энергии тяговым реле его делают двухобмоточным (рис. 2.4). Одна обмотка называется втягивающей, другая – удерживающей.

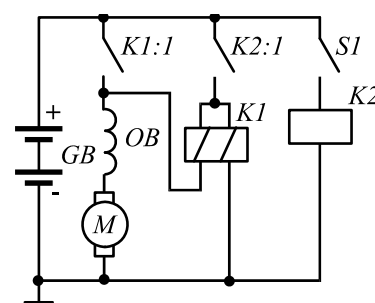


Рис. 2.4. Схема управления стартером с двухобмоточным тяговым реле

При переводе выключателя зажигания в положение «Стартер» замыкаются контакты $S1$, срабатывает реле стартера $K2$, контакты $K2:1$ реле стартера подключают обе обмотки тягового реле $K1$ к аккумуляторной батарее, реле $K1$ своими контактами $K1:1$ включает стартерный электродвигатель и этими же контактами замыкает накоротко свою втягивающую обмотку. После пуска контакты $K2:1$ размыкаются, что приводит к под-

ключению обеих обмоток тягового реле к аккумуляторной батарее. Так как эти обмотки включены встречно, а число витков в них одинаково, то суммарная магнитодвижущая сила будет равна нулю, тяговое реле отключится.

2.2. Характеристики системы пуска

Характеристики системы пуска в основном определяются характеристиками электродвигателя стартера и питающей его аккумуляторной батареи.

Как электрическая машина стартер характеризуется комплексом электромеханических характеристик: зависимостями вращающего момента M_c , частоты вращения якоря n_c , мощности P_c , КПД η_c и напряжения на зажимах якоря U_c от потребляемого тока I_c .

2.2.1. Электромеханические характеристики стартерного электродвигателя с последовательным возбуждением

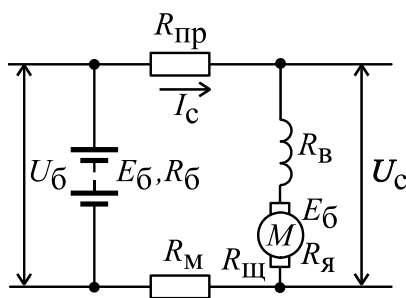


Рис. 2.5. Принципиальная электрическая схема включения стартера с последовательным возбуждением

Напряжение U_c , подводимое к стартеру, всегда меньше напряжения батареи $U_б$ на величину $\Delta U_{ц}$:

$$U_c = U_б - \Delta U_{ц} = U_б - (R_{пр} + R_м)I_c,$$

где $R_{пр}$, $R_м$ – сопротивление проводов и массы стартерной цепи соответственно.

Напряжение U_c равно сумме ЭДС стартера и падения напряжения U_T на внутреннем сопротивлении стартера:

$$U_c = E_c + U_T = E_c + I_c(R_в + R_я + R_{щ}),$$

где $R_в$, $R_я$, $R_{щ}$ – сопротивление обмотки возбуждения, обмотки якоря и сопротивление щеток и щеточных контактов соответственно.

Показатель U_T носит название *тормозного напряжения*.

При увеличении нагрузки ток стартера I_c растет от 0 до $I_{ст}$. Ток $I_{ст}$ соответствует полностью заторможенному якорю стартера. При токе $I_c=0,5 I_{ст}$ электромагнитная мощность ($P_{эм}=E_c I_c$) стартера будет максимальной.

Стартер потребляет электрическую мощность $P_{эл}=I_c U_c$ и преобразует ее в механическую с КПД $\eta=P_c/P_{эл}$. КПД электродвигателя стартера не превышает 0,5...0,6. Максимум КПД не совпадает с максимумом механической мощности P_c стартера.

Частота вращения электродвигателя стартера с увеличением нагрузки (а значит – и тока, потребляемого стартером) снижается. При этом вращающий момент стартера увеличивается.

Работа стартера зависит не только от его нагрузки, но и от вольт-амперной характеристики аккумуляторной батареи. Более крутая вольт-амперная характеристика батареи приводит к снижению частоты вращения стартера при том же значении его вращающего момента. Максимальное значение вращающего момента стартера также уменьшается, т.к. уменьшается ток стартера в режиме полного торможения.

2.3. Средства облегчения пуска двигателя

Холодный пуск двигателя эквивалентен по износу 3000 м пробега. При температуре ниже минус 30 °С следует применять устройства для облегчения пуска холодного двигателя, а при температурах ниже минус 40 °С должна включаться в работу система предпускового подогрева.

К электрическим средствам облегчения пуска относятся: 1) свечи накаливания, предназначенные для калоризаторного воспламенения впрыснутого в цилиндры топлива (для дизелей); 2) свечи подогрева и электрофакельные подогреватели, используемые для повышения температуры впускного воздуха.

Свечи накаливания бывают с открытой спиралью и со спиралью, расположенной внутри защитного кожуха (штифтовые свечи). Свечи с закрытой спиралью обладают большим сроком службы и меньшими габаритами. Их выпускают однопроводными (один конец спирали – на «массе») и соединяют между собой параллельно. Свечи с открытой спиралью выпускают двухполюсными (оба конца изолированы от корпуса). Время нагрева свечи до пуска дизеля – 30...60 с, сила потребляемого тока – 40...50 А. Температура свечи достигает 900...1050 °С. Затем свечи остаются под напряжением 1,2...1,7 В в течение пуска двигателя. После пуска двигателя свечи отключаются.

Свечи подогрева воздуха устанавливаются во впускном коллекторе и подогревают всасываемый воздух.

На дизелях с рабочим объемом более 5 литров вместо свечей подогрева используются *электрофакельные подогреватели* воздуха, состоящие из штитовых свечей накаливания, термореле и электромагнитного топливного клапана. Перед пуском двигателя сначала включаются свечи накаливания. После их нагрева термореле их отключает и подает напряжение на катушку электромагнитного клапана. Клапан открывается. Одновременно с этим загорается контрольная лампа, сигнализирующая о готовности системы к пуску. При повороте выключателя стартера происходит включение стартера, подключение в обход термореле электронагревателей свечей, топливоподкачивающий насос через открытый клапан подает топливо на раскаленную спираль, где оно испаряется и перемешивается с поступающим воздухом. Топливовоздушная смесь воспламеняется. Образующееся пламя подогревает поступающий в цилиндры воздух. После пуска двигателя подогреватель выключают. Использование подогревателя позволяет снизить предельную температуру пуска холодного двигателя на 10...15 °С.

3. СИСТЕМА ЗАЖИГАНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Система зажигания предназначена для образования электрической искры в цилиндрах двигателя в те моменты работы двигателя, когда зажигание рабочей смеси является наиболее эффективным.

По типу источника питания системы зажигания делятся на батарейные и магнетные. В настоящее время наиболее широкое распространение получили батарейные системы зажигания (рис. 3.1).

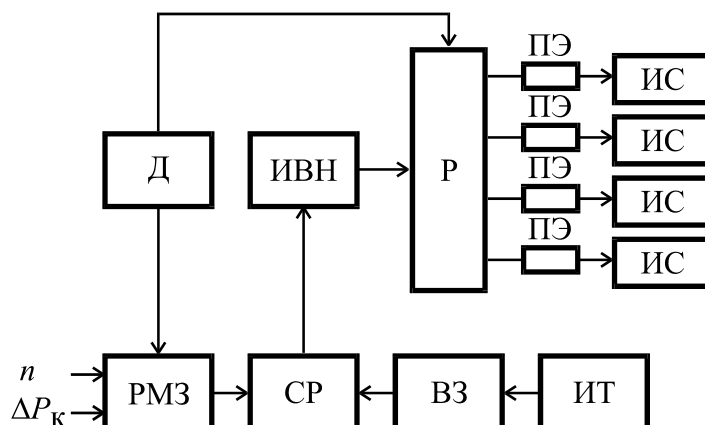


Рис. 3.1. Структурная схема батарейной системы зажигания

Батарейные системы зажигания состоят из следующих основных элементов:

ИТ – источник тока (аккумуляторная батарея или генератор);

ВЗ – выключатель зажигания;

Д – датчик углового положения коленчатого вала;

РМЗ – регулятор момента зажигания, управляющий моментом подачи искры по положению коленчатого вала, по частоте вращения n коленчатого вала, по разрежению ΔP_k в околосредельном пространстве (а значит, и по нагрузке двигателя, так как значение ΔP_k зависит от нагрузки ДВС) и по некоторым другим параметрам;

ИВН – источник высокого напряжения, служащий для накопления энергии и формирования высокого напряжения, подаваемого на искровые свечи зажигания;

СР – силовое реле, служащее для перевода ИВН с режима накопления энергии на режим формирования высокого напряжения и обратно;

Р – распределитель импульсов высокого напряжения по соответствующим цилиндрам двигателя;

ПЭ – помехоподавительные элементы – экранированные провода и помехоподавительные резисторы, размещенные либо в распределителе Р, либо в свечных наконечниках, либо в высоковольтных проводах в виде распределенного сопротивления;

ИСЗ – *искровые свечи зажигания*, образующие искровой разряд в камере сгорания двигателя.

3.1. Классификация батарейных систем зажигания

Основные типы батарейных систем зажигания представлены на рис. 3.2. В настоящее время серийно выпускаются следующие системы зажигания: классические (с механическим прерывателем), контактно-транзисторные, контактно-тиристорные, бесконтактно-транзисторные, электронные с механическим распределителем, микропроцессорные системы управления автомобильным двигателем.

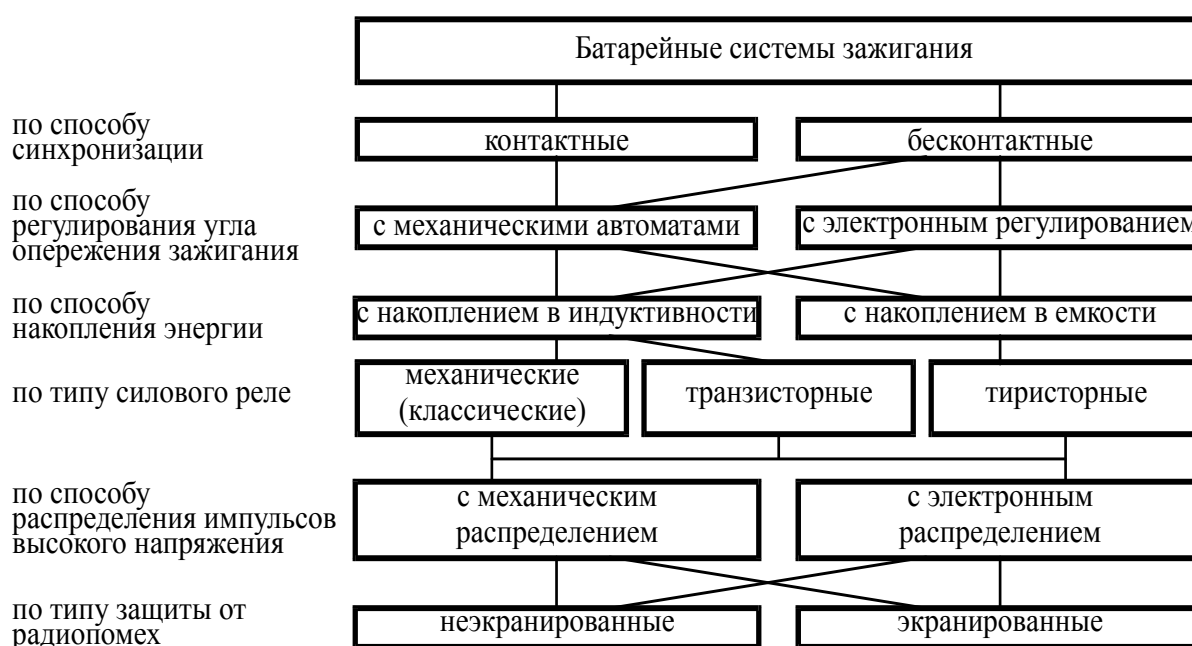


Рис. 3.2. Основные типы батарейных систем зажигания

3.2. Параметры систем зажигания

Работа системы зажигания характеризуется следующими **параметрами**.

Вторичное напряжение U_{2m} – напряжение на вторичной обмотке катушки зажигания.

Пробивное напряжение $U_{пр}$ – напряжение пробоя искрового промежутка свечи. Пробивное напряжение для однородных полей прямо пропорционально давлению смеси p и зазору между электродами δ и обратно

пропорционально температуре смеси T : $U_{\text{пр}} = f\left(\frac{p \cdot \delta}{T}\right)$. Кроме того, на напряжение $U_{\text{пр}}$ оказывают влияние состав смеси, длительность и форма приложенного напряжения, полярность пробивного напряжения, материал электродов и условия работы двигателя. Это напряжение имеет максимальное значение при пуске и разгоне двигателя и минимальное – при работе в установившемся режиме при максимальной мощности. В течение первых 2 тыс. км пробега пробивное напряжение повышается на 20...25 % за счет округления кромок электродов свечи. В дальнейшем напряжение растет за счет износа электродов и увеличения зазора, что требует проверки и регулировки зазора в свечах каждые 10...15 тыс. км пробега.

Коэффициент запаса по вторичному напряжению $K_3 = U_{2m}/U_{\text{пр}}$. Для современных систем зажигания принимают $K_3 > 1,5$.

Энергия W_p и длительность τ_p искрового разряда.

Зазор между электродами свечей δ проверяется с помощью круглого щупа, т.к. плоский щуп не учитывает неодинаковость износа электродов (рис. 3.3).

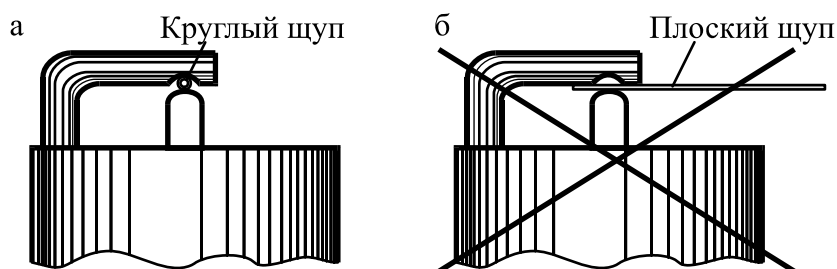


Рис. 3.3. Проверка зазоров между электродами свечи:
а – правильно; б – неправильно

Угол опережения зажигания Θ – это угол, на который поворачивается коленчатый вал из положения, при котором в свече возникает искра, в положение верхней мертвой точки.

3.3. Классическая система зажигания

Основными элементами классической системы зажигания (рис. 3.4) являются: источник тока (аккумуляторная батарея); катушка зажигания, свечи и прерыватель-распределитель, объединяющий в себе прерыватель и механический распределитель. Кулачок прерывателя, количество граней которого равно числу цилиндров, и бегунок распределителя закреплены на общем валу, который вращается с частотой, вдвое меньшей, чем частота вращения коленчатого вала. Это объясняется тем, что в каждом цилиндре

необходимо воспламенить топливо один раз за два оборота коленчатого вала. Кулачок при вращении воздействует на рычажок прерывателя, размыкая и замыкая контакты. Параллельно контактам включен конденсатор C , предотвращающий образование электрической дуги между контактами при их размыкании. Бегунок распределителя проходит по неподвижным электродам распределителя, количество которых равно количеству цилиндров двигателя. Каждый электрод соединен проводом с соответствующей свечой.

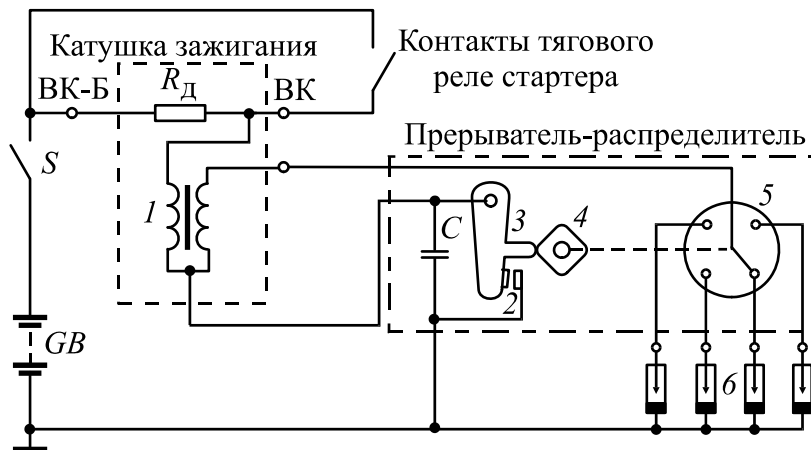


Рис. 3.4. Схема классической системы зажигания:
1 – катушка зажигания; 2 – контакты; 3 – рычажок; 4 – кулачок;
5 – бегунок; 6 – свечи

Катушка зажигания представляет собой трансформатор, имеющий две обмотки: первичную и вторичную. Один конец у них общий, соединенный с подвижным контактом прерывателя. Второй конец вторичной обмотки соединен с бегунком распределителя, а второй конец первичной обмотки через добавочный резистор R_d (не во всех системах зажигания) – с «+» аккумуляторной батареи. Добавочный резистор R_d предназначен для ограничения тока в первичной обмотке катушки зажигания до и после пуска двигателя. При пуске двигателя напряжение батареи сильно уменьшается из-за включения стартера. Поэтому при включении стартера с помощью специальных контактов резистор R_d шунтируется. Это обеспечивает на время пуска необходимый ток в первичной обмотке, несмотря на понижение напряжения батареи.

При включении зажигания и замкнутых контактах прерывателя в цепи первичной обмотки катушки зажигания появляется ток. Когда в одном из цилиндров заканчивается такт сжатия рабочей смеси, кулачок своей гранью размыкает контакты прерывателя. В результате этого ток в первичной обмотке резко уменьшается до нулевого значения. Это вызывает появление в первичной обмотке ЭДС самоиндукции, практически равной напряжению U_1 на выводах этой обмотки (рис. 3.5). Во вторичной обмотке

индуцируется напряжение $U_2=15...20$ кВ. В результате между электродами свечи происходит электрический разряд.

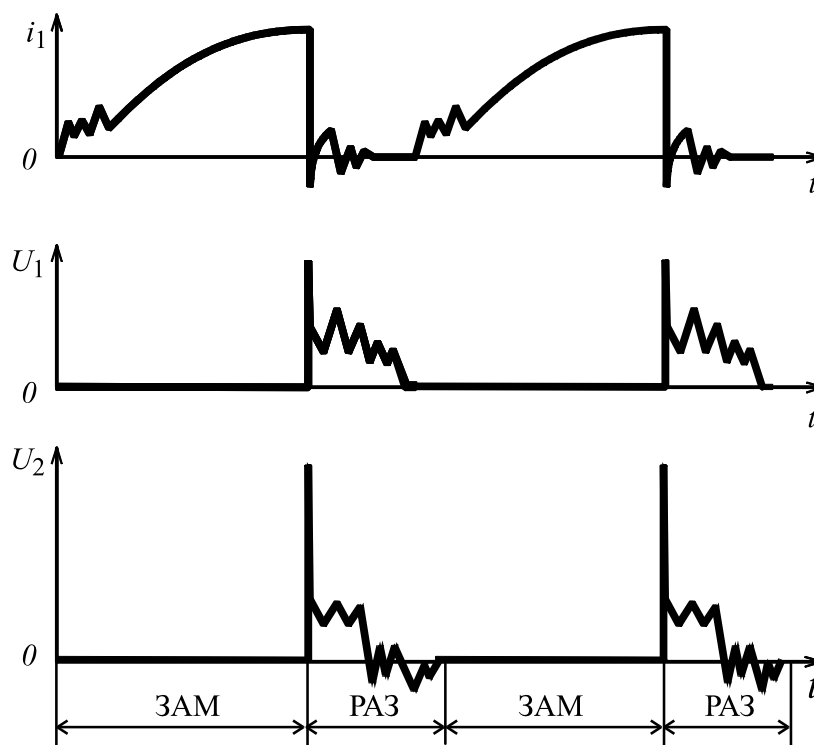


Рис. 3.5. Характеристики электрических сигналов в первичной и вторичной цепях системы зажигания

3.3.1. Катушки зажигания

По конструкции магнитной цепи катушки зажигания подразделяются на два типа: с разомкнутой и замкнутой цепями. В катушках с разомкнутой магнитной цепью магнитный поток большую часть пути проходит по воздуху. В катушках с замкнутой магнитной цепью основную часть пути магнитный поток проходит по стальному магнитопроводу и только несколько десятых долей миллиметра – по воздуху. Достоинством катушек с замкнутой магнитной цепью является малый расход меди, их недостатком – большой расход стали. Достоинством катушек с разомкнутой магнитной цепью является малый расход стали, а недостатком – большой расход меди.

По числу высоковольтных выводов катушки зажигания могут быть одновыводными, двухвыводными и четырехвыводными. Традиционные катушки зажигания являются одновыводными. В двухвыводных катушках зажигания каждый из выводов вторичной обмотки соединяется с соответствующей свечой зажигания. В четырехвыводных катушках зажигания каждый из выводов вторичной обмотки соединяется с двумя соответствующими свечами зажигания через диоды.

3.3.2. Искровые свечи зажигания

Искровые свечи зажигания предназначены для воспламенения рабочей смеси в цилиндре двигателя электрической искрой на электродах свечи.

Наибольшее распространение получили свечи с воздушным искровым промежутком (рис. 3.6), что объясняется их удовлетворительными рабочими характеристиками и технологичностью. В последнее время в специальных двигателях (роторно-поршневых и газотурбинных) применяют комбинированные свечи, где искровой разряд проходит частично по воздуху, а частично по поверхности изолятора.

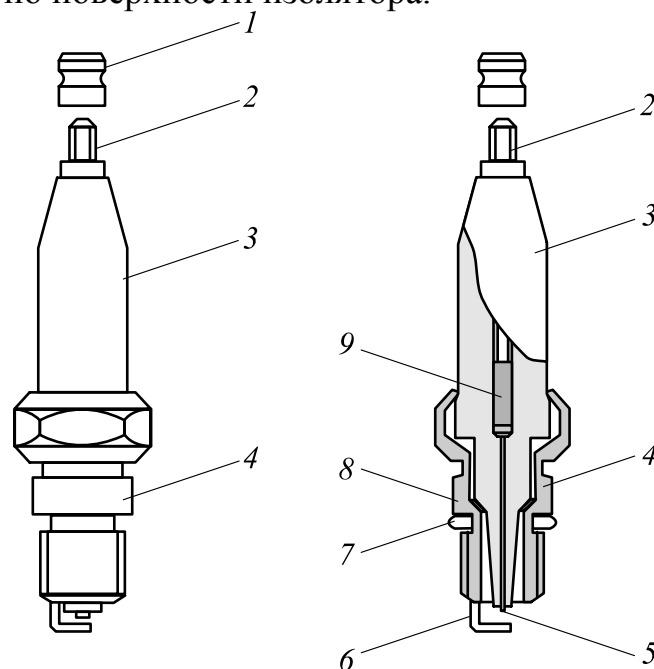


Рис. 3.6. Свеча зажигания открытого типа:

- 1 – контактная гайка; 2 – стальной стержень; 3 – керамический изолятор;
- 4 – металлический корпус; 5 – центральный электрод; 6 – боковой электрод;
- 7 – уплотнительная прокладка; 8 – теплоотводящая шайба;
- 9 – токопроводящий герметик

Современные свечи зажигания представляют собой неразборную конструкцию, в которой изоляция электродов друг от друга осуществляется керамическим изолятором (см. рис. 3.6). Металлический корпус с приваренным к нему боковым электродом имеет в нижней части резьбу для ввертывания свечи в отверстие головки двигателя. Герметичность резьбового соединения обеспечивается уплотнительной прокладкой. В корпусе путем завальцовки его верхнего края закреплен керамический изолятор с центральным электродом. Вывод этого электрода наружу осуществляется через токопроводящий герметик и стальной стержень. Теплоотводящая шайба кроме отвода тепла от изолятора герметизирует корпус свечи.

Тепловая характеристика свечей. Нормальная работа свечи происходит при температуре теплового конуса изолятора в пределах от 400 до

900 °С. При температуре 400...500 °С с теплового конуса свечи исчезает нагар. Эта температура называется температурой самоочистения свечи. При температуре выше 900 °С возникает калильное зажигание от соприкосновения смеси с накалившимся изолятором и центральным электродом. Так как предельные значения температуры для всех свечей практически одинаковы, а тепловые условия их работы на различных двигателях существенно различаются, свечи изготавливаются с разной теплоотдачей. Теплоотдача свечи определяется в основном отношением площади поверхности, к которой подводится тепло, к площади поверхности, от которой тепло отводится. Способность свечи воспринимать тепло зависит главным образом от площади поверхности теплового конуса. Отдача тепла происходит через наружную часть изолятора и корпус свечи. Так как наружная часть изолятора для унификации присоединительных размеров выполняется одинаковой, необходимую теплоотдачу обеспечивают изменением размеров теплового конуса. Свечи с малой теплоотдачей называют «горячими». Они предназначаются для тихоходных двигателей с небольшой степенью сжатия. Свечи с большой теплоотдачей называют «холодными». Они устанавливаются на быстроходные двигатели с высокой степенью сжатия. Тепловые качества свечей характеризуются *калильным числом*. Чем больше калильное число, тем больше теплоотдача свечи и меньше длина теплового конуса изолятора.

3.3.3. Регуляторы угла опережения зажигания

Регулирование угла опережения зажигания Θ в классических системах зажигания осуществляется и автоматическими, и ручными регуляторами. Автоматическое регулирование Θ в зависимости от частоты вращения коленчатого вала обеспечивается центробежным регулятором, в зависимости от нагрузки – вакуумным регулятором. Ручное регулирование Θ в зависимости от октанового числа топлива осуществляется с помощью октан-корректора.

Центробежный регулятор угла опережения зажигания изображен на рис. 3.7. Пластина регулятора, соединенная с валом прерывателя-распределителя имеет грузики, которые могут вращаться вокруг осей. С увеличением частоты вращения грузики под действием центробежной силы расходятся, заставляя поворачиваться поводковую пластину и

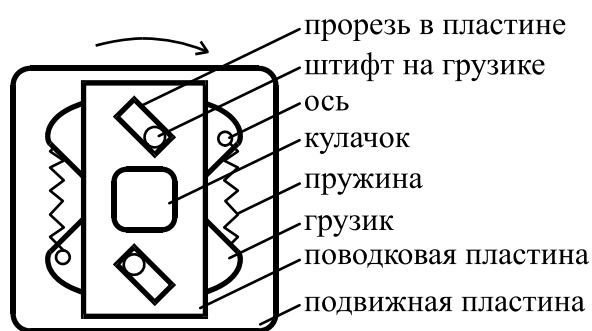


Рис. 3.7. Центробежный регулятор

связанный с ней кулачок в сторону вращения ведущего валика. Вследствие этого контакты прерывателя размыкаются раньше. Изменение жесткости пружин позволяет получить требуемый закон регулирования Θ .

Вакуумный регулятор угла опережения зажигания изменяет угол опережения зажигания в зависимости от разрежения под дроссельной заслонкой карбюратора (а значит, и от нагрузки на двигатель). В состав этого регулятора (рис. 3.8) входит диафрагма, закрепленная между корпусом регулятора и крышкой. В левой полости между диафрагмой и штуцером расположена пружина, которая поджимает диафрагму. Изменение сжатия пружины осуществляется регулировочными шайбами. Соединение штуцера с крышкой уплотнено прокладкой. Полость с правой стороны диафрагмы сообщается с атмосферой, а с левой – с карбюратором. В процессе закрытия дроссельной заслонки разрежение в левой полости увеличивается, диафрагма, преодолевая сопротивление пружины, прогибается и через тягу δ поворачивает подвижную пластину прерывателя-распределителя в сторону увеличения опережения зажигания.

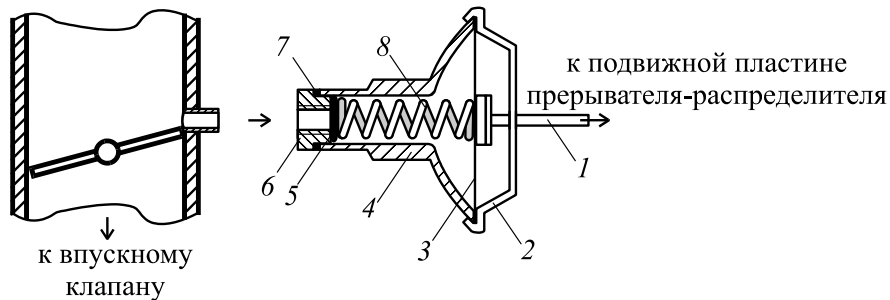


Рис. 3.8. Вакуумный регулятор угла опережения зажигания:
1 – тяга; 2 – корпус; 3 – диафрагма; 4 – крышка; 5 – регулировочные шайбы;
6 – штуцер; 7 – прокладка; 8 – пружина

Отверстие для подсоединения трубки регулятора расположено таким образом, что при холостом ходе двигателя заслонка карбюратора перекрывает отверстие, и оно оказывается на стороне диффузора карбюратора (см. рис. 3.8). Разрежение в полости регулятора небольшое, и вакуумный регулятор опережения зажигания не работает.

Октан-корректор – устройство для поворота и закрепления корпуса прерывателя-распределителя в положении, соответствующем октановому числу топлива.

Три рассмотренных устройства регулируют угол опережения зажигания независимо: октан-корректор поворачивает корпус прерывателя-распределителя относительно блока двигателя, вакуум-корректор поворачивает подвижную пластину прерывателя относительно корпуса прерывателя-распределителя, центробежный регулятор поворачивает поводковую пластину и связанный с ней кулачок относительно вала прерывателя-распределителя.

3.3.4. Угол замкнутого состояния контактов

Угол замкнутого состояния контактов (УЗСК) равен углу поворота вала распределителя, при котором контакты прерывателя остаются замкнутыми. С уменьшением УЗСК уменьшается ток в первичной цепи, при котором происходит размыкание контактов, а следовательно, уменьшается вторичное напряжение. По мере изнашивания контактов требуется периодическая подрегулировка УЗСК.

3.3.5. Достоинства и недостатки классической системы зажигания

Достоинствами классической системы зажигания являются:

- 1) простота конструкции;
- 2) невысокая стоимость аппаратов зажигания.

К недостаткам классической системы зажигания можно отнести следующие:

- 1) с увеличением частоты вращения и числа цилиндров двигателя уменьшается вторичное напряжение;
- 2) механические контакты в механизме прерывателя ограничивают уровень первичного тока, а следовательно, и энергию искрового разряда;
- 3) эрозия (перенос металла с одного контакта на другой) и коррозия контактов прерывателя приводят к уменьшению срока их службы и к нарушению установленного УЗСК;
- 4) наблюдается повышенная погрешность момента зажигания по цилиндрам двигателя при эксплуатации вследствие износа кулачка;
- 5) происходит чрезмерный нагрев катушки зажигания при низкой частоте вращения коленчатого вала двигателя;
- 6) контактная система зажигания является источником радиопомех (для их снижения применяется экранирование, которое приводит к значительному увеличению емкости вторичной цепи, и поэтому при экранировании нельзя обеспечить надежность на всех режимах работы двигателя).

3.4. Электронные системы зажигания

Современные двигатели внутреннего сгорания не могут надежно и эффективно работать с контактной системой зажигания, т.к. она не может обеспечить большой энергии разряда. Для этого ей необходимо увеличение тока разрыва, что недопустимо, так как при большом токе работа контактов прерывателя становится ненадежной.

Улучшить характеристики систем зажигания удалось в *электронных системах зажигания* – системах зажигания, в состав которых входят элементы полупроводниковой техники, в частности транзисторы.

3.4.1. Контактно-транзисторные системы зажигания

Первыми из электронных систем зажигания начали применяться контактно-транзисторные системы зажигания. В этих системах первичный ток протекает не через контакты прерывателя, а через транзистор (рис. 3.9).

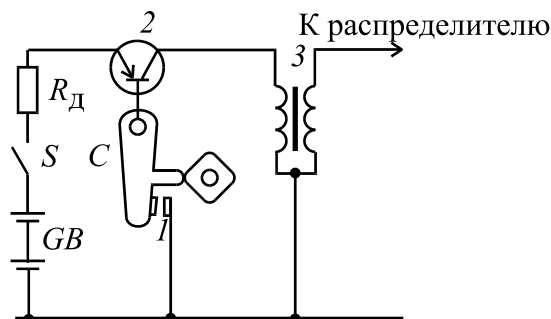


Рис. 3.9. Принципиальная схема контактно-транзисторной системы зажигания с силовым реле на одном транзисторе

При замыкании контактов *1* прерывателя по цепи базы транзистора *2* идет ток. В результате этого транзистор открывается, обеспечивая питание первичной обмотки катушки зажигания *3*. При размыкании контактов прерывателя транзистор закрывается и разрывает цепь питания обмотки. Во вторичной обмотке катушки зажигания индуцируется высокое напряжение, подаваемое на распределитель.

Контактно-транзисторная система зажигания имеет недостатки, присущие контактной системе зажигания. В частности, у многоцилиндрового двигателя возникает вибрация рычажка прерывателя при высоких частотах вращения. При этом вместо одной появляются несколько искр, но значительно меньшей мощности, нарушается момент зажигания. Такое явление называется дребезгом контактов. При наличии контактного прерывателя остается необходимость периодической регулировки угла замкнутого состояния контактов. Указанные недостатки исключены в бесконтактных системах зажигания, в которых вместо контактного прерывателя используется бесконтактный датчик.

Транзисторные коммутаторы. В реальной контактно-транзисторной системе зажигания вместо транзистора *2* (см. рис. 3.9) применяется *транзисторный коммутатор*, в котором кроме транзистора имеется ряд элементов, служащих для защиты транзистора от перенапряжений и улучшения условий его переключения. Основной функцией транзисторного коммутатора является своевременное замыкание и размыкание первичной цепи катушки зажигания.

Контроллеры. Для управления углом опережения зажигания в зависимости от ряда параметров двигателя (угловое положение и частота вращения коленчатого вала, разрежение в околороссельном пространстве кар-

бюратора, температура охлаждающей жидкости и др.), для управления электроклапаном экономайзера принудительного холостого хода (ЭПХХ), для управления накоплением энергии в катушке зажигания используются специальные электронные устройства – *контроллеры*. На вход контроллеров подается информация с датчиков начала отсчета, частоты вращения, разрежения в околodrессельном пространстве и температуры охлаждающей жидкости.

3.4.2. Системы зажигания с накоплением энергии в емкости (тиристорные системы зажигания)

Системы зажигания с накоплением энергии в емкости делятся на системы зажигания с импульсным накоплением энергии и системы зажигания с непрерывным накоплением энергии.

Система зажигания с импульсным накоплением энергии представлена на рис. 3.10. На выходе преобразователя постоянного напряжения в импульсное напряжение (ПН) формируется импульсное напряжение с амплитудой 200...300 В. Оно подается через диод *VD1* на накопительный конденсатор *С1*. Система работает в циклическом режиме. Рабочий цикл можно разбить на три этапа.

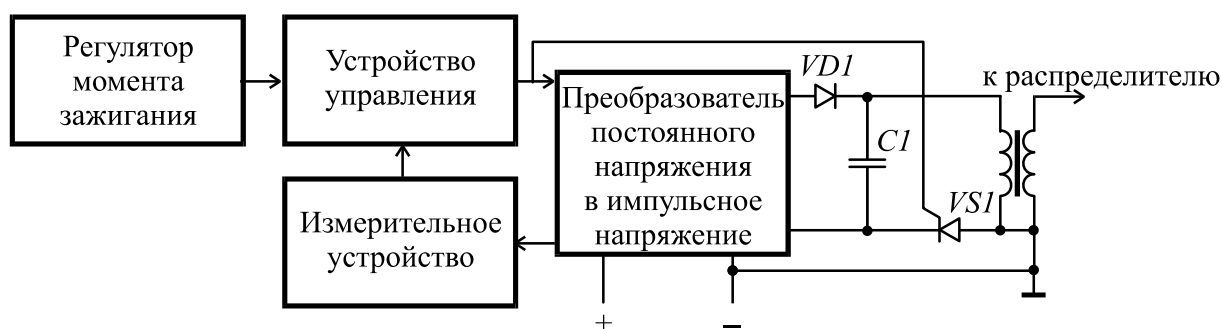


Рис. 3.10. Система зажигания с импульсным накоплением энергии в емкости

1 этап. Этот этап начинается в момент размыкания контактов прерывателя (по сигналу с регулятора момента зажигания). При этом одновременно начинаются два процесса: процесс накопления энергии в ПН и процесс искрообразования. Образование искры происходит потому, что по сигналу с устройства управления открывается тиристор *VSI* и через него на свечу зажигания подается высокое напряжение с накопительного конденсатора *С1*. Энергия, накапливаемая в ПН, измеряется измерительным устройством. Информация о количестве этой энергии подается с измерительного устройства на устройство управления. Когда в ПН накапливается достаточное количество энергии, устройство управления подает сигнал на ПН, по которому начинается второй этап рабочего цикла.

2 этап. На этом этапе энергия, накопленная в ПН, сбрасывается в накопительный конденсатор (импульсное накопление энергии).

3 этап. На этом этапе происходит хранение энергии в накопительном конденсаторе $C1$. Для предотвращения утечки энергии в цепь питания конденсатора включен диод $VD1$.

Следует отметить, что в многоискровых системах зажигания по сигналу с регулятора момента зажигания реализуется сначала несколько двухэтапных циклов (оптимально – два цикла), состоящих только из первого и второго этапов, а затем один полный, трехэтапный, цикл.

Система зажигания с непрерывным накоплением энергии представлена на рис. 3.11. Данная система работает следующим образом. Преобразователь напряжения преобразует напряжение аккумуляторной батареи 12 В в высокое напряжение 300–400 В. В накопительном конденсаторе $C1$ накапливается энергия искрообразования. При замыкании контактов прерывателя (или по соответствующему сигналу с регулятора момента зажигания) устройство управления формирует сигнал, по которому электронный коммутатор подключает накопительный конденсатор к выходу ПН, где имеется высокое напряжение 300–400 В. Конденсатор заряжается до этого напряжения. В момент размыкания контактов прерывателя устройство управления формирует сигнал, по которому электронный коммутатор подключает накопительный конденсатор к первичной обмотке катушки зажигания. В контуре, образованном конденсатором $C1$ и первичной обмоткой катушки зажигания, возникают затухающие синусоидальные колебания. Амплитуда напряжения первой полуволны этих колебаний близка к напряжению заряда накопительного конденсатора. При этом во вторичной обмотке катушки зажигания индуцируется высокое напряжение, достигающее 20-30 кВ.

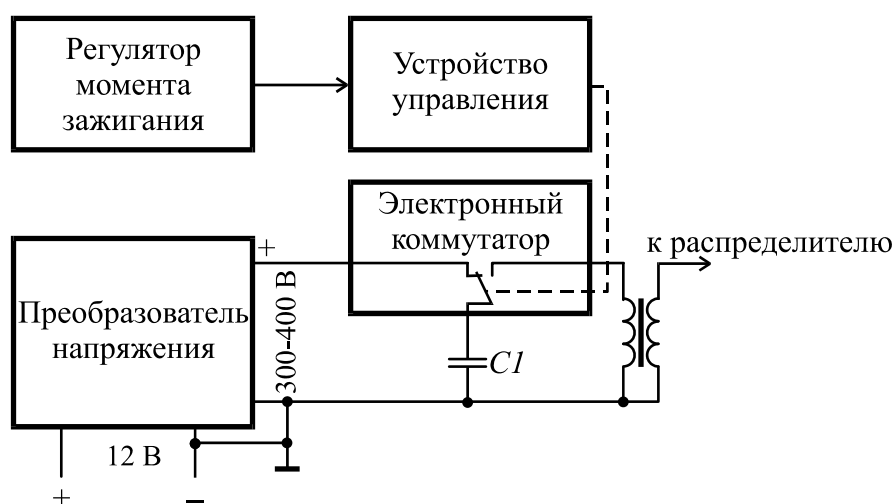


Рис. 3.11. Система зажигания с непрерывным накоплением энергии в емкости

Системы зажигания с накоплением в емкости имеют перед системами зажигания с накоплением в индуктивности ряд преимуществ: 1) меньшее потребление энергии при хранении энергии в накопителе; 2) более крутое нарастание вторичного напряжения, а значит, меньшее рассеяние из-за утечки тока во вторичной цепи.

Основными недостатками систем зажигания с накоплением в емкости являются: 1) небольшая длительность искры; 2) наведение мощных радиопомех. Первый недостаток устраняется использованием дополнительных источников энергии для поддержания искры (аккумуляторная батарея, автомобильный генератор, дополнительные накопительные конденсаторы). Второй недостаток частично устраняется сокращением длины проводов во вторичной цепи, применением помехоподавительных резисторов, экранированием. Для снижения этих недостатков используют конденсаторно-тиристорные модули зажигания.

Конденсаторно-тиристорный модуль зажигания

Конденсаторно-тиристорный модуль зажигания для двигателей внутреннего сгорания со встроенными средствами исследования и контроля функционирования (рис. 3.12), содержащий преобразователь постоянного напряжения в переменное напряжение 4, первый вход которого подключён к первому входу формирователя импульсов 5 и первому зажиму 1 конденсаторно-тиристорного модуля зажигания для подключения к положительному выводу $+E$ бортовой сети автомобиля, вторые входы преобразователя постоянного напряжения в переменное напряжение 4 и формирователя импульсов 5 соединены с третьим зажимом 3 конденсаторно-тиристорного модуля зажигания для подключения к отрицательному $-E$ (общему) выводу бортовой сети автомобиля. Первый выход преобразователя постоянного напряжения в переменное напряжение 4 подсоединён к первому входу тиристорного ключа 10, к первой обкладке первого накопительного конденсатора 7, и первой обкладке второго накопительного конденсатора 8, вторая обкладка которого подсоединена к первому входу блока 9 управления мощным режимом, второй вход которого соединён со вторым выходом преобразователя постоянного напряжения в переменное напряжение 4 и через обратный диод 6 со второй обкладкой первого накопительного конденсатора 7 и вторым выходом блока 9 управления мощным режимом. Первый и второй выходы формирователя импульсов 5 подключены к первому и второму управляющим входам тиристорного ключа 10, выход которого подсоединен к входу блока 11 увеличения длительности искрового разряда и первому зажиму первичной обмотки катушки зажигания 18.

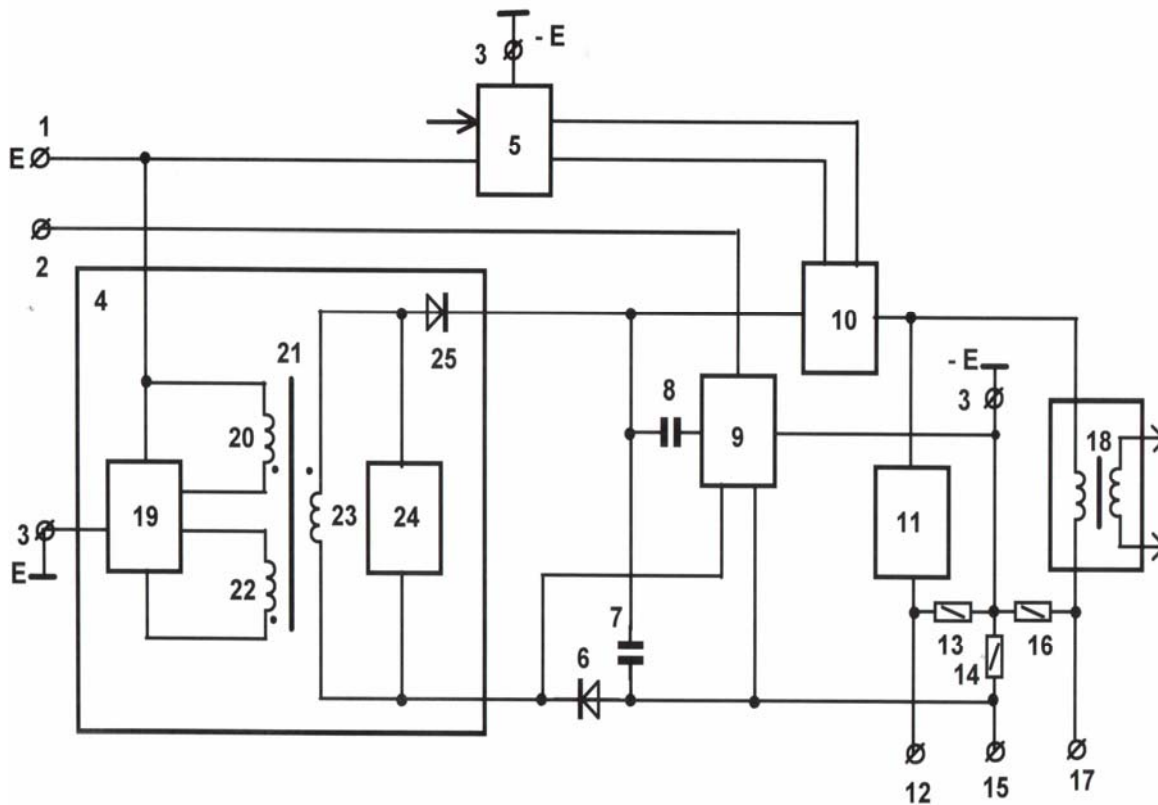


Рис. 3.12. Структурная схема конденсаторно-тиристорного модуля зажигания для двигателей внутреннего сгорания со встроенными средствами исследования энергии бортовой цепи автомобиля:

- 1 – зажим для подключения источника; 2 – зажим для подключения сигнала управления мощным режимом, например, при включении и работе стартера;
- 3 – зажим; для соединения с общей шиной бортовой сети автомобиля;
- 4 – преобразователь постоянного напряжения в переменное напряжение;
- 5 – формирователя импульсов; 6 – диод; 7 – конденсатор (первый);
- 8 – конденсатор (второй); 9 – блока управления мощным режимом;
- 10 – тиристорный ключ; 11 – блок увеличения длительности искрового разряда;
- 12 – первый информационный зажим для исследования токовременных параметров первичной цепи; 13 – первый образцовый резистор для исследования токовременных параметров первичной цепи; 14 – второй образцовый резистор для исследования токовременных параметров первичной цепи; 15 – второй информационный зажим для исследования токовременных параметров первичной цепи; 16 – третий образцовый резистор для исследования токовременных параметров первичной цепи; 17 – второй информационный зажим для исследования токовременных параметров первичной цепи;
- 18 – катушка зажигания

Полезная модель отличается тем, что введены первый 13, второй 14 и третий 16 образцовые резисторы, причем первые выходы первого 13, второго 14 и третьего 16 образцовых резисторов объединены между собой и соединены с третьим зажимом 3 конденсаторно-тиристорного модуля зажигания для подключения к отрицательному $-E$ (общему) выводу бортовой сети автомобиля и первому выходу блока управления мощным режимом 9, управляющий вход которого соединён со вторым 2 (управляю-

щим) зажимом конденсаторно-тиристорного модуля зажигания. Второй вывод первого 13 образцового резистора подсоединён к выходу блока 11 увеличения длительности искрового разряда и первому 12 информационному зажиму исследования токовременных параметров первичной цепи. Второй вывод второго 14 образцового резистора соединён с анодом диода 6 и вторым 15 информационным зажимом исследования токовременных параметров первичной цепи. Второй вывод третьего 16 образцового резистора подключён ко второму зажиму первичной обмотки катушки зажигания 18 и третьему 17 информационному зажиму исследования токовременных параметров первичной цепи.

Кроме того, в конденсаторно-тиристорный модуль зажигания (рис. 3.13) введен блок 26 контроля функционирования, первый вход и первый информационный вход которого подключены, соответственно, к третьему зажиму 3 конденсаторно-тиристорного модуля зажигания для подключения к отрицательному $-E$ (общему) выводу бортовой сети автомобиля и третьему выходу преобразователя 4 постоянного напряжения в переменное напряжение. Второй информационный вход блока 26 контроля функционирования подсоединён к информационному выходу формирователя импульсов 5, а третий информационный вход блока 26 контроля функционирования соединён с первыми обкладками первого 7 и второго 8 накопительных конденсаторов.

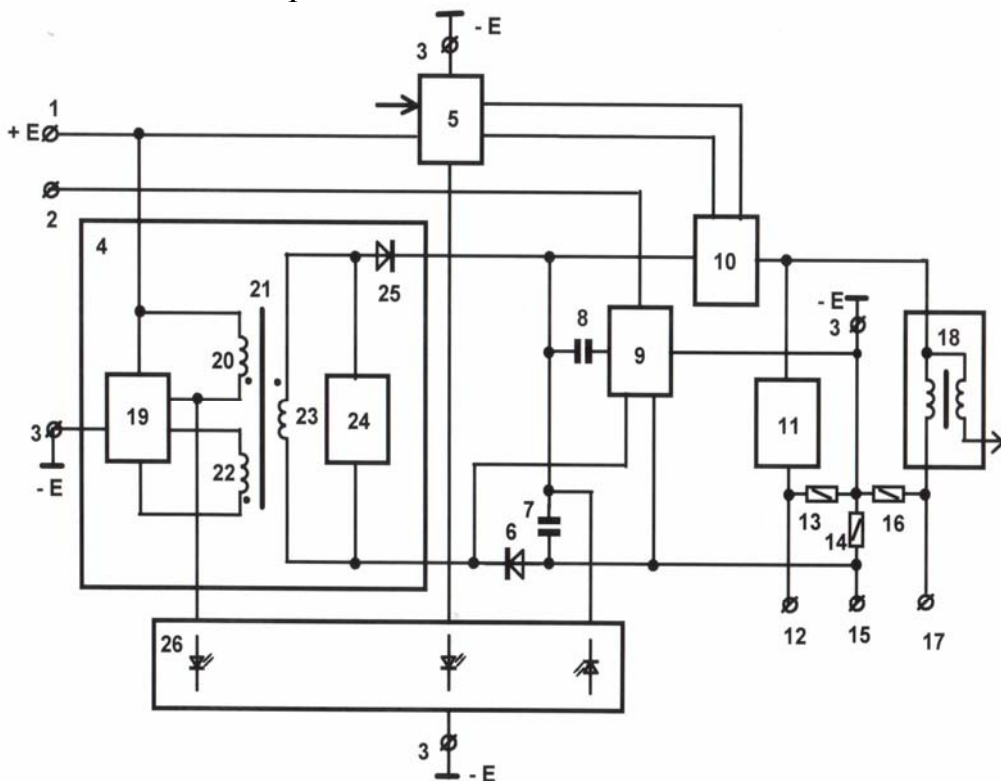


Рис. 3.13. Структурная схема конденсаторно-тиристорного модуля зажигания для двигателей внутреннего сгорания со встроенными средствами исследования (в объеме, изображённом на рис.3.12) и контроля функционирования 26

Как вариант, блок контроля функционирования конденсаторно-тиристорного модуля зажигания (рис.3.14) содержит шесть резисторов, три диода, четыре стабилитрона и три конденсатора, причем первый информационный вход блока 26 контроля функционирования подключен к катоду первого стабилитрона 26-7, анод которого подсоединён через последовательно соединенные первый резистор 26-6 и первый диод 26-5 к катоду второго стабилитрона 26-1, одной из обкладок первого конденсатора 26-2 и через второй резистор 26-4 – к аноду первого светодиода 26-3, катод которого подключен ко второй обкладке первого конденсатора 26-2, аноду второго стабилитрона 26-1 и к первому входу блока 26 контроля функционирования, второй информационный вход которого подсоединен через последовательно соединенные третий резистор 26-13 и второй диод 26-12 к катоду третьего стабилитрона 26-8, одной из обкладок второго конденсатора 26-9 и через четвертый резистор 26-11 – к аноду второго светодиода 26-10, катод которого подключён ко второй обкладке второго конденсатора 26-9, аноду третьего стабилитрона 26-9 и к первому входу блока 26 контроля функционирования, третий информационный вход которого подключен через последовательно соединенные пятый резистор 26-14 и обратно включённый третий диод 26-15 к аноду четвертого стабилитрона 26-17, одной из обкладок третьего конденсатора 26-18 и через шестой резистор 26-16 – к катоду третьего светодиода 26-19, анод которого подключен к катоду четвертого стабилитрона 26-17, второй обкладке третьего конденсатора 26-18 и к первому входу блока 26 контроля функционирования.

Конденсаторно-тиристорный модуль зажигания относится и к технике поджога горючих смесей с помощью электрической искры, в частности к емкостным системам зажигания, и может быть использовано для исследования и контроля функционирования оконечного конденсаторно-тиристорного модуля системы зажигания, установленного на двигатель внутреннего сгорания, в т.ч. в процессе его запуска и работе на всех режимах.

Из всех существующих систем зажигания наиболее перспективными являются конденсаторно-тиристорные модули зажигания (КТМЗ), преимущества которых в наибольшей мере проявляются при поджоге обедненных и бедных газозоодушных смесей. КТМЗ обеспечивают надёжный поджог и полное сгорание топливозоодушных смесей на всех режимах работы двигателя, т.к. высокое амплитудное значение тока первой индуктивной составляющей искрового разряда, формирующего дуговой разряд, и высокая скорость нарастания вторичного напряжения, позволяющая пробить увеличенный искровой зазор свечи зажигания, форсируют начальный очаг горения и снижают вероятность пропусков воспламенения бензиновых и альтернативных видов топлива.

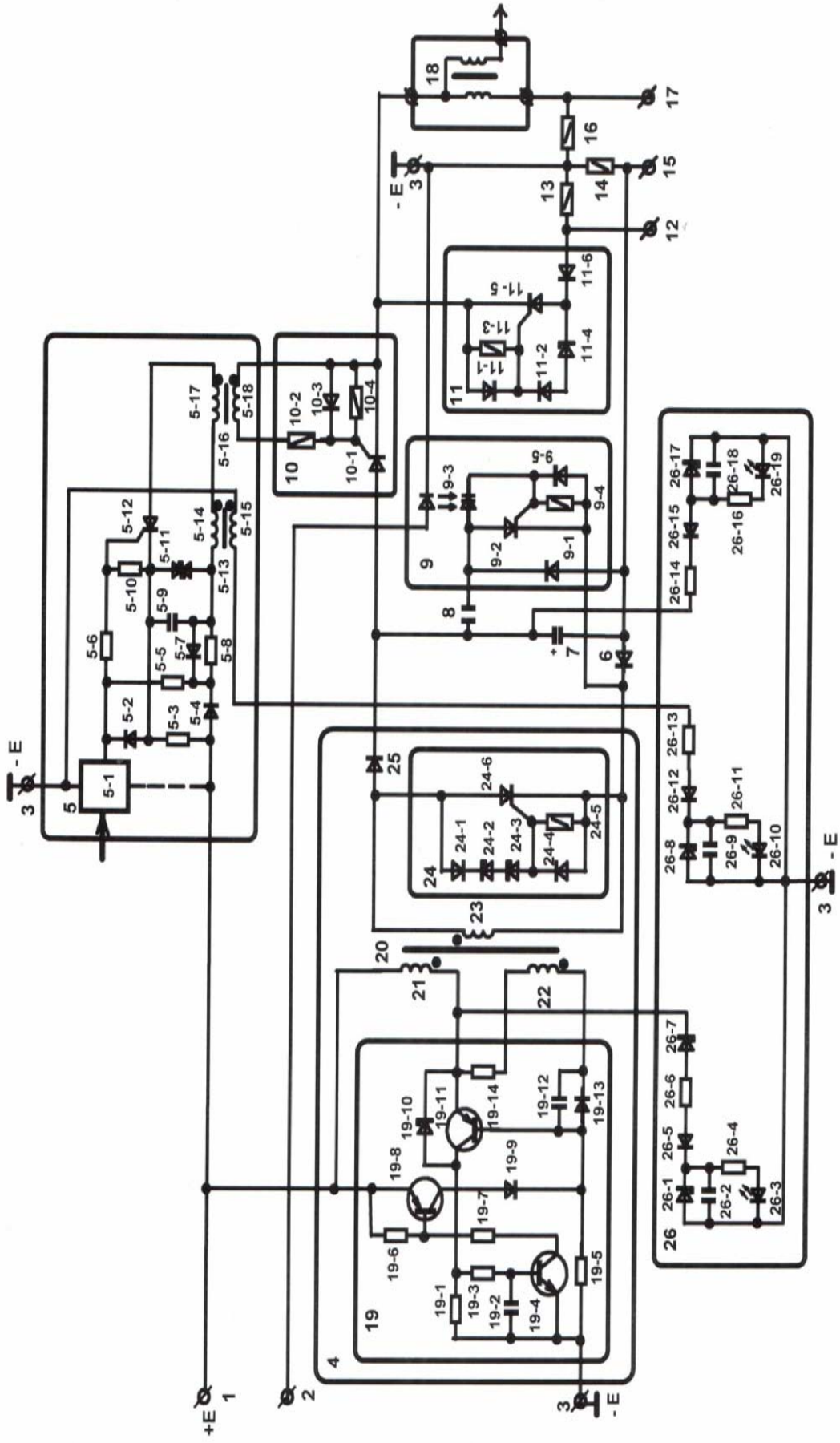


Рис. 3.14. Принципиальная схема конденсаторно-тиристорного модуля зажигания для двигателей внутреннего сгорания со встроенными средствами исследования и контроля функционирования

Форсирование начальной фазы, т.е. ускорение развития начального очага горения достигается увеличением межэлектродного зазора свечи зажигания и энергии искрового иницирующего разряда. Очаг горения при этом начинает распространяться от больших начальных объемов, что способствует снижению длительности начальной фазы сгорания и ускоренному распространению фронта пламени.

Амплитуда тока и длительность искрового разряда, характеризующие при прочих равных условиях его энергию, существенно влияют на процессы воспламенения и горения топливовоздушной смеси при пуске и работе как горячего, так и холодного двигателя, а также на эксплуатационные характеристики двигателя. Допустимыми значениями амплитуды вторичного тока и длительности искрового разряда считается, соответственно, 100 – 50 мА и 0,2 – 0,6 мс. При меньших значениях амплитуды вторичного тока и длительности искрового разряда ухудшаются условия пуска двигателя, а большие значения амплитуды вторичного тока и длительности искрового разряда следует применять лишь кратковременно, например, при пуске холодного двигателя на нормальной или на переобогащённой смеси, холостых оборотах (двигателей, работающих на компримированном газе) и при резком нажатии на педаль газа (резком увеличении оборотов двигателя), т.к. увеличивается эрозия электродов свечей и уменьшается срок их службы.

В процессе эксплуатации автомобиля основная доля неисправностей, с которыми водителю приходится сталкиваться в пути, ложится на различные системы и агрегаты двигателя. Первоочередная задача, которую водителю приходится решать в этом случае, – это задача диагностики неисправности. Опыт показывает, что в подавляющем большинстве случаев отказы в работе двигателя наблюдаются либо в системе питания, либо в системе зажигания. В настоящее время водитель практически не имеет объективных технических средств диагностики неисправного состояния системы зажигания двигателя в пути. При выяснении неисправности двигателя он может ориентироваться только на свой опыт, и схема его действий сводится только к последовательной проверке функционирования основных систем двигателя.

Особенностью предлагаемой полезной модели исследования и контроля процесса искрообразования заключается в фиксации амплитудно-временных параметров токов, протекающих в первичной и вторичной электрических цепях катушки зажигания.

Известна тиристорная система электронного зажигания для двигателей внутреннего сгорания, описанная в [М. П. Брижинева. Стабилизация напряжения преобразователя // Радио. – 1984. – №10. – С. 22, разработанная на базе автор. свидетельства № 978294 МКЛ 3 Н02М 3/335. Однотактный

стабилизированный преобразователь постоянного напряжения / Брижинева М. П – № 3302487/24-07; Заявлено 19.06.81; Опубл. 30.11.82, Бюл. № 44 // Открытия. Изобретения. – 1982. – №44, 2], содержащая преобразователь постоянного напряжения в переменное на базе задающего генератора и импульсного трансформатора, первый вход задающего генератора подключён к первому входу импульсного трансформатора, первому входу формирователя импульсов и первому зажиму для подключения к положительному выводу $+E$ бортовой сети автомобиля, вторые входы задающего генератора и формирователя импульсов соединены с отрицательным $-E$ (общим) зажимом бортовой сети автомобиля, первый, второй и третий выходы задающего генератора подсоединены, соответственно, ко второму, третьему и четвёртому входам импульсного трансформатора, первый выход которого подключён к первому входу блока стабилизации преобразователя постоянного напряжения в переменное и через прямо включенный диод к первому входу тиристорного ключа, к первой обкладке накопительного конденсатора, вторая обкладка которого соединена со вторым выходом импульсного трансформатора, первый и второй выходы формирователя импульсов подключены к первому и второму управляющим входам тиристорного ключа, выход которого подсоединен к первому зажиму первичной обмотки катушки зажигания, второй зажим которой соединен со второй обкладкой накопительного конденсатора.

Недостатком известной системы зажигания является короткая длительность искрового разряда, не превышающая 0,3 мс, отсутствие режима увеличения энергии искрового разряда при пуске двигателя или работе на холостых оборотах и контроля её функционирования.

В тиристорной системе электронного зажигания для двигателей внутреннего сгорания, содержащей преобразователь постоянного напряжения в переменное напряжение, первый вход которого подключён к первому входу формирователя импульсов и положительному зажиму бортовой сети автомобиля, вторые входы преобразователя постоянного напряжения в переменное напряжение и формирователя импульсов соединены с общим зажимом бортовой сети автомобиля, первый выход преобразователя постоянного напряжения в переменное напряжение подключён к первому входу тиристорного ключа, к первой обкладке первого накопительного конденсатора и первой обкладке второго накопительного конденсатора, вторая обкладка которого подсоединена к первому входу блока управления мощным режимом, второй вход которого соединён со вторым выходом преобразователя постоянного напряжения в переменное напряжение и через обратно включенный диод со второй обкладкой первого накопительного конденсатора, вторым выходом блока управления мощным режимом, первый и второй выходы формирователя импульсов подключены к

первому и второму управляющим входам тиристорного ключа, выход которого подсоединен к входу блока увеличения длительности искрового разряда и первому зажиму первичной обмотки катушки зажигания, второй зажим которой соединен с анодом диода.

Недостатком данной тиристорной системы электронного зажигания, как и предыдущей, является отсутствие возможности для исследования токовременных параметров первичной цепи и, соответственно, процесса формирования искрового разряда на различных режимах работы ДВС и различных альтернативных видах топлива при нормальном и мощном режимах и визуального контроля её функционирования.

Сущность конденсаторно-тиристорного модуля зажигания заключается в фиксации амплитудно-временных параметров токов, протекающих в первичной и вторичной электрических цепях катушки зажигания, синхронно с запускающими сигналами на формирование искрового разряда с соответствующих выходов микропроцессорного блока управления зажиганием, или электромагнитного датчика, или датчика Холла, или контактного датчика (прерывателя).

Устранить указанные недостатки позволяет конденсаторно-тиристорный модуль зажигания для двигателей внутреннего сгорания со встроенными средствами исследования и контроля функционирования, содержащий преобразователь постоянного напряжения в переменное напряжение, первый вход которого подключён к первому входу формирователя импульсов и первому зажиму конденсаторно-тиристорного модуля зажигания для подключения к положительному выводу $+E$ бортовой сети автомобиля, вторые входы преобразователя постоянного напряжения в переменное напряжение и формирователя импульсов соединены с третьим зажимом конденсаторно-тиристорного модуля зажигания для подключения к отрицательному $-E$ (общему) выводу бортовой сети автомобиля, первый выход преобразователя постоянного напряжения в переменное напряжение подсоединён к первому входу тиристорного ключа, к первой обкладке первого накопительного конденсатора и первой обкладке второго накопительного конденсатора, вторая обкладка которого подсоединена к первому входу блока управления мощным режимом, второй вход которого соединён со вторым выходом преобразователя постоянного напряжения в переменное напряжение и через обратно включенный диод со второй обкладкой первого накопительного конденсатора и вторым выходом блока управления мощным режимом. Первый и второй выходы формирователя импульсов подключены к первому и второму управляющим входам тиристорного ключа, выход которого подсоединен к входу блока увеличения длительности искрового разряда и первому зажиму первичной обмотки катушки зажигания. Конденсаторно-тиристорный модуль зажигания отличается

тем, что введены первый, второй и третий образцовые резисторы, причем первые выводы первого, второго и третьего образцовых резисторов объединены между собой и соединены с третьим зажимом конденсаторно-тиристорного модуля зажигания для подключения к отрицательному $-E$ (общему) выводу бортовой сети автомобиля и первому выходу блока управления мощным режимом, управляющий вход которого соединён со вторым (управляющим) зажимом конденсаторно-тиристорного модуля зажигания. Второй вывод первого образцового резистора подсоединён к выходу блока увеличения длительности искрового разряда и первому информационному зажиму исследования токовременных параметров первичной цепи. Второй вывод второго образцового резистора соединён с анодом диода и вторым информационным зажимом исследования токовременных параметров первичной цепи. Второй вывод третьего образцового резистора подключён ко второму зажиму первичной обмотки катушки зажигания и третьему информационному зажиму исследования токовременных параметров первичной цепи.

Кроме того, как вариант, в конденсаторно-тиристорный модуль зажигания введен блок контроля функционирования, первый вход и первый информационный вход которого подключены, соответственно, к третьему зажиму конденсаторно-тиристорного модуля зажигания для подключения к отрицательному $-E$ (общему) выводу бортовой сети автомобиля и третьему выходу преобразователя постоянного напряжения в переменное напряжение. Второй информационный вход блока контроля функционирования подсоединён к информационному выходу формирователя импульсов, а третий информационный вход блока контроля функционирования соединён с первыми обкладкам первого и второго накопительных конденсаторов.

Как вариант, блок контроля функционирования конденсаторно-тиристорного модуля зажигания содержит шесть резисторов, три диода, четыре стабилитрона и три конденсатора, причем первый информационный вход блока контроля функционирования подключен к катоду первого стабилитрона, анод которого подсоединён через последовательно соединенные первый резистор и первый диод к катоду второго стабилитрона, одной из обкладок первого конденсатора и через второй резистор к аноду первого светодиода, катод которого подключен ко второй обкладке первого конденсатора, аноду второго стабилитрона и к первому входу блока контроля функционирования, второй информационный вход которого подсоединен через последовательно соединенные третий резистор и второй диод к катоду третьего стабилитрона, одной из обкладок второго конденсатора и через четвертый резистор – к аноду второго светодиода, катод которого подсоединён ко второй обкладке второго конденсатора, аноду третьего стабилитрона и к первому входу блока контроля функционирования,

третий информационный вход которого подключен через последовательно соединенные пятый резистор и обратно включенный третий диод к аноду четвертого стабилитрона, одной из обкладок третьего конденсатора и через шестой резистор к катоду третьего светодиода, анод которого подключен к катоду четвертого стабилитрона, второй обкладке третьего конденсатора и к первому входу блока контроля функционирования.

Конденсаторно-тиристорный модуль зажигания позволяет повысить достоверность исследования и контроля работоспособности оконечного каскада конденсаторно-тиристорного модуля зажигания двигателя внутреннего сгорания на различных альтернативных видах топлива и режимах работы.

Амплитудно-временные параметры КТМЗ определяются резонансными свойствами колебательного контура, состоящего из накопительного конденсатора, первичной обмотки катушки зажигания и магнитосвязанной с ней вторичной обмотки, нагрузкой которой является межэлектродный зазор свечи. Передача энергии во вторичную цепь катушки зажигания, от заряженного до заданного значения напряжения конденсатора осуществляется путем подключения его тиристорным ключом к первичной обмотке катушки зажигания.

На рис. 3.15 приведены временные диаграммы работы формирователя импульсов 5 с механическим датчиком (прерывателем) 5-1.

На рис. 3.16 (а – к) приведены временные диаграммы работы КТМЗ с момента времени формирования искрового разряда, на которых изображены:

- напряжение на первичной W_1 обмотке катушки зажигания 18 в нормальном (а) и в мощном (пусковом) (е) режимах, фиксируемых на первом зажиме первичной обмотки катушки зажигания относительно третьего зажима 3 КТМЗ (общей шины -Е);

- токи, протекающие через тринистор 10-1 в нормальном (б) и в мощном (пусковом) (ж) режимах, фиксируемые на втором информационном зажиме 15 относительно зажима 3 КТМЗ (падение напряжения на образцовом резисторе 14 пропорционального току через тринистор 10-1);

- токи, протекающие через диод 11-6, тринистор 11-5 в нормальном (в) и мощном (пусковом) (з) режимах, фиксируемые на первом информационном зажиме 12 относительно зажима 3 КТМЗ (падение напряжения на образцовом резисторе 13 пропорционального току через тринистор 11-5);

- токи, протекающие в первичной обмотке W_1 катушки зажигания 18 в нормальном (г) и мощном (пусковом) (и) режимах, фиксируемые на третьем информационном зажиме 17 относительно зажима 3 КТМЗ (падение напряжения на образцовом резисторе 16 пропорционального току через первичную обмотку W_1 катушки зажигания 18);

- токи, протекающие во вторичной обмотке W_2 катушки зажигания 18 в нормальном (д) и мощном (пусковом) (к) режимах, фиксируются, например, трансформатором тока на высоковольтном выводе катушки зажигания 18.

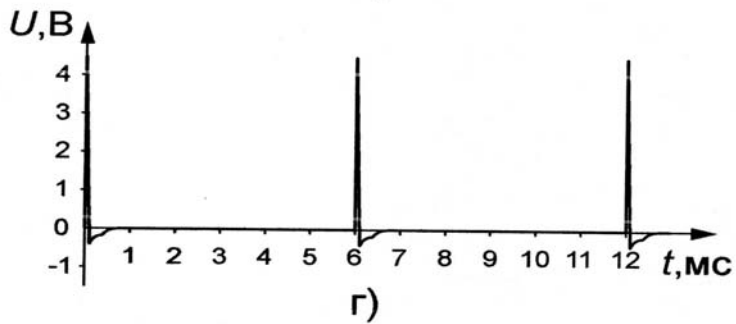
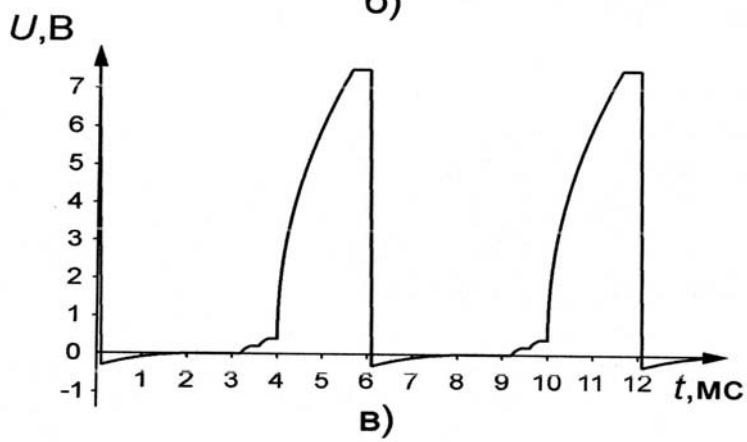
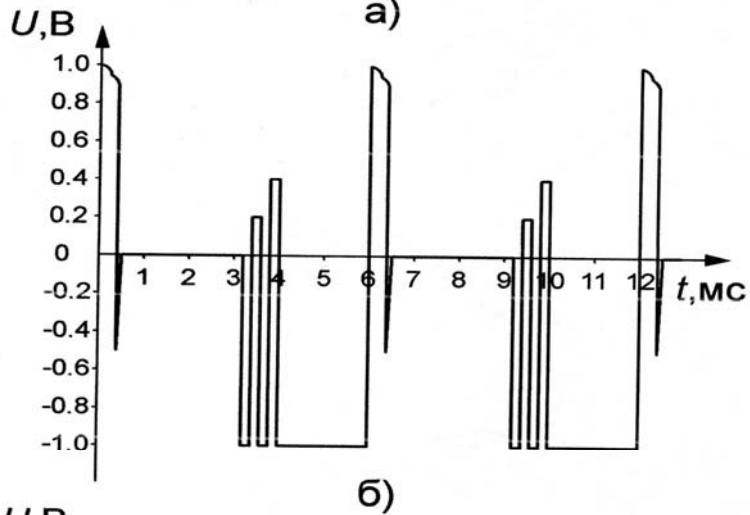
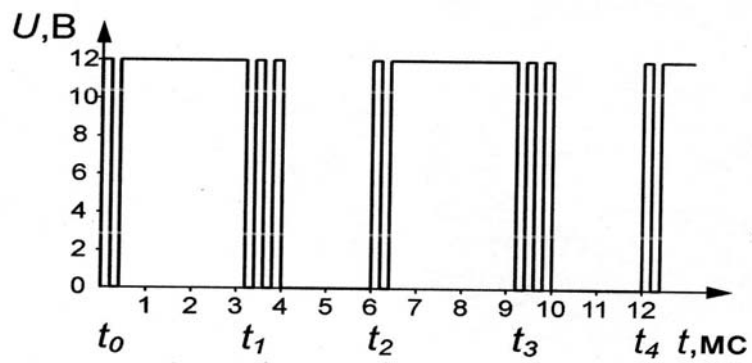


Рис. 3.15. Временные диаграммы работы формирователя импульсов 5 с механическим датчиком (прерывателем) 5-1

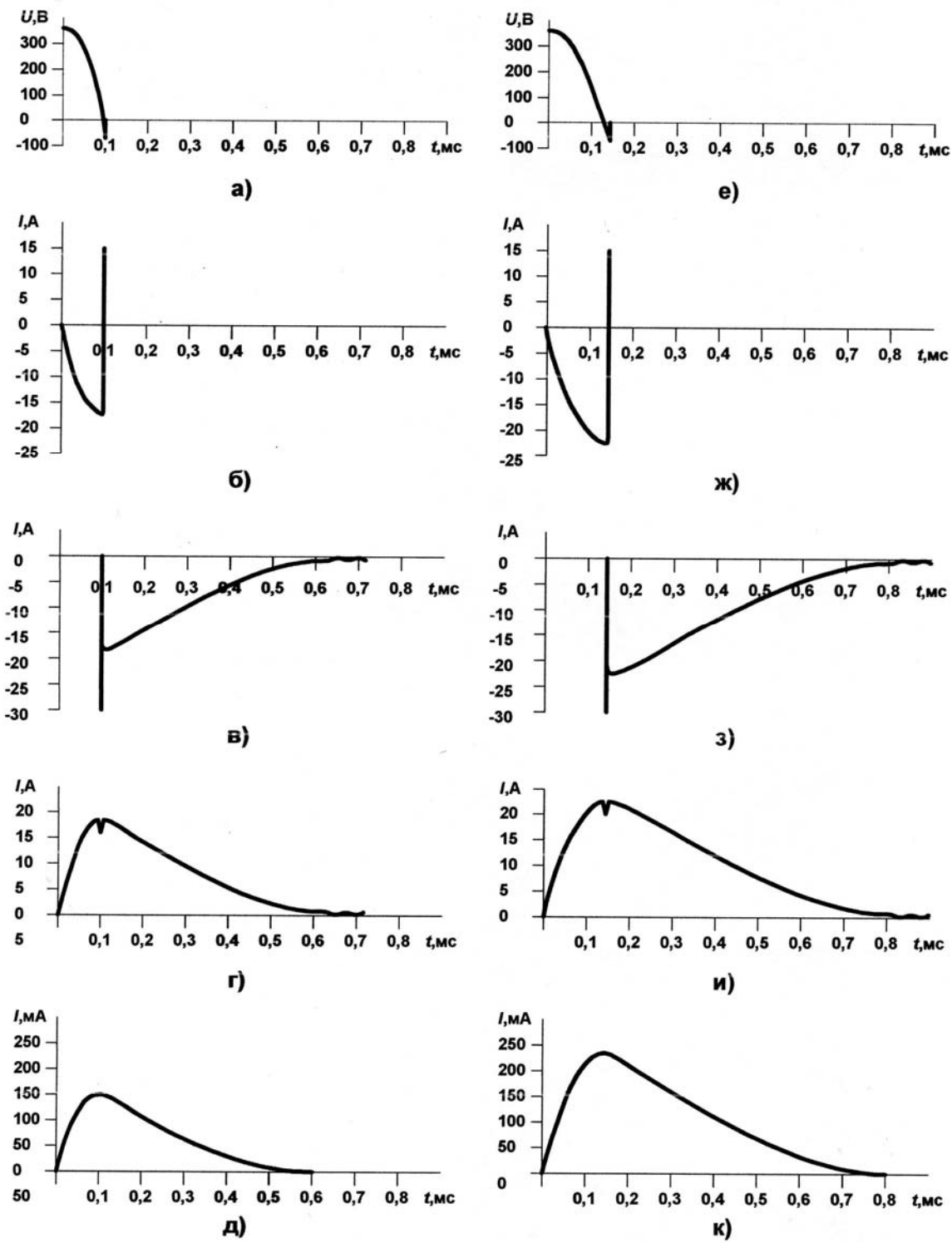


Рис. 3.16. Временные диаграммы работы КТМЗ с момента времени формирования искрового разряда

Сведения, подтверждающие возможность осуществления полезной модели с получением вышеуказанного технического результата, заключаются в следующем.

Преобразователь 4 постоянного напряжения в переменное напряжение представляет собой одноконтурный обратногоходовой стабилизированный преобразователь постоянного напряжения (ООСПН) в переменное (импульсное) напряжение на базе задающего генератора 19, импульсного трансформатора 20 и диода 25, работа которого, например, подробно описана в [А.Х. Синельников. Электроника в автомобиле. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1986. – 96 с., с ил. – (массовая радиобиблиотека; вып. 1084. С. 42-47)], а стабилизация вторичного напряжения осуществляется блоком 24 стабилизации преобразователя постоянного напряжения в переменное, принцип работы которого подробно описан в [М.П. Брижнев. Стабилизация напряжения преобразователя // Радио. – 1984. – №10. – С. 22].

Работу конденсаторно-тиристорного модуля зажигания (КТМЗ) рассмотрим, начиная с работы преобразователя 4 постоянного напряжения в переменное напряжение, реализующего непрерывное накопление энергии в конденсаторе 7 (и конденсатора 8 в мощном режиме). При подаче напряжения питания $+E$ бортовой сети автомобиля на зажим 3 через обмотку 21 импульсного трансформатора 20, эмиттерный переход транзистора 19-11 и резистор смещения 19-5 начинает течь ток базы транзистора 19-11. В результате чего транзистор 19-11 открывается и почти полное напряжение питания бортовой сети прикладывается к обмотке 21 импульсного трансформатора 20 и через неё начинает протекать линейно нарастающий ток коллектора транзистора 19-11. Магнитодвижущая сила обмотки 21 возбуждает в магнитопроводе магнитный поток. Этот магнитный поток индуцирует в первичной обмотке 21 ЭДС самоиндукции, а в остальных обмотках ЭДС индукции.

Сильная положительная обратная связь, осуществляемая обмоткой обратной связи 22 через резистор 19-14, эмиттерный переход транзистора 19-11 и диод 19-13 обуславливает лавинообразный характер нарастания тока базы и такой же характер уменьшения разности потенциалов между коллектором и эмиттером транзистора 19-11. Через некоторый момент времени разность потенциалов между коллектором и эмиттером транзистора снижается до единиц Вольт и транзистор 19-11 переходит в режим насыщения.

Во время протекания тока в обмотке 21 происходит накопление энергии в магнитном поле импульсного трансформатора 20. При увеличении тока через обмотку импульсного трансформатора увеличивается падение

напряжения на резисторе 19-1, и в момент, когда падение напряжения становится равным примерно 0,65–0,7 В из-за наличия конденсатора 19-2 и резистора 19-3 (т.е. когда потенциал на базе транзистора 19-4 станет на 0,6 В положительнее потенциала эмиттера этого транзистора), транзистор 19-4 открывается и открывается также транзистор 19-8, т. к. начинает течь ток базы транзистора 19-8 через резистор 19-7 и открытый транзистор 19-4. Открытый транзистор 19-8 через диод 19-9 шунтирует базу – эмиттерный переход транзистора 19-11. Из-за действия положительной обратной связи происходит лавинообразное снижение и инвертирование базового тока транзистора 19-11, и он закрывается. Ток в первичной обмотке 21 импульсного трансформатора 20 резко прекращается. На этом заканчивается прямой ход работы ООСПН.

Диод 25 во время прямого хода закрыт, т.к. к его аноду приложен отрицательный потенциал. После разрыва тока в обмотке 21 импульсного трансформатора 20 начинается обратный ход работы ООСПН. Энергия, накопленная в магнитном поле импульсного трансформатора 20, создаёт (при обратном ходе работы ООСПН) в его обмотках импульсы напряжения противоположной полярности. Положительный импульс с конца обмотки 23 открывает диод 25, и ток, индуцированный во вторичной обмотке 23 импульсного трансформатора 20, заряжает конденсатор 7. Положительное напряжение с начала обмотки 22 через конденсатор 19-12 прикладывается к базе транзистора 19-11 и запирает его, после окончания действия импульса обратного хода.

После «сброса» энергии, накопленной в магнитном поле импульсного трансформатора 20 в конденсатор 7, напряжение на обмотках 23 и 22 падает до нуля, и через резистор смещения 19-5 и эмиттерный переход транзистора 19-11 начинает протекать ток базы, транзистор 19-11 открывается и происходит новое накопление энергии в магнитном поле импульсного трансформатора 20.

Во время работы ООСПН такты заряда конденсатора 7 следуют одни за другим до тех пор, пока напряжение на стабилитронах 24-2 и 24-3 не достигнет порога их открывания, что соответствует, например, напряжению 360 В на накопительном конденсаторе 7. Ток через цепь диод 24-1, стабилитрон 24-2 и стабилитрон 24-3 откроет тринистор 24-6, который закоротит вторичную обмотку 23 трансформатора 20 и сорвет генерацию. Одновременно закрывается диод 25, препятствуя разрядке конденсатора 7 через тринистор 24-6. ООСПН не работает до тех пор, пока энергия, накопленная при прямом ходе в магнитном поле импульсного трансформатора 20, рассеивается в режиме короткого замыкания на индуктивном (реактивном) сопротивлении вторичной обмотки 23 и активных сопротивлениях обмотки 23 и тринистора 24-6, ток через него уменьшается и достигает порога

закрывания, по достижении которого он закрывается. ООСПН вновь вступает в работу, и накопительный конденсатор 7 заряжается до значения напряжения пробоя стабилитронов 24-2 и 24-3. Ток потребления КТМЗ в отсутствие искрового разряда и в режиме стабилизации вторичного напряжения уменьшается как минимум на порядок. Конденсатор 19-2 и резистор 19-3 служат для надежного срабатывания транзистора 19-4.

Стабилитрон 19-10 применен для защиты силового транзистора 19-11 от ЭДС самоиндукции первичной обмотки 21 импульсного трансформатора 20 на безопасном для него уровне (равном напряжению пробоя стабилитрона 19-10).

В КТМЗ предусмотрено на момент, например, работы стартера, при работе двигателя на холостых оборотах или при резком нажатии педали газа (акселератора) включение мощного (пускового) режима с увеличенной плотностью тока, большей поверхностью и объемом иницирующего разряда (второй конденсатор 8 и блок 9 увеличения мощности искрового разряда), что позволяет надежно запускать двигатель при температуре до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ без предварительного подогрева топливовоздушной смеси. Включение мощного (пускового) режима производится подачей стабилизированного тока от бортовой цепи автомобиля на зажим 2, который протекает через светодиод оптодиристора 9-3. Срабатывает оптодиристор и подается положительный потенциал на управляющий электрод тиристора (тринистора) 9-2. Тринистор 9-2 открывается, и конденсатор 8 (во время обратного хода ООСПН) через открытый тринистор 9-2 заряжается последовательно или одновременно с конденсатором 7 до напряжения, равного напряжению пробоя стабилитронов 24-2 и 24-3 за вычетом падения напряжения на тринисторе 9-2. Диод 6 исключает разряд заряженного конденсатора 7 на конденсатор 8 в момент включения блока 9 увеличения энергии искрового разряда. В каждом последующем такте формирования искрового разряда при включённом блоке 9 увеличения энергии искрового разряда заряд и разряд конденсаторов 7 и 8 осуществляется одновременно.

Рассмотрим работу формирователя 5 в момент поступления сигнала с датчика 5-1 момента искрообразования, в качестве которого может использоваться микропроцессорный блок управления зажиганием, электромагнитный датчик, датчик Холла (питание которых осуществляется от источника энергии бортовой сети автомобиля по линии, обозначенной пунктиром) или контактный датчик (прерыватель).

Исходное состояние, например, механического контактного датчика (прерывателя) 5-1 контакты замкнуты: в этом случае по цепи протекает ток от источника энергии бортовой сети $+E$, зажим 1 КТМЗ, резистор 5-3, диод 5-2, механический датчик (прерыватель) 5-1, зажим 3 КТМЗ для подключения к отрицательному (общему) выводу бортовой сети автомобиля $-E$.

Кроме того, по следующей цепи протекает ток от источника энергии бортовой сети $+E$: зажим 1 КТМЗ, диод 5-4, резистор 5-5, механический датчик (прерыватель) 5-1, зажим 3 КТМЗ для подключения к отрицательному $-E$ (общему) выводу бортовой сети автомобиля. Данные токи через резистор 5-3, диод 5-2 и диод 5-4, резистор 5-5 формируют в основном необходимый и достаточный ток через контакты механического датчика (прерывателя) 5-1, что позволяет исключить образование окисной пленки на контактах прерывателя. Более того, и по следующей цепи протекает ток от источника энергии бортовой сети $+E$: зажим 1, диод 5-4, резистор 5-8, стабилитрон 5-11, диод 5-2, механический датчик (прерыватель) 5-1, зажим 3 КТМЗ для подключения к отрицательному $-E$ (общему) выводу бортовой сети автомобиля. Конденсатор 5-9 заряжается до напряжения, равного по величине напряжению стабилизации стабилитрона 5-11.

В момент времени t_0, t_2, t_4 (рис. 3.15, а, б, в, г). Контакты механического датчика (прерывателя) размыкаются, и к диоду 5-2 прикладывается напряжение конденсатора 5-9 в обратной полярности, и диод 5-2 закрывается, а к управляющему электроду тиристора (тринистора) 5-12 это напряжение прикладывается в прямом направлении, и он открывается. Напряжение с конденсатора 5-9 прикладывается к катоду диода 5-2 относительно его анода по цепи: нижняя обкладка конденсатора 5-9 резистор 5-8 (или диод 5-7, при его наличии, например, при использовании тринистора с большим током через управляющий электрод типа КУ201, КУ202), резистор 5-5, катод диода 5-2. К управляющему электроду тринистора 5-12 ток протекает по цепи: нижняя обкладка конденсатора 5-9, резистор 5-8 (или диод 5-7, при его наличии), резистор 5-5, резистор 5-6, управляющий электрод тринистора 5-12, катод тринистора 5-12, верхняя обкладка конденсатора 5-9.

Амплитуда напряжения положительного импульса на катоде диода 5-2 и на управляющем электроде тринистора 5-12 определяется сопротивлениями 5-8 (или диодом 5-7), резистором 5-5, резистором 5-6 и напряжением срабатывания управляющего электрода тринистора 5-12 (рис. 3.15,б). К первичным обмоткам 5-14 и 5-17 импульсных трансформаторов 5-13 и 5-16 прикладывается напряжение заряженного конденсатора 5-9 (рис.3.15,в). Конденсатор 5-9 практически мгновенно (100-200 мкс) разряжается на первичные обмотки 5-14 и 5-17 импульсных трансформаторов 5-13 и 5-16 и на его вторичных обмотках 5-15 и 5-18 формируются импульсы запуска (рис. 3.15, в) длительностью не менее 50 мкс.

Амплитудное значение напряжения и тока запускающего импульса для тиристорного ключа 10 (тринистора 10-1) зависит от ёмкости конденсатора 5-9, напряжения источника энергии бортовой сети автомобиля или напряжения стабилизации стабилитрона 5-11, коэффициента трансформации первичных 5-14, 5-17 и, соответственно, вторичных обмоток 5-15, 5-18

импульсных трансформаторов 5-13 и 5-16, соответственно, сопротивления нагрузки блока 26 контроля функционирования конденсаторно-тиристорного модуля зажигания и сопротивления цепи запуска тиристорного ключа 10. Дребезг механического датчика (прерывателя) 5-1 при размыкании контактов не влияет на форму, амплитуду и длительность запускающего импульса, т.к. первый же импульс при размыкании контактов прерывателя запускает тринистор 5-12 и в дальнейшем независимо от состояния контактов (дребезга) прерывателя 5-1 тринистор 5-12 остается открытым на все время разряда и перезаряда конденсатора 5-9 за счет остаточной энергии импульсных трансформаторов 5-13 и 5-16. Если даже продолжается дребезг контактов прерывателя после разряда конденсатора 5-9 и выключения тринистора 5-12, то повторного запуска тринистора 5-12 не произойдет, т.к. конденсатор 5-9 разряжен и остается разряженным до момента замыкания контактов прерывателя 5-1.

При замыкании контактов прерывателя 5-1 (момент времени t_1 , t_3 – рис.3.15) формируется из-за дребезга поэтапный заряд конденсатора 5-9 (рис. 3.15,в) до заданного значения напряжения (напряжения источника энергии за вычетом падения напряжения на диодах 5-2 и 5-4 или до напряжения стабилизации стабилитрона 5-11 и осуществляется не менее чем за 2 мс (определяется значениями резистора 5-8 и конденсатора 5-9 при максимальном значении напряжения источника энергии бортовой сети автомобиля 13.8-14.4 В). Формирователь импульсов 5 не реагирует на дребезг контактов механического прерывателя 5-1 при замыкании, т.к. напряжение на конденсаторе 5-9 в течение всей длительности дребезга недостаточно для запуска тринистора (рис. 3.15,в).

При возникновении импульсных помех в бортовой сети автомобиля при замкнутых контактах прерывателя 5-1 запуск формирователя импульсов 5 не происходит, т.к. к управляющему электроду тринистора 5-12 приложено отрицательное (закрывающее) напряжение по величине равное падению напряжения на диоде 5-2.

При возникновении импульсных помех в бортовой сети автомобиля при разомкнутых контактах прерывателя 5-1 запуск формирователя импульсов 5 не происходит, т.к. конденсатор 5-9 разряжен.

В момент открытия тринистора 10-1 первичная обмотка катушки зажигания 18 подключается к конденсатору 7 непосредственно, а к конденсатору 8 через диод 9-1. Первичная обмотка W_1 катушки зажигания 18 и накопительные конденсаторы 7 и 8, соединенные между собой через открытый тринистор 10-1, образуют колебательный контур, в котором возникают затухающие колебания.

Конденсатор 7 разряжается (в мощном режиме заряженный конденсатор 8 также разряжается, тем самым увеличивая амплитуду тока в пер-

вичной обмотке W_1 катушки зажигания 18), и ток в это время в колебательном контуре через первичную обмотку W_1 катушки зажигания 18 растёт (рис. 3.16, г), и в мощном режиме (рис. 3.16, и). Скорость нарастания напряжения на первичной обмотке W_1 катушки зажигания определяется временем переключения тиристора 10-1. В момент, когда напряжение на конденсаторах становится равным нулю, ток в колебательном контуре достигает максимального значения (десятки Ампер) (рис. 3.16, г), и в мощном режиме (рис. 3.16, и).

С этого момента источником энергии является катушка зажигания 18. Напряжение на первичной обмотке W_1 катушки зажигания 18 меняет полярность (из-за появления ЭДС самоиндукции первичной обмотки W_1 катушки зажигания) (рис. 3.16, а) и в мощном режиме (рис. 3.16, е), а ток в контуре сохраняет свое первоначальное направление. Происходит перезаряд через открытый тринистор 10-1 конденсатора 7 непосредственно, а конденсатора 8 – через диод 9-1. После достижения на этих конденсаторах напряжения обратного знака (определяемого в основном напряжением стабилизации стабилитрона 11-14) пробивается стабилитрон 11-4, который открывает тринистор 11-5, и напряжение обратного знака конденсатора 7 (при мощном режиме и конденсатора 8) прикладывается к тринистору 10-1. Это способствует его быстрому выключению из-за кратковременного протекания тока прямого направления через тринистор 11-5 (рис. 3.16, в), и в мощном режиме (рис. 3.16, з) и обратного направления через тринистор 10-1 (рис. 3.16, б) и в мощном режиме рис. 3.16, ж) как минимум превышающего величины тока в прямом направлении и вызывает закрытие тринистора 10-1 в течение нескольких микросекунд (тогда как в традиционном режиме работы время закрытия тринистора 10-1 после прекращения тока превышает 150 мкс), что повышает надёжность работы КТМЗ.

После выключения тринистора 10-1 (через 100 мкс и в мощном режиме через 150 мкс после подачи сигнала на формирование иницирующего разряда) ООСПН включается и начинается заряд конденсатора 7 (в мощном режиме и конденсатора 8) до рабочего напряжения. На время включённого состояния тринистора 10-1 ООСПН не работает, т.к. вторичная обмотка 23 импульсного трансформатора 20 находится в режиме короткого замыкания. После выключения тринистора 10-1 ток в контуре, включающем катушку зажигания 18, начинает протекать по цепи: второй зажим первичной обмотки W_1 катушки зажигания 18, диод 11-6, тринистор 11-5, первый зажим первичной обмотки W_1 катушки зажигания 18, экспоненциально спадая по величине до значения менее ампера. Во время протекания тока через первичную обмотку W_1 катушки зажигания 18 продолжается трансформация энергии во вторичную обмотку W_2 катушки зажигания 18. Скорость нарастания напряжения во вторичной цепи определяется напря-

жением на конденсаторе 7, распределенными емкостями вторичной обмотки катушки зажигания 18, высоковольтных проводов, датчика – распределителя, свечи зажигания (не показано). Через 25-30 мкс (после подачи сигнала на формирование инициирующего разряда) вторичное напряжение достигает напряжения пробоя в искровом промежутке свечи зажигания. Формируется емкостная составляющая инициирующего разряда длительностью несколько микросекунд и током десятки и даже сотни ампер (не показано), которая обусловлена разрядом распределенных емкостей (преимущественно емкостью свечи зажигания). После окончания емкостной фазы формируется индуктивная фаза инициирующего разряда длительностью 0,6 мс (рис. 3.16, д) и 0,8 мс (рис. 3.16, к). Максимальное значение тока в искровом промежутке свечи зажигания достигает сотни мА. После закрытия транзистора 10-1 и заряда конденсатора 7 (в мощном режиме и конденсатора 8) до рабочего напряжения система готова к формированию следующего инициирующего разряда.

Поскольку длительность импульсов тока в проводниках первичной цепи КТМЗ составляет доли миллисекунды, то непосредственное наблюдение свечения, какого-либо светодиода в течение столь короткого времени будет затруднено. Для нормального восприятия глазом минимальное время свечения индикатора должно составлять приблизительно 15–20 мс.

Схемное решение блока 26 контроля функционирования КТМЗ выбрано таким образом, чтобы обеспечить оптимальное время свечения светодиодов 26-3, 26-10, 26-19 (25 мс) независимо от частоты искрообразования. Это осуществляется применением:

- стабилитронов 26-1, 26-7, 26-8, 26-17, служащих для ограничения напряжения на светодиодах, и резисторов 26-4, 26-6, 26-11, 26-13, 26-14, 26-16, предназначенных для ограничения тока через светодиоды;

- конденсаторов 26-2, 26-9, 26-18, служащих для обеспечения оптимального по времени свечения светодиодов 26-3, 26-10, 26-19.

Блок 26 контроля функционирования КТМЗ позволяет контролировать такие параметры, как:

- контроль работы ООСПН, а именно преобразователя 4 постоянного напряжения в переменное напряжение на базе задающего генератора 19 и импульсного трансформатора 20;

- контроль сигнала с датчика момента искрообразования 5-1 и работу формирователя запускающих импульсов 5;

- контроль функционирования оконечного каскада КТМЗ двигателя внутреннего сгорания (контроль процесса заряда и разряда конденсаторов 7 и 8, напряжение с которых фиксируется лишь при изменении полярности, т.е. при формировании искрового разряда).

Контроль работы преобразователя 4 постоянного напряжения в переменное напряжение на базе задающего генератора 19 и импульсного трансформатора 20 осуществляется следующим образом. При работе ООСПН, в момент закрытия силового транзистора 19-11, образуется ЭДС самоиндукции первичной обмотки 21 трансформатора 20, составляющая 40–60 В. Это напряжение пробивает стабилитрон 26-7 (напряжение стабилизации которого заведомо выше напряжения питания), и ток протекает по цепи: начало обмотки 21, стабилитрон 26-7, резистор 26-6, диод 26-5, конденсатор 26-2, (заряжая конденсатор до напряжения, равного напряжению пробоя стабилитрона 26-1), зажим 3 КТМЗ для подключения к отрицательному (общему) выводу бортовой сети автомобиля $-E$.

Также ток протекает по цепи: начало обмотки 21, стабилитрон 26-7, резистор 26-6, диод 26-5, резистор 26-4, светодиод 26-3, зажим 3 КТМЗ для подключения к отрицательному $-E$ (общему) выводу бортовой сети автомобиля.

После исчезновения импульса тока светодиод 26-3 продолжает еще некоторое время (приблизительно 25 мс) светиться, благодаря тому, что конденсатор 26-2 продолжает разряжаться через резистор 26-4 и светодиод 26-3. Если ООСПН исправен и КТМЗ работает в режиме холостого хода (двигатель не работает), то светодиод 26-3 моргает с низкой частотой (от нескольких Гц до десятка Гц). При работе ДВС на холостых оборотах и при увеличении оборотов от холостых до максимальных, частота свечения светодиода 26-3 увеличивается, и моргание становится неразличимым для глаза.

Контроль сигнала с датчика 5-1 момента искрообразования формирователя импульсов 5 осуществляется следующим образом: импульсный сигнал с выходной обмотки 5-18 импульсного трансформатора 5-16 поступает на управляющий вход тиристорного ключа 10, также в этот момент импульсный сигнал с выходной обмотки 5-15 импульсного трансформатора 5-13 относительно зажима 3 КТМЗ поступает на второй информационный вход блока 26 контроля функционирования и, соответственно, через резистор 26-13, диод 26-12, конденсатор 26-9 (заряжая конденсатор 26-9 до напряжения, равного напряжению пробоя стабилитрона 26-8), зажим 3 КТМЗ для подключения к отрицательному $-E$ (общему) выводу бортовой сети автомобиля. Ток через светодиод 26-10 протекает по цепи: импульсный сигнал с выходной обмотки 5-15 импульсного трансформатора 5-13 относительно зажима 3 КТМЗ поступает на второй информационный вход блока 26 контроля функционирования и, соответственно, через резистор 26-13, диод 26-12, резистор 26-11, светодиод 26-10, зажим 3 КТМЗ для подключения к отрицательному $-E$ (общему) выводу бортовой сети автомобиля. Светодиод 26-10 моргает с низкой частотой (от несколь-

ких Гц до десятка Гц при пуске ДВС) и светится практически постоянно в диапазоне работы ДВС от холостых оборотов до максимальных.

Контроль функционирования КТМЗ во время формирования инициирующего разряда осуществляется следующим образом. При формировании инициирующего разряда (в момент перезаряда накопительных конденсатора 7 и конденсатора 8 (при включении мощного режима) напряжение обратного знака на конденсаторе 7 и конденсаторе 8, величина которого определяется напряжением стабилизации стабилитрона 11-4, прикладывается к третьему информационному входу блока 26 контроля функционирования и, соответственно, через резистор 26-14, диод 26-15, резистор 26-16 – к светодиоду 26-19 относительно зажима 3 КТМЗ, подключённого к отрицательному $-E$ (общему) выводу бортовой сети автомобиля. Светодиод 26-19 светится только в случае перезаряда конденсаторов 7 и 8 до заданного напряжения обратного знака, т.е. при формировании тока через первичную обмотку W_1 катушки зажигания 18 и, соответственно, при протекании во вторичной обмотке катушки зажигания 18 тока инициирующего разряда.

Результаты моторных испытаний по оценке влияния частоты вращения и нагрузки на ДВС на токовременные параметры индуктивной фазы искрового инициирующего разряда, формируемых данным КТМЗ показали снижение на режимах полных нагрузок не более чем на 10 % значений амплитуд токов и длительностей индуктивных фаз разряда от значений тех же параметров на режиме холостого хода. Это объясняется малой зависимостью величин тока во вторичной цепи катушки зажигания от величины вносимого из вторичной в первичную цепь комплексного сопротивления, учитывающего магнитную связь обмоток, сопротивление межэлектродного промежутка свечи, коэффициент трансформации катушки зажигания.

В конденсаторно-тиристорном модуле зажигания достигаются следующие технические результаты:

- формируются с высокой удельной и общей энергией, слабо зависящие от сопротивления межэлектродного промежутка свечи и его изменения, дуговые индуктивные фазы искрового инициирующего разряда;

- улучшаются за счет форсирования рабочего процесса во времени, экономические и экологические показатели двигателя;

- осуществляется исследование токовременных параметров первичной цепи катушки зажигания, тиристорного ключа, блока увеличения длительности искрового разряда при нормальном и мощном режимах в виде фиксации формы (осциллограмм) падения напряжения на образцовых резисторах;

- осуществляется визуальный контроль работоспособности узлов и блоков КТМЗ, а именно: ООСПН, формирователя импульсов и первичной цепи формирования инициирующего разряда во вторичной цепи при включении зажигания, запуске и на всех режимах работы ДВС (от холостых оборотов до максимальных) при поджоге топливовоздушных смесей как бензиновых, так и различных альтернативных видов топлива.

3.4.3. Бесконтактные датчики

Магнитоэлектрический датчик преобразует изменение угла поворота $\Delta\alpha$ коленчатого вала в изменение магнитного потока $\Delta\Phi$, которое, в свою очередь, преобразуется в напряжение U .

Наиболее распространенным типом магнитоэлектрического датчика является генераторный датчик коммутаторного типа с пульсирующим потоком (т.е. потоком, изменяющимся по своему значению, но постоянным по направлению). Схема датчика представлена на рис. 3.17.

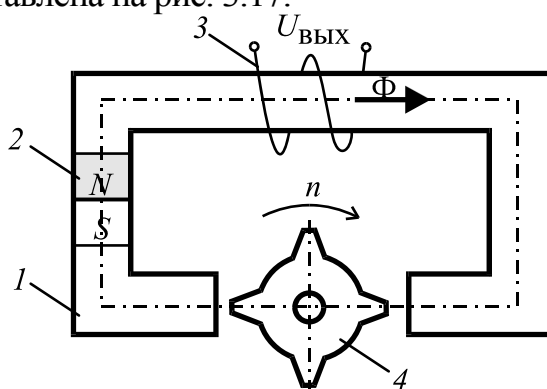


Рис. 3.17. Схема магнитоэлектрического датчика с пульсирующим магнитным потоком

При вращении зубчатого ротора 4 изменяется магнитное сопротивление магнитной цепи, а следовательно, изменяется значение магнитного потока Φ . В обмотке индуцируется напряжение.

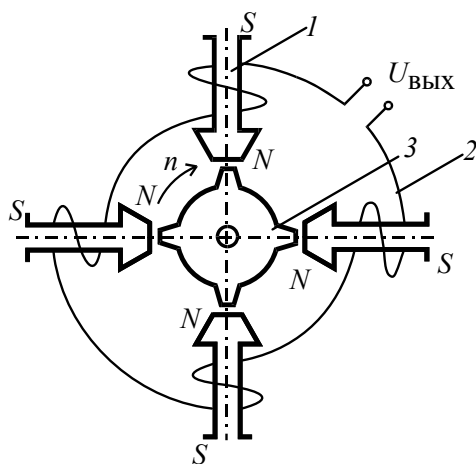


Рис. 3.18. Схема магнитоэлектрического датчика с симметричной магнитной системой:

- 1 – магнитная цепь (статор с постоянным магнитом);
- 2 – обмотка;
- 3 – распределитель потока

Распределитель потока, или зубчатый ротор, устанавливается на распределительный валик распределителя зажигания. Число зубцов зависит от числа цилиндров двигателя.

Рассмотренный магнитоэлектрический датчик чувствителен к изменению зазора, происходящему из-за конструктивных допусков, вибраций. Это приводит к неправильному искрообразованию. На практике применяется *симметричная магнитная система*, где число ветвей магнитной цепи увеличено (рис. 3.18). В такой системе уменьшение одного зазора из-за вибрации сопровождается увеличением другого зазора. Поэтому маг-

нитный поток, а следовательно, и момент зажигания будут зависеть только от углового положения распределителя потока.

Другой тип магнитоэлектрических датчиков – датчики с переменным (по направлению) потоком, или датчики с вращающимся магнитным потоком (рис. 3.19, а). В этих датчиках зубчатый ротор представляет собой постоянный магнит, зубцами которого являются чередующиеся северные и южные магнитные полюсы. Число пар полюсов равно числу цилиндров двигателя. Такие датчики называются датчиками с вращающимися магнитами. Выходное напряжение датчика находится в сильной зависимости от частоты вращения магнита. В зоне низких частот вращения необходима корректировка момента зажигания.

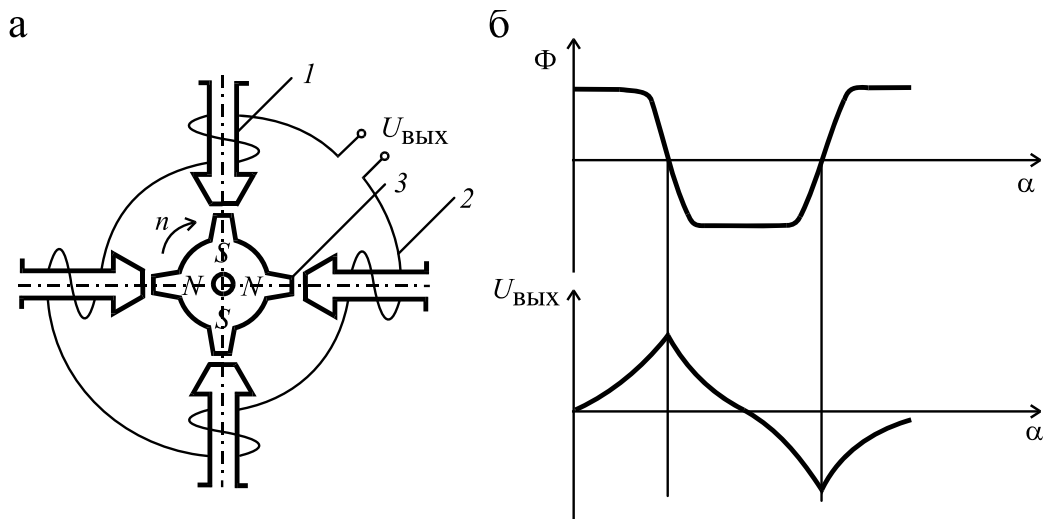


Рис. 3.19. Магнитоэлектрический датчик с переменным потоком:
 а – схема датчика: 1 – статор; 2 – обмотка; 3 – магнит;
 б – зависимости магнитного потока и выходного напряжения от угла поворота магнитного ротора

Датчик на эффекте Холла. Эффект Холла наблюдается в тонкой полупроводниковой пластине с четырьмя электродами (рис. 3.20).

Если через такую пластину проходит ток I и на нее одновременно действует магнитное поле с вектором магнитной индукции, перпендикулярным плоскости пластины, то на параллельных направлению тока гранях возникает ЭДС Холла:

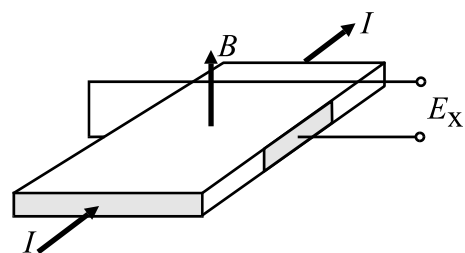


Рис. 3.20. Элемент Холла

$$E_x = k_x IB/d,$$

где k_x – постоянная Холла, зависящая от материала пластины;
 d – толщина пластины.

Так как ЭДС Холла очень мала, зависит от значения тока и температуры, то в датчик Холла кроме элемента Холла добавляется преобразовательная схема. В нее входят усилитель, пороговый элемент, выходной

каскад (транзистор), стабилизатор напряжения. Для устранения влияния радиоэлектрических помех элемент Холла и преобразовательная схема выполняются в виде единой интегральной схемы, называемой *магнитоуправляемой интегральной схемой*. Эту схему конструктивно жестко соединяют с магнитной системой (магнитом). В результате получается *микрореле на эффекте Холла* (рис. 3.21). Данный переключатель устанавливается в традиционный распределитель.

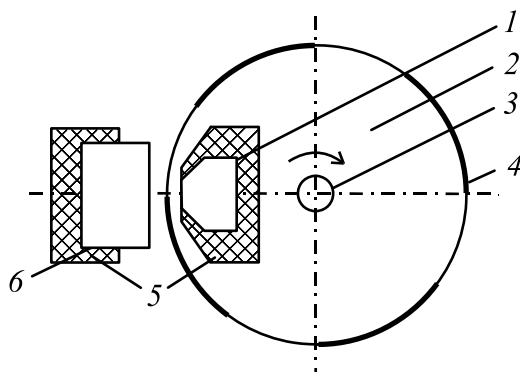


Рис. 3.21. Схема микрореле на эффекте Холла:
1 – магнит; 2 – ротор; 3 – валик распределителя; 4 – экран; 5 – корпус микрореле; 6 – магнитоуправляемая интегральная схема

Ротор переключателя изготовлен из магнитопроводящего материала. Он имеет экраны, число которых равно числу цилиндров. При прохождении экранов через зазор между магнитоуправляемой интегральной схемой и магнитом происходит периодическое ослабление/усиление магнитного потока. На выходе датчика формируется напряжение прямоугольной формы, задающее момент зажигания.

3.4.4. Электронное распределение высокого напряжения по цилиндрам двигателя

Электронное распределение высокого напряжения по цилиндрам двигателя осуществляется путем коммутации низковольтных цепей катушки (катушек) зажигания. Поэтому часто оно называется низковольтным распределением. Электронное распределение позволяет существенно снизить уровень радиопомех при работе системы зажигания и повысить надежность распределителя.

Если в автомобиле с четырехцилиндровым двигателем используются одновыводные катушки зажигания, то принципиальная схема системы электронного распределения является следующей (рис. 3.22).

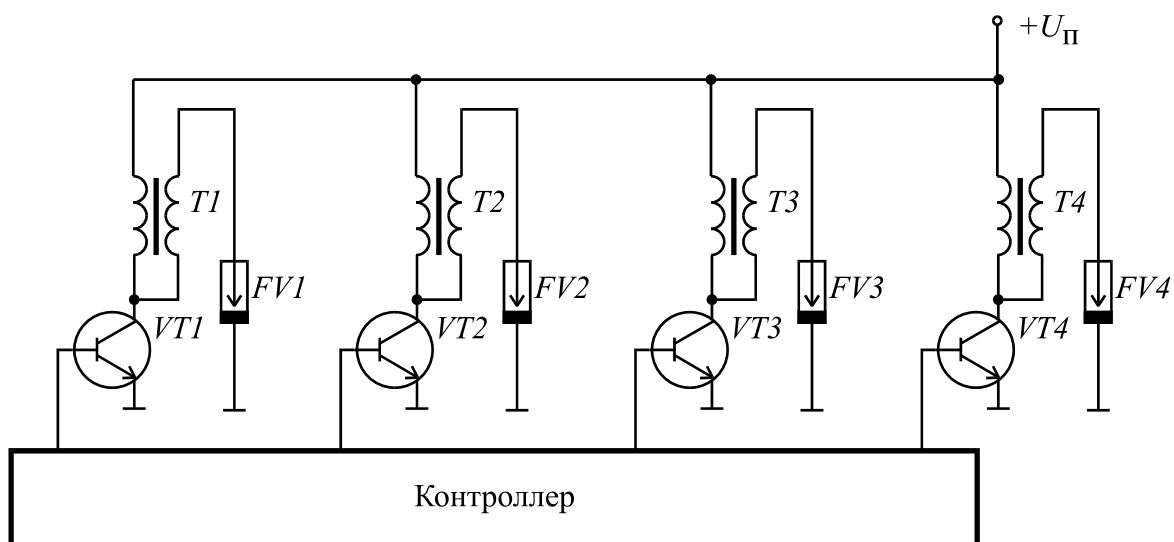


Рис. 3.22. Принципиальная схема электронного распределителя высокого напряжения с одновыводными катушками

В этой системе для каждого цилиндра двигателя имеется своя катушка зажигания. Питание первичных обмоток катушек зажигания осуществляется через транзисторные ключи, управляемые контроллером.

Если используются двухвыводные катушки зажигания, то принципиальная схема электронного распределителя является следующей (рис. 3.23).

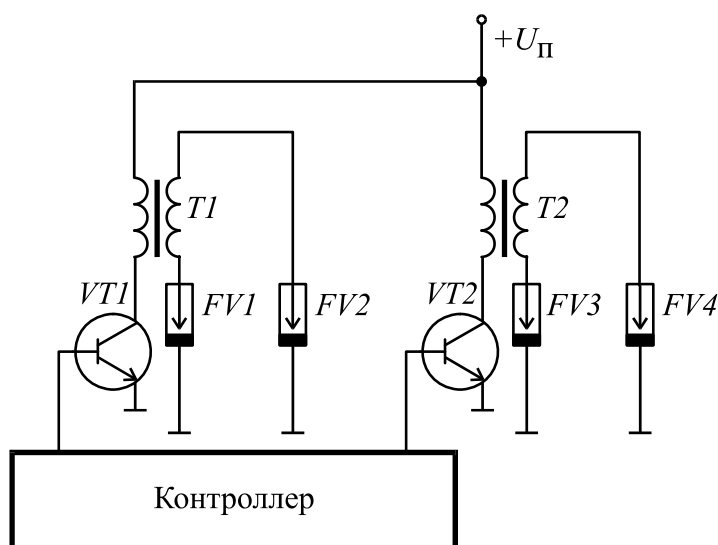


Рис. 3.23. Принципиальная схема электронного распределителя высокого напряжения с двухвыводными катушками

В этом случае два цилиндра, момент зажигания которых смещен на 360° , управляются одной катушкой зажигания. Искровые промежутки свечей соединены последовательно, и искрообразование происходит одновременно в двух цилиндрах. В одном цилиндре – в такте выпуска (холостая искра), во втором – в такте сжатия (рабочая искра).

При использовании четырехвыводной катушки зажигания принципиальная схема электронного распределителя является следующей (рис. 3.24).

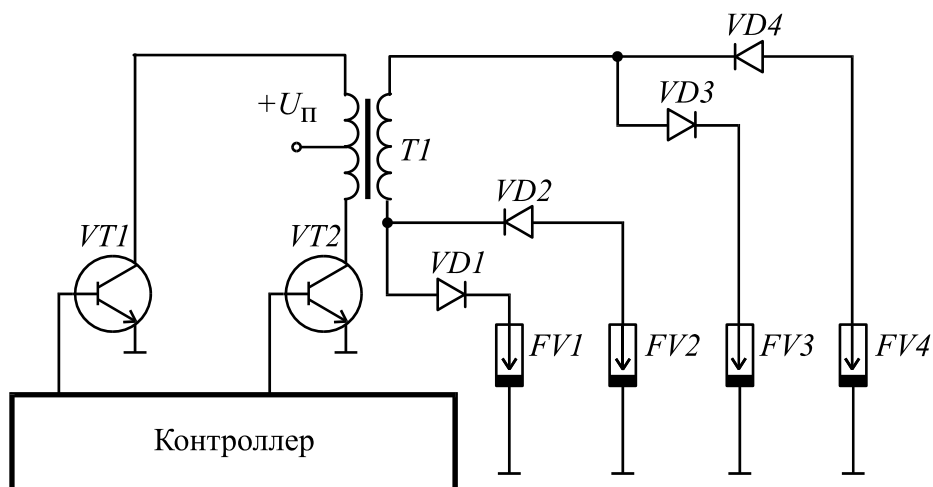


Рис. 3.24. Принципиальная схема электронного распределителя высокого напряжения с четырехвыводной катушкой

В четырехвыводной катушке имеются две включенные встречно первичные обмотки. Распределение импульсов по цилиндрам двигателя осуществляется с помощью высоковольтных диодов $VD1...VD4$. Свечи зажигания, как и в предыдущем варианте (см. рис. 3.23), работают попарно. Одна из свечей в паре – рабочая, одна – холостая.

3.4.5. Преимущества электронных систем зажигания

- Уменьшается эрозия контактов прерывателя и увеличивается их ресурс (в контактно-транзисторных системах).
- Исключением механического прерывателя устраняются вызываемые этим прерывателем погрешности момента зажигания;
- Обеспечивается возможность повышения вторичного напряжения U_{2m} .
- Гарантируется работа на обедненных рабочих смесях, в частности, путем увеличения искрового промежутка в свечах зажигания.
- Облегчается холодный пуск двигателя при сильно разряженной аккумуляторной батарее (6 В).
- Обеспечивается возможность полного отказа от механического высоковольтного распределителя (в системах с электронным распределением).

4. СИСТЕМА ОСВЕЩЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Автономное освещение и сигнализация в значительной степени определяют безопасность дорожного движения в темное время суток и в условиях недостаточной видимости. Поэтому они должны отвечать соответствующим нормам.

Все световые приборы работают по единому принципу: в них происходит преобразование электрической энергии источника питания в лучистую энергию. Автомобильные световые приборы, как правило, состоят из следующих основных узлов: оптического элемента, корпуса и элементов, подводящих электрическую энергию.

Оптический элемент состоит из лампы, отражателя и рассеивателя. Световой поток лампы, попадая на поверхность *отражателя*, концентрируется им и направляется на *рассеиватель*. *Рассеиватель* формирует световой поток, усиленный или ослабленный в определенных направлениях.

Отражатели в традиционном исполнении являются параболическими. Поверхность такого отражателя образуется вращением параболы вокруг оси симметрии (оптической оси). Если в фокусе идеального отражателя поместить точечный источник света, то отраженные лучи будут направлены параллельно оптической оси (рис. 4.1).

На практике отраженный свет имеет форму слабо расходящегося пучка с телесным углом ω_2 (рис.4.2).

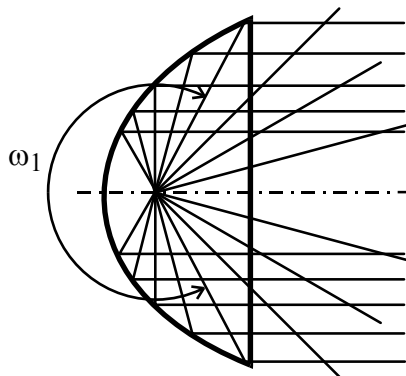


Рис. 4.1. Распределение светового потока идеальным отражателем и точечным источником света

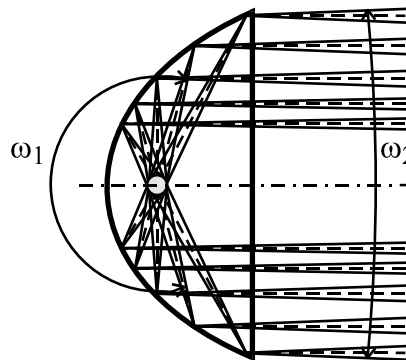


Рис. 4.2. Распределение светового потока реальным отражателем и распределенным источником света

Рассеиватель осуществляет окончательное формирование отраженного светового потока. Для этого на его внутренней поверхности имеются преломляющие элементы: цилиндрические линзы, рассеивающие пучок в обеих плоскостях; эллипсоидные линзы, рассеивающие пучок на различные углы во взаимно перпендикулярных плоскостях; призмы, изменяющие направление части светового потока. Вторая функция рассеивателя – защита от внешних воздействий. Требуемое светораспределение может

обеспечиваться одним отражателем, имеющим сложную форму, и изготавливаемым из термостойкой пластмассы.

Источники света головных фар. В соответствии с международными правилами в европейских фарах типа CR (CR – обозначение комбинированных фар ближнего и дальнего света) используется двухнитевая обычная лампа накаливания с фланцевым цоколем типа P45t/41. Цоколь лампы имеет ступенчатую форму, что позволяет применять лампу в отражателях с фокусным расстоянием 22 или 27 мм. С этим цоколем изготавливаются два типа ламп: A12=45+40 (A – автомобильная, 12 – номинальное напряжение 12 В, 45 – мощность нити дальнего света 45 Вт, 40 – мощность нити ближнего света 40 Вт) и A24=55+50.

Обычные лампы накаливания имеют существенный недостаток – осаждение вольфрама на поверхности колбы лампы. Данный недостаток частично устранен в *галогенных лампах*. В этих лампах галоген (например йод), соединяясь с вольфрамом, переносит частицы вольфрама с колбы на тело накала. Наличие обратного цикла позволило увеличить температуру нити до 2700...3000 °С. Поэтому световая отдача галогенных ламп в 1,5 раза выше световойдачи обычных ламп. Галогенные лампы обозначаются буквами АКГ, например АКГ12=60+55 (АКГ – автомобильная кварцевая галогенная).

Последняя разработка ламп для фар – *ксеноновые металлогалогенные газоразрядные лампы*. Эти лампы по сравнению с галогенными лампами накаливания обеспечивают световой поток, в 1,5 раза больший, при потреблении энергии, меньшей в 2 раза. Срок службы КМГЛ – 1500 часов. Основным недостатком – высокая стоимость комплекта лампы с пускорегулирующим аппаратом. Пускорегулирующий аппарат служит 1) для формирования и подачи на газоразрядную лампу высоковольтного импульса ($U = 20000$ В) при включении лампы; 2) для формирования и подачи на лампу переменного напряжения 330 В частотой 300 Гц после включения лампы (для поддержания возникшего в лампе разряда).

К *электрическим параметрам лампы* относятся номинальное напряжение и электрическая мощность, к *световым параметрам* – номинальный световой поток, максимальная сила света, отношение светового потока, излучаемого лампой, к ее электрической мощности.

4.1. Осветительные приборы

Основными осветительными приборами являются фары головного света и противотуманные фары. Могут устанавливаться и фары заднего хода.

Головные фары (фары головного света) обеспечивают два режима освещения: дальний свет и ближний свет (свет встречного разъезда).

Фара головного света может быть: только дальнего света (обозначается буквой *R* на рассеивателе), только ближнего света (обозначается буквой *C*) и комбинированной (обозначается буквами *CR*).

Принципы формирования пучков дальнего и ближнего света неодинаковы. В фаре *CR* это осуществляется использованием двухнитевой лампы. Одна из нитей располагается в фокусе отражателя и обеспечивает получение пучка дальнего света. Другая нить находится вне фокуса и обеспечивает получение пучка ближнего света.

Принцип построения светооптической схемы дальнего света в двухфарных системах одинаков во всем мире. Светораспределение ближнего света разделяется на два типа: европейский и американский.

В фаре *CR* европейского типа (рис. 4.3) применяется двухнитевая лампа 2. Нить дальнего света 3 имеет форму цилиндра или подковы и

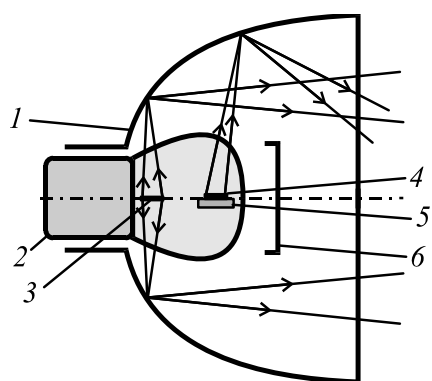


Рис. 4.3. Фара европейского светораспределения

располагается вдоль оптической оси так, что ее наружный край находится в фокусе отражателя. Нить ближнего света 4 выдвинута вперед относительно точки фокуса и поднята вверх относительно оптической оси; снизу она перекрыта экраном, срезанным с левой стороны на 15° . Это позволяет получить асимметричное светораспределение с четко выраженной светотеневой границей (рис. 4.4). В большинстве оптических элементов устанавливается экран прямых лучей 6.

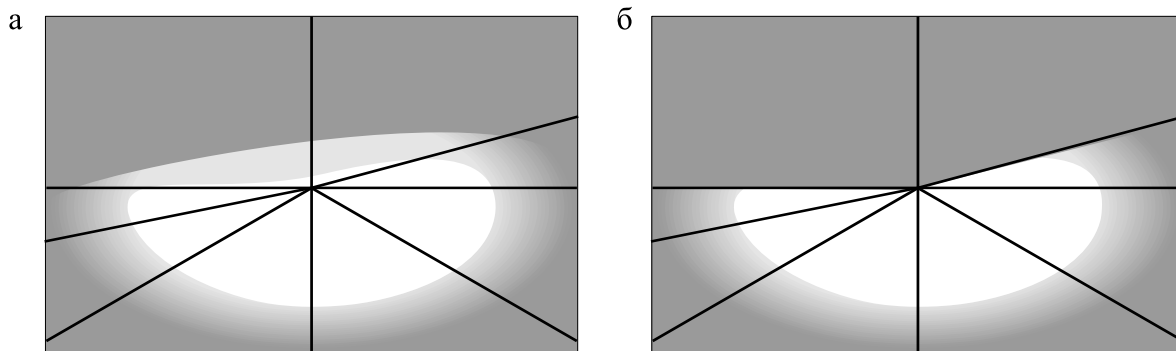


Рис. 4.4. Световое пятно на экране в режиме ближнего света фар американского (а) и европейского (б) типа

В фаре *CR* американского типа нить дальнего света имеет форму короткого цилиндра, расположенного перпендикулярно оптической оси в горизонтальной плоскости, проходящей через эту ось. Нить накала ближнего света имеет форму цилиндра, расположена перпендикулярно оптической оси выше горизонтальной плоскости и смещена в сторону от оптической оси. Благодаря этому ось светового потока ближнего света наклонена вниз и смещена в сторону правой обочины дороги. В фарах американского

типа в режиме и ближнего, и дальнего света используется вся поверхность отражателя.

В двухфарных системах каждая фара работает в режиме и ближнего, и дальнего света. Такая универсальность приводит к ухудшению характеристик как дальнего, так и ближнего света.

В четырехфарных системах используются четыре фары, устанавливаемые попарно горизонтально или вертикально. Наружные и верхние фары работают в двух режимах, внутренние и нижние фары – только в режиме дальнего света. В наружных (верхних) фарах тело накала ближнего света размещено в фокусе отражателя, а нить накала дальнего света расфокусирована по оптической оси отражателя назад. Рассеиватели этих фар рассчитаны только на ближний свет. Во внутренних (нижних) фарах нить накала расположена в фокусе отражателя. Рассеиватель этих фар обеспечивает рассеяние света в горизонтальной плоскости. При включении дальнего света работают все четыре фары. Причем внутренние (нижние) фары обеспечивают четкий прожекторный пучок света, а наружные (верхние) – рассеянный, позволяющий осветить близлежащие зоны дороги. При ближнем свете работают только наружные (верхние) фары.

Основным достоинством четырехфарной системы является значительное улучшение дальнего света. Основными недостатками – большие габариты и себестоимость.

4.2. Противотуманные фары

Противотуманные фары предназначены для улучшения видимости при движении в условиях тумана, снегопада, дождя. При включении фар в тумане создается эффект вуалирующей пелены. Он заключается в том, что освещение затуманенной атмосферы вызывает свечение, на фоне которого объекты на дороге становятся трудноразличимы. В сочетании с ослаблением излучения, которое вызвано рассеянием, свечение затуманенной атмосферы значительно снижает видимость.

Основной особенностью противотуманных фар является резкая горизонтальная граница между тенью и светом в верхней части светового пучка. Эти фары характеризуются большим углом (до 160°) распространения света. Правильная установка противотуманных фар заключается в следующем: 1) необходимо располагать фары как можно ближе к дорожному полотну; 2) световой пучок должен быть направлен вниз.

5. ИНФОРМАЦИОННО-ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА АВТОМОБИЛЯ

Информационно-диагностическая система осуществляет информационное обеспечение автотранспортных средств (АТС). Она является составной частью современного автомобиля и предназначена для сбора, обработки, хранения и отображения информации о режиме движения и техническом состоянии автомобиля, о внешних факторах, окружающих автомобиль. Для этой цели на автомобиле устанавливаются контрольно-измерительные приборы (КИП) и различные дополнительные устройства: бортовая система контроля (БСК), система встроенных датчиков, маршрутный компьютер, навигационная система, телевизионная система заднего и кругового обзора. Часть информации о внешних факторах водитель получает непосредственно через органы зрения и слуха. Для обеспечения качества этой части информации на АТС устанавливаются системы освещения, системы световой и звуковой сигнализации.

Основными характеристиками информационно-диагностической системы автомобиля как единого целого являются быстродействие, точность воспроизведения и считывания информации, время считывания информации, информационная емкость, яркость и контрастность изображения.

Быстродействие измерительного прибора определяют как интервал времени с момента изменения значения контролируемого параметра до фиксации этого изменения на указательной части прибора. Для создания водителю оптимальных условий при принятии решений быстродействие измерительного прибора должно зависеть от характера отображаемой информации. Если информация влияет на безопасность дорожного движения, то быстродействие должно быть максимальным. Быстродействие определяется техническими характеристиками приборов, в основном инертностью используемых датчиков.

Точность воспроизведения информации (точность прибора) характеризует степень соответствия результата измерения действительному значению измеряемого показателя. Точность измерительного прибора количественно характеризуется его погрешностью.

Погрешность прибора – это отклонение (абсолютное, относительное или приведенное к какому-либо значению) показаний прибора от истинного значения измеряемого параметра.

Точность считывания информации в значительной степени зависит от водителя; поэтому требования, предъявляемые к информационно-диагностической системе, должны учитывать его возможности. На точность считывания информации влияют число и взаимное расположение элементов измерительной системы (т.е. эргономические характеристики панели приборов), качество приборов (размах шкалы указателя, яркость и контраст световых индикаторов). Например, исследования информационных

свойств сигнализаторов показали, что с наибольшей вероятностью сигнал можно заметить в том случае, если они расположены в ряд в верхней части панели приборов. При этом вероятность обнаружения сигнала при однорядном расположении сигнализаторов убывает слева направо. Наибольшая же вероятность неопознания сигнала свойственна сигнализаторам, расположенным вертикально в правой части панели приборов.

Время считывания информации с прибора непосредственно влияет на безопасность дорожного движения. Его можно сократить за счет уменьшения доли избыточной информации, отображаемой прибором, а также за счет обеспечения водителю оптимальных условий работы с прибором (размах шкалы, яркость, контраст, дополнительные звуковые сигналы для привлечения внимания). Например, считается, что для спидометра оптимальной ценой деления является интервал в 5 км/ч. Дальнейшее увеличение числа делений шкалы является неоправданным, так как количество необходимой (полезной) информации при этом практически не возрастает, а время считывания показаний прибора будет увеличиваться.

Одной из важных характеристик информационно-диагностической системы автомобиля является *частота обращений водителя к приборам*. Под частотой обращения подразумевается число сознательных или рефлекторных актов получения водителем информации о состоянии автомобиля, двигателя или других агрегатов и систем посредством контрольных приборов за единицу времени. Частота обращения водителя к приборам при управлении автомобилем является одним из показателей, характеризующих степень необходимости приборов, а также дает количественную характеристику процесса восприятия информации. Частота обращения к приборам зависит от условий движения, исправности двигателя и контролируемых систем, а также от профессиональной подготовленности водителя. Чем чаще водитель контролирует состояние системы, тем меньше вероятность ее аварийной поломки. Но поскольку слишком частое обращение к контрольным приборам приводит к ухудшению условий безопасности дорожного движения, можно предположить, что водитель интуитивно, основываясь на личном опыте, выбирает частоту обращения, обеспечивающую достаточно надежный контроль при минимальных затратах времени и внимания.

Яркость и контрастность указателей и индикаторов являются важными показателями информационно-диагностических систем. Они характеризуют возможность восприятия водителем информации в условиях внешнего освещения.

Скорость и точность восприятия предъявляемой информации в значительной степени зависят от таких светотехнических характеристик, как яркость объекта наблюдения B_n , яркость фона B_ϕ , угловой размер символов α . Максимальный уровень восприятия информации может быть достигнут на основе взаимной компенсации характеристик B_n , B_ϕ , α в достаточно широких пределах.

Восприятие символов зависит от контрастности изображения на информационном табло (экране). Оптимальное значение контрастности находится в диапазоне 0,60...0,95. Снижение этого параметра нецелесообразно, даже когда получен сравнительно высокий уровень яркости.

С учётом условий эксплуатации автомобилей, к системе информации и диагностирования предъявляются высокие требования. Приборы и датчики, входящие в систему, должны выдерживать вибрации и тряски, оставаться работоспособными при значительных перепадах температуры, выдерживать воздействие агрессивной окружающей среды, обладать малой чувствительностью к пульсациям и изменению напряжения в бортовой сети автомобиля.

Информационная емкость определяет максимальное количество информации, отображаемое информационно-диагностической системой. Информационная емкость зависит от структуры и количества контрольно-измерительного оборудования. Однако чрезмерное увеличение этого показателя может привести к информационной перегрузке водителя и снижению безопасности дорожного движения. Поэтому для современных автомобилей с большим количеством отображаемой информации становится актуальной проблема разработки специальных способов передачи информации водителю.

По способу отображения информации различают информационно-диагностические системы (ИДС) с индивидуальным способом отображения информации, ИДС с иерархическим способом отображения информации и ИДС с регулируемым потоком информации.

В ИДС с индивидуальным способом отображения информации состояние каждого контролируемого параметра отображается индивидуальными средствами отображения – контрольно-измерительными приборами или сигнализаторами. Номенклатура КИП и сигнализаторов в этом случае определяется числом контролируемых параметров. Положительными сторонами таких систем являются простота построения и полнота отображения информации. К недостаткам относятся: большой объем избыточной информации; трудность соотношения между собой множества отдельных показаний для оценки ситуации в целом; большая площадь, занимаемая КИП и сигнализаторами, что увеличивает время поиска водителем необходимого сообщения; большие габаритные размеры панели приборов.

В информационно-диагностических системах с регулируемым потоком информации происходит искусственное разделение большого информационного потока с помощью устройств коммутации на ряд мелких потоков информации, предъявляемых водителю последовательно одним и тем же средством отображения. В этих системах предлагается либо информация с "приоритетом" (наивысший приоритет имеют параметры, связанные с безопасностью дорожного движения), либо информация только о тех параметрах, которые вышли за допустимые пределы (информация о работе сигнализаторов аварийных режимов). Положительными сторонами указан-

ного способа являются: существенное сокращение передаваемого потока информации и уменьшение площади панели приборов. К недостаткам можно отнести большое время поиска причин выхода за допустимые пределы контролируемых параметров из-за ограниченного числа средств отображения на приборной панели и необходимость применения коммутирующих устройств со сложной адресацией и управлением.

Наиболее перспективным является иерархический, или ступенчатый, способ отображения информации. На первой ступени при таком способе отображается информация о техническом состоянии автомобиля в целом (без детализации), на второй – информация о состоянии его узлов и агрегатов. При этом предъявляется только та информация, которая необходима водителю после ознакомления с общей ситуацией. На третьей ступени по запросу водителя отображается информация о состоянии элементов, узлов и агрегатов автомобиля в количественной или качественной форме. Построение информационно-диагностических систем с иерархической структурой предполагает работу с бортовым компьютером, осуществляющим быструю обработку большого объема информации. Преимуществами иерархической структуры являются возможность передачи водителю большого информационного потока при значительном сокращении "лишней" информации, компактность панели приборов и широкие возможности перестройки информационной системы. Недостатками являются необходимость наличия дорогостоящего бортового компьютера и специальных устройств связи со средствами отображения всех ступеней.

5.1. Контрольно-измерительные приборы

5.1.1. Классификация приборов

Автомобильные контрольно-измерительные приборы (КИП) по способу отображения информации, которую они представляют водителю, разделяют на две группы: указывающие и сигнализирующие.

Указывающие приборы имеют шкалу и стрелку, по положению которой относительно шкалы определяется значение измеряемой величины. Чтобы оценить измеряемую величину, водитель должен отвлечься на некоторое время от наблюдения за движением автомобиля, посмотреть на шкалу прибора и осознать показание. Давая водителю информацию о контролируемом параметре во всем диапазоне измерения шкалы, указывающий прибор позволяет судить о состоянии контролируемого узла или системы автомобиля.

Сигнализирующие приборы (сигнализаторы) реагируют лишь на одно, как правило, аварийное значение измеряемого параметра и информирует об этом световым или звуковым сигналом. Сигнализатор удобен для водителя, поскольку не требует от него постоянного наблюдения и меньше

отвлекает от процесса управления автомобилем. Однако информация от сигнализатора поступает к водителю тогда, когда нормальный режим уже нарушен или близок к нарушению [1].

В настоящее время на всех типах автомобилей наблюдается тенденция к увеличению количества сигнализирующих приборов.

Автомобильные приборы разделяют на электрические и механические.

Электрические приборы питаются от бортовой электрической сети автомобиля. Механические же приборы дают показания, используя энергию измеряемой среды (например манометры для измерения давления в системе смазки). Преимуществом электрических приборов, обеспечившим им широкое распространение на автомобилях, является простота передачи сигналов с места контроля к месту наблюдения.

Электрический контрольно-измерительный прибор автомобиля состоит из датчика и указателя, соединенных между собой проводами для передачи сигнала (рис. 5.1). В месте контроля устанавливают датчик 1 прибора, а в месте наблюдения указатель 2. Датчик имеет обычно, кроме чувствительного элемента 3, измеряющего контролируемый параметр, какой-либо преобразователь сигнала 4 в электрическую величину, передаваемую в приемник сигнала в указателе 5. Поступивший в приемник сигнал преобразуется в перемещение стрелки и по шкале указателя, отградуированной в избранной системе единиц, можно определить значение контролируемого параметра.

В сигнализирующих приборах указателем является сигнальная лампа, устанавливаемая на панели приборов автомобиля.

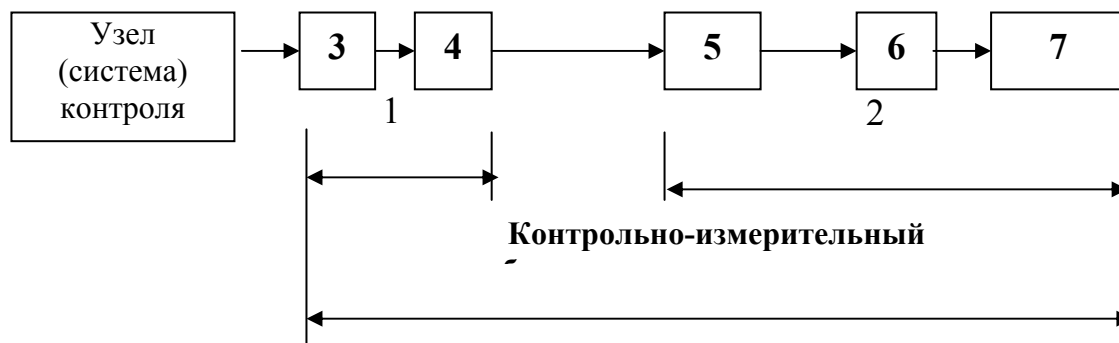


Рис. 5.1. Структурная схема КИП:

- 1 – датчик; 2 – указатель; 3 – чувствительный элемент датчика;
- 4 – преобразователь сигнала в датчике; 5 – приемник сигнала в указателе;
- 6 – преобразователь сигнала в указателе; 7 – шкала отсчета показаний указателя

По назначению все контрольно-измерительные приборы автомобилей разделяют на следующие группы: измерения температуры (термометры); измерения давления (манометры); измерения уровня топлива; контроля зарядного режима аккумуляторной батареи; измерения скорости автомобиля и пройденного пути (спидометры); измерения частоты вращения (тахометры).

Классификация датчиков. Важнейшим функциональным элементом электронных средств технического диагностирования автомобилей явля-

ются датчики (первичные преобразователи) электрических и неэлектрических физических величин. Правильный выбор типа датчика непосредственно влияет на качество получаемой диагностической информации, достоверность постановки диагноза, экономические показатели процесса диагностирования [1, 18, 20].

Датчик – устройство, воспринимающее измеряемый (контролируемый) параметр и преобразующее его в сигнал, удобный для передачи по линиям связи, дальнейшего преобразования, обработки или хранения, но не поддающийся непосредственному восприятию наблюдением.

В целом, по виду измеряемой величины выходной сигнал датчика может быть электрическим, пневматическим, гидравлическим, механическим и др. В средствах технического диагностирования автомобилей наиболее широко применяются датчики с электрическим выходным сигналом (рис. 5.2). Преимущества таких датчиков заключаются в быстродействии, возможности автоматизации процесса измерения, многофункциональности и гибкости.

В зависимости от принципа действия датчики с электрическим выходным сигналом можно разделить на две основные категории: генераторные (активные) и параметрические (пассивные).

В **генераторных датчиках** осуществляется генерация электрической энергии, т.е. преобразование измеряемого параметра в электрический сигнал. К генераторным датчикам относят пьезоэлектрические, индукционные, фотоэлектрические, гальванические, электрокинетические, частотные датчики, а также датчики электрических потенциалов и датчики с время-импульсным выходом.

В **параметрических датчиках** измеряемая величина преобразуется в параметр электрической цепи: сопротивление, индуктивность, емкость и т.п. Такие датчики питаются от внешнего источника электрической энергии. К параметрическим датчикам относятся емкостные, электромагнитные и магнитоэлектрические, электроконтактные, потенциметрические, жидкостные, механотронные, тензорезисторные, магнитомодуляционные датчики, а также датчики контактного сопротивления, термосопротивления, пьезосопротивления, фотосопротивления и др. Из перечисленной номенклатуры датчиков в средствах технического диагностирования машин (в том числе автомобилей) практически применяются потенциметрические, тензорезисторные, электроконтактные, индуктивные, трансформаторные, магнитоупругие и другие датчики табл. 5.1.

По конструктивному исполнению датчики систем и средств технического диагностирования автомобилей подразделяют на **встроенные**, являющиеся неотъемлемой частью диагностируемого автомобиля, и **внешние**, которые устанавливают на автомобиль лишь на период диагностирования.

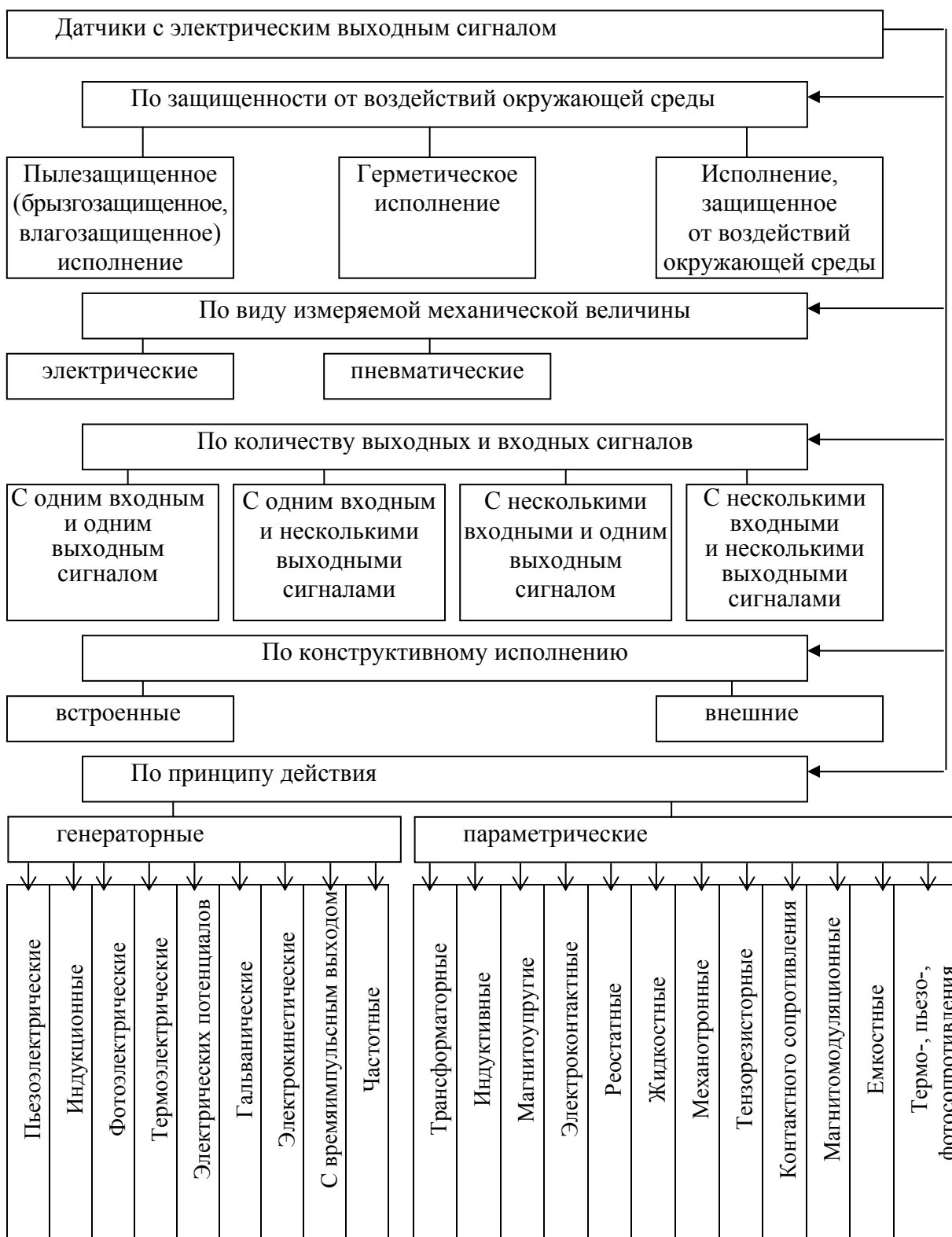


Рис. 5.2. Классификация датчиков с электрическим выходным сигналом

Области применения датчиков в СТД

| Наименование датчиков | Измеряемые величины |
|-----------------------|--|
| Потенциометрические | Абсолютное и избыточное давления жидких и газообразных сред, перепады давлений, различные перемещения, скорость, ускорение и др. |
| Тензорезисторные | Давление, усилие, вращающий момент, относительное перемещение, линейное ускорение и др. |
| Электроконтактные | Временные интервалы, фазовые параметры и др. |
| Индуктивные | Давление, линейные перемещения и др. |
| Трансформаторные | Давление и расходы жидких и газообразных веществ, линейные перемещения и др. |
| Магнитоупругие | Усилие, вращающий момент и др. |
| Индукционные | Расход жидкости и газа, частота вращения и др. |
| Пьезоэлектрические | Давление, вибрация, расход и уровень жидкости, фиксация моментов включения и выключения и др. |
| Термоэлектрические | Содержание СО и СН в отработавших газах, температура и др. |
| Термосопротивления | Температуры жидких и газообразных сред и корпусных поверхностей и др. |
| Фотоэлектрические | Частота вращения, вращающий момент, линейные и угловые размеры и др. |
| Механотронные | Усилие, давление, малые перемещения и др. |

По количеству входных и выходных сигналов различают датчики с одним входным и одним выходным сигналами; с одним входным и несколькими выходными сигналами; с несколькими входными и одним выходным сигналами; с несколькими входными и несколькими выходными сигналами.

Требования к датчикам. Условия работы датчиков при диагностировании автомобилей резко отличаются от условий работы вторичной аппаратуры СТД, преобразующей и обрабатывающей выходные сигналы датчиков. Особенно тяжелые условия работы у встроенных датчиков, которые должны иметь более высокие показатели надежности, чем диагностируемые объекты, сохранять свою работоспособность при значительных перепадах температур, вибрациях, повышенной запыленности, ударных нагрузках. Встроенные датчики не должны менять свои выходные характеристики при воздействии на них агрессивных сред, например масел, бензина и других жидкостей.

Датчики обыкновенного исполнения не применяют в условиях интенсивных механических и температурных воздействий, в запыленной, влажной и взрывоопасной средах.

Датчики специального исполнения (вибропрочные и ударопрочные) рассчитывают на бесперебойную работу при воздействии на них вибрационных нагрузок до 10g в диапазоне частот 0...300 Гц и ударных нагрузок многократного действия с ускорением до 15g и длительностью импульса 5–10 мс.

Датчики температуропрочного исполнения рассчитывают чаще всего на воздействие температур от $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (при хранении и транспортировке СТД) до $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$, а температуроустойчивого исполнения – от -30 до $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ (встроенные) и от $+10$ до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ (внешние).

Датчики должны изготавливаться с унифицированными разъемами для подключения их к СТД, а внешние датчики, кроме того, должны иметь унифицированные устройства, обеспечивающие их быструю и удобную установку и фиксацию на диагностируемом объекте.

Датчики с одинаковым принципом действия, предназначенные для измерения однотипных диагностических параметров, должны быть унифицированы и, в первую очередь, по выходному сигналу.

Датчик, установленный в исправном или неисправном состоянии на объект диагностирования, не должен отрицательно влиять на его работу. Установка датчика должна производиться с минимальными затратами времени, труда и средств, а процесс диагностирования по выходному сигналу датчика должен быть кратковременным.

Датчик СТД в зависимости от назначения может работать в статистическом, динамическом и статодинамическом процессах. При *статистическом* процессе к датчикам предъявляют метрологические требования по порогу чувствительности, зоне нечувствительности, стабильности выходной характеристики, вариации выходного сигнала. В целом, комплексы метрологических характеристик СТД и их датчиков выбирают из числа характеристик, приведенных в ГОСТ 8.009–84, и указывают вместе с их допускаемыми значениями в нормативно-технической документации на СТД.

Порог чувствительности датчика – минимальное изменение измеряемой величины, вызывающее изменение выходного сигнала датчика.

Зона чувствительности датчика – максимальное изменение контролируемой величины, не вызывающее изменение выходного сигнала.

Чувствительность датчика – отношение изменения выходного сигнала к вызывающему его изменению измеряемой величины. Чувствительность регламентируется государственными стандартами.

Стабильность выходной характеристики – свойство датчика, отражающее неизменность во времени его метрологических свойств. Она не должна выходить за пределы основной допустимой погрешности.

Вариация выходного сигнала – средняя разность между значениями выходного сигнала. Вариация выходного сигнала не должна превышать основной допустимой погрешности.

При *динамическом процессе* к датчикам предъявляют дополнительные требования. Они должны обладать повышенной механической погрешностью. Чтобы предотвратить искажение результатов измеряемой величины, необходимо учитывать возможное влияние собственных колебаний упругой механической системы датчика. Частота собственных колебаний датчика должна превышать частоту контролируемого процесса по меньшей мере в 6–10 раз.

При *статодинамическом процессе* к датчику предъявляют дополнительно к перечисленным следующие требования по однонаправленности действия, перегрузочной способности датчика и его избирательности.

Однонаправленность действия – это сведение к минимуму обратного силового воздействия от датчика на контролируемый процесс.

Перегрузочная способность датчика характеризуется отношением предельного значения измеряемого параметра к его номинальному значению. Перегрузочная способность датчиков обычно равна 1,5–2 от рабочего диапазона измеряемой величины.

Избирательность датчика характеризует его способность реагировать только на изменение того параметра, для измерения которого он предназначен.

Важное значение имеют требования к показателям надежности датчиков: безотказности, долговечности, вероятности безотказной работы, интенсивности потока отказов. Показатели надежности датчиков должны быть значительно выше показателей надежности СТД, для которых они предназначены. Если датчики встроенные, то их надежность должна быть выше надежности диагностируемого объекта.

Значение наработки на отказ при ее нормировании в НТД выбирают из ряда 500, 600, 700, 800, 900, 1000 ч и далее через каждые 250 ч. Нормируемые показатели надежности датчиков определены в ГОСТ 27.003–83. Периодичность проверки датчиков задается в НТД.

По мере того как снижаются цены, ужесточаются правительственные требования к топливной экономичности и чистоте отработавших газов, растет потребность в датчиках электронных систем и расширяется их рынок.

Все определяется не только стоимостью, но и требованиями интегрирования датчиков в систему. Чтобы резко снизить себестоимость всех составных частей электронных систем (микропроцессоров, датчиков), нужно

создавать заново систему в целом. Но автомобильная промышленность развивается эволюционным путем, а не революционным. Для создания «авангардной» технологии необходимо 8–10 лет, в то время как применение традиционной для налаживания серийного производства новой электронной системы требуется только 4 года.

В большинстве случаев цену на новую продукцию удастся снизить благодаря расширению объемов выпуска и приобретению опыта. Но это затрудняет в дальнейшем перевод принятой технологии на новую основу, продлевая жизнь старой, но отлаженной. Это имеет положительную сторону. С ростом применения датчиков в автомобильных электронных системах теряет значение то, какая технология является лучшей в конкретном случае и даже какое количество датчиков и какая стратегия управления всей системой будет необходима в будущем.

Сегодня полупроводниковые датчики считаются новым компонентом, их достоинством является преобразование синусоидального сигнала в серии прямоугольных импульсов. Микропроцессоры могут воспринимать только логические единицы и нули. Поэтому на выходе синусоидальный сигнал необходимо сравнивать с пороговой величиной и в период, когда его уровень превышает пороговую величину, меньше порогового значения – единице. А частота импульсов характеризует скорость процесса.

Следующий шаг – обеспечение предварительной обработки сигнала перед подачей его в контроллер системы. Такие так называемые «интеллектуальные» датчики освободят центральный контроллер от предварительных вычислений, расширяя его возможности для реализации алгоритма управления и распределения информации между системами. «Интеллектуальные» датчики, вероятно, не будут непосредственно распределять информацию. Многие пользователи, подключая к одному датчику несколько систем, затрудняют его функционирование.

Интеллектуальные датчики будут следующим шагом вперед. Заказчики требуют от будущих датчиков способности к самодиагностике, распознаванию сбоев и ложных сигналов, удобства технического обслуживания. В настоящее время особенно растет потребность в приборах измерения ускорений – акселерометрах. В некоторых (но не во всех) случаях акселерометры могут быть заменены оптическими датчиками. Основанные на применении инфракрасных излучателей (светоизлучающих диодах) и детекторов, эти оптические датчики могут быть использованы для измерения скорости автомобиля, его положения и высоты, уровней жидкостей в гидросистемах и светового потока, для определения состава рабочей смеси в случае многотопливного двигателя.

Однако широкого распространения оптические датчики не получают до освоения волоконно-оптической технологии и мультиплексирования. До

того времени оптические датчики будут применяться в тех случаях, когда они имеют очевидные функциональные или экономические преимущества.

В настоящее время имеется одна технология, которая может быть использована практически во всех существующих электронных системах – это полимерные толстые пленки (РТФ) с электропроводящими наполнителями (серебром, углеродом, никелем, медью).

В новейших системах управления надувными подушками безопасности для измерения ударного воздействия используются акселерометры, установленные непосредственно в блоке управления, расположенном в салоне водителя. Это исключает необходимость иметь множество внешних датчиков (неэлектронные системы обычно содержат 4–5 механических датчиков), сокращает длину проводов и объем требуемого для размещения системы пространства. Снижается также и время срабатывания подушки. Механическая система обеспечивала время срабатывания около 22 мс, сейчас это время составляет 17,5 мс.

Но акселерометры используются не только в системах управления подушками. Они могут применяться также в антиблокировочных системах (АБС), системах регулирования тягового условия (РТУ), в активных и полуактивных подвесках, навигационных системах и системах контроля детонации в двигателе. А новое поколение миниатюрных датчиков – трехмерные структуры, выполнение в кремнии, могут получить применение в новых областях. В системе с акселерометрами, измеряющими ускорения вертикальных перемещений колес (например в активных подвесках), и датчиками, измеряющими воздействие водителя на рулевое колесо, можно определять поперечное ускорение без использования сигнала другого акселерометра для управления АБС и системой РТУ. В ближайшие годы наблюдается рост числа датчиков на автомобиле (рис. 5.3), но долгосрочная тенденция пока не ясна.

Однако имеется одно препятствие для широкого распространения толсто пленочной технологии – высокая стоимость. В тех случаях, когда миниатюризация, сокращение числа деталей и облегчение пространственной компоновки не являются главными задачами, толсто пленочная технология не дает ощутимого выигрыша.

Приборы для измерения давления. Приборы для измерения давления служат в автомобиле для контроля давления масла в двигателе, в гидромеханической передаче, давления воздуха – в пневматической тормозной системе, в централизованной системе подкачки воздуха и др. Эксплуатация автомобиля с неисправными приборами контроля давления масла и воздуха запрещена, так как может привести к аварийным режимам. Для экстренного привлечения внимания водителя кроме манометра (прибор, показывающий давление) во многих системах имеется сигнализатор аварийного давления. Для контроля разрежения во впускном коллекторе

применяется эконометр. Руководствуясь показаниями этого прибора, водитель имеет возможность выбора режима движения, соответствующего наименьшему расходу топлива.

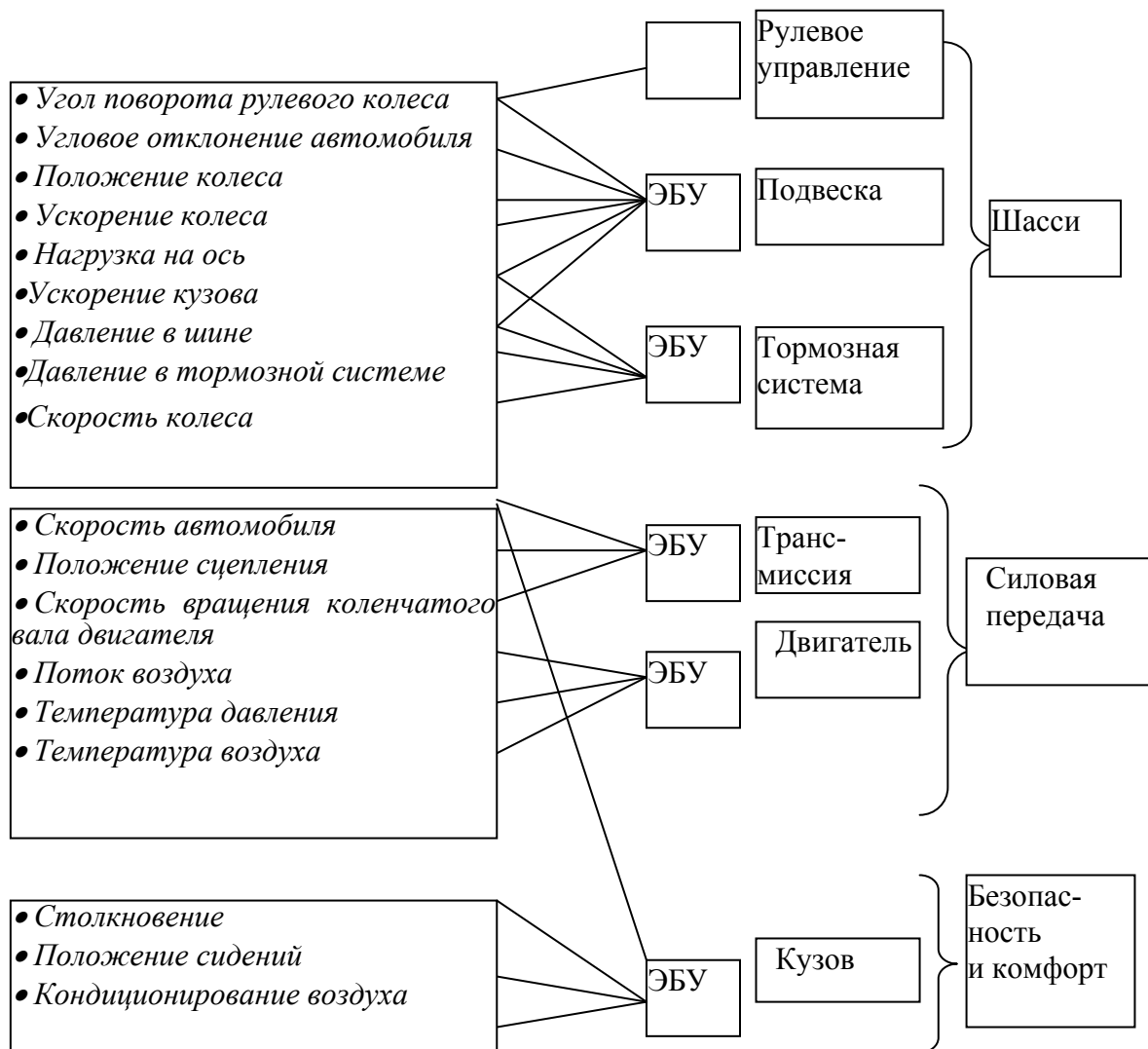


Рис. 5.3. Применение датчиков в электронных системах управления

По способу измерения манометры делятся на манометры непосредственного действия и электрические манометры.

К манометрам непосредственного действия относятся *манометры с трубчатой пружиной*. Основной деталью этих приборов является упругая плоская или овальная трубка. Трубка изогнута по дуге окружности и состоит из одного неполного витка. В один конец трубки попадает жидкость или воздух из контролируемой системы, второй конец через передаточный механизм связан со стрелкой прибора. Под действием давления внутри трубки она распрямляется, передвигая связанную с ней стрелку прибора.

Аналогичный принцип действия положен в основу работы *эконометра*, устанавливаемого, в частности, на автомобилях ВАЗ-2108. Манометрическая трубчатая пружина в данном случае реагирует не на давление, а на разрежение. По положению стрелки в одной из двух зон шкалы эконометра водитель может оценивать экономичность выбранного режима движения, а также получать информацию о ряде неисправностей двигателя. При нахождении стрелки в левой зоне двигатель работает под высокой нагрузкой или с большим ускорением. Происходит чрезмерное потребление топлива, чего можно избежать, перейдя на другую передачу или изменив режим движения. Нахождение стрелки в правой зоне шкалы свидетельствует об экономичном режиме потребления топлива. Колебания стрелки вдоль левой зоны указывают на неисправное функционирование клапанов или неправильную установку зажигания. Если стрелка колеблется вдоль левой зоны и захватывает правую зону, это указывает на потерю компрессии в двигателе.

Недостатками манометрической трубчатой пружины, применяемой в автомобильных КИП, являются ее низкая виброустойчивость и невысокая перегрузочная способность.

Электрические манометры основаны на преобразовании неэлектрических величин в электрические. К ним относятся термобиметаллические импульсные манометры и логометрические манометры с реостатным датчиком.

Термобиметаллический импульсный манометр изображен на рис. 5.4. Он включает в себя датчик и указатель.

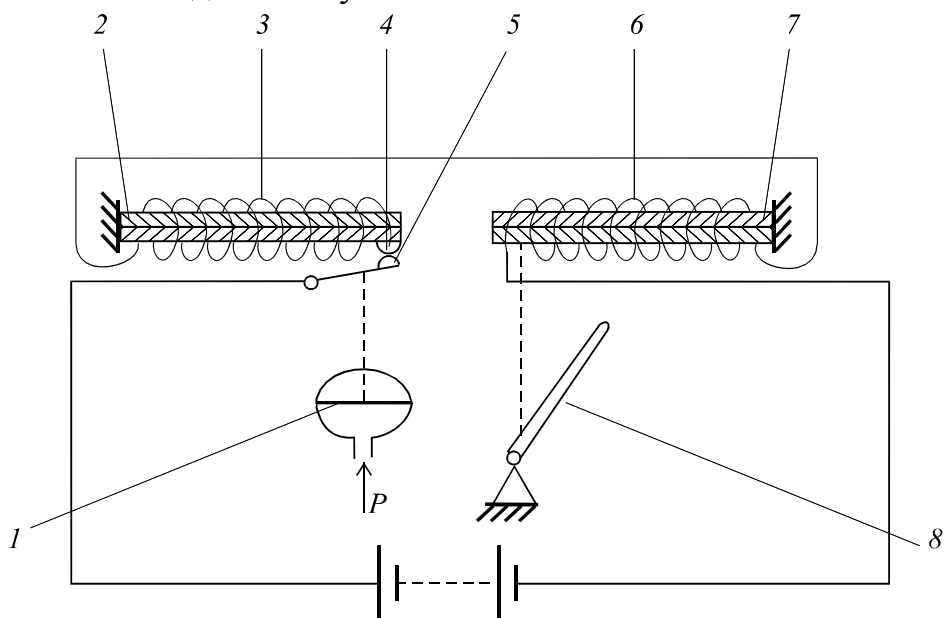


Рис. 5.4. Термобиметаллический импульсный манометр:
 1 – мембрана; 2 – биметаллическая пластина датчика; 3 – нагревательная спираль датчика; 4, 5 – контакты; 6 – нагревательная спираль указателя;
 7 – биметаллическая пластина указателя; 8 – указательная стрелка

Датчик манометра имеет мембрану, на центральную часть которой опирается упругая пластина с контактом, соединенным с "массой". В датчике размещена П-образная термобиметаллическая пластина, электрически изолированная от "массы". На рабочее плечо этой пластины намотана обмотка, один конец которой приварен к термобиметаллической пластине, а второй присоединен к выводному зажиму. На конце рабочего плеча термобиметаллической пластины установлен второй контакт. Второе плечо пластины выполняет роль компенсатора изменения внешней температуры.

Указатель термобиметаллического импульсного манометра состоит из П-образной термобиметаллической пластины, на рабочее плечо которой намотана обмотка, включенная последовательно с обмоткой датчика. Второе плечо термобиметаллической пластины указателя, как и пластины датчика, выполняет роль компенсатора изменения внешней температуры. Рабочий конец термобиметаллической пластины указателя механически связан со стрелкой.

При возникновении давления под мембраной датчика упругая пластина с контактом поднимается и входит в контакт с термобиметаллической пластиной. Ток, проходящий по образовавшейся вследствие этого цепи, нагревает термобиметаллическую пластину датчика. Контакты датчика при нагревании рабочего плеча термобиметаллической пластины вследствие ее изгиба размыкаются и прерывают ток до момента остывания пластины и последующего замыкания контактов. При установившемся давлении в датчике происходит периодическое замыкание/размыкание контактов. При увеличении давления мембрана датчика воздействует на упругую пластину с контактом, который вследствие этого перемещается в сторону контакта термобиметаллической пластины. Следствием этого перемещения является увеличение температуры нагревательной обмотки датчика, так как температуры, при которых происходит размыкание и замыкание контактов датчика, увеличиваются. Обмотки датчика и указателя питаются одним и тем же током. Поэтому их температура поддерживается на одинаковом уровне. Следовательно, при увеличении давления термобиметаллическая пластина указателя нагревается сильнее и при деформировании перемещает стрелку по шкале в сторону больших значений.

В настоящее время автомобильные термобиметаллические приборы вытесняются логометрическими.

Логометрический прибор (логометр) является прибором магнитоэлектрического типа, в котором отклонение стрелки зависит от соотношения токов, протекающих в его катушках. Эти приборы имеют ряд существенных преимуществ. Датчики логометров не имеют размыкающихся контактов, которые подвержены эрозионному износу и создают помехи радиоприему. Логометрический указатель имеет большой угол перемещения

стрелки, что дает возможность получить шкалу прибора с лучшей читаемостью показаний. Логометрический указатель лучше скомпенсирован от влияния изменения питающего напряжения и изменения внешней температуры.

Логометрический манометр (рис. 5.5) состоит из реостатного датчика $R_{дат}$ и магнитоэлектрического указателя.

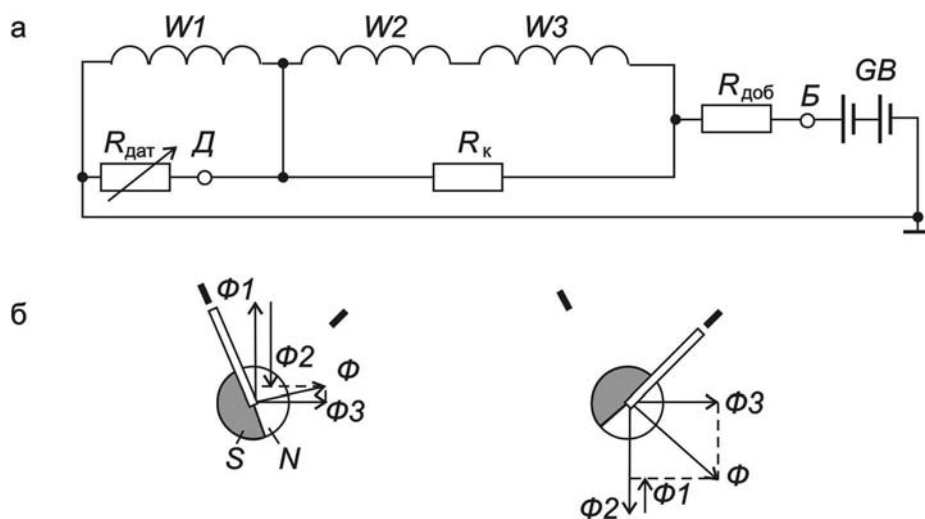


Рис. 5.5. Логометрический манометр:
а – принципиальная схема; б – распределение магнитных потоков и положения стрелки при различном сопротивлении датчика

Реостатный датчик состоит из гофрированной мембраны, которая через передаточный механизм передвигает ползунок реостата. Имеющаяся в датчике возвратная пружина противодействует смещению ползунка. Чтобы пульсации давления в контролируемой системе не вызывали колебаний ползунка по реостату, во входной канал датчика запрессована дюза со стержнем для очистки прохода, которая создает большое сопротивление протеканию масла или воздуха и тем самым сглаживает влияние резких изменений давления на показания прибора. При подаче масла или воздуха в датчик мембрана под давлением выгибается и через передаточный механизм сдвигает ползунок по реостату. При снижении давления мембрана под действием собственной упругости опускается и возвратная пружина сдвигает ползунок в исходное положение.

Указатель имеет три катушки $W1$, $W2$ и $W3$, жестко закрепленные в корпусе прибора. Катушка $W1$ расположена в одной плоскости с катушкой $W2$, но намотана по отношению к ней встречно. Катушка $W3$ размещена перпендикулярно к $W1$ и $W2$. При повышении давления происходит увеличение выгиба мембраны датчика давления. Перемещение мембраны через передаточный механизм передается ползунку переменного резистора $R_{дат}$. Сопротивление резистора снижается. Это приводит к уменьшению тока в катушке $W1$ и незначительному увеличению тока в катушках $W2$ и $W3$.

В результате суммарный магнитный поток, создаваемый катушками, изменяет свое направление таким образом, что магнит со стрелкой указателя поворачивается в сторону бóльших значений давления на шкале.

Так как при изменении питающего напряжения или окружающей температуры напряженности магнитных полей всех катушек изменяются практически пропорционально, то направление суммарного вектора магнитного потока, а значит, и положение стрелки прибора при этом не изменяется.

Наряду с манометрами в автомобилях используются сигнализаторы аварийного давления.

Сигнализаторы аварийного давления. Выход давления за пределы допустимых значений может произойти неожиданно, и в этом случае сигнализатор давления в отличие от стрелочного прибора немедленно привлечет внимание водителя. В некоторых случаях в контролируемой системе вообще применяют только сигнализатор, не используя стрелочный прибор. На автомобилях находят применение сигнализаторы аварийного (минимального) давления в системе смазывания, аварийного давления в пневмоприводе, в вакуумной системе открывания дверей и других рабочих системах автомобиля.

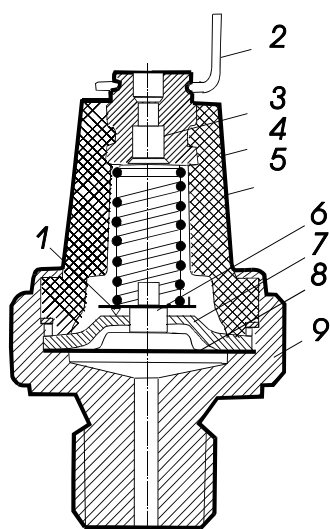


Рис. 5.6. Датчик аварийного давления:

- 1 – подвижный контакт;
- 2 – штекерный разъем;
- 3 – фильтр; 4 – изолятор;
- 5 – тарированная пружина;
- 6 – толкатель; 7 – неподвижный контакт; 8 – диафрагма;
- 9 – корпус датчика в виде полого штуцера

На рис. 5.6 представлена конструкция датчика аварийного давления, применяемого на автомобилях ВАЗ и КамАЗ. При нормальном давлении в поддиафрагменном пространстве датчика, сообщенном с контролируемой системой, диафрагма 8 выгибается и размыкает контакты 1 и 7; при аварийно-низком давлении контакты замыкаются, что приводит к включению контрольной лампочки на панели приборов.

Приборы для измерения температуры. Для эффективной работы систем и агрегатов автомобиля необходимо контролировать их температурный режим работы. Например, при эксплуатации непрогретого двигателя резко снижаются его мощностные и экономические показатели, а его перегрев непременно ведет к снижению ресурса или возникновению неисправностей. Для контроля температурного режима работы узлов и агрегатов на автомобиле применяются дистанционные термометры и сигнализаторы температуры, датчики которых устанавливают в контролируемой

среде, а указатели – на панели приборов автомобиля. Автомобильные термометры и сигнализаторы температуры являются электрическими приборами.

По конструкции и принципу действия автомобильные приборы для измерения температуры разделяются на термобиметаллические импульсные и логометрические.

Термобиметаллический импульсный термометр состоит из датчика и стрелочного указателя.

Датчик (рис. 5.7) представляет собой латунный тонкостенный баллон 9, закрепленный в корпусе 6. Термобиметаллическая пластина 3 баллона закреплена на изоляторе основания 8. На термобиметаллическую пластину намотана нагревательная обмотка 4, один конец которой соединен с контактом 2, а второй через контактную деталь 5 подходит к выводному зажиму 7. Неподвижный контакт 1 соединен с корпусом датчика.

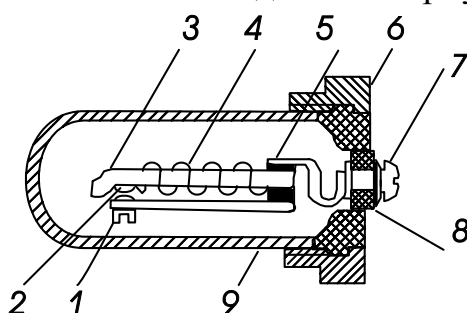


Рис. 5.7. Датчик термобиметаллического импульсного термометра:
 1 – неподвижный контакт; 2 – подвижный контакт;
 3 – термобиметаллическая пластина; 4 – нагревательная обмотка;
 5 – контактная деталь; 6 – корпус; 7 – выводной зажим;
 8 – изолятор основания

Указатель термобиметаллического термометра по принципу действия аналогичен термобиметаллическому указателю давления.

Логометрические термометры, как и манометры, состоят из датчика R_t и указателя.

Терморезисторный датчик температуры представляет собой латунный баллон, к плоскому доньшку которого с помощью токоведущей пружины прижат терморезистор, выполненный в виде таблетки. Пружина верхним концом соединяется с выходным зажимом датчика и изолирована от стенки баллона втулкой. Сопротивление терморезистора значительно уменьшается при увеличении его температуры, что приводит к возрастанию проходящего через него тока.

Конструкция и принцип действия указателя логометрического термометра и указателя давления аналогичны. Различие заключается в последовательности соединения катушек (рис.5.8). В указателе логометрического термометра катушка $W1$ расположена в одной плоскости с катушкой $W2$,

но намотана по отношению к ней встречно. Катушка $W3$ размещена перпендикулярно к $W1$ и $W2$. Ток в катушке $W1$, а значит, и магнитный поток $\Phi1$, создаваемый этой катушкой, зависит от температуры датчика R_t . Вращающаяся указательная стрелка жестко связана с постоянным магнитом. При низкой температуре поток $\Phi1$ незначителен. Поэтому суммарный поток заставляет повернуться магнит со стрелкой в зону малых значений температуры. При высокой температуре сопротивление терморезистора становится небольшим. Поэтому магнитный поток $\Phi1$ увеличивается, что приводит к изменению направления суммарного потока таким образом, что магнит со стрелкой поворачиваются в зону бóльших значений температуры. Для компенсации влияния температуры, в которой находится указатель, в схему введен компенсационный резистор R_k .

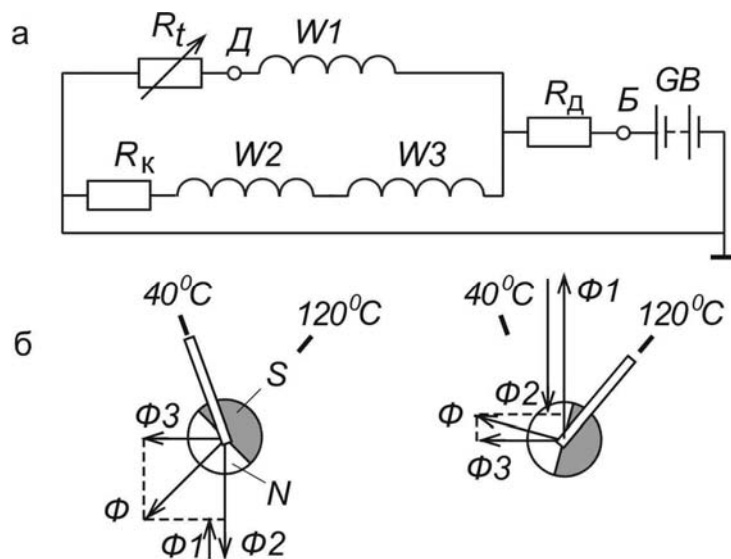


Рис. 5.8. Логометрический термометр:
а – принципиальная схема; б – распределение магнитных потоков и изменение положения стрелки при различных температурах датчика

Сигнализаторы аварийной температуры. Применение на автомобиле дистанционного стрелочного термометра не гарантирует, что внезапное нарушение теплового режима двигателя будет сразу замечено водителем. Поэтому в дополнение к стрелочному термометру устанавливают сигнализатор аварийной температуры. Причем, если система охлаждения двигателя жидкостная, датчик сигнализатора температуры устанавливают в верхний бачок радиатора. Если на автомобиле двигатель с воздушным охлаждением, то датчик сигнализатора аварийной температуры размещают в смазочной системе и по температуре масла судят о температурном режиме двигателя (автомобили семейств ЗАЗ и ЛиАЗ). Сигнализаторы применяют также для контроля температуры масла в автоматической коробке передач (автобусы ЛиАЗ).

Все применяемые на автомобилях датчики сигнализаторов аварийной температуры являются биметаллическими. При изменении температуры биметаллическая пластина датчика деформируется. При критическом значении температуры биметаллическая пластина замыкает электрические контакты, через которые осуществляется питание соответствующей контрольной лампы.

Приборы для измерения и контроля уровня жидкостей. На современных автомобилях применяют четыре вида жидких эксплуатационных материалов: топливо, масло, охлаждающую и омывающую жидкости. Недостаток или полное отсутствие любого из них, не замеченное своевременно, приводит к нежелательным последствиям, вплоть до аварийных ситуаций. Поэтому АТС оборудуют специальными системами контроля уровня (запаса) этих жидкостей. Простейшая из таких систем – щуп с нанесенными на нем делениями. На щуп для топливного бака наносятся деления, около которых ставятся значения уровня в литрах, на щуп для масляного картера – метки "макс" и "мин".

Недостатком щупа является то, что он не дает возможность оценить уровень жидкости в динамике, т.е. на движущемся автомобиле. Потому на современных автомобилях вместо щупа все чаще используются системы непрерывного автоматического контроля уровня. Типичный пример – топливомер, который состоит из указателя уровня топлива и реостатного рычажного датчика, воспринимающего уровень топлива с помощью поплавка. Кроме этих двух элементов в систему чаще всего встраивается и третий – сигнализатор (лампа) резервного остатка топлива в баке.

Уровень (запас) жидкости может контролироваться и по косвенным показателям. Например, уровень масла в картере двигателя – по сигнализатору аварийного давления масла.

Принципы, на которых работают датчики уровня, могут быть основаны на различных эффектах: на изменении электрического сопротивления, электрической емкости и магнитных величин в зависимости от уровня жидкости, на пьезоэлектрическом эффекте, на ультразвуковых эффектах и т.д.

Из датчиков-выключателей наибольшее распространение получили герконы (герметизированные магнитоуправляемые контакты), или контакты Рида. Используются они для контроля уровня омывающей и охлаждающей жидкостей, масла в двигателе. Состоят эти датчики из неподвижного геркона и кольцевого постоянного магнита, укрепленного на небольшом поплавке. Когда поплавок поднят жидкостью достаточно высоко (до упора), контакты геркона размыкаются. После падения уровня жидкости до определенной величины поплавок опускается, магнит приближается к геркону, вследствие чего его контакты замыкаются. Точность срабатывания такого датчика не очень высокая, однако у него есть несомненные

достоинства – простота, дешевизна, способность работать в широком диапазоне температур (от -40 до 120 °С) и химическая стойкость по отношению к метанолу, этанолу и антифризам. Для исключения ложных срабатываний датчика при езде по неровной дороге, во время поворотов, разгонов или торможений автомобиля в нем предусмотрена специальная демпфирующая камера.

Существуют датчики-выключатели, основанные на пьезоэлектрическом эффекте. Они применяются для контроля уровня различных автомобильных жидкостей – охлаждающей, омывающей и тормозной, моторного и трансмиссионного масел, электролита в аккумуляторных батареях. Эти датчики имеют все достоинства герконовых датчиков-выключателей и, кроме того, обеспечивают высокую точность регистрации уровня жидкостей. Чувствительный элемент датчика выполнен в виде пьезокерамического кристалла (шайбы), укрепленного на жесткой мембране. Этот пьезокристалл включен в контур генератора электрических колебаний, частота которого равна собственной частоте механического резонанса колебательной системы датчика. Противоположная сторона мембраны контактирует с жидкостью, уровень которой контролируется. Измерение выполняется так. Пока уровень жидкости достаточно высокий, свободная сторона мембраны находится в жидкости, которая демпфирует ее колебания, что срывает колебания генератора. Когда же уровень жидкости снижается, мембрана освобождается, возникают ее резонансные колебания, что ведет к скачкообразному изменению сигнала датчика.

Выпускаются также датчики уровня масла в картере двигателя, выполненные в виде щупа с электронной схемой. Работают они следующим образом. К помещенному в измерительную капсулу резистору щупа прикладывается кратковременный (1,5 с) нормированный импульс постоянного тока, что позволяет схеме измерить сопротивление этого резистора. Так как величина сопротивления зависит от теплоотдачи нагретого током резистора, то по ней подсчитывается уровень масла в картере двигателя.

По сходному принципу работают датчики уровня топлива, основой которых является гибкая пластмассовая лента с нанесенным на поверхности толсто пленочным резистивным покрытием. К этому резистору прикладывается кратковременный нормированный импульс, благодаря чему резистор нагревается и его сопротивление изменяется. При подъеме уровня жидкости увеличивается степень погруженности ленты в жидкость. Это приводит к соответствующему изменению сопротивления резистора при разных уровнях. Благодаря встроенной в датчик электронной схеме, выполненной на основе микропроцессора, выходной сигнал датчика пропорционален реальному объему топлива в баке. Поскольку кратковре-

менный импульс можно прикладывать к резистору периодически, удастся оперативно контролировать уровень топлива в баке.

Для контроля уровня различных жидкостей применяют датчики-выключатели и аналоговые датчики упрощенных конструкций. Например, такие датчики-выключатели установлены в бачке тормозной системы автомобилей ВАЗ. Это два электрода и токопроводящая перемычка, закрепленная на поплавке: когда бачок заполнен, поплавок поднят и контакты разомкнуты; когда уровень жидкости снижается, поплавок опускается и подает питание на сигнальную лампу.

Для контроля уровня жидкостей с хорошей электропроводностью (например жидкостей, приготовляемых на основе воды) используются датчики-выключатели, представляющие собой два электрода, замыкающихся контролируемой жидкостью.

Для контроля уровня топлива широко применяются аналоговые реостатные датчики, конструкция которых имеет рычаг, кинематически связанный с ползунком переменного резистора (реостата). В некоторых датчиках встраивается дополнительная пара контактов, замыкаемых в том случае, если топлива в баке остается на 50-100 км пробега. В такой системе, как правило, устройства демпфирования нет, поэтому колебания топлива при движении автомобиля приводят к "рысканию" стрелки указателя уровня. Чувствительным элементом реостатного датчика является капроновый поплавок. Реостатные датчики применяются в комплекте как с электромагнитным, так и с магнитоэлектрическим указателем, установленным на панели приборов.

Схема электромагнитного указателя уровня топлива показана на рис. 5.9. Наличие двух электромагнитов в указателе позволяет измерять уровень топлива независимо от изменений питающего напряжения. После замыкания выключателя зажигания ВЗ ток от аккумуляторной батареи протекает по обмотке 1, затем разветвляется на две ветви: одна часть тока идет по обмотке 3, другая – по реостату датчика 4. Вокруг обмоток создаются магнитные поля. Стальной якорек устанавливается вдоль магнитных силовых линий результирующего магнитного поля, создаваемого обмотками. При отсутствии топлива в баке поплавок 5 датчика, находясь в нижнем положении, обеспечивает максимальное значение сопротивления реостата 4. Вследствие этого магнитный поток электромагнита 3 становится равным потоку электромагнита 1. Это вызывает поворот якорька 2 и стрелки прибора в левую сторону шкалы к отметке 0. Стрелка будет удерживаться в этом положении после выключения прибора благодаря наличию противовеса 7. По мере наполнения бака и всплытия поплавок снижается сопротивление реостата 4, что уменьшает ток и создаваемый им магнитный поток в обмотке электромагнита 3. Вследствие этого якорек со

стрелкой поворачивается вправо. Наличие специального магнитопровода 6 обеспечивает замыкание магнитного потока через якорек 2.

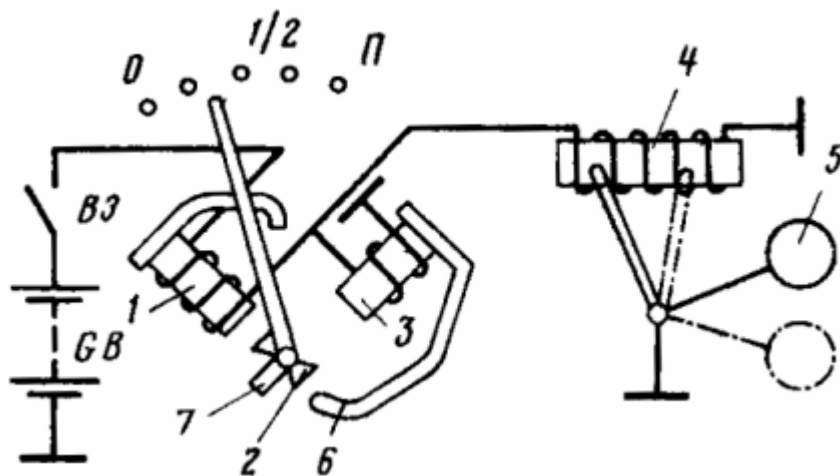


Рис. 5.9. Электромагнитный указатель уровня топлива:
1 – обмотка первого электромагнита; 2 – якорек; 3 – обмотка второго электромагнита; 4 – реостат датчика; 5 –поплавок; 6 – магнитопровод; 7 –противовес

В последние годы датчики начали усложнять, вводить в них устройства механического, гидравлического или электрического демпфирования. Выпускаются датчики, выполненные в виде измерительной трубки, помещаемой в топливный бак. Внутри этой трубки перемещается поплавок, на котором укреплены ламели, скользящие по проволочному реохорду (переменный резистор, состоящий из натянутой проволоки с высоким удельным электрическим сопротивлением). В качестве демпфера используется специальный лабиринт.

Логометрические указатели по конструкции аналогичны указателям, используемым в логометрических манометрах. Логометрический указатель обладает значительно меньшей погрешностью измерения по сравнению с электромагнитным указателем благодаря отсутствию массивных магнитопроводов, магнитная проницаемость которых значительно изменяется с изменением температуры. Кроме того, логометрические указатели обладают большим углом поворота стрелки.

Датчики качества масла. Для повышения надежности и экономичности автомобиля необходима своевременная замена масла.

Оптимальный интервал между заменами масла определяется многими факторами. Прежде всего, качество масла снижают загрязнения, влияющие на вязкость. У дизельных двигателей к этому добавляется сажа, у бензиновых – разбавление масла топливом. Ухудшается масло и от образующегося в картере конденсата (воды). Скорость вредных процессов не в последнюю очередь зависит и от того, как используется автомобиль: при

частых, но коротких поездках масло портится в два раза быстрее, чем при регулярных "дальнобойных" маршрутах. Одним из наиболее значительных факторов снижения качества масла, конечно, является состояние двигателя: изношенная цилиндропоршневая группа во много раз ускоряет процесс загрязнения и окисления масла из-за прорыва газов в картер.

Рекомендуемые заводами-изготовителями интервалы устанавливаются по наихудшему варианту эксплуатации автомобиля. Поэтому зачастую замена масла производится преждевременно.

Для своевременной замены масла необходимо иметь возможность определения его реального качества. Поэтому в современные автомобили устанавливаются датчики, с помощью которых водитель получает информацию о качестве масла или о пробеге, оставшемся до его замены. Состояние масла определяется датчиками по диэлектрической постоянной залитого масла, которая напрямую связана со степенью загрязнения и окисления: чем масло хуже, тем меньше диэлектрическая постоянная. Датчики качества масла выдают сигнал на щиток приборов, где имеется указатель, например, в виде линейки желтых светодиодов. По мере ухудшения свойств масла горящих индикаторов остается все меньше, и когда погаснет последний, наступает время смены масла. Фирмы BMW и "Мерседес" предлагают индикацию в цифровом виде – компьютер рассчитывает расстояние, которое можно проехать до смены масла, и выдает эту информацию водителю.

Приборы для контроля зарядного режима аккумуляторной батареи Для контроля зарядного режима аккумуляторной батареи на автомобиле используются амперметры, вольтметры и световые сигнализаторы.

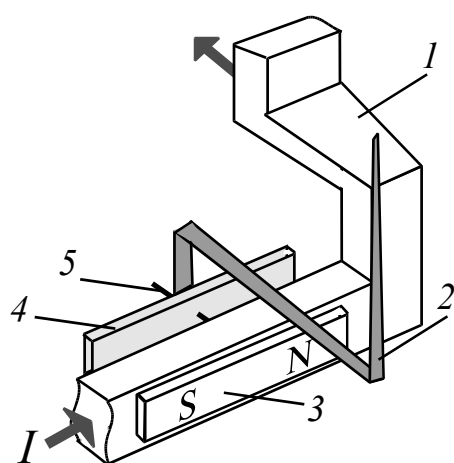


Рис. 5.10. Устройство амперметра с неподвижным магнитом:
1 – проводник; 2 – стрелка;
3 – магнит; 4 – стальной
якорек; 5 – ось

Амперметр устанавливается последовательно в цепь заряда аккумуляторной батареи. Через амперметр протекает ток заряда и ток разряда кроме тока, идущего к потребителям, подключенным со стороны аккумуляторной батареи. Обычно такими потребителями являются реле и электродвигатель стартера.

На автомобилях устанавливаются электромеханические амперметры двух типов: с неподвижным магнитом (электромагнитные амперметры) и с подвижным магнитом (магнитоэлектрические амперметры).

Амперметры с неподвижным магнитом (рис. 5.10) получили наибольшее распространение. Измеряемый ток в них протекает по

проводнику 1, на котором жестко закреплен постоянный магнит 3. Стрелка 2 прибора вместе со стальным якорьком 4 закреплены на оси 5. При отсутствии тока в цепи прибора якорек ориентируется вдоль постоянного магнита 3, а стрелка устанавливается на нулевой отметке. При прохождении через проводник 1 электрического тока на якорек начинает действовать создаваемое этим током магнитное поле. Это поле направлено перпендикулярно магнитному полю постоянного магнита. Поэтому результирующее поле отклоняет якорек со стрелкой от исходного положения.

Амперметры с неподвижным магнитом неудобно применять в двух случаях: когда генераторная установка удалена от панели приборов и при необходимости измерения больших токов. В этих случаях применяют амперметры с подвижным магнитом (рис. 5.11). Эти приборы подключаются к шунту 3, включенному в зарядно-разрядную цепь аккумуляторной батареи. Протекающий по обмотке 2 ток пропорционален измеряемому току (измеряемый ток протекает через шунт 3), но значительно меньше него. Ток обмотки создает магнитный поток, направление которого перпендикулярно направлению магнитного потока неподвижного магнита 4. Результирующий магнитный поток поворачивает подвижный магнит 1 и закрепленную на нем стрелку.

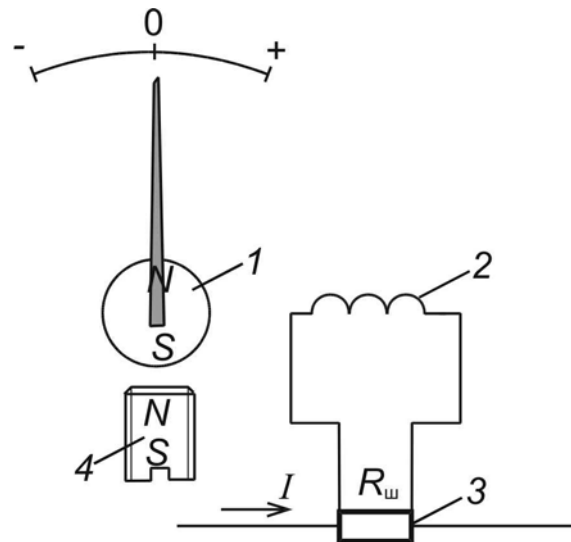


Рис. 5.11. Устройство амперметра с подвижным магнитом

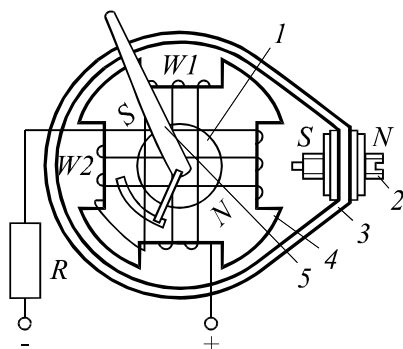


Рис. 5.12. Вольтметр:
1, 2 – постоянные магниты;
3 – экран; 4 – пластмассовый каркас;
5 – стрелка

Вольтметр подключается параллельно аккумуляторной батарее. Он позволяет судить о напряжении батареи при пуске и напряжении генератора при работающем двигателе. На автомобилях устанавливаются вольтметры, являющиеся магнитоэлектрическими логометрами. В логометрическом вольтметре (рис.5.12) имеются две катушки $W1$ и $W2$ и неподвижный постоянный магнит. Все эти элементы жестко закреплены на корпусе прибора. Катушки по отношению друг к другу повернуты на 90° и соединены последовательно. Свободный конец катушки $W1$ служит положительным выводом вольтметра. Свободный конец катушки $W2$

соединен с добавочным резистором R , второй конец которого является отрицательным выводом вольтметра. Результирующий магнитный поток создается катушками и постоянным магнитом. Постоянный магнит выполняет дополнительную функцию: используется для регулировки вольтметра. Для этого он имеет возможность осевого перемещения. Под действием магнитного поля перемещается указательная стрелка прибора, закрепленная на оси вместе с подвижным постоянным магнитом.

Шкалы вольтметров имеют разноокрашенные зоны, соответствующие различным поддиапазнам напряжения. Например, на ВА3-2105, ВА3-2107, ВА3-2108 шкала вольтметра имеет участки: 8...12 В – низкий заряд аккумуляторной батареи; 12...15 В – нормально заряженная аккумуляторная батарея и нормальная работа генераторной установки; 15...16 В – ненормальная работа генераторной установки.

Световые сигнализаторы аварийного напряжения информируют о значительном уменьшении напряжения генератора. Для этого используется реле контроля заряда аккумуляторной батареи. Его обмотка включена между нулевой точкой обмотки статора и положительным выводом генератора, т.е. питается от одной фазы генератора. При неработающем или неисправном генераторе нормально замкнутые контакты реле замыкаются, обеспечивая питание контрольной лампы.

Спидометры. Спидометром называют прибор для измерения скорости движения и длины пройденного пути. По принципу действия спидометры разделяются на индукционные и электрические, а по способу приведения в действие – с приводом гибким валом и электроприводом. Гибкие валы рекомендуется устанавливать, если длина трассы не превышает 3,55 м. Привод спидометра осуществляется от ведомого вала коробки передач или раздаточной коробки. Для этой цели в узле, от которого осуществляется привод, устанавливается редуктор. Его передаточное число зависит от передаточного числа главной передачи и радиуса качения колеса автомобиля.

Скоростные узлы всех спидометров вне зависимости от типа привода являются магнитоиндукционными. Они имеют в своем составе магнитоиндукционный преобразователь, основанный на влиянии вращающегося магнитного поля на элементы из немагнитного материала, например алюминия. В состав скоростного магнитоиндукционного узла (рис. 5.13) входит постоянный магнит 4, вращающийся в чашеобразном элементе – катушке или около диска 2. Последний вращается соосно с магнитом. Диск выполнен из немагнитного материала и жестко связан с указательной стрелкой прибора. При вращении магнита в диске наводятся вихревые токи, вызывающие образование магнитного поля диска. В результате этого на диск действует вращающий момент, который уравни-

вешивает момент, создаваемый пружиной 1. Так как вращающий момент диска пропорционален скорости вращения магнита, то угол поворота диска и стрелки с увеличением скорости движения автомобиля будет возрастать.

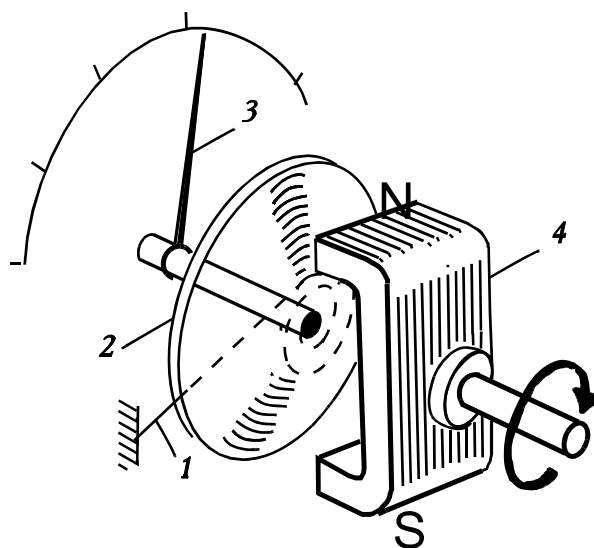


Рис. 5.13. Магнитоиндукционный преобразователь:
1 – пружина-волосок; 2 – металлический диск; 3 – стрелка;
4 – постоянный магнит

Скоростной узел спидометра приводится во вращение гибким валом или электродвигателем. Гибкий вал нашел широкое применение на автомобилях, однако он имеет ряд недостатков: быстрое изнашивание, неравномерность вращения, ограничения по длине и сложность прокладки.

Более совершенным является электропривод, выполненный по схеме генератор – двигатель (рис. 5.14). Данный электропривод состоит из датчика-генератора, ротор которого приводится во вращение от ведомого вала коробки передач, электродвигателя, который вращает постоянный магнит магнитоиндукционного узла, и электронной схемы, которая служит для управления электродвигателем. Датчик электропривода представляет собой генератор, ротором которого служит постоянный четырехполюсный магнит. Сигнал с каждой фазы датчика управляет одним из трех транзисторов, работающих в ключевом режиме. Когда транзистор открыт, через него по соответствующей фазной обмотке электродвигателя начинает протекать ток от аккумуляторной батареи. Так как и фазные обмотки $W1'$, $W2'$, $W3'$ датчика и фазные обмотки $W1$, $W2$, $W3$ электродвигателя сдвинуты на 120° , то создаваемое в электродвигателе магнитное поле будет вращаться с частотой вращения ротора датчика. Это поле заставляет с той же частотой вращаться постоянный магнит ротора. Ротор двигателя механически связан со скоростным узлом, преобразующим частоту вращения в показания спидометра. Резисторы $R1...R6$ служат для выбора рабочих точек соответствующих им транзисторов.

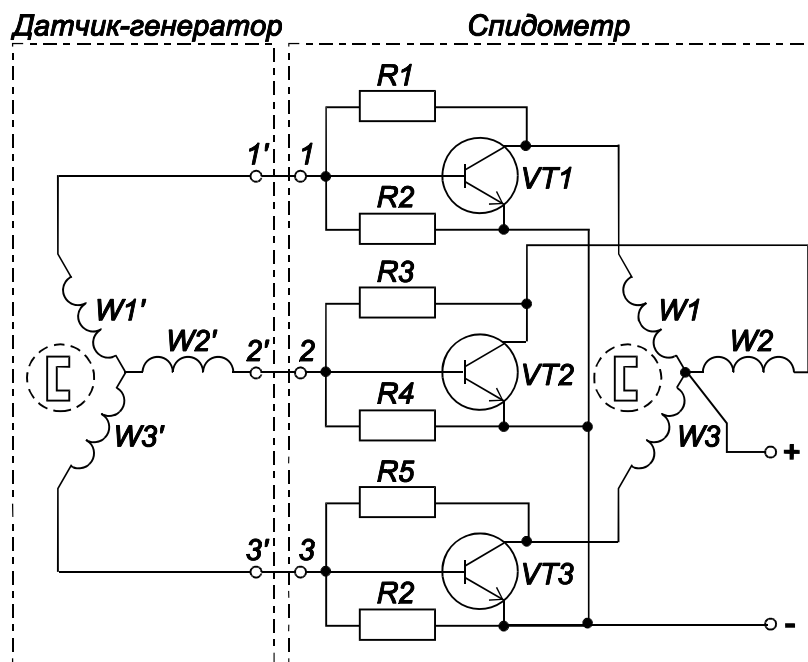


Рис. 5.14. Электрическая схема спидометра с электроприводом

Тахометры. Тахометры на автомобилях применяются для измерения частоты вращения коленчатого вала двигателя. Автомобильные тахометры делятся на электронные и магнитоиндукционные. В автомобилях с бензиновым двигателем обычно устанавливаются электронные тахометры. В автомобилях с дизельным двигателем размещаются как электронные, так и магнитоиндукционные тахометры.

Электронные тахометры осуществляют преобразование частоты напряжения в первичной цепи системы зажигания (в автомобилях с бензиновым двигателем) или на выходе автомобильного генератора (в автомобилях с дизельным двигателем) в электрический ток, среднее значение которого затем преобразуется в угол отклонения указательной стрелки тахометра.

В первом случае тахометр (рис. 5.15) состоит из датчика частоты – первичной цепи катушки зажигания; формирователя измерительных импульсов ФИИ и магнитоэлектрического прибора. Первичная цепь катушки зажигания обеспечивает формирование сигналов в форме затухающей синусоиды. Причем частота следования этих сигналов пропорциональна частоте вращения коленчатого вала двигателя. Данные сигналы поступают на вход ФИИ, который преобразует их в импульсы с постоянной амплитудой и длительностью. Поэтому среднее эффективное значение тока, проходящего через магнитоэлектрический прибор, а следовательно, и отклонение α его стрелки будет зависеть от частоты вращения коленчатого вала двигателя.



Рис. 5.15. Структурная схема электронного тахометра

Работа тахометра, регистрирующего частоту импульсов напряжения в одной из фаз автомобильного генератора, аналогична работе вышеописанного тахометра, только в качестве управляющих импульсов используется сигнал напряжения с фазы генератора.

Тахометры магнитоиндукционного типа имеют привод от распределительного вала двигателя с помощью гибкого вала или электропривода. Их конструкция аналогична конструкции спидометров. Отличие заключается в отсутствии счетного узла в месте установки датчика и в градуировке шкалы. В электрической схеме тахометра (рис. 5.16) предусмотрен дополнительный вывод 6, предназначенный для реле блокировки стартера. Диоды $VD4$, $VD5$, $VD6$, резистор $R1$ и стабилитрон $VD7$ служат для защиты транзисторов $VT1$, $VT2$, $VT3$ от перенапряжения в момент их запираания, когда в обмотках статора электродвигателя индуцируется ЭДС самоиндукции. Диоды $VD1$, $VD2$, $VD3$ предохраняют соответствующие им транзисторы от импульсов обратной полярности.

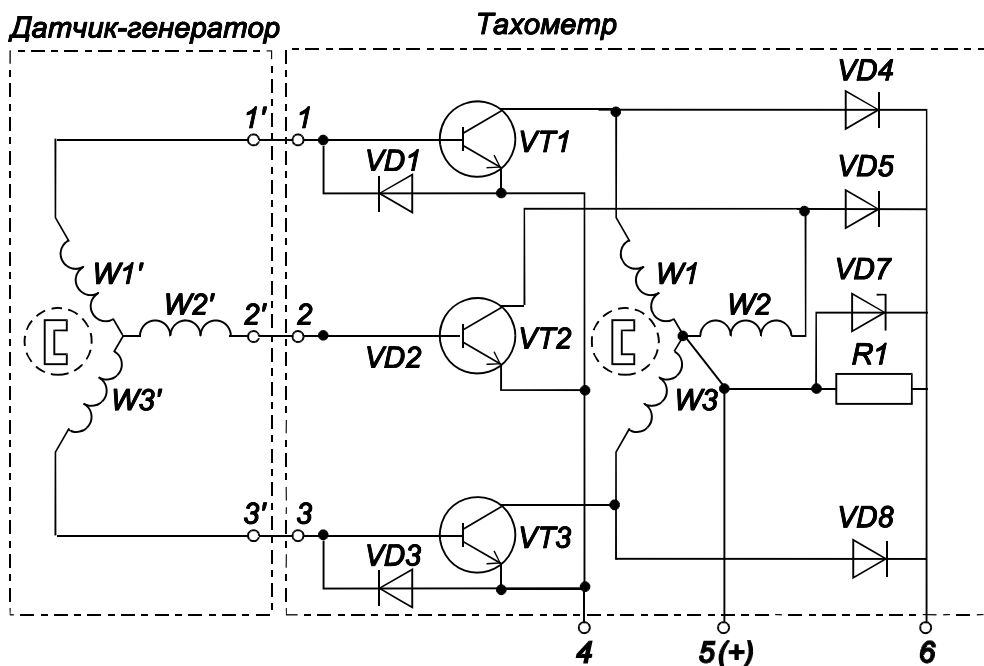


Рис. 5.16. Электрическая схема тахометра с электроприводом

Индикаторы температуры кристаллизации и кипения жидкостей. Индикатор температуры кристаллизации охлаждающих этиленгликолевых жидкостей используется во время приготовления рабочего раствора из концентрата «Тосола» или другой охлаждающей жидкости. Индикатор представляет собой ареометр, на прозрачном корпусе которого нанесены две шкалы. Метки первой показывают температуру кристаллизации охлаждающей жидкости. По второй шкале определяется температура кипения антифриза.

Сигнализаторы безопасной дистанции Одним из способов повышения безопасности при управлении автомобилем является применение сигнализатора безопасной дистанции (СБД), информирующего водителя об опасном сокращении дистанции до впереди идущего автомобиля. СБД начинает действовать при скорости выше 40 км/ч и может быть выключен водителем. В состав СБД входит датчик расстояния, лазер которого излучает электромагнитные волны в трех направлениях: 1) вперед; 2) вперед-влево и 3) вперед-вправо. Отражаясь от предметов, эти волны возвращаются на датчик, сигналы с которого поступают на бортовой микропроцессор. Микропроцессор анализирует скорость впереди идущего автомобиля, управляемого автомобиля и затем задает безопасную дистанцию. Если дистанция становится опасной, то перед водителем загорается сигнальная лампа и звучит зуммер. В дополнение к лазерному датчику в ряде систем добавляются датчик тумана и датчик трения шин, так как в условиях недостаточной видимости и при движении по скользкой дороге безопасную дистанцию необходимо увеличить.

Сигнализатор безопасной дистанции может использоваться в составе системы автоматической регулировки дистанции или в составе системы автоматической регулировки скорости. При этом на ветровом стекле автомобиля отображаются: 1) информация о том, включена ли система автоматического регулирования дистанции (скорости); 2) скорость движения автомобиля; 3) рекомендуемая скорость.

Датчик расстояния, используемый в сигнализаторе безопасной дистанции, может применяться при парковке автомобиля для сигнализации об опасном приближении к какому-либо препятствию (стена, бордюр).

Панели приборов. Водитель получает информацию о режиме движения и техническом состоянии автомобиля с помощью контрольно-измерительных приборов, размещенных на панели приборов.

Панель приборов современного автомобиля содержит 3...6 стрелочных приборов и 5...7 световых сигнализаторов, размещение которых основывается на следующих принципах:

- группировка в центре панели средств отображения информации, связанных с безопасностью дорожного движения;

- размещение приборов тем ближе к центру, чем выше частота обращения к ним водителя;

- группировка в единые блоки функционально связанных приборов.

На рис. 5.17 в качестве примера представлена панель приборов автомобиля ВАЗ-2108. В центральной зоне панели расположен спидометр 13 с одомером и счетчиком суточного пробега. В правой части сгруппированы контрольно-измерительные приборы: указатель температуры охлаждающей жидкости 9, вольтметр 10, эконометр 12 и указатель уровня топлива 11. Левая зона занята сигнализаторами, информирующими о включении наружного освещения 5, заднего противотуманного фонаря 6, дальнего света фар 7, указателей поворота 4, обогрева заднего стекла 8, аварийной сигнализации 17, разряда аккумуляторной батареи 15 и вытянутой рукоятки воздушной заслонки 16. В центре зоны сигнализаторов расположено табло STOP 3, которое загорается совместно с соответствующими сигнализаторами в следующих случаях: 1) недостаточное давление в системе смазки двигателя (сигнализатор 2); 2) уровень тормозной жидкости в бачке ниже «Min» (сигнализатор 1); 3) поднят рычаг стояночного тормоза (сигнализатор 14).

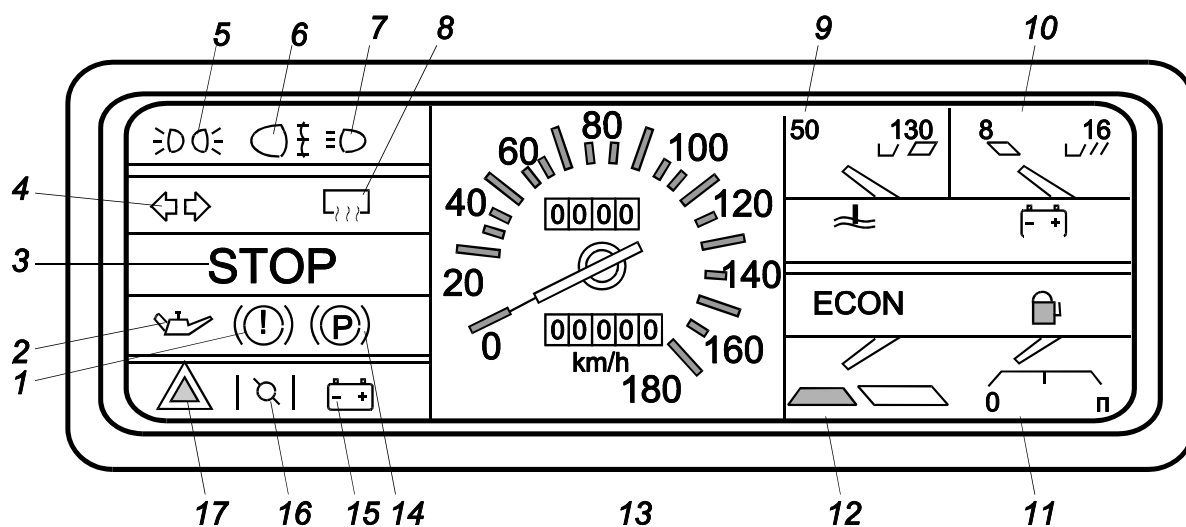


Рис. 5.17. Панель приборов автомобиля ВАЗ-2108:

- 1 – контрольная лампа уровня тормозной жидкости; 2 – контрольная лампа давления масла; 3 – табло STOP; 4 – контрольная лампа указателей поворота; 5 – контрольная лампа наружного освещения;
- 6 – контрольная лампа заднего противотуманного света; 7 – контрольная лампа дальнего света фар; 8 – контрольная лампа обогрева заднего стекла;
- 9 – указатель температуры охлаждающей жидкости;
- 10 – вольтметр; 11 – указатель уровня топлива; 12 – эконометр;
- 13 – спидометр; 14 – контрольная лампа стояночного тормоза;
- 15 – контрольная лампа разряда аккумулятора; 16 – контрольная лампа воздушной заслонки карбюратора; 17 – контрольная лампа аварийной сигнализации

Развитие и внедрение в автомобилестроение электроники дало возможность конструкторам и дизайнерам создать электронную панель приборов, в которой вместо привычных электромеханических приборов устанавливаются электронные информационные устройства и индикаторы. Электронные индикаторы кроме функций, выполняемых электромеханическими приборами, способны предоставлять водителю информацию в цифровой, графической и текстовой формах. С помощью электронных устройств возможны синтез человеческой речи, индикация показателей, для определения которых требуются сложные вычисления, анализ целесообразности передачи информации водителю.

Электромеханические приборы, как правило, предназначены для отображения только одного параметра, так как при использовании нескольких шкал ухудшается возможность считывания с них показаний. Кроме того, они имеют значительные габаритные размеры, что делает сложным их размещение на панели приборов. Электронные индикаторы при меньших размерах могут информировать о значениях не одного, а нескольких параметров, передавать разнообразные сообщения и поэтому позволяют резко увеличить информативность панели при тех же габаритах.

Необходимо отметить, что электронные информационные устройства предоставляют водителю более достоверные данные. Это связано как с повышением точности приборов, так и с цифровым представлением информации.

Использование электронных индикаторов открывает широкие возможности для художественного конструирования панели приборов с учетом требований эргономики и инженерной психологии, так как позволяет изменять цвет, форму и яркость свечения индикаторов.

С включением габаритных огней индикаторы панели приборов автоматически переходят на пониженную яркость свечения. Кроме того, имеется регулировка яркости свечения индикаторов для условий повышенной и пониженной освещенности, учитывающая индивидуальные возможности водителя.

Широкое применение электронных информационных устройств и индикаторов ограничивается рядом причин. Прежде всего, большинство электронных индикаторов не только отличается повышенной стоимостью по сравнению с электромеханическими приборами, но и обладает меньшей надежностью, устойчивостью к ударам, вибрации, температурным воздействиям, имеет недостаточную долговечность. Для обеспечения работы индикаторов некоторых типов требуется дополнительный источник высокого напряжения. Однако, несмотря на указанные недостатки, электронные информационные устройства и индикаторы получили широкое распространение и являются обязательной принадлежностью конкуренто-

способного автомобиля. Одним из электронных устройств, применяющихся на автомобиле, является бортовой компьютер, предназначенный для оказания всесторонней помощи водителю при пользовании автомобилем.

Бортовой компьютер состоит из универсального блока и блока управления, подключенных к системе электрооборудования автомобиля. В универсальный блок поступают сигналы, характеризующие: работу системы зажигания, работу системы регулирования подачи топлива, скорость движения автомобиля, уровень топлива в баке, температуру окружающей среды, напряжение аккумуляторной батареи, включение подсветки панели приборов. Универсальный блок управляет работой предупреждающего звукового сигнала, блокировкой зажигания, а при необходимости – работой системы дополнительного обогрева. Связь с компьютером водитель поддерживает с помощью блока управления. Этот блок принимает команды водителя и передает их в универсальный блок, а также осуществляет индикацию результатов работы компьютера на соответствующем элементе поля индикаторов. С помощью бортового компьютера водитель может получать необходимую информацию (средняя скорость движения; средний и мгновенный расход топлива; время суток, температура окружающей среды; расстояние до интересующего пункта; предполагаемое время прибытия; расстояние, которое может проехать автомобиль с имеющимся запасом топлива). С помощью звукового сигнала бортовой компьютер предупреждает водителя о превышении максимальной скорости и о понижении температуры окружающей среды ниже 3 °С и опасности гололеда. Бортовой компьютер способен выполнять также функции противобуксовочного устройства. Водитель набирает код, состоящий из комбинации цифр. Если перед пуском двигателя набрать неправильную комбинацию, двигатель не заведется и будет включен звуковой сигнал.

Примером построения электронных панелей приборов может служить панель приборов экспериментального автомобиля «Мерседес – Бенц Ауто 2000». На панель приборов этого автомобиля выводится максимально возможное количество информации, отражающей безопасность, экономичность, эксплуатационные характеристики и параметры вождения автомобиля без перегрузки и утомления водителя.

Панель приборов включает три зоны: 1) зону постоянной информации (центральную); 2) зону информации о состоянии автомобиля (левую); 3) зону внешней информации (правую). В зоне постоянной информации расположены спидометр, указатель уровня топлива в баке, часы, одометр и индикатор режима движения. Верхний индикатор зоны состояний автомобиля выполняет функции БСК. При достижении одним из параметров, контролируемых БСК, критического значения на индикаторе автоматически появляется соответствующий сигнал, который исчезает только

после устранения неисправности. Нижний левый индикатор представляет показания контрольных приборов, а также результаты расчета запаса хода, расхода и интервалов обслуживания. Интервалы обслуживания рассчитываются с учетом пробега автомобиля, расхода топлива, износа тормозных накладок, засоренности воздушных фильтров. Правый верхний индикатор зоны внешней информации является указателем маршрута, в память которого заложена карта-атлас автомобильных дорог Германии. Информация индикатора оказывает помощь водителю в ориентировке и выборе оптимального маршрута. В правом нижнем углу панели отображается информация о наружной температуре, пробеге с начала поездки, времени в пути и времени простоя, частоте радиопередатчика.

5.1.2. Средства индикации

Главное преимущество дисплеев перед другими средствами отображения состоит в том, что состав информации и ее количество можно изменять в зависимости от потребностей. И второе: эта информация может быть количественной (например, о скорости движения и пройденном пути, частоте вращения коленчатого вала двигателя и температуре охлаждающей жидкости, остатке топлива в баке и его среднем расходе), качественной, т.е. оценивающей состояние тех или иных систем и агрегатов (включено – выключено), и диагностической, т.е. дающей сведения о неисправностях техники (отказ тормозной системы; мало масла, охлаждающей или тормозной жидкости, низкое давление масла в смазывающей системе и воздуха в шинах и т.д.). При традиционных средствах получения информации такое ее количество и разнообразие превратили бы кабину автомобиля в кабину воздушного лайнера, сделав невозможным наблюдение за дорогой. Дисплей же эту задачу решает, так как позволяет пользователю по его выбору менять программу отображения.

Но дисплей – дело для автомобилестроителей новое. Поэтому конструкторы автомобильной техники относятся к ним с определенной долей настороженности, в том числе и вследствие недостаточной информированности как о возможностях, так и об особенностях этих новых устройств (по сравнению с обычными контрольно-информационными приборами). Однако оснований для такой настороженности нет: существующие конструкции дисплеев предъявляют к автомобилю не чрезмерно жесткие требования.

Таких требований семь:

1. Диапазон рабочих температур дисплея на автомобиле не должен выходить за пределы 233...358 К (–40...+85 °С).
2. Максимальное напряжение питания дисплея может достигать 100 В, однако чем оно выше, тем более дорогим и менее надежным он будет. Не

целесообразно питать дисплей и от нескольких источников энергии, поскольку это усложняет схему. Самый выгодный вариант – напряжение 5 В.

3. Срок службы дисплея, устанавливаемого на автомобиль, должен превышать 100 тыс. ч.

4. Символы индикации на автомобильном дисплее должны быть хорошо различимыми при солнечном освещении. Это означает, что яркость собственной оснащённости экрана дисплея не может быть меньше 1200 кд/м^2 .

5. Коэффициент контрастности, т.е. отношение яркости экрана (фона) дисплея к яркости символов на нем должен быть равен 1:20 – для светоизлучающих и 1:5 – для светоотражающих дисплеев (для сравнения: коэффициент контрастности для страницы с напечатанным текстом равен 1:5,6).

6. Цвет экрана должен быть красным, голубым или зеленым (за рубежом регламентируется стандартами), но не исключается желтый и белый.

7. В системе передачи сигналов к дисплею нежелательна многократная их передача, поскольку возникающие потери снижают яркость изображения или его контрастность. Лучше всего задача решается при помощи дисплея со статическим возбуждением.

Перечисленным требованиям, как показывает анализ, соответствуют в разной степени дисплеи на вакуумных люминесцентных (электронно-лучевых) трубках, на жидких кристаллах, а также электролитические дисплеи. Так, дисплеи на электронно-лучевых трубках привлекательны тем, что они хорошо освоены в производстве и широко применяются в различных информационных системах. Но для получения на них различных цветов требуется многоисточниковое питание.

У жидкокристаллических дисплеев тоже есть большое достоинство: высокая контрастность изображения даже при солнечном освещении. Однако с точки зрения диапазона рабочих температур и визуального восприятия отображенной информации пока еще решено не все. Хотя в недавно созданном дисплее «Дичройк», в котором применены встроенные поляризованные или цветофильмы, трудности преодолеть, судя по сообщениям печати, удалось. Кроме того, жидкокристаллические дисплеи сравнительно дешевы.

Всеми достоинствами жидкокристаллических обладают и электролитические дисплеи. Кроме того, у них есть свои плюсы: небольшие допуски при производстве, большие углы обзора. Но управляющая схема получается сложной из-за наличия в ней запоминающего устройства, так как цифровая программа не только появляется на экране, но и должна стираться.

Существует не один способ высвечивания сигналов на дисплее. В первых, сигнальные символы традиционно подсвечиваются сзади цветными лучами. Способ прост, сигналы легко понимаются. Однако при одно-

временном появлении более пяти символов водитель в них путается. Кроме того, пока не разработаны достаточно понятные символы, обеспечивающие однозначность считываемой информации.

Во-вторых, сигнальная информация высвечивается на алфавитно-цифровом дисплее. Метод отличается простотой, размеры дисплея получаются небольшими, технология его изготовления несложная. Но при поставках системы за рубеж требуется применение разных языков. Для передачи сложной информации могут потребоваться аббревиатуры. Тогда, чтобы водитель понимал информацию о функциональных элементах, работа которых контролируется, потребуется его специальное обучение.

В-третьих, сигнальные символы образуются рядом точек (точечная матрица). При таком способе отображения информации языковых и других ограничений нет. В то же время подобрать хорошо узнаваемые символы на все случаи трудно.

Каждый из перечисленных выше способов, реализуемых в виде отображения предупреждающих сигналов, может иметь и дополнительные средства повышения информативности. В качестве такого средства уже используются (в авиации, например) синтезаторы речи. Здесь устраняется возможность разночтения информации, отображенной на экране дисплея. Правда, возникают языковые проблемы, а также проблемы восприятия речи водителями с нарушением слуха. Возможны помехи. Мала скорость замены информации.

Как видим, дисплей – не просто видоизмененное средство отображения информации, объединяющее в себе функции шкал приборов, сигнальных ламп и т.п. Он представляет собой централизованную систему, способную отображать данные практически обо всем, что связано с автомобилем, его состоянием и движением. Но дисплей может оказаться бесполезным и даже вредным, если законы отражения им информации будут сложнее, чем с помощью традиционных средств. Поэтому задача состоит не только в том, чтобы создать алгоритмы отображения информации. Ведь не секрет, что дисплей, являясь пока средством отображения информации, собираемой и обрабатываемой системой контроля, своих возможностей полностью не использует.

В настоящее время дисплей базируется на микропроцессорной технике, возможности которой довольно велики. Поэтому контрольная система постепенно переросла в централизованную информационную систему, способную оценивать информацию, получаемую от других контролируемых центров (например система управления двигателем, трансмиссией), и затем выдавать ее в соответствующем виде водителю. Иными словами, централизованная система неизбежно должна брать на себя функции кон-

троля и обеспечения соответствия режимов работы автомобильных систем условиям движения. Дисплей здесь становится средством отображения рассогласования этих режимов и условий. Кроме того, дисплей отображает результаты работы централизованной информационной системы по бортовому диагностированию состояния автомобильных систем и узлов: сигналы об их неисправностях передаются в центральный информационный процессор, а после обработки – на алфавитно-цифровой дисплей.

В электронных приборных панелях современных легковых автомобилей японских фирм широко применяются микропроцессоры. В качестве дисплеев используются матрицы на жидких кристаллах и вакуумной флуоресценции.

Дисплей микропроцессорной приборной панели на модели «Soarer» отвечает современным требованиям достижения в этой области (рис. 5.18).

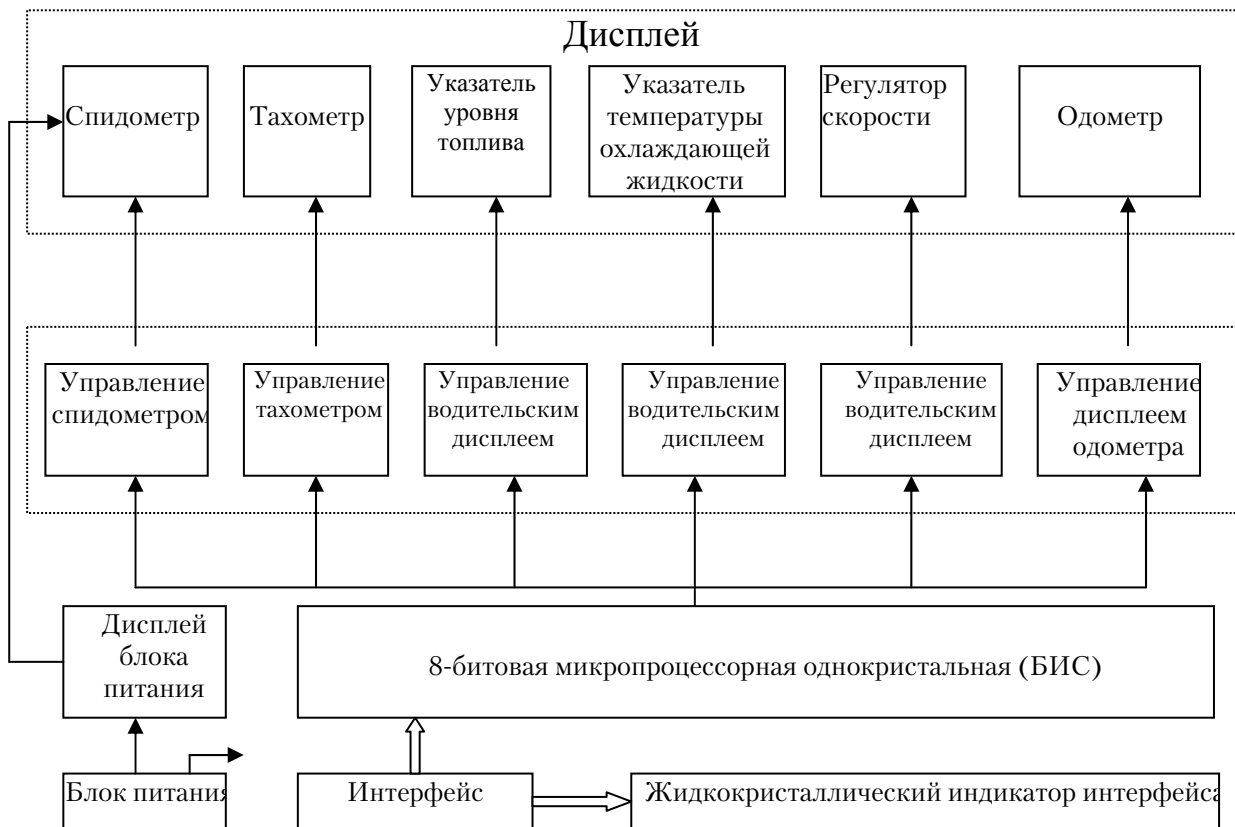


Рис. 5.18. Блок-схема микропроцессорной приборной панели автомобиля «Soarer»

Предварительное преобразование сигналов датчиков позволило получить нелинейные характеристики указателей температуры, дающие боль-

шую детальность отображения в наиболее ответственных участках рабочего диапазона, недостижимую для электромеханических стрелочных индикаторов. Широко использованы мигающие дисплеи. В системе применен однокристальный 8-битовой микропроцессор и интегральные схемы управления дисплеями. Индикация производится японскими иероглифами и цифрами. Помимо обычного для электронных приборных панелей состава параметра, система дает информацию о продолжительности кратковременных остановок, исправности микропроцессорной системы управления двигателем, контролирует периодичность замены масляных фильтров и свеч зажигания, обеспечивает ввод и своевременное воспроизведение напоминаний водителю, делаемых им для самого себя.

5.1.3. Условия работы и требования к автомобильным приборам

Контрольно-измерительные приборы, устанавливаемые на автомобилях, значительно отличаются по своей конструкции от стационарных приборов, применяемых в лабораторной практике или в технологических процессах многих производств, хотя в них, как правило, используются те же принципы действия. Особенности автомобильных приборов зависят от специфики требований, предъявляемых к ним в эксплуатации. Эти требования обусловлены следующими причинами.

На приборы, установленные на автомобилях, воздействуют значительные вибрация и тряска. Так, на приборной панели современных автомобилей вибрация может достигать величины 0,5–2g. Датчики приборов, размещенные на двигателе или трансмиссии, подвергаются вибрации до 15g. Поэтому приборы должны непрерывно и исправно работать в этих условиях [1].

В условиях эксплуатации приборы работают при различных температурах окружающей среды, колеблющихся от минус 50 °С в северных районах до плюс 50 °С в тропиках. При этом, в зависимости от места установки датчика прибора (например на двигателе), температура его может достигать плюс 120 °С. На приборы попадают пыль, грязь, вода, масло, топливо, соли (в условиях морского климата), насекомые и грибки (во влажных тропиках). Следовательно, материалы и покрытия приборов должны быть стойкими к перечисленным воздействиям, а внутренние части приборов уплотнены или герметизированы.

Электрические приборы с питанием от бортовой сети должны быть малочувствительны к изменениям напряжения в пределах 11–15 В в 12-вольтовой и 22–30 В в 24-вольтовой системах. Приборы также должны быть нечувствительными к пульсации питающего выпрямленного напря-

жения, которая возникает в случае применения генератора переменного тока.

Автомобили используют в местностях с различными высотами над уровнем моря, поэтому приборы должны работать при барометрических давлениях, практически встречающихся в районах, где есть дороги, т.е. при изменении атмосферного давления от 650 до 800 мм рт. ст.

Кроме перечисленных требований, диктуемых условиями эксплуатации автомобильных приборов, существуют и другие, возникающие вследствие особенностей их применения на транспортных средствах. К таким требованиям относят следующие:

- автомобильные приборы не должны излучать в окружающее пространство помех, мешающих радиоэфиру;

- показания стрелочных приборов должны быть удобочитаемыми, чтобы водитель мог оценить показание, не задерживая долго внимания на приборе;

- сигнализаторы в выключенном состоянии должны быть малозаметными, а при включении немедленно привлекать внимание водителя;

- расположение всех приборов в поле зрения водителя должно подчиняться определенным рекомендациям инженерной психологии и соответствовать эстетическому оформлению приборной панели автомобиля;

- комплект контрольно-измерительных приборов должен быть недорогим в производстве и простым в обслуживании;

- срок службы приборов в эксплуатации при сохранении заданной точности показаний должен быть не менее срока службы автомобиля до капитального ремонта.

На автомобилях, находящихся в настоящее время в эксплуатации, применяют большое количество различных типов контрольно-измерительных приборов. При этом, несмотря на активные меры по их унификации, продолжается увеличение их численности как за счет появления модификаций, так и за счет применения новых принципов действия. Приборы на автомобиле выполняют важную функцию, так как позволяют контролировать состояние и работоспособность агрегатов и систем, стоимость которых во много раз превышает стоимость самих приборов.

Развитие электроники и электротехники способствовало быстрому обновлению панелей автомобилей [1, 23, 24]. Они стали более удобными, компактными, возросло количество контролируемых параметров. Это можно проследить по рис. 5.19 и 5.20.

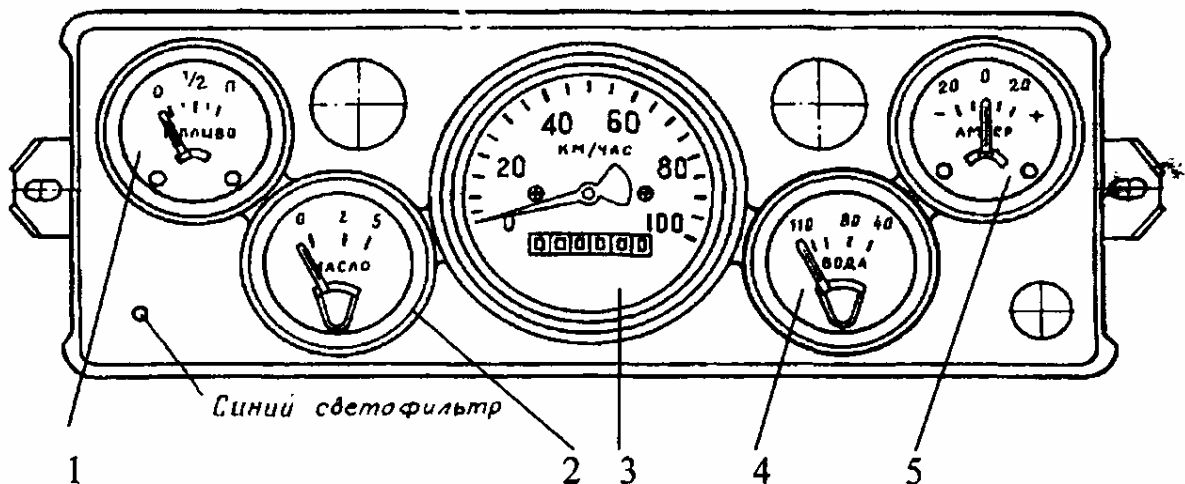


Рис. 5.19. Щиток приборов КПЗ – Е2:

- 1 – указатель уровня топлива; 2 – указатель давления масла; 3 – спидометр;
4 – указатель температуры в системе охлаждения; 5 – амперметр

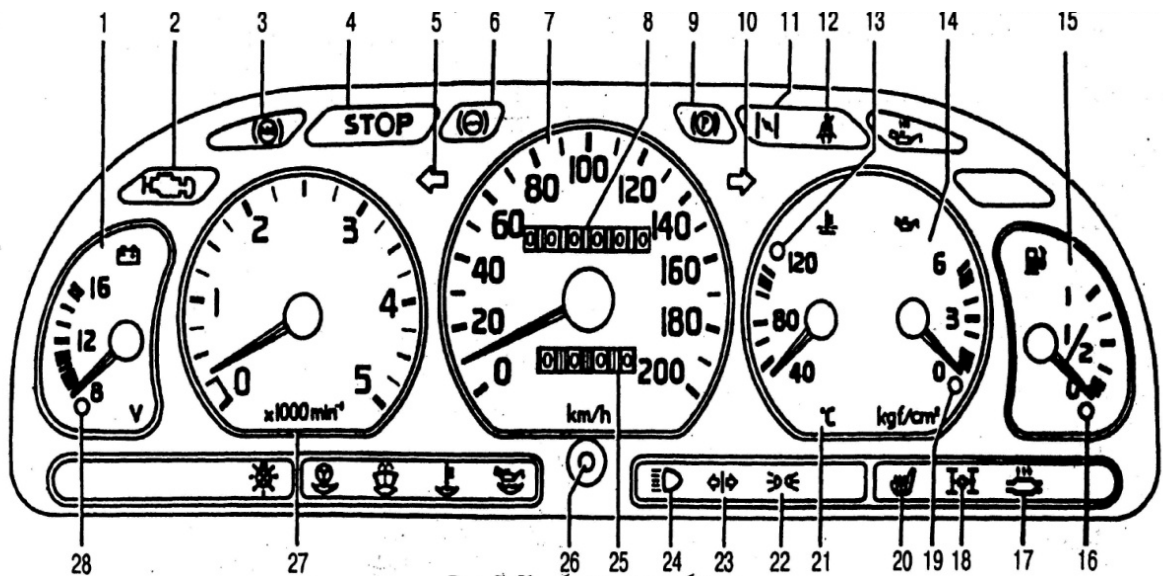


Рис. 5.20. Щиток приборов автомобилей ГАЗель:

- 1 – указатель напряжения; 2 – лампа «Check Engine»;
3, 12, 17, 18 – резервные сигнализаторы; 4 – сигнализатор «STOP»;
5 – сигнализатор левых указателей поворота; 6 – сигнализатор аварийного
падения уровня тормозной жидкости; 7 – спидометр; 8 – счетчик суммарного
пробега; 9 – сигнализатор включения стояночного тормоза; 10 – сигнализатор
правых указателей поворота; 11 – сигнализатор прикрытия воздушной заслонки
карбюратора (на автомобиле с двигателем ЗМЗ-402 и ЗМЗ 402.1);
13 – сигнализатор перегрева двигателя; 14 – указатель давления масла;
15 – указатель уровня топлива; 16 – сигнализатор минимального резерва топлива
в баке; 19 – сигнализатор давления масла; 20 – сигнализатор включения обогрева
сидений (если установлен); 21 – указатель температуры охлаждающей
жидкости; 22 – сигнализатор включения габаритного света;
23 – сигнализатор включения и исправности ламп указателей поворота прицепа;
24 – сигнализатор дальнего света фар; 25 – счетчик суточного пробега;
26 – кнопка установки на пульт счетчика суточного пробега;
27 – тахометр; 28 – сигнализатор разряда аккумуляторной батареи

5.2. Бортовые системы контроля, встроенные средства диагностирования и индикации

5.2.1. Встроенные системы диагностирования

Микропроцессорным встроенным средствам отводится задача контроля за техническим состоянием агрегатов, узлов и автомобиля в целом. В результате формируются рекомендации по продолжению работ автомобиля на линии либо постановки его на техническое обслуживание (ТО) и текущий ремонт (ТР) или выполнение мелкого ремонта самим водителем в пределах ежедневного обслуживания (ЕО).

Встроенные средства подразделяются на:

- системы датчиков и контрольных точек, обеспечивающих вывод сигналов на внешние средства диагностирования;
- встроенные системы диагностирования – автономные или функционирующие комплексно со стационарными информационно-управляющими центрами. Эти системы предназначены для косвенного обобщенного контролирования работоспособности узлов и агрегатов с выдачей результатов на дисплей водителю и в бортовой накопитель для последующего прогнозирования и учета ресурсов и наработок узлов, корректирования режимов ТО стационарными ЭВМ.

Наибольшее распространение получили встроенные системы с микропроцессорной обработкой, накоплением и выдачей информации водителю, в бортовой накопитель и на штекерный разъем, несущие функции всех двух указанных разновидностей. Такие системы предназначены для использования водителем или механиком АТП и выдачи данных в ЭВМ стационарного комплекса АСУ работой и техническим состоянием парка.

Диагностирование только внешними средствами не обеспечивает предотвращение эксплуатации автомобилей с неисправностями, аварийных дорожных отказов, оптимизации выбора режима движения и проведения ТО и ТР. Оно не устраняет накопление неисправностей на межконтрольном пробеге, так что в среднем более 20 % парка эксплуатируется с такими неисправностями. Ухудшение технического состояния автотранспортных средств является причиной дорожно-транспортных происшествий (ДТП) и дорожных отказов. Более частому проведению диагностирования препятствуют ограничения экономического характера. Кроме того, значительная доля парка эксплуатируется вообще без диагностирования, нередко в отрыве от АТП и станций технического обслуживания (СТО), в мелких ведомственных и личных плохо оснащенных гаражах.

Наиболее перспективной возможностью снять указанные ограничения, обеспечив практически непрерывным контролем наименее надежные узлы, служит внедрение встроенных средств диагностирования. Имеющиеся в настоящее время разработки показывают целесообразность диагностиро-

вания встроенными средствами двигателя и узлов, основных функциональных качеств автомобиля по функциональным параметрам агрегатов и движению автомобиля, обобщенных показателей работоспособности важнейших агрегатов.

Микропроцессорные встроенные системы диагностирования должны с упреждением выявлять предотказные состояния узлов, определяющих наибольшую частоту обращений в ремонтную зону АТП или на СТО, а также снижение функциональных качеств, представляющих угрозу для безопасности движения. В частности, следует контролировать топливную экономичность, состояние аккумуляторной батареи, неравномерность действия тормозов и суммарную тормозную эффективность с выдачей рекомендаций водителю по ограничению скорости движения и др.

Первоначально в ФРГ, а затем в США и Японии в 1969–1970 гг. на легковых автомобилях были внедрены системы встроенных датчиков и контрольных точек (СВД и КТ). С 1971–1973 гг. японскими и американскими, а впоследствии и западноевропейскими фирмами применяются электронные бортовые системы контроля (БСК). В начале 80-х годов разработаны встроенные системы диагностирования (ВСД) с микропроцессорной обработкой и накоплением информации.

Автомобильные ВСД и КТ имеют бортовую сеть встроенных в конструкцию автомобилей датчиков и контрольных точек системы электрооборудования, подключаемую при диагностировании к внешней вторичной диагностической аппаратуре.

Автономные СД первого поколения обеспечивали допусковой прямой контроль отдельно по 10–12 параметрам с синхронной выдачей результатов на приборную панель, являясь по существу ее продолжением. БСК выполняли проверку технического состояния узлов по структурным параметрам, а правильность функционирования – по выходным параметрам, прямо и однозначно отражающим контролируемый процесс.

5.2.2. Средства индикации

Бортовая система контроля (БСК) система является составной частью современного автомобиля и предназначена для сбора, обработки, хранения и отображения информации о режиме движения и техническом состоянии транспортного средства, а также окружающих его внешних факторах. Сегодня система «водитель-автомобиль-дорога-среда» начинает рассматриваться как единая. В наиболее развитых странах происходит осознание того, что улучшение движения на перегруженных автомагистралях возможно только в том случае, если водитель будет иметь оперативную информацию о состоянии дороги и транспортных потоках [1, 5, 8, 9].

Безопасность, эффективность, пропускная способность. Иногда в этой связи говорят о концепции интеллектуальной транспортной системы (Intelligent Transportation System – ITS) . Например, в США и Японии такой проект называется ITS, а в Европе – Telematic. Проекты включают создание инфраструктуры и необходимой бортовой электронной аппаратуры для оптимальной организации движения транспортных средств едиными потоками (platoon), передачи водителям рекомендаций, предупреждений и т.д. Для их осуществления требуются датчики определения интенсивности транспортных потоков, компьютеры для обработки больших массивов информации и генерации сообщений, средства связи, автомобильные дисплеи и многое другое. В некоторых проектах (Telematic) предполагается, что информация, необходимая для функционирования интеллектуальной транспортной системы, будет поступать с самих автомобилей, оснащенных телематическими комплексами. Что даст реализация программы ITS в будущем не совсем ясно, но имеющиеся технологии позволяют уже сегодня реализовать современную информационную систему водителя.

На рис. 5.21 приведен вариант блок-схемы информационной системы водителя, однако ее практическая реализация для конкретного автомобиля может быть иной. В информационную систему входят несколько подсистем, включая противоугонную и навигационную системы, дистанционное управление дверными замками, систему связи «автомобиль-дорога», цифровой аудио/видео комплекс, систему передачи срочной информации водителю по радио. На бортовой компьютер поступают также сигналы от гироскопа, датчика скорости вращения колес, датчика положения руля и другие.

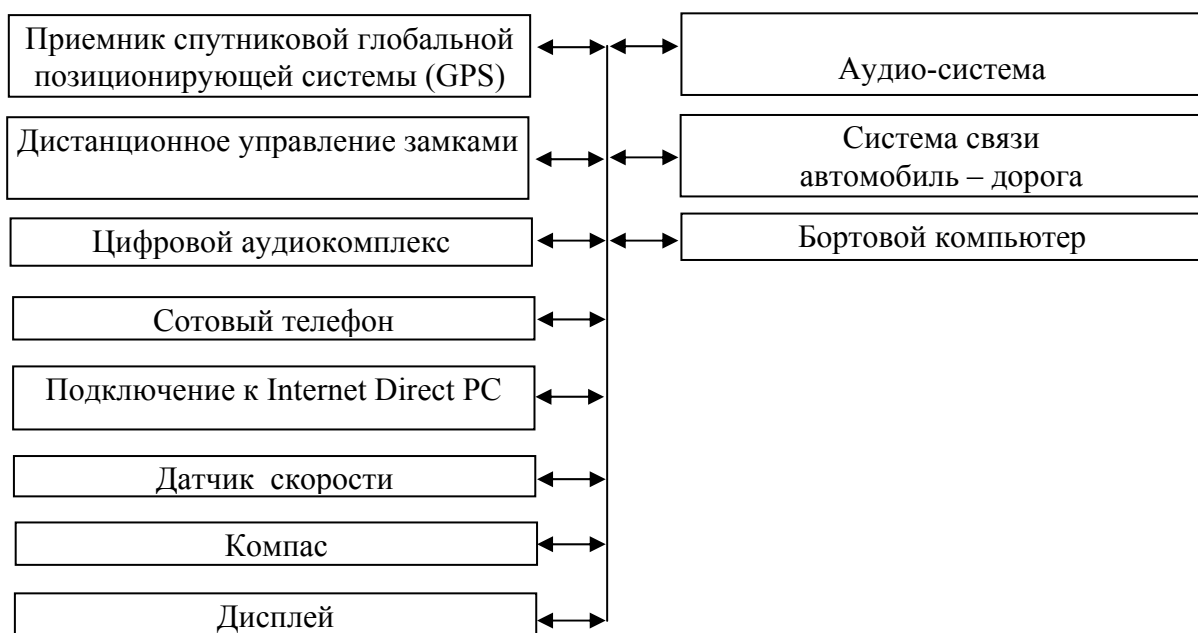


Рис. 5.21. Блок-схема информационной системы водителя

Современные информационные системы водителя с их широкими возможностями сейчас все чаще называют телематическими (образовано от слов «телекоммуникации» и «информатика»). Телематика (телематические системы) объединяет устройства обмена информацией между системами автомобиля, водителем и окружающим миром. Как правило, это бортовой компьютер, навигационная система, средства связи и т.д. Взаимодействие электронных блоков управления узлами автомобиля (двигатель, АБС и т.д.) с телематическими системами происходит по шине данных. Ожидается, что к 2012 году большинство автомобилей, производимых в развитых странах, будут иметь минимальный пакет телематики.

Система связи «автомобиль-дорога» обеспечивает передачу сообщений от дорожных информационных служб водителю по радио. Система представляет собой инфраструктуру из приемопередатчиков небольшой мощности на дорогах и средств для генерации сообщений. Локальный приемопередатчик имеет ограниченный набор фиксированных сообщений. Различные сообщения может генерировать большой компьютер и передавать их локальным точкам (например о пробках на данном маршруте). Приемопередатчики информационной системы могут также автоматически получать данные от проходящих мимо автомобилей с помощью установленных на них транспондеров. Транспондером в данном случае называется специальный автоматический приемопередатчик, устанавливаемый на подвижных объектах. В ответ на кодовую посылку транспондер передает требуемую информацию об объекте, на котором он установлен. В авиации транспондеры используются уже довольно давно для автоматической передачи наземным службам параметров движения самолета.

В автомобилях транспондеры уже сейчас используются для дистанционного взимания платы за проезд по шоссе, получения информации о загрузке проходящих грузовиков. Имеется возможность дистанционно получать и передавать информацию от бортовой диагностической системы сервисным предприятиям. В случае обнаружения отклонений водитель предупреждается соответствующим текстом на дисплее или прочтением этого текста компьютером.

Система передачи сообщений по радио использует дополнительный канал в УКВ диапазоне, что требует специального приемника. По радиоканалу передается различная предупредительная информация (например метеосводка). Имеется возможность передачи корректирующей информации для данной местности сигналами от спутниковой глобальной позиционирующей системы (GPS). Это позволяет увеличить точность определения координат автомобиля с ± 100 метров до ± 5 метров.

Пользоваться сотовым телефоном или компьютером затруднительно и опасно во время движения автомобиля, так как это отвлекает внимание водителя от дороги, особенно при напряженном движении в черте города. Существует программное обеспечение, позволяющее распознавать речь человека. Человек говорит в микрофон, а компьютер выполняет несложные команды. До недавнего времени подобные системы могли распознавать один-два голоса после специального обучения компьютера.

Одной из лучших программ для распознавания голоса и чтения текста на сегодня является программа ViaVoice фирмы IBM. Фирма модернизировала программу под сложные условия автомобильного салона с его высоким уровнем шума. Программа хорошо понимает голоса различных людей. ViaVoice позволяет водителю давать голосом команды многим автомобильным системам и получать ответ в виде синтезированной речи. Допустимы, например, такие команды: запереть двери, включить CD-проигрыватель, настроиться на такую-то радиостанцию, запросить направление движения или сведения о дорогах от Web-сервера или иных источников, зачитать поступившую электронную почту, запросить спортивные или биржевые новости и прочесть их, связаться телефону с определенным номером и т.д.

В концептуальном автомобиле Buick Bengal (General Motors) используется программное обеспечение фирмы Visteon. Программа распознает 118 команд на шести языках, включая местные диалекты, в условиях открытого или закрытого салона. Водитель, не выпуская из рук руль и не отрывая глаз от дороги, голосом может подать различные команды: от управления режимом CD-проигрывателя или кондиционера, подъема крыши до изменения скорости автомобиля. Технология управления голосом позволила отказаться от многих кнопок и индикаторов на приборной панели.

Бортовой компьютер (иногда называемый маршрутным или путевым процессором) выдает водителю различную информацию о состоянии автомобиля, управляет средствами связи автомобиля с внешним миром, навигационной системой и т.д. Обычно бортовой компьютер выдает информацию на цифровой дисплей, управляется с пульта управления на приборном щитке автомобиля. На рис. 5.22 показан пульт управления с жидкокристаллическим дисплеем для одного из типов бортовых компьютеров. Начинают применяться и более удобные цветные графические сенсорные дисплеи с программируемыми органами управления (рис. 5.23). Кроме того, выпускаются портативные коммуникаторы и органайзеры, которые можно подключать к шине данных автомобиля. Соответствующее про-

граммное обеспечение делает их частью автомобильной информационной системы. Все услуги связи, реализуемые в стационарном офисе, сегодня доступны и для автомобилей: факсимильная связь, автоответчик и т.д. Компьютер в автомобиле может быть подключен к сети Internet. Электронная почта становится доступной для водителя. При подключении через спутниковую антенну (direct PC) скорость передачи данных достигает 440 килобайт в секунду. Автомобиль превращается в офис на колесах.

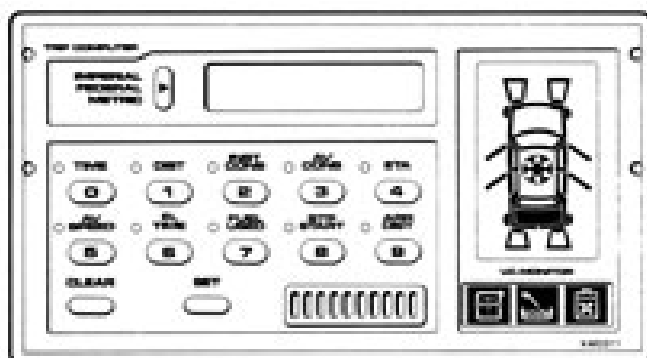


Рис. 5.22. Органы управления бортового компьютера с ЖК дисплеем



Рис. 5.23. Сенсорный дисплей

Бортовой компьютер определяет точное время и дату, расход топлива по сумме длительностей открытого состояния форсунок, скорость и пройденное расстояние. На дисплей обычно выводится следующая информация:

- Время, день и дата.
- Средняя скорость на маршруте.

- Время в пути.
- Средний расход топлива на маршруте.
- Мгновенный расход топлива.
- Расход топлива на маршруте.
- Расстояние, которое можно пройти на оставшемся запасе топлива.

Если при выезде на маршрут водитель с клавиатуры ввел расстояние до пункта назначения, бортовой компьютер будет выдавать также информацию об ожидаемом времени прибытия в пункт назначения и расстоянии, оставшемся до пункта назначения.

Информация о состоянии систем автомобиля

Бортовой компьютер автоматически осуществляет контроль за состоянием систем автомобиля и выдает полученную информацию на жидкокристаллический дисплей (см. рис. 5.22). Информация представляется в удобном графическом виде, при необходимости привлечения внимания водителя издается звуковой сигнал или включается синтезатор речи.

Какие именно контролируемые функции реализует бортовой компьютер, зависит от модели и производителя автомобиля, но, как минимум, имеются следующие возможности:

- Индикация неисправности сигналов торможения.
- Индикация неисправности осветительных приборов.
- Индикация открытого состояния двери или багажника.
- Индикация низкой температуры окружающего воздуха.
- Индикация низкого уровня охлаждающей жидкости в двигателе.
- Индикация низкого уровня масла в картере.
- Индикация чрезмерного износа тормозных колодок.

Дисплей на рис. 5.22 показывает, что в автомобиле открыты четыре двери, включены фары, температура забортного воздуха низкая (символ «снежинка» на крыше).

Контроль за состоянием электрических цепей осветительных приборов обычно осуществляется путем измерения электрического тока в проводах, подключенных к соответствующим лампам. Ток измеряется обычно двумя методами:

- В цепь питания лампы последовательно включается низкоомный резистор, сигнал с которого усиливается и подается на компаратор. При обрыве цепи ток не идет, что приводит к низкому уровню сигнала на выходе компаратора и появлению соответствующей предупредительной информации на индикаторе или дисплее.

- В цепь питания лампы последовательно включается обмотка геркона или иного токового реле для контроля за температурой забортного возду-

ха. Температура окружающего воздуха измеряется термистором с отрицательным температурным коэффициентом. Он размещается в закрытых местах, вдали от источников тепла, обычно за передним бампером. При уменьшении температуры сопротивление термистора увеличивается и после прохождения уровня $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ на дисплее появляется предупреждение о возможном оледенении дороги.

Контроль за уровнем эксплуатационных жидкостей (масла, охлаждающей жидкости и омывателя стекол) осуществляется с помощью датчиков на основе геркона и плавающего кольцевого магнита. Геркон помещают в герметичный цилиндр, по которому перемещается пластиковый поплавок с кольцевым постоянным магнитом. При нормальном уровне эксплуатационной жидкости поплавок фиксируется в верхнем положении стопором, магнит замыкает контакты геркона. При понижении уровня жидкости ниже критического, поплавок опускается, контакты геркона размыкаются, на дисплее появляется соответствующее предупреждение.

Уровень масла в двигателе компьютер измеряет за несколько секунд до пуска двигателя, так как уровень масла в картере работающего двигателя низок и колеблется на поворотах и при торможении, что может приводить к генерации ложных сообщений компьютером.

Состояние электрических цепей автомобиля постоянно контролируется ЭБУ. Для того чтобы можно было различить закрытое и открытое состояние геркона от неисправностей в цепи датчика, в его цепь вводятся дополнительные резисторы. Датчики износа тормозных колодок бывают двух типов: размыкающие и замыкающие контролируемую цепь. В размыкающем датчике провод заложен в колодку на глубину, соответствующую минимально допустимому износу, и при наступлении последнего перетирается и размыкает контролируемую цепь. Замыкающий датчик при наступлении предельного износа замыкает контролируемую цепь через тормозной диск или барабан на массу. Недостатком замыкающего датчика является ненадежность контакта, который образуется только в момент применения тормозов.

Система предупреждения сна за рулем

Статистика показывает, что водители, уснувшие за рулем, виновны лишь в 3 % случаев от общего числа дорожных происшествий, но 50 % этих происшествий заканчиваются летальным исходом. Система предупреждения сна за рулем строит свою работу на различении стилей вождения дремлющего и бодрствующего водителей. Бодрствующий водитель постоянно корректирует движение автомобиля небольшими поворотами руля. У дремлющего водителя стиль езды иной: отсутствие актив-

ности несколько секунд, затем внезапный резкий поворот вправо или влево. Бортовой компьютер постоянно контролирует действия водителя и, если стиль вождения начинает совпадать со стилем дремлющего человека, издается предупреждающий сигнал.

Средства отображения информации на автомобилях

Основной задачей любого индикатора является представление информации с заданной точностью. Большинство автомобильных индикаторов должны оперативно выдавать информацию водителю, требования к точности при этом относительно невысокие. Аналоговые индикаторы представляют информацию в форме, более удобной для быстрого считывания водителем. Например, если стрелка указателя температуры охлаждающей жидкости находится в районе середины шкалы, водителю достаточно одного взгляда на указатель, чтобы понять, что температура охлаждающей воды находится в пределах нормы. Точность в данном случае не важна. Отсчет 98 °С (на цифровом указателе температуры не так просто интерпретировать, нужно еще успеть сообразить, много это или мало. Этот пример наглядно показывает, почему на автомобилях, несмотря на наличие современных контроллеров и цифровой обработки информации, информация представляется в аналоговой форме.

Цифровые и графические индикаторы (дисплеи) используются на автомобиле для решения, например, таких задач, как:

- Выдача картографической информации в навигационных системах.
- Дисплей бортового компьютера.
- Часы.
- Дисплей магнитолы и т.д.

Эти дисплеи могут иметь различную конструкцию. Для управления отдельными сегментами и частями дисплеев применяется мультиплексная система передачи информации.

Приборные панели

Водитель получает информацию о режиме движения и техническом состоянии автомобиля с помощью контрольно-измерительных устройств и индикаторов приборов, размещенных на панели. Панель приборов современного легкового автомобиля содержит от 3 до 6 стрелочных приборов и 5–7 световых индикаторов, размещение которых основывается на следующих принципах:

- группировке в центре панели средств отображения информации, связанных с безопасностью дорожного движения;

- размещении приборов и индикаторов тем ближе к центру панели, чем выше частота обращения к ним водителя;
- группировке в единые блоки функционально связанных приборов и индикаторов.

Развитие и внедрение в автомобилестроение электроники дало возможность конструкторам и дизайнерам создать электронную панель приборов, в которой вместо привычных электромеханических приборов устанавливаются электронные информационные устройства и индикаторы. Электронные индикаторы, кроме функций, выполняемых электромеханическими приборами, способны предоставлять водителю информацию в цифровой, графической и текстовой формах. С помощью электронных устройств возможны синтез человеческой речи, индикация показателей, для определения которых требуются сложные вычисления, анализ целесообразности передачи информации водителю.

Электромеханические приборы, как правило, предназначены для отображения только одного параметра, так как при использовании нескольких шкал ухудшается возможность считывания с них показаний. Кроме того, они имеют значительные габаритные размеры, что делает сложным их размещение на панели приборов. Электронные индикаторы при меньших размерах могут информировать о значениях не одного, а нескольких параметров, передавать разнообразные сообщения и поэтому позволяют резко увеличить информативность панели при тех же габаритах. Необходимо также отметить, что электронные информационные устройства предоставляют водителю более достоверные данные. Это связано как с повышением точности приборов, так и с цифровым предоставлением информации.

Проблема оптимальной компоновки приборов на панели в автомобиле постоянно изучается. Важным моментом здесь является время, затрачиваемое водителем на то, чтобы отвести взгляд от дороги, найти на панели приборов нужный и получить от него информацию. На рис. 5.24 показана типичная панель приборов современного автомобиля. Она компактна, все находится в поле зрения водителя. Качество дизайна приборной панели учитывается потребителем при покупке автомобиля. Отметим, что с цифровых дисплеев информация плохо усваивалась водителями и увлечение ими быстро прошло. На рис. 5.25 и 5.26 показаны некоторые варианты электронных приборных панелей. Появились и все чаще используются электронные аналоговые дисплеи, но они увеличивают цену автомобиля на 200–400 долларов.

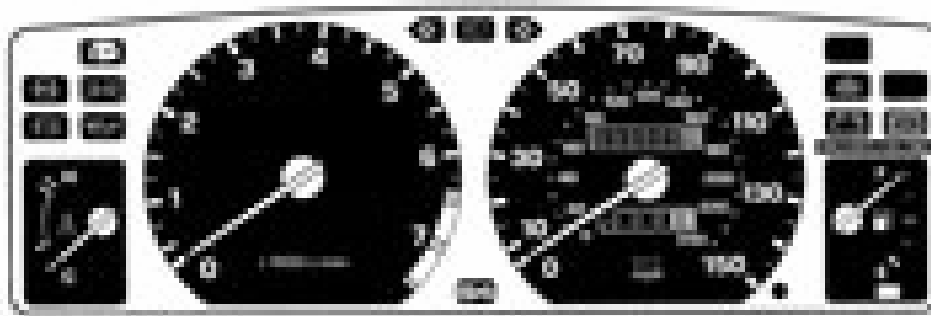


Рис. 5.24. Приборная панель автомобиля Rover

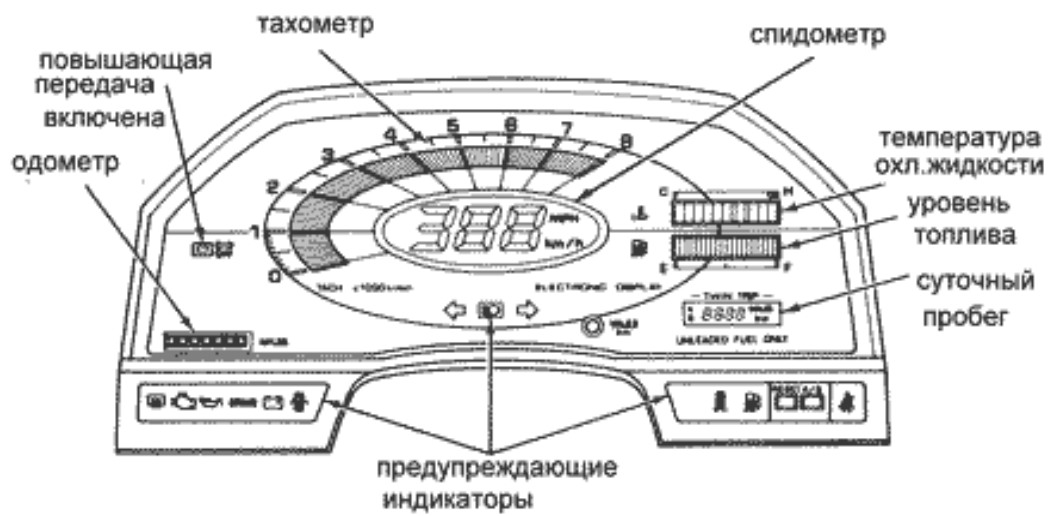


Рис. 5.25. Жидкокристаллический дисплей одной из моделей Toyota

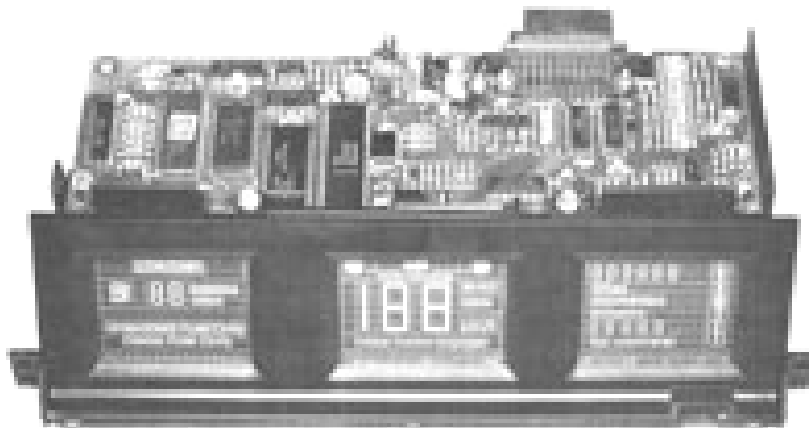


Рис. 5.26. Информационная панель маршрутного компьютера автомобиля Cadillac

Отображение информации на лобовом стекле

При пользовании автомобильными приборами и дисплеями всегда существует следующая проблема: с одной стороны водитель должен как можно реже отводить взгляд от дороги в целях безопасности, с другой, если на приборы вообще не смотреть, можно пропустить предупреждающую информацию, например о низком давлении масла и т.д. Имеются способы решения этой проблемы, такие, как подача звуковых сигналов, размещение приборов всегда в поле зрения, но наиболее совершенным методом на сегодня считается отображение информации на лобовом стекле (Head Up Display или HUD). Первоначально эта технология была использована в авиации, когда конструкторы столкнулись с необходимостью размещения до 100 предупреждающих индикаторов в кокпите истребителя. Принцип отображения информации на лобовом стекле проиллюстрирован

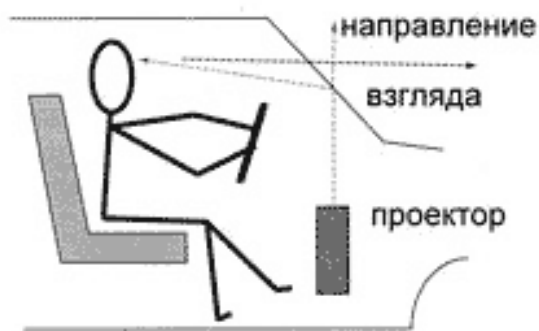


Рис. 5.27. Отображение информации на лобовом стекле

на рис. 5.27. Изображение с проектора (электронно-лучевая трубка, жидкокристаллическая матрица) проецируется на лобовое стекло, являющееся после специальной обработки полупрозрачным зеркалом. Водитель видит дорогу через это стекло-зеркало при включенном и выключенном проекторе. Яркость изображения автоматически подстраивается под наружное освещение.

На рис. 5.28 показана система HUD в работе. Для реализации этой системы требуется индивидуальная подборка передних стекол, иначе возникает двоение и изображение на лобовом стекле получается нечетким. На серийных автомобилях HUD применяется с 1988 года.



Рис. 5.28. Вид через ветровое стекло автомобиля с HUD. Модель Pontiac Bonneville SSEi

Какую именно информацию и когда выводить на лобовое стекло, решает бортовой компьютер в зависимости от ситуации. Например, спидометр имеет смысл проецировать постоянно, а индикатор давления масла в двигателе – только если оно (давление) понижается до критической отметки. Современные системы HUD выводят информацию непосредственно перед водителем. В качестве дисплеев предупреждающей информации также используются жидкокристаллические зеркала заднего вида, автоматически меняющие коэффициент отражения при освещении их в темное время фарами идущего сзади автомобиля.

General Motors выпустила систему, облегчающую водителю ориентирование на местности на основе HUD и синтезатора речи. Синтезатор голосом выдает подсказку типа «повернуть налево на следующем перекрестке», а на лобовом стекле схематично представляется эта часть пути с указывающей стрелкой. Система может также выдавать предупреждения типа «до поворота 0,3 мили» или «впереди дорожные работы». В этом она не отличается от аналогичных разработок других фирм, но применение HUD делает ее более удобной. Разрабатываются методы, позволяющие определять, куда именно направлен взгляд водителя в любой момент времени, и проецировать необходимую информацию с помощью HUD именно в эту точку на лобовом стекле. Метод предполагает использование портативной видеокамеры и лазера. Луч лазера отражается от роговой оболочки глаза водителя, что позволяет точно определить, куда именно смотрит водитель. Вероятно, детектор движения взгляда также может использоваться для определения самочувствия водителя. Тогда, при обнаружении отклонений будет подан сигнал тревоги (звуковой или световой).

Перспективные средства отображения информации

При продолжающейся компьютеризации автомобильных систем все больше функций становятся доступными. Уже сегодня имеется возможность регулировать поток информации водителю, то есть на один и тот же дисплей выводить различные данные, необходимые водителю именно в это время. Какая именно информация в данной ситуации нужна водителю, определяет программное обеспечение компьютера. Скажем, если на дисплей выведено расстояние, которое может пройти автомобиль с имеющимся запасом топлива, то незачем показывать количество топлива в баке и т.д. Однако водитель может вызывать нужные ему блоки данных на дисплей и самостоятельно. Например, если температура охлаждающей жидкости находится в норме, нет необходимости выводить показания на дисплей, но по запросу водителя это возможно. Кроме того, компьютер может при необходимости прервать нормальный процесс вывода информации и сгенерировать на дисплей предупреждающее сообщение типа: «топлива осталось только на 50 км пробега» или «упало давление в левой

задней шине». Применение программ синтезаторов речи позволяет делать такие сообщения голосом, причем водитель при конфигурации системы может установить желаемые параметры голоса: мужской или женский, высокий или низкий и т.д. Для привлечения внимания водителя используются и более простые звуковые сигналы.

Голографическое изображение является трехмерным представлением реального объекта, при этом используются лазерные излучатели – проекторы и подходящий экран. В настоящее время проводятся исследования и разработка аппаратуры с целью повысить безопасность езды в темное время суток. Один из вариантов таков: информация снимается с инфракрасных видеокамер, обрабатывается, голографическое изображение проецируется на лобовое стекло перед водителем. За счет использования этого своеобразного прибора ночного видения управление автомобилем в темное время суток упрощается.

Вместе с тем электроника в автомобиле не только помогает, но иногда и мешает. Исследования, проведенные в группе водителей возрастной категории старше 60 лет, показали, что пользование электронной картой сильно отвлекает водителя от дороги. Реакция пожилого водителя, который во время движения вынужден отвлекаться на телематику, снижается на 30–100 процентов по сравнению с реакцией его 18–30-летнего коллеги.

Как ожидается, проведенные исследования позволят выбрать оптимальный режим пользования телематическими устройствами. Это будет полезно не только пожилым, но и молодым водителям, которые в случае возникновения сложной дорожной ситуации должны быстро разобраться во всех сигналах, подаваемых компьютером, и правильно среагировать.

Контрольно-измерительные приборы информируют водителя о значении функциональных параметров автомобиля, его систем и агрегатов (скорость движения автомобиля, частота вращения коленчатого вала двигателя, напряжение бортовой сети, количество топлива в баке, температура охлаждающей жидкости, давление масла), о выходе этих параметров за пределы допустимых значений, например о падении давления масла в системе смазывания двигателя, о перегреве охлаждающей жидкости в системе охлаждения. Еще одним контролируемым параметром, по мнению ведущих специалистов, должно стать давление воздуха в шинах, но из-за трудностей, возникающих при передаче сигнала от колеса на борт автомобиля, и высокой стоимости существующих сегодня систем вопрос о контроле воздуха в шинах остается открытым.

Контрольно-измерительные приборы можно разделить на две группы: контролирующие и измерительные приборы. Контролирующие приборы служат для непосредственной оценки технического состояния автомобиля; эти приборы показывают, выходит ли контролируемая величина за пределы заданных значений. Измерительные приборы показывают значение измеряемой величины, что помогает водителю правильно выбрать режимы работы автомобиля и его основных узлов.

Контрольно-измерительные приборы могут одновременно выполнять и контролирующие и измерительные функции (например, если на шкале стрелочного прибора имеются и метки делений с указанием соответствующих значений контролируемой величины, и разноцветные секторы, обозначающие диапазоны нормальных и аварийных значений величины).

По способу передачи информации контрольно-измерительные приборы делятся на указывающие и сигнализирующие. Указывающие приборы показывают значение измеряемого параметра, сигнализирующие – подают сигнал о наступлении определенного события (превышение предельного значения параметра, переход в состояние «включен», «выключен», «открыт», «закрит» и т.д.). Подаваемые сигналы могут быть световыми и звуковыми.

По принципу действия контрольно-измерительные приборы делятся на электрические и механические. Электрические приборы используют электрическую энергию, механические – энергию среды, параметры которой они измеряют.

В состав всех контрольно-измерительных приборов автомобиля входят датчики и указатели.

Датчики служат для первичного преобразования измеряемой величины. Они делятся на два типа: датчики-выключатели и аналоговые датчики. Датчики-выключатели преобразуют измеряемую величину в квантованную величину, имеющую два фиксированных значения. Аналоговые датчики преобразуют измеряемую величину в какую-либо аналоговую (обычно – в электрическую) величину.

Указатели КИП служат для предоставления информации о текущем значении измеряемой величины в удобной для восприятия форме. Указатели делятся на два типа: аналоговые (стрелочные, матричные) и цифровые. Аналоговые указатели могут передавать информацию, устанавливая в соответствующем месте шкалы указательную стрелку или последовательно активизируя соответствующие светооптические элементы (элементы матричного табло, имитирующие указательную стрелку; светодиодные элементы и т.д.). Цифровые указатели предоставляют информацию в буквенно-цифровом виде.

Бортовая система контроля информирует водителя об аварийных и предаварийных отклонениях параметров автомобиля. С помощью БСК возможен автоматизированный контроль уровня эксплуатационных жидкостей в заправочных емкостях, состояния тормозных накладок, исправности ламп приборов светосигнальной аппаратуры, состояния фильтров и т.д.

Смысл введения БСК состоит в том, что за счет периодических проверок непосредственно на контролируемом объекте отказывающиеся системы обслуживаются задолго до их профилактического контроля и технического обслуживания. Это приводит к росту технической готовности автомобиля.

В состав БСК входят: датчики контролируемых параметров; информационные преобразователи; блок управления и обработки информации; средства отображения информации.

На отечественных автомобилях БСК впервые появились на автомобиле ВАЗ-2109, в дальнейшем запланирована их установка на все перспективные модели. Электронная БСК, разработанная для автомобиля ВАЗ-2109, контролирует 12 параметров. Сигнализаторы БСК выполнены на светоизлучающих диодах красного и оранжевого цветов 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 информацию. При включении зажигания все сигнализаторы БСК светятся в течение 4 с в режиме "Test" для их визуальной проверки.

Сигнализаторами красного цвета свечения являются следующие: "пристегните ремни", включение стояночного тормоза, аварийное давление масла, износ тормозных накладок, неисправность ламп тормозных и габаритных фонарей, перегрев двигателя.

Сигнализаторы оранжевого цвета свечения свидетельствуют о низких уровнях тормозной, охлаждающей, омывающей жидкостей, масла, о резерве топлива, а также контролируют напряжение бортовой сети автомобиля.

В состав сигнализаторов БСК входит также лампа "STOP". Она загорается, если горит хотя бы один красный сигнализатор и предупреждает о необходимости немедленного устранения неисправности.

Сигнализатор "пристегните ремни" загорается при подключении концевого выключателя пристегнутых ремней к корпусу автомобиля.

Сигнализатор аварийного давления масла загорается при подключении контакта датчика давления к корпусу автомобиля.

Аналогично работает и **сигнализатор уровня тормозной жидкости**.

Сигнализатор уровня омывающей жидкости срабатывает, если уровень омывающей жидкости ниже определенной отметки. При включении замка зажигания, когда частота вращения коленчатого вала двигателя меньше 750 мин^{-1} , на специальном контакте БСК "Упр" присутствует сигнал, который подключает в цепь питания сигнализатора контакты датчика уровня. Таким образом, можно контролировать уровень омывающей жидкости при включении замка зажигания, т.е. осуществлять так называемый "предвыездной" контроль данного параметра.

Аналогичным образом работают и **сигнализаторы уровней масла и охлаждающей жидкости**.

Сигнализатор контроля напряжения срабатывает при напряжении бортовой сети $U_{\text{БС}} < 13,2 \text{ В}$ или $U_{\text{БС}} > 15 \text{ В}$. При $U < 13,2 \text{ В}$ сигнализатор светится непрерывно. При $U > 15 \text{ В}$ сигнализатор мигает с частотой 2 Гц.

Сигнализатор износа тормозных накладок срабатывает во время торможения при изношенных накладках. Отключение сигнализатора происходит только при выключении замка зажигания.

Датчики износа тормозных накладок бывают двух типов: размыкающие и замыкающие контролируемую цепь. В размыкающем датчике провод, заложенный в накладку на глубину, соответствует минимально допустимому износу, при наступлении последнего перетирается и размыкает контролируемую цепь. Замыкающий датчик при наступлении предельного износа замыкает контролируемую цепь через тормозной диск или барабан на «массу».

Сигнализатор неисправности ламп тормозных и габаритных фонарей обычно срабатывает при неисправности обеих ламп стоп-сигнала или габаритных огней любого из бортов. Отключение сигнализатора происходит только при выключении замка зажигания.

При этом технический контроль светотехники может осуществляться двумя способами – оптическим и электрическим.

В первом случае свет от горящей лампы передается непосредственно на комбинацию (щиток) приборов с помощью гибких оптических волокон (световодов) и попадает на условную мнемоническую схему, на которой отображается стилизованный контур автомобиля. Здесь высвечиваются те точки, которые соответствуют горящим в данный момент фонарям. Данный способ нагляден, надежен, но позволяет проконтролировать лишь зажженные фонари.

Электрический способ диагностирования в отличие от оптического дает возможность проверять нити как включенных, так и невключенных ламп. На рис. 5.29 представлена электрическая схема системы контроля габаритных огней и стоп-сигналов. Главный элемент этой системы – электронное реле 4402.3747. Транзистор *VT1* следит за исправностью ламп стоп-сигнала, а транзисторы *VT2* и *VT3* – ламп габаритных огней соответственно правого и левого бортов. Транзистор *VT4* обобщает информацию, поступающую с транзисторов *VT1-VT3*. Его коллекторной нагрузкой служит контрольная лампа *HL7* в комбинации приборов автомобиля. Поэтому она горит, когда транзистор *VT4* открыт. А это происходит, когда открыт один из транзисторов *VT1-VT3*.

За током в лампах стоп-сигнала следит обмотка *K1* электромагнитного реле, а за током в лампах габаритных огней – обмотки *K2*, *K3* (правый борт) и обмотки *K4*, *K5* (левый борт), для чего контролируемые сигнальные лампы подключены к соответствующим выходам реле контроля. При включении этих ламп напряжение +12 В подается соответственно на контакты 5, 10 и 7 реле контроля. Работает система следующим образом. Когда габаритный огонь выключен, тормозная педаль не нажата, напря-

жение 12 В поступает на обмотки $K1...K5$ по цепи: контакт 2 – резисторы $R1...R3$ – диоды $VD1...VD3$. Токи очень малы (~ 4 мА), поэтому контакты $K1:1...K5:1$ реле разомкнуты, ни одна сигнальная лампа не горит. Эмиттерные переходы транзисторов $VT1...VT3$ шунтированы соответственно диодами $VD1...VD3$ и последовательно подключенными к ним низкоомными обмотками $K1...K5$, лампами стоп-сигнала и габаритных огней (сопротивление их нити накала в холодном состоянии очень мало). Таким образом, транзисторы $VT1...VT3$ закрыты, поэтому закрыт и транзистор $VT4$, а контрольная лампа $HL7$ системы погашена. Она загорается, если перегорели обе лампы стоп-сигнала, габаритные огни любого из бортов. В первом случае благодаря действию резистора $R1$ откроется транзистор $VT1$, во втором – $VT2$ или $VT3$.

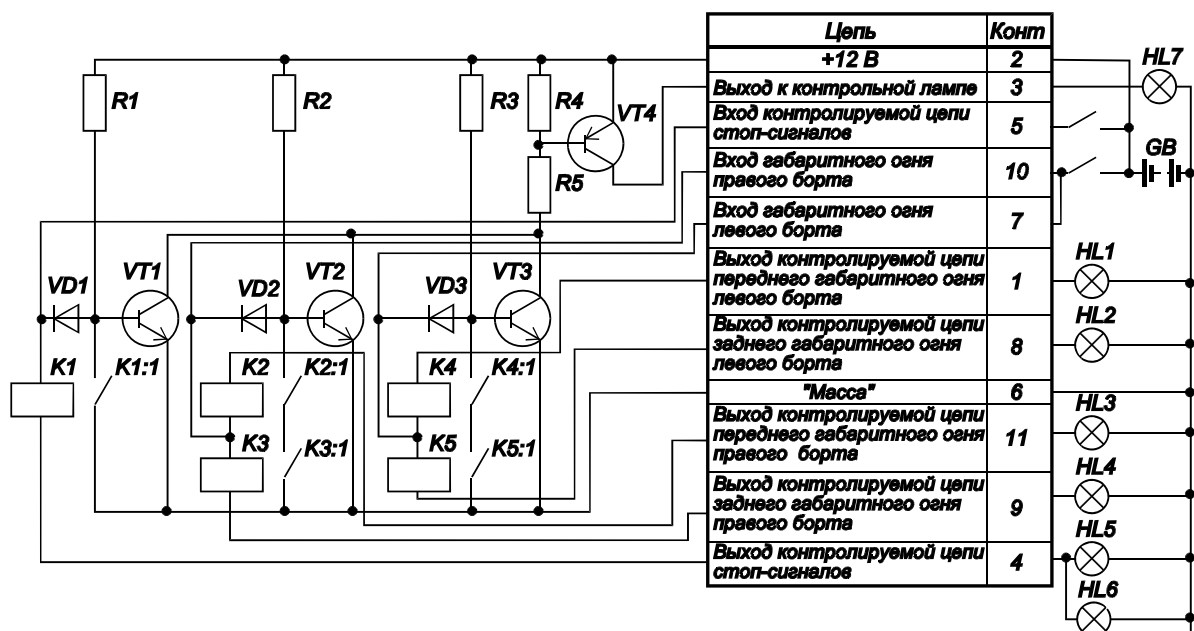


Рис. 5.29. Электрическая схема системы контроля габаритных огней и стоп-сигналов

Когда напряжение +12 В подается на контакт 7 реле контроля (нажата педаль тормоза), протекающий через обмотку $K1$ ток замыкает геркон $K1:1$. При этом лампы стоп-сигнала горят, а эмиттерный переход транзистора $VT1$ является шунтированным этим герконом. Следовательно, транзистор $VT4$ по-прежнему закрыт, а контрольная лампа $HL7$ в комбинации приборов погашена. Если же перегорит хотя бы одна лампа стоп-сигнала, ток в обмотке $K1$ окажется уже недостаточным для срабатывания геркона $K1:1$. Поэтому транзистор $VT1$ откроется, что вызовет открывание транзистора $VT4$ и горение контрольной лампы на комбинации приборов.

Поскольку реле контроля построено на защищенных от внешних воздействий герконах, а его транзисторная схема довольно проста, данное

реле обладает высокой надежностью. Надежности способствует и то, что обмотки $K1...K5$ выполнены достаточно толстым проводом, хорошо противостоящим механическому воздействию. Недостатком рассматриваемого реле контроля исправности ламп является отсутствие защиты от короткого замыкания в цепи ламп стоп-сигнала и габаритных огней.

Контроль исправности всех сигнализаторов кроме сигнализатора контроля напряжения осуществляется специальным сигналом "Test".

Синтезатор речи. Синтезаторы речи, устанавливаемые на современном автомобиле, являются одним из последних и перспективных усовершенствований автотранспортных систем. Визуальная информация отвлекает внимание водителя от контроля за изменением в дорожной обстановке, что сказывается в первую очередь на безопасности дорожного движения. Кроме того, некоторые водители с течением времени перестают замечать визуальные сигналы или обращают на них внимание со значительным опозданием. Поскольку слух не участвует в процессе вождения автомобиля, то его можно использовать как дополнительный канал для передачи водителю информационных сообщений.

Суть синтеза речи заложена в самом названии. Звук синтезируемого слова преобразуется из цифровых электрических "битов", каждый из которых соответствует одной из многих частот и модуляций, составляющих звук. Цифровые электрические "биты" хранятся в электронной памяти и при запросе преобразуются в звуковое слово. В зависимости от объема памяти формируется набор слов и фраз, произносимых синтезатором речи.

На рис. 5.30 представлена структурная схема синтезатора речи, установленного на автомобиле «Renault».

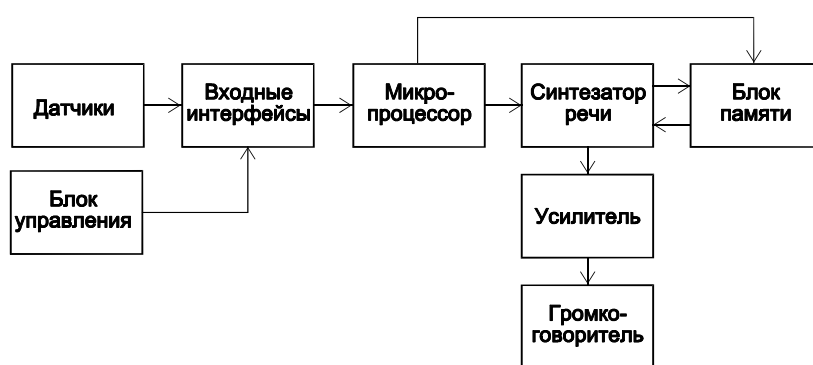


Рис. 5.30. Блок-схема синтезатора речи автомобиля «Renault»

Синтезатор речи работает следующим образом. Информация от датчиков поступает на входные интерфейсы, где преобразуется в двоичный код («0» и «1») и направляется в микропроцессор. Входные интерфейсы также обеспечивают защиту от перенапряжений, которые могут возникнуть

в бортовой сети автомобиля (до 200 В), перемены полярности и «паразитных» напряжений, которые могут привести к выдаче ложных сообщений.

Синтезатор речи работает по командам микропроцессора и с помощью блока памяти синтезирует человеческую речь, которая через усилитель и громкоговоритель передается водителю. Объем набора информационных сообщений зависит от емкости блока памяти.

Запоминание голосовой информации осуществляется в несколько этапов: 1) запись человеческого голоса на магнитную пленку; 2) передача голоса в полосе 8 кГц (выполняется 8000 выборок кодового сигнала в секунду); 3) кодирование выборок; 4) занесение в блоки памяти кодированной информации.

Для определения того, какая фраза должна быть произнесена в текущее время, необходима соответствующая информация. Например, для своевременного сообщения о плохо закрытой двери требуются следующие данные:

- 1) сигнал с датчика открытия двери;
- 2) сигнал о включении зажигания;
- 3) информация о скорости автомобиля.

Сообщение о плохо закрытой двери будет передано, когда двоичные коды соответствуют событиям: 1) дверь открыта; 2) зажигание включено; 3) автомобиль начал движение.

Предшествуют передаваемым сообщениям и завершают их музыкальные сигналы, которые меняются в зависимости от степени важности сообщения. От степени важности зависит и очередность передачи сообщений водителю.

В распоряжении водителя имеются три кнопки управления: «повторение», «проверка», «стирание». При нажатии кнопки "повторение" синтезатор речи повторяет переданное сообщение. Если кнопка нажимается менее чем через 10 с после окончания сообщения, то оно повторяется, если через 47 с – синтезатор еще раз воспроизводит все сообщения, которые передавались после включения замка зажигания (за исключением сообщений об открытых дверях, капоте и багажнике). Если водитель нажимает эту кнопку, а после последнего включения зажигания не было никаких сообщений – синтезатор выдает следующее сообщение: "Параметры, находящиеся под контролем, не имеют отклонений от нормы".

Кнопка "проверка" позволяет с помощью последовательных нажатий получить представление о сущности речевой информации на панели приборов или прослушать все сообщения, содержащиеся в памяти синтезатора речи.

С помощью кнопки "стирание" водитель имеет возможность прервать передачу повторяемых сообщений.

В табл. 5.2 приведены как звуковые, так и визуальные сообщения, выдаваемые информационной системой автомобиля «Chrysler».

Таблица 5.2

Сообщения, выдаваемые информационной системой автомобиля «Chrysler»

| Состояние контролируемого параметра | Графическое изображение (цвет) | Фразы синтезатора речи | Режим и время регистрации неисправностей |
|--|--|--|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Включены осветительные приборы | Передние и задние габаритные огни (желтый) | Ваши фары включены | Включены отмеченные лампы; зажигание включено, дверь водителя открыта |
| Ключ в замке зажигания | Двигатель (оранжевый) | Ваш ключ в замке зажигания | Ключ в замке зажигания; зажигание включено; дверь водителя открыта |
| Низкий уровень омывающей жидкости в переднем бачке | Передняя водяная форсунка (желтый) | У Вас низкий уровень омывающей жидкости в переднем бачке | Низкий уровень жидкости в переднем бачке в течение 15 с |
| Низкий уровень омывающей жидкости в заднем бачке | Задняя водяная форсунка (желтый) | У Вас низкий уровень омывающей жидкости в заднем бачке | Низкий уровень жидкости в заднем бачке в течение 15 с |
| Низкий уровень топлива в баке | Двигатель (оранжевый) | Пожалуйста, проверьте уровень топлива в баке | Низкий уровень топлива в баке в течение 15 с |
| Напряжение в бортовой сети ниже нормы | Двигатель (оранжевый) | Ваша система зарядки не исправна, срочно необходимо техническое обслуживание | Напряжение на аккумуляторной батарее < 12,35 В; обороты двигателя >1500 мин ⁻¹ ; занижено напряжение в течение 15 с |
| Включен стояночный тормоз | Задние колеса (желтый) | У Вас включен стояночный тормоз | Включен стояночный тормоз; включено зажигание, автомобиль начал движение |
| Открыта задняя правая дверь | Дверь пассажира (оранжевый) | Пожалуйста, закройте правую дверь | Дверь открыта, включено зажигание, автомобиль начал движение |
| Открыта задняя левая дверь | Дверь водителя (оранжевый) | Пожалуйста, закройте левую дверь | Дверь открыта, включено зажигание, автомобиль начал движение |
| Открыта дверь пассажира | Дверь пассажира (оранжевый) | Пожалуйста, закройте дверь пассажира | Дверь открыта, включено зажигание, автомобиль начал движение |

Продолжение табл. 5.2

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|--|-------------------------------------|---|---|
| Открыта дверь водителя | Дверь водителя (оранжевый) | Пожалуйста, закройте дверь водителя | Дверь открыта, включено зажигание, автомобиль начал движение |
| Не пристегнуты ремни безопасности | | Пожалуйста, пристегните ремень безопасности | После включения зажигания ремень водителя не пристегнут, автомобиль начал движение вперед или задним ходом |
| Открыт багажник | Задняя часть автомобиля (оранжевый) | Пожалуйста, закройте крышку багажника | Открыта крышка багажника, включено зажигание, автомобиль начал движение |
| Открыт люк | Задняя часть автомобиля (оранжевый) | Пожалуйста, закройте задний люк | Люк открыт, включено зажигание, автомобиль начал движение |
| Низкий уровень охлаждающей жидкости | Двигатель (оранжевый) | Пожалуйста, проверьте уровень охлаждающей жидкости | Низкий уровень охлаждающей жидкости >15 с, включено зажигание |
| Низкое давление масла в трансмиссии | Двигатель (оранжевый) | Пожалуйста, проверьте уровень масла в трансмиссии | Низкое давление масла в трансмиссии >15 с, автомобиль движется вперед, частота вращения двигателя 300 мин ⁻¹ |
| Низкий уровень тормозной жидкости | Четыре колеса (желтый) | Пожалуйста, проверьте уровень тормозной жидкости | Низкий уровень тормозной жидкости >15 с, зажигание включено |
| Перегорели лампы в фарах | Передние огни (желтый) | Пожалуйста, проверьте фары | Не включаются фары в течение 3,5 с, зажигание включено |
| Перегорели лампы в стоп-сигналах | Задние огни (желтый) | Пожалуйста, проверьте стоп-сигналы | Лампы стоп-сигналов не работают в течение 3,5 с, зажигание включено |
| Перегорели лампы задних габаритных огней | Задние огни (желтый) | Пожалуйста, проверьте задние габаритные огни | Не работают задние габаритные огни в течение 3,5 с, зажигание включено |
| Двигатель перегрелся | Двигатель (оранжевый) | Двигатель перегрелся, необходимо техническое обслуживание | Превышена температура двигателя в течение >30 с, частота вращения >300 мин ⁻¹ в течение > 60 с |

Окончание табл. 5.2

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------------------|-----------------------|--|---|
| Низкое давление масла | Двигатель (оранжевый) | Давление масла в двигателе находится на критическом уровне, двигатель может выйти из строя | Низкое давление масла, частота вращения двигателя $> 1500 \text{ мин}^{-1}$ |
| Неисправностей нет | | Только сигнал | Неисправности не обнаружены, зажигание включено |

Система встроенных датчиков служит для получения первичной информации о параметрах автомобиля. При диагностировании к системе встроенных датчиков через штекерный разъем подключается внешняя диагностическая аппаратура. Совокупность встроенных датчиков и внешней диагностической аппаратуры называется смешанной системой диагностирования. По сравнению с традиционной (внешней) системой диагностирования для смешанной системы характерны оптимальное соотношение времени, стоимости и удобства диагностирования. Другими словами, она обеспечивает высокую контролепригодность автомобиля.

Система встроенных датчиков (СВД) впервые стала применяться в отечественном автомобилестроении на автомобилях ВАЗ-2105, ВАЗ-2108. В комплект СВД входят: 12-полюсный штекерный разъем; датчик положения коленчатого вала двигателя (датчик верхней мертвой точки – в.м.т.); датчик высокого напряжения; датчик опорного цилиндра; жгут проводов для коммутирования датчиков и контрольных точек.

Электрическая схема СВД представлена на рис.5.31. Контрольными точками, выведенными на штекерный разъем, являются: клемма "+" генератора, "+" и "-" катушки зажигания, "масса" двигателя, а также выводы датчиков в.м.т., высокого напряжения и опорного цилиндра (на автомобилях ВАЗ датчики высокого напряжения и опорного цилиндра входят в комплект диагностической аппаратуры и устанавливаются только на период диагностирования). Система встроенных датчиков позволяет определять:

- напряжение аккумуляторной батареи без нагрузки, под нагрузкой (включен стартер) и при заторможенном стартере;
- регулируемое напряжение;
- исправность диодов выпрямителя генератора;
- напряжение на катушке зажигания при включении замка зажигания и при включении стартера;
- падение напряжения на контактах прерывателя;
- угол замкнутого состояния контактов прерывателя при контрольных значениях частоты вращения двигателя;

- асинхронизм искрообразования по цилиндрам;
- угол опережения зажигания при контрольных значениях частоты вращения двигателя;
- падение частоты вращения двигателя при отключении цилиндров.

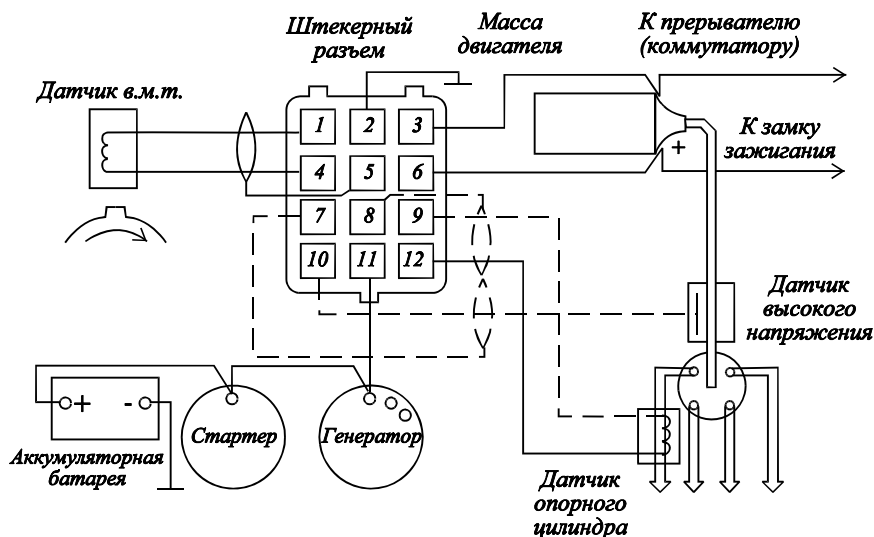


Рис. 5.31. Принципиальная электрическая схема СВД

Маршрутные компьютеры – это устройства, предоставляющие водителю дополнительную информацию, связанную со скоростью движения, расходом топлива, пройденным расстоянием и временем.

В настоящее время прослеживаются два основных направления в разработке МК – разрабатываемые для конкретной модели автомобиля и универсального применения. Например, фирма "Крайслер" ориентируется на разработку специализированных МК, а фирма "Дженерал Моторс" – на МК универсального применения. Имеются разработки МК конкретного функционального назначения (расходомеры, оптимизаторы скорости и пр.).

Несмотря на различия между МК, все они обычно выполняют сходные функции. Эти функции связаны с измерением, расчетом, индикацией и регулированием совокупности четырех параметров: скорости движения, расхода топлива, расстояния и времени. Иногда к ним добавляется возможность измерения температуры воздуха в салоне и за бортом автомобиля. Функции, выполняемые МК, можно подразделить на основные и расширенные.

Основная система (система минимальной конфигурации) может включать часы, счетчики пройденного пути и времени, измерять среднюю скорость, мгновенный и средний расход топлива. Расширенная система может осуществлять измерения времени, расстояния, времени за рулем, контроль скорости, выполнять индикацию расстояния до цели, оценку времени прибытия и расстояния, которое можно пройти на остатке

топлива, сигнализацию при попытке угона и т. д. Расширенный вариант МК может иметь устройства поддержания заданной скорости (спидостаты, темпостаты).

Однако разнообразие функционального назначения и конструктивного исполнения МК не вносит существенных изменений в их структурную схему. Это связано с тем, что в подавляющем большинстве случаев в качестве основного элемента МК используется микропроцессор. На рис. 5.32 представлена структурная схема одного из маршрутных компьютеров, разработанных в нашей стране для использования на перспективных автомобилях семейства ВАЗ.

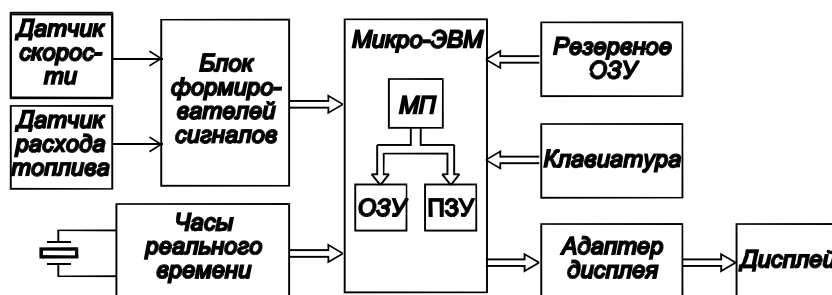


Рис. 5.32. Структурная схема МК перспективных моделей автомобилей семейства ВАЗ

Основным элементом разработанного МК является однокристалльная микроЭВМ, в одной микросхеме которой размещены микропроцессор (МП), постоянное запоминающее устройство (ПЗУ), оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) и некоторые схемы управления. Микропроцессор МП и МК в целом, благодаря заложенной в них возможности программного управления, являются универсальными устройствами. Функциональные возможности МК во многом определяются программой, записанной в его ПЗУ. Для хранения результатов промежуточных вычислений и данных, значения которых со временем изменяются, служат ОЗУ. Резервное ОЗУ, которое через блок питания постоянно подключено к аккумуляторной батарее автомобиля, позволяет сохранить необходимую информацию даже при выключении замка зажигания.

Блок формирователей сигналов позволяет преобразовать сигналы от датчиков автомобиля в цифровой код, используемый в микроЭВМ. Часы реального времени дают возможность производить отсчет астрономического времени и временных интервалов. Клавиатура позволяет задать режим работы МК (как правило, это параметр, который будет отображаться на дисплее МК). Адаптер (устройство управления) дисплея преобразует цифровой код, поступающий от микроЭВМ, в сигналы, которые формируют на дисплее значение отображаемого параметра.

В табл. 5.3 представлены параметры, которые рассчитывают и индицируют МК перспективных моделей автомобилей семейства ВАЗ. Внешний вид дисплея показан на рис. 5.33. Четырехразрядный 7-сегментный вакуумно-люминесцентный дисплей зеленого цвета свечения используется для индикации значений отображаемого параметра. Кнопка SELECT – кнопка последовательного вывода на индикацию одного из параметров. Условное обозначение параметра (MOM, KM, L/100, L, KM/H, T), который отображается в данный момент, снизу подсвечивается светодиодом. Кнопка RESET – кнопка сброса показаний часов и параметров KM, L/100, L, KM/H и T. Кнопки H и M – кнопки коррекции показаний соответственно часов и минут.

Таблица 5.3

| Отображаемый параметр | Обозначение параметра |
|---|-----------------------|
| Мгновенный расход топлива, л/ч | MOM |
| То же в пересчете на 100 км, л/100 км | MOM |
| Пройденное расстояние с начала поездки, км | KM |
| Средний расход топлива в пересчете на 100 км за время поездки, л/100 км | L/100 |
| Суммарное количество израсходованного топлива с начала поездки, л | L |
| Средняя скорость поездки, км/ч | KM/H |
| Время поездки, ч/мин | T |
| Текущее время суток, ч:мин | H,M |

Примечания: 1. Мгновенный расход топлива в литрах измеряется при скорости движения менее 27 км/ч, а в пересчете на 100 км пути – более 27 км/ч. 2. При определении времени поездки время расхода топлива учитывается только при включенном зажигании.

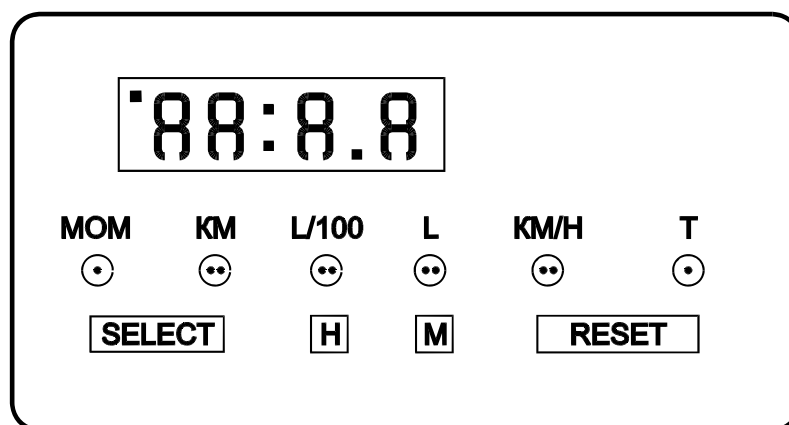


Рис. 5.33. Внешний вид дисплея МК перспективных моделей автомобилей семейства ВАЗ

Обычно МК размещаются в салоне автомобиля рядом с панелью приборов или встраиваются в нее. Имеются случаи размещения МК на рулевом колесе.

Навигационные системы главным образом предназначены для передачи водителю информации о состоянии дорог (обледенение, заторы, ремонт), карте дорог, оптимальном маршруте следования и погодных условиях. Эта информация поступает в автомобиль от системы датчиков, размещенных вдоль автомагистрали на всем ее протяжении, от специальных радиопередающих станций, по спутниковой связи и из специально записанной в память системы базы данных.

Система навигации, предназначенная для ориентации водителя на местности и для выбора маршрута следования состоит из: 1) навигационных спутников; 2) датчика положения автомобиля на местности; 3) специализированного микрокомпьютера, 4) датчика скорости вращения колес; 5) датчика угла поворота колес (датчик положения руля); 6) электронной карты.

Перед поездкой водитель указывает системе навигации конечный пункт поездки, используя при этом устройство ввода различного типа: световое перо, мышь или клавиатуру. Простейшая система навигации показывает только направление движения к цели поездки и расстояние до нее. В более сложных системах компьютер автоматически определяет оптимальный маршрут с учетом всех тонкостей организации движения. Если водитель исключает из этого маршрута какие-либо улицы (например, чрезмерно загруженные в часы пик), электронный навигатор тут же прокладывает новый маршрут. По мере движения к цели звуковой сигнал в нужный момент сигнализирует о необходимости перестроения и предстоящем повороте. По карте на экране компьютера водитель в любой момент может определить местонахождение своего автомобиля. Подробная карта местности или трассы обычно хранится на лазерном диске, помещаемом перед началом работы системы в компьютер.

Для работы системы кроме карты требуется информация с навигационных спутников, местоположение которых в пространстве известно с высокой степенью точности. Они излучают кодированные сигналы, принимаемые навигационной системой. Приемник определяет расстояние до каждого из них, а компьютер вычисляет координаты автомобиля. Чтобы однозначно решить навигационную задачу, датчику необходимо иметь информацию минимум от трех спутников одновременно. Количество выводимых на орбиты спутников должно обеспечивать необходимое перекрытие поверхности практически всего земного шара. Имея информацию от большого числа спутников, система навигации позволяет определить даже полосу, по которой едет контролируемый автомобиль.

В городах системам навигации очень сильно мешает экранирующее воздействие плотной застройки, тоннелей и эстакад. Поэтому для получения дополнительной информации о положении автомобиля его оборудуют мощным микрокомпьютером, обрабатывающим сигналы от датчиков

скорости вращения колес и угла их поворота (датчик положения руля). Эти данные позволяют корректировать вычисляемые координаты даже тогда, когда устойчивый сигнал со спутников отсутствует. В результате этого обеспечивается возможность ориентироваться на местности с точностью до 1 метра. Другой способ повышения точности определения координат основан на использовании показаний датчика пути, датчика азимута (компаса) и информации, получаемой с реперных маяков, расположенных вдоль трассы через определенные промежутки пути.

Одной из способностей навигационных систем является способность сохранять в памяти компьютера весь пройденный путь. Поэтому, если водитель неправильно проехал по незнакомому маршруту один раз, обратную дорогу ему искать уже не придется.

Навигационная система может выполнять функции «черного ящика»: каждые полсекунды в памяти и на экране компьютера обновляется информация о географических координатах машины, ее курсе, скорости (с точностью до 0,03 км/ч), высоте над условным уровнем моря и пройденном расстоянии.

Система навигации может работать в качестве спутниковой диспетчерской системы, которая не только показывает в каждый данный момент, где находятся оборудованные ею автомобили, но и выдает на центральный пульт полную телеметрическую информацию. Автомобиль может снабжаться датчиками механических повреждений. В этом случае на диспетчерский пункт при аварии автомобиля автоматически передается аварийный сигнал.

Часть навигационных систем укомплектовываются сотовыми телефонами. В результате водитель может получить дополнительную информацию о маршруте (например, о проведении ремонтных работ, о заторах и т.д.), быстро вызвать при необходимости механика для ремонта автомобиля или проконсультироваться со специалистом и устранить неисправность самостоятельно. Сотовая связь может быть более развитой. По телефону можно связаться с милицией, службой скорой помощи, пожарной охраной, спасательным отрядом, заказать номер в гостинице, получить туристическую информацию и т.д.

Навигационные системы при соответствующем оборудовании используют возможности всемирной компьютерной сети Интернет. По Интернет водитель может получить информацию о ближайшей АЭС, мотеле, о состоянии автомобиля, а также рекомендации по устранению его неисправностей и т.д.

Навигационные системы могут использоваться при поиске угнанных автомобилей и могут блокировать работу различных систем автомобилей для предотвращения их угона.

Телевизионная система заднего и кругового обзора применяется, как правило, на большегрузных автопоездах. Во время стоянки она может превращаться в обычный телевизор, радиотелефон и т.п. Данная система относится к числу информационных и позволяет повысить безопасность автотранспортных средств за счет расширения зоны обзора дорожного пространства, что чрезвычайно важно в условиях непрерывно возрастающей интенсивности движения. Это обусловлено тем, что 95 % всей информации водитель получает именно через органы зрения. Кроме того, обычные зеркала заднего вида в принципе не способны ликвидировать "мертвую" (или "слепую") зону, т.е. зону, не просматриваемую при их помощи. Поэтому даже опытный водитель большого автомобиля при маневрировании, например, задним ходом не может обойтись без помощников. Отсутствие зрительной информации о намерениях водителей автомобилей, двигающихся в "слепой" зоне, нередко приводит к трагическим последствиям. Для решения этой проблемы используется телевизионная техника.

Изобретение приборов с зарядовой связью (ПЗС) – компактных фоточувствительных микросхем, замена ими вакуумных передающих телевизионных трубок, значительные достижения в области микроэлектроники и разработка сверхсовременных технологий позволили создать твердотельные телевизионные камеры размерами, не превышающими размеров спичечного коробка.

По сравнению с ламповыми аналогами телевизионные системы на ПЗС обладают рядом преимуществ: малыми потребляемой мощностью (16 ВА), массой и габаритами, высокими чувствительностью, вибростойкостью и надежностью, низкой стоимостью; отсутствием высоковольтных цепей (система работает от бортовой сети автомобиля в диапазоне питающих напряжений от 10 до 40 В). Все это позволяет эффективно применять их на автомобильном транспорте.

Система внешней сигнализации. Водитель должен получать информацию, помогающую обеспечивать безопасность дорожного движения. В этом ему содействуют сигналы оповещения. Один из них – *стоп-сигнал повышенной информативности*. Он информирует водителей идущих сзади (ведомых) автотранспортных средств (АТС) о намерениях идущего впереди (лидера) замедлить движение своего автомобиля. Если говорить точнее, стоп-сигнал информирует других участников движения о том, что водитель АТС воздействовал на тормозную педаль для того, чтобы АТС начал двигаться медленнее (исключение – движение на спуске, когда при торможиванием удается поддерживать постоянную скорость). Однако традиционный стоп-сигнал не оповещает других участников движения о замедлении АТС при торможении двигателем, вспомогательной тормозной системой, запасным и стояночным тормозами, при повышении сопротив-

ления движению, хотя в этих случаях значения замедления могут достигать, в зависимости от дорожных условий, 2-3,5 м/с².

Отсутствие информации о замедлении АТС является особо опасным в случае движения транспортного потока в ночное время. Эксперименты показывают: водитель ведомого АТС замечает замедление движения лидера и начинает тормозить на 1,5–3 с позже, чем сделал бы это, если бы на АТС-лидере сработал стоп-сигнал. Причем торможение в этом случае происходит резко, и поэтому увеличивается вероятность столкновения с позади идущим АТС. Следовательно, для уменьшения опасности столкновения автомобиля нужно оснащать дополнительной системой оповещения о замедлении АТС с расширенным объемом информации.

Примерная схема датчика такой системы оповещения о замедлении АТС дана на рис. 5.34. Организована она следующим образом. На валике 1 указателя скорости жестко закреплен электрический контакт 2, второй контакт 3 свободно насажен на том же валике. При замедлении АТС контакт 2 входит в соприкосновение с контактом 3, в результате чего замыкается цепь питания стоп-сигнала автомобиля (на рис. 5.34 не показан).

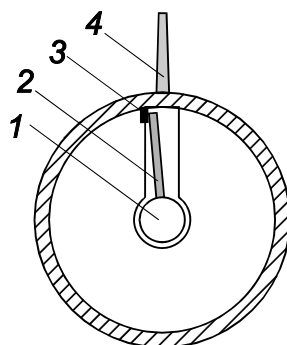


Рис. 5.34. Схема датчика системы оповещения о замедлении АТС:
1 – валик; 2, 3 – электрические контакты; 4 – указательная стрелка спидометра

6. ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ АГРЕГАТАМИ АВТОМОБИЛЯ

Применение электронных систем автоматического управления (ЭСАУ) позволяет снизить расход топлива и токсичность отработавших газов, повысить мощность двигателя, активную безопасность автомобиля, улучшить условия работы водителя.

6.1. ЭСАУ топливоподачей бензиновых двигателей

По типу топливоподачи ЭСАУ делятся на ЭСАУ системами впрыска (непосредственно в камеру сгорания или во впускной тракт) и ЭСАУ карбюраторными системами.

Системы с непосредственным впрыском мало применяются из-за сложности их конструкции. Наибольшее распространение получили системы впрыска во впускной тракт, разделяющиеся на системы с впрыском в зону впускных клапанов и системы с центральным впрыском.

ЭСАУ топливоподачей могут осуществлять управление аппаратным и программным методами.

Аппаратный метод реализации управления называется «*жесткой логикой*». При использовании данного метода алгоритм работы системы управления полностью определяется принципиальной схемой этой системы.

При программном управлении алгоритм управления зависит не только от принципиальной схемы системы управления, но и от информации (программы), записанной в постоянное запоминающее устройство (ПЗУ). Например, ЭСАУ топливоподачей программного типа работает следующим образом. С различных датчиков, установленных на двигателе (датчики частоты вращения коленчатого вала, угла открытия дроссельной заслонки, крутящего момента), ЭСАУ получает информацию и преобразует ее в код, который поступает на вход ПЗУ. В соответствии с этим кодом на выходе ПЗУ появляется информация, используемая для управления форсунками или карбюратором.

ЭСАУ *впрыском топлива* (система электронного впрыска) обеспечивает необходимую длительность интервала, в течение которого форсунка остается открытой. Так как электрический топливный насос поддерживает постоянное давление ($\approx 0,2$ МПа), этот интервал определяет количество поступающего в цилиндры топлива. Длительность интервала задается в зависимости от угла открытия дроссельной заслонки, частоты вращения коленчатого вала, температуры охлаждающей жидкости и абсолютного давления.

В электронных карбюраторных системах дозирование горючей смеси осуществляется по химическому составу отработавших газов (рис. 6.1). Для этого в выпускную систему двигателя устанавливается датчик кислорода – λ -зонд. Этот датчик реагирует на процентное содержание кислорода в отработавших газах, пропорциональное коэффициенту избытка воздуха. При нормальном процентном содержании кислорода каталитический нейтрализатор, установленный в выпускном тракте, обеспечивает качественную очистку отработавших газов (ОГ) от токсичных компонентов CO, CH, NO.

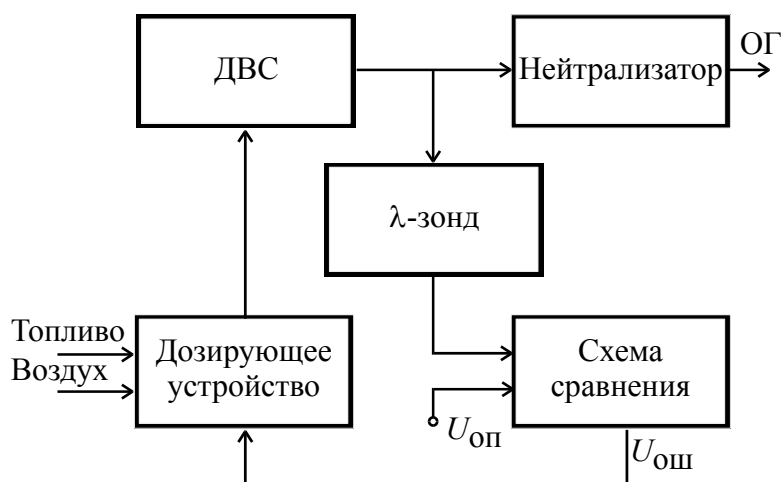


Рис. 6.1. Структурная схема электронной карбюраторной системы

Система работает следующим образом. Если дозирующее устройство вырабатывает стехиометрический состав смеси, то на выходе λ -зонда, установленного в выпускном тракте двигателя, появляется напряжение, равное опорному напряжению $U_{оп}$. В этом случае на выходе схемы сравнения напряжение $U_{ош}$ равно нулю и дозирующее устройство продолжает вырабатывать прежний стехиометрический состав. Если состав смеси будет отличен от стехиометрического, то по сигналу со схемы сравнения дозирующее устройство будет изменять состав смеси до тех пор, пока он не станет опять стехиометрическим.

В качестве λ -зонда чаще всего используются циркониевые датчики кислорода, недостатком которых является то, что их минимальная рабочая температура составляет $350\text{ }^{\circ}\text{C}$; поэтому они либо не применяются при прогреве двигателя, либо имеют электрический подогрев.

6.2. ЭСАУ топливных систем с впрыском легкого топлива

6.2.1. Основные принципы управления двигателем

Автомобильный двигатель представляет собой систему, состоящую из отдельных подсистем: системы топливоподачи, зажигания, охлаждения, смазки и т.д. Все системы связаны друг с другом и при функционировании они образуют единое целое.

Управление двигателем нельзя рассматривать в отрыве от управления автомобилем. Скоростные и нагрузочные режимы работы двигателя зависят от скоростных режимов движения автомобиля в различных условиях эксплуатации, которые включают в себя разгоны и замедления, движение с относительно постоянной скоростью, остановки.

Водитель изменяет скоростной и нагрузочные режимы двигателя, воздействуя на дроссельную заслонку. Выходные характеристики двигателя при этом зависят от состава топливовоздушной смеси и угла опережения зажигания, управление которыми обычно осуществляется автоматически (рис. 6.2).

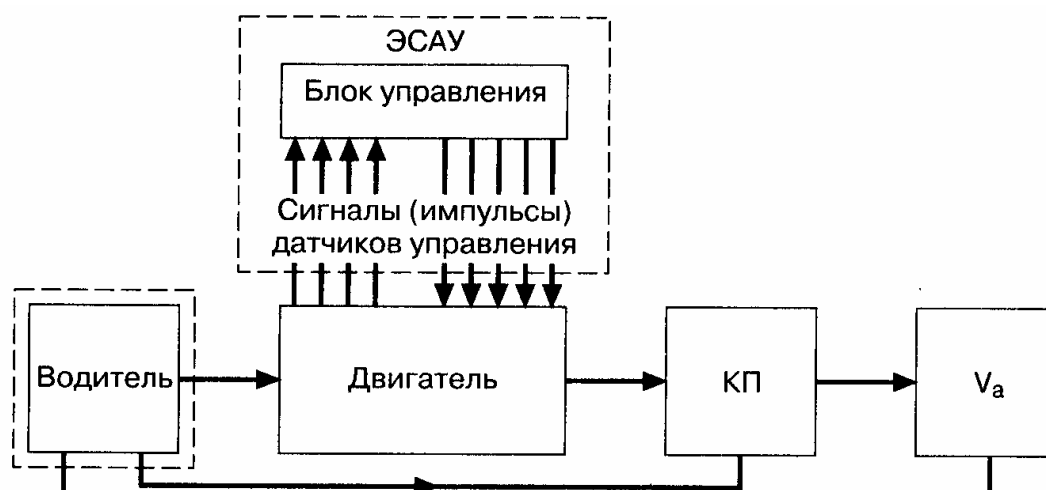


Рис. 6.2. Схема управления автомобильным двигателем:
ЭСАУ – электронная система автоматического управления;
КП – коробка передач; V_a – скорость движения автомобиля

Схема двигателя как объекта автоматического управления приведена на рис. 6.3.

Входные параметры (угол открытия дроссельной заслонки $\varphi_{др}$, угол опережения зажигания θ , цикловой расход топлива G_T и др.) – это те параметры, которые влияют на протекание рабочего цикла двигателя. Их значения определяются внешними воздействиями на двигатель со стороны водителя или системы автоматического управления, поэтому они называются также управляющими.

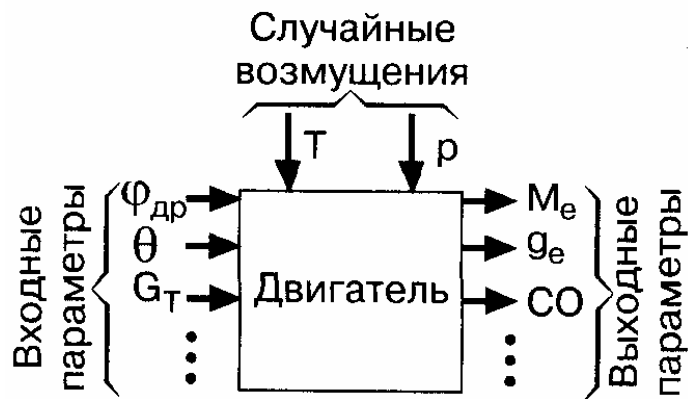


Рис. 6.2. Схема двигателя как объекта автоматического управления

Выходные параметры, называемые управляемыми, характеризуют состояние двигателя в рабочем режиме. К ним относятся: частота вращения коленчатого вала, крутящий момент M_e , показатель топливной экономичности g_e и токсичности отработавших газов (например содержания CO), а также многие другие.

Кроме входных управляющих параметров, на двигатель во время его работы воздействуют случайные возмущения, которые мешают управлению. К ним можно отнести изменение параметров состояния внешней среды (температура T , атмосферное давление p , влажность), свойств топлива и масла и т.д.

Для двигателя внутреннего сгорания характерна периодическая повторяемость рабочих циклов. Как объект управления двигатель считается нелинейным, так как реакция на сумму любых внешних воздействий не равна сумме реакций на каждое из воздействий в отдельности. Учитывая, что двигатель в условиях городской езды работает на нестационарных режимах, возникает проблема оптимального управления им. Возможность оптимального управления двигателем на нестационарных режимах появилась с развитием электронных систем управления.

Из-за сложности конструкции, наличия допусков на размеры деталей двигателя одной и той же модели имеют различные характеристики. Кроме того, по конструктивным параметрам (степень сжатия, геометрия впускного и выпускного трактов и т.д.) отличаются и отдельные цилиндры многоцилиндрового двигателя.

Автомобильный двигатель представляет собой многомерный объект управления, так как число входных параметров у него больше одного и каждый входной параметр воздействует на два и более выходных. В таком случае система управления также должна быть многомерной.

Чрезвычайно широкое распространение автомобильных двигателей предопределило и большое разнообразие их конструкций. Естественно, это

приводит к многовариантности систем управления. Так, если в карбюраторных системах топливоподачи практически не используется электроника, то современные системы впрыскивания топлива создаются только на основе управления электронными системами.

С другой стороны, развитие электронных систем управления может стимулировать появление новых конструктивных решений проектируемых двигателей.

6.3. Системы автоматического управления экономайзером принудительного холостого хода

При движении в городских условиях до четверти всего времени двигатель работает в режиме принудительного холостого хода. Это происходит при торможении двигателем, переключении передач, движении автомобиля накатом и т.д. В этих режимах дроссельная заслонка карбюратора закрыта (педаль управления дроссельной заслонкой полностью отпущена), частота вращения коленчатого вала двигателя превышает частоту вращения его самостоятельного холостого хода.

На принудительном холостом ходу коленчатый вал двигателя вращается за счет кинетической энергии автомобиля. Автомобиль движется с включенной передачей и отпущенной педалью управления дроссельной заслонкой, поэтому двигатель расходует топливо, не выполняя полезной работы. В режиме принудительного холостого хода от двигателя не требуется отдача мощности, а сгорание горючей смеси приводит только к загрязнению окружающей среды. В результате быстрого закрытия дроссельной заслонки горючая смесь переобогащается и токсичность отработавших газов увеличивается.

Для снижения расхода топлива, уменьшения токсичности отработавших газов на грузовых и легковых автомобилях применяют электронные системы автоматического управления экономайзером принудительного холостого хода (САУЭПХХ), которые предназначены для прекращения подачи топлива в режиме принудительного холостого хода.

В состав САУЭПХХ входит электронный блок управления, электромагнитный клапан и концевой выключатель карбюратора (рис. 6.3, 6.4) (микровыключатель, датчик-винт и т.п.).

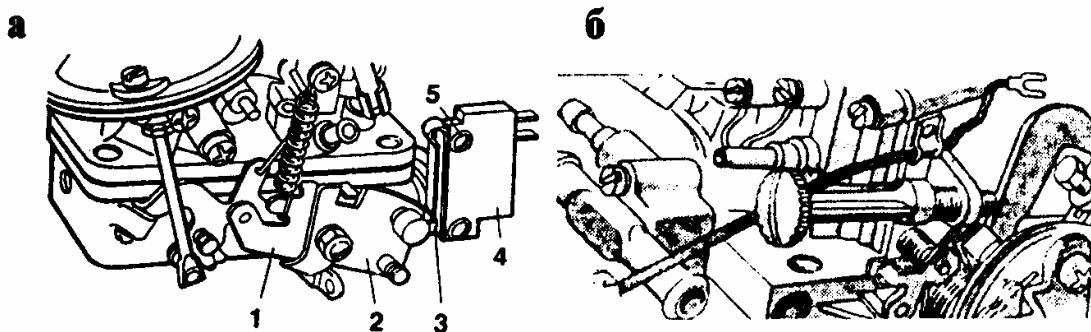


Рис. 6.3. Размещение датчиков положения дроссельной заслонки на карбюраторе:
 а – микровыключатель; б – датчик-винт; 1 – ограничитель хода рычага дроссельных заслонок; 2 – рычаг привода дроссельных заслонок; 3 – рычаг микровыключателя; 4 – микро выключатель; 5 – винт крепления

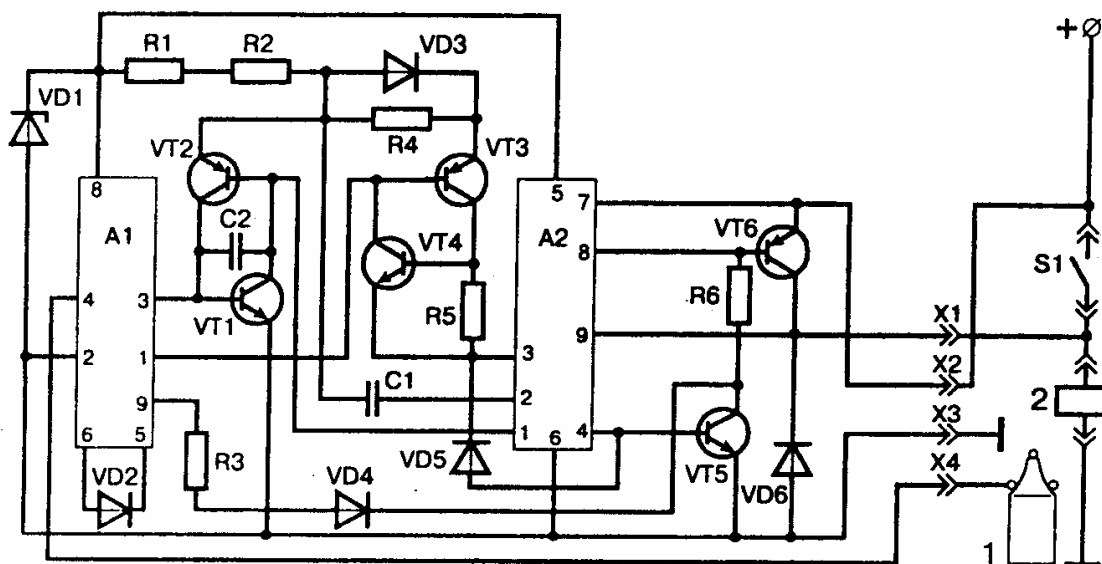


Рис. 6.4. Принципиальная схема блока управления ЭПХХ25.3761 и схема соединения САУЭПХХ:
 А1 – микросхема К425ИК2; А2 – микросхема К425НК1;
 С1 – К73-9-100Б – 0,15 мкФ; С2 – К22-5-М470 – 470 пФ;
 R1 – С2-29В – 0,125 Ом; R2 – МЛТ-0,125 – 3,3 кОм;
 R3 – МЛТ-0,125 – 1,6 кОм; R4 – МЛТ-0,125 – 8,2 кОм;
 R5 – МЛТ-0,125 – 100 кОм; R6 – МЛТ-0,5 – 560 Ом; VD1 – Д814Г1; VD2-VD6 – Кf1 – 522 В; VT1, VT5 – КТ315Г; VT2, VT3 – КТ203БМ; VT4 – КТ3102Б; VT6 – КТ814Г; S1 – микровыключатель (датчик положения дроссельной заслонки); 1 – катушка зажигания; 2 – электропневмоклапан; X1, X2, X3, X4 – выходы блока управления ЭПХХ

Режим принудительного холостого хода отличаются два признака:
 – частота вращения коленчатого вала двигателя больше частоты в режиме холостого хода;
 – дроссельная заслонка карбюратора закрыта.

В качестве датчиков положения дроссельной заслонки используется микровыключатель (см. рис. 6.3, а) или датчик-винт (см. рис. 6.3, б).

САУЭПХХ работает следующим образом (см. рис. 6.4). Для определения режима принудительного холостого хода служат датчики частоты вращения коленчатого вала двигателя и положения дроссельной заслонки. Информация о частоте вращения коленчатого вала поступает в блок управления ЭПХХ с катушки зажигания (с первичной обмотки). Датчиком положения дроссельной заслонки является микровыключатель на карбюраторе. Если дроссельная заслонка открыта, контакты микровыключателя замкнуты. При закрытой дроссельной заслонке его контакты разомкнуты.

При возникновении режима принудительного холостого хода (ему у разных двигателей соответствуют различные частоты вращения и закрытия дроссельной заслонки) электронный блок дает управляющий сигнал на закрытие электромагнитного или пневмоэлектромагнитного клапана. При этом подача топлива через систему холостого хода прерывается. После окончания режима принудительного холостого хода, когда происходит открытие дроссельной заслонки и частота вращения вала увеличивается за счет работы главной дозирующей системы карбюратора, при достижении определенной частоты вращения коленчатого вала электронный блок дает управляющий сигнал на электромагнитный клапан. Начинается подача топлива через систему холостого хода карбюратора.

САУЭПХХ грузовых и легковых автомобилей несколько отличаются по алгоритму управления, схеме и конструктивному исполнению. Принципиальные схемы электронных блоков управления ЭПХХ легковых и грузовых автомобилей зависят от закона управления электромагнитным клапаном карбюратора, т.е. соотношения частоты вращения коленчатого вала двигателя и положения дроссельной заслонки (см. рис. 6.3–6.7).

В блок управления 50.3761 (см. рис. 6.6) входной сигнал с первичной обмотки катушки зажигания подается на вывод 4 микросхемы $A1$. На выводе 3 микросхемы $A1$ формируются импульсы постоянной длительности, частота повторения которых соответствует частоте входных сигналов (от прерывателя). На транзисторах $VT1$ и $VT2$ построен ключ, который во время действия импульса на входе микросхемы $A1$ разряжает времязадающий конденсатор $C1$. В паузе между импульсами конденсатор $C1$ заряжается через резисторы $R1$ и $R2$. Максимальное напряжение, до которого заряжается конденсатор $C1$, увеличивается с уменьшением частоты сигнала.

На транзисторах $VT3$ и $VT4$ построен пороговый элемент. Когда напряжение на конденсаторе $C1$ превысит опорное значение, равное примерно 8 В, эти транзисторы открываются.

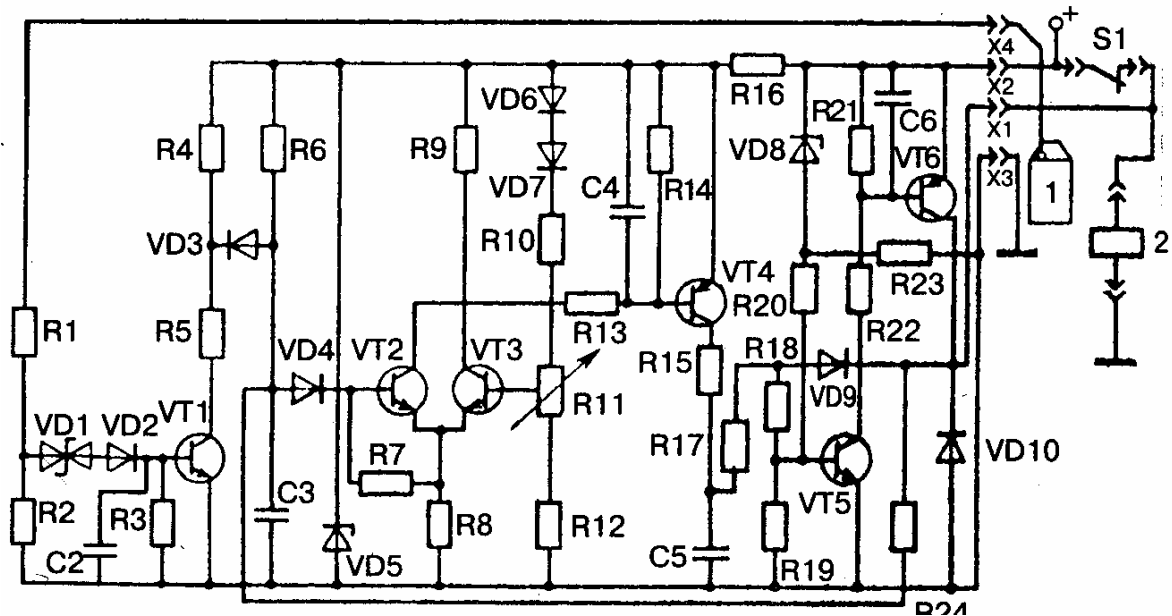


Рис. 6.5. Принципиальная схема блока управления ЭПХХ 1402.3733, 1412.3733, 1422.3733, 1432.3733 и схема соединений САУЭПХХ:

- R1 – МЛТ-0,5 – 10 кОм; R2 – МЛТ-0,125 – 2 кОм;
 R3, R4 – МЛТ-0,125 – 4,3 кОм; R5 – МЛТ-0,125 – 510 кОм;
 R7 – МЛТ-0,125 – 62 кОм; R8, R9 – МЛТ-0,125 – 2 кОм;
 R10 – С2-36-0,125 – 3,01 кОм; R11 – СПЗ-16а – 1,0 кОм;
 R12 – С2-36-0,125 – 4,32 кОм; R13 – МЛТ-0,125 – 2 кОм;
 R14 – МЛТ-0,125 – 4,3 кОм; R15 – МЛТ-0,125 – 200 Ом;
 R16 – МЛТ-0,5 – 200 Ом; R17 – МЛТ-0,125 – 200 Ом;
 R18 – МЛТ-0,125 – 4,3 кОм; R19 – МЛТ-0,125 – 10 кОм;
 R20 – МЛТ-0,125 – 100 кОм; R21 – МЛТ-0,125 – 200 Ом;
 R22 – МЛТ-1 – 330 Ом; R23 – МЛТ-0,125 – 10 кОм;
 C2 – КМ-56-Н90 – 0,068 мкФ; C3 – К73-11-250В-0,47 мкФ;
 C4 – КМ-56-Н90 – 0,068 мкФ; C5 – К53-14-10В – 15 мкФ;
 C6 – КМ-56-Н90 – 0,068 мкФ; VD1 – КС162А;
 VD2, VD3, VD4 – КД103А; VD5 – Д814Б; VD6, VD7 – КД103А;
 VD8 – КС533А; VD9 – КД103А; VD10 – КД 105Б; VT1-VT3 – КТ3102Б; VT4 –
 КТ3107Б; VT5 – КТ3102Б; VT6 – КТ814В

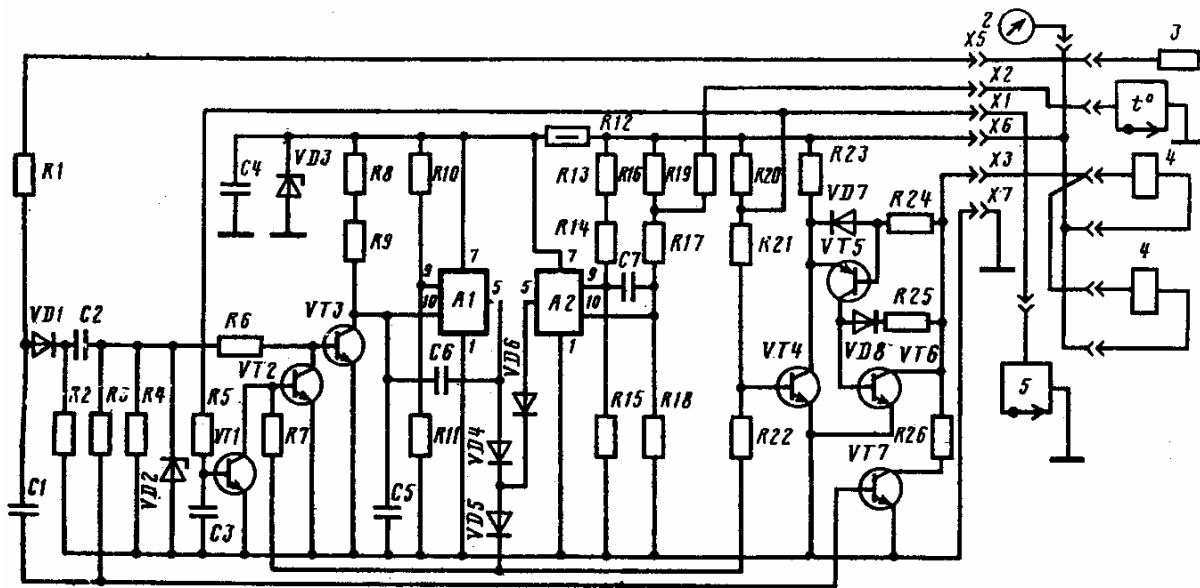


Рис. 6.6. Принципиальная схема блока управления ЭПХХ 50.3761:
 А1 – микросхема К425HK2; А2 – микросхема К425HK1;
 С1 – К73-9-100В – 0,15 мкФ; R1 – С2-29Б – 0,125 Ом;
 R2 – МЛТ-0,125 – 3,3 кОм; R3 – МЛТ-0,125 – 1,6 кОм;
 R4 – МЛТ-0,125 – 8,2 кОм; R5, R10 – МЛТ-0,125 – 100 кОм;
 R6 – МЛТ-0,5 – 560 Ом; R7, R8 – МЛТ-0,125 – 3,3 кОм;
 R9 – МЛТ-0,5 – 560 Ом; VD1, VD6 – Д814Г1; VD2-VD5 – КД522Б;
 VD8 – КД522Б; VT1, VT5, VT6, VT7 – КТ315Г; VT2, VT3 – КТ203БМ;
 VT4 – КТ3102Б; VTS – КТ814Г; S1 – микровыключатель;
 1 – катушка зажигания; 2 – пневмоклапан;
 X1, X2, X4, X5, X6 – выходы блока управления ЭПХХ

Таким образом, при уменьшении частоты входного сигнала ниже порога включения конденсатор $C1$ успевает зарядиться до напряжения, превышающего опорное значение порогового элемента. При этом транзисторы $VT3$ и $VT4$ открываются и через микросхему $A2$ на базу транзистора $VT6$ подается сигнал, который открывает транзистор $VT6$ и, следовательно, транзистор $VT8$, и на электромагнитный клапан подается напряжение. При соединении штекера $X5$ с «массой» (через контакты датчика положения дроссельной заслонки) входное напряжение на электромагнитном клапане изменяется в зависимости от частоты на входе. При отключении штекера $X5$ от «массы» закрывается транзистор $VT7$, а транзистор $VT5$ открывается. Соответственно открывается выходной транзистор $VT8$. При этом «+» от аккумуляторной батареи постоянно подключен к электромагнитному клапану независимо от частоты входного сигнала.

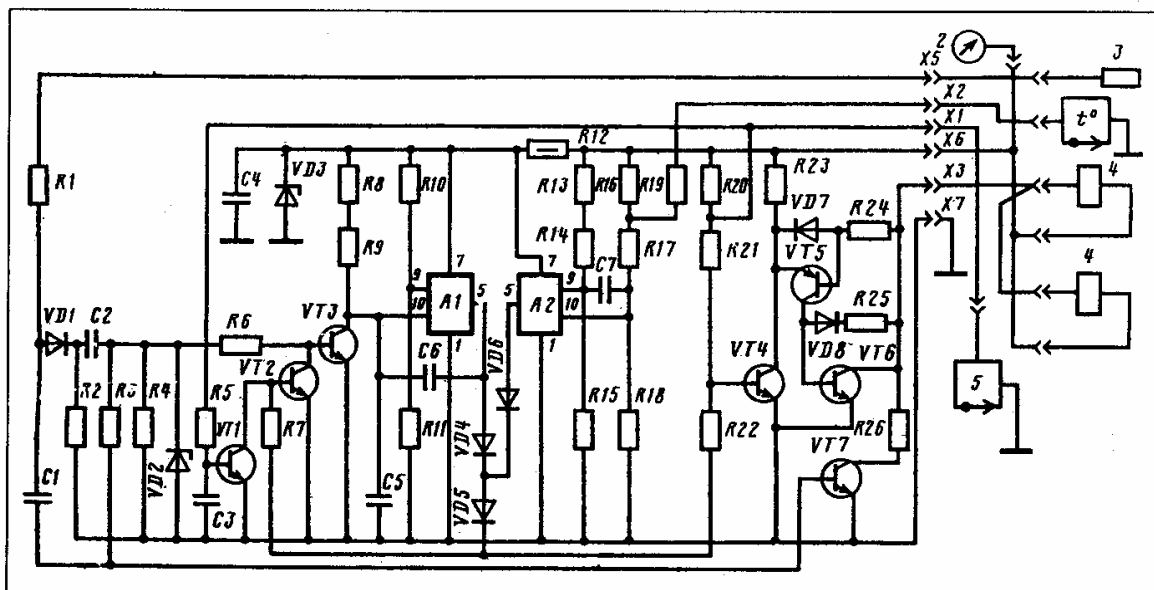


Рис. 6.7. Принципиальная схема блока управления ЭПХХ автомобилей ЗИЛ:

- A1, A2 – микросхемы К140УД1А; R1, R19, R25 – МЛТ-0,25 – 220 Ом;
 R2, R5, R7, R16, R21, R22 – МЛТ-0,25 – 10 кОм;
 R3, R4, R6, R20, R23 – МЛТ-0,5 – 220 Ом; R13 – МЛТ-0,125 – 82 кОм;
 R14, R24 – МЛТ-0,25 – 2,4 кОм; R15, R17, R18 – МЛТ-0,25 – 51 кОм;
 R26 – МЛТ-0,25 – 30 Ом; C1, C2, C4 – КМ-56-НСО – 0,015 мкФ;
 C5 – К40У-9-200В – 0,15 мкФ; C6 – КД-1-Н70 – 1000 пФ;
 VD1, VD4-VD7 – КД103Д; Ш – КС139Г; VD3 – Д814А; VD8 – КС533А;
 VT1, VT2, VT4 – КТ315Г; VT3 – КТ3102А; VT5 – КТ361Г; VT6 – КТ829А;
 VT7 – КТ503Г; 1 – датчик температуры охлаждающей жидкости;
 2 – указатель температуры воды; 3 – добавочный резистор;
 4 – электромагнитный клапан ЭПХХ; 5 – датчик положения дроссельных заслонок; X1, X2, X3, X5, X6, X7 – выходы блока управления ЭПХХ

В микропроцессорной системе управления зажигания и ЭПХХ автомобиля ЗИЛ-431410 на вход контроллера 8 (рис. 6.8) поступают сигналы от датчиков частоты вращения коленчатого вала двигателя, температуры охлаждающей жидкости и положения дроссельной заслонки, а также от датчика нагрузки контроллера, к которому из смесительной камеры карбюратора подается разрежение. Контроллер на выходе формирует сигнал управления клапанами ЭПХХ.

При частоте вращения коленчатого вала двигателя более 1100 мин^{-1} , температуре охлаждающей жидкости более $60 \text{ }^\circ\text{C}$, полностью прикрытой дроссельной заслонке (педаль управления дроссельной заслонкой отпущена) или разрежении в смесительной камере карбюратора более 560 мм рт.ст. контроллер включает электромагнитные клапаны, которые перекрывают каналы подачи топлива в систему холостого хода карбюратора (режим торможения двигателем).

При частоте вращения коленчатого вала менее 1000 мин^{-1} , температуре охлаждающей жидкости менее $60 \text{ }^\circ\text{C}$, незакрытой дроссельной заслонке и разрежении в смесительной камере карбюратора менее 520 мм рт.ст.

контроллер отключает электромагнитные клапаны и двигатель автоматически возобновляет работу на холостом ходу.

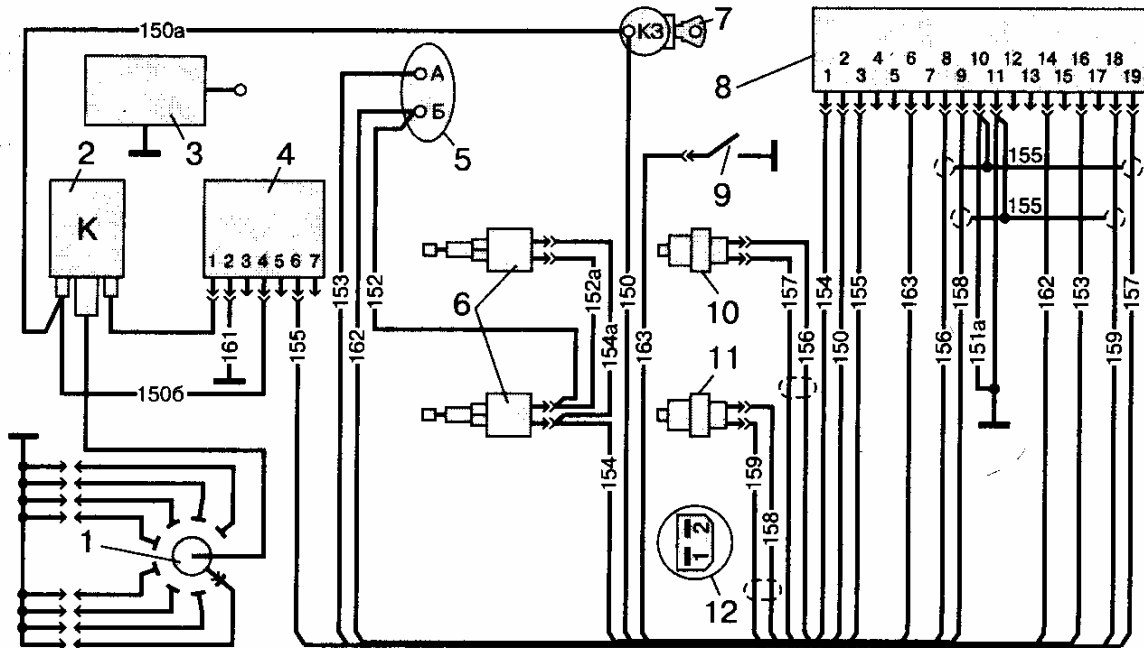


Рис. 6.8. Схема соединений микропроцессорной системы управления зажиганием и ЭПХХ:

- 1 – распределитель; 2 – катушка зажигания; 3 – резервное устройство (вибратор); 4 – коммутатор; 5 – указатель температуры охлаждающей жидкости;
- 6 – электромагнитные клапаны ЭПХХ; 7 – выключатель зажигания;
- 8 – контроллер; 9 – датчик положения дроссельной заслонки;
- 10 – датчик начала отсчета; 11 – датчик угловых импульсов;
- 12 – вид на разъем датчика угловых импульсов

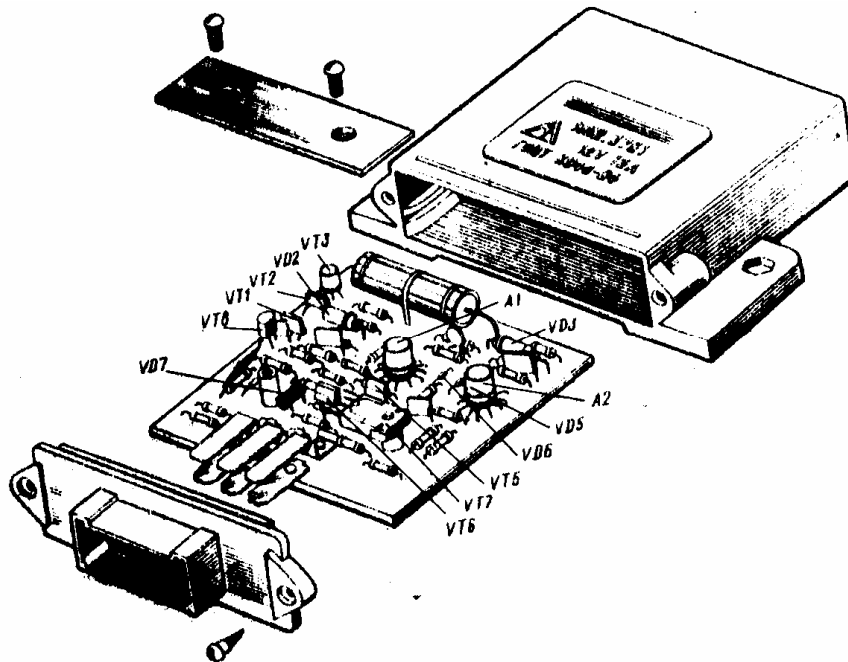


Рис. 6.9. Блок управления 1102.3761

На рис. 6.9 показано устройство блока управления 1102.3761. Монтаж блока управления выполнен на печатной плате, расположенной внутри пластмассового корпуса. Для охлаждения силового транзистора к нему примыкает пластина-теплоотвод. Штекерная колодка выполнена заодно с крышкой блока, имеющей шесть пазов для прохода штекеров.

6.4. Системы подачи топлива с электронным управлением

6.4.1. Карбюраторы с электронным управлением

Типичным примером электронного карбюратора является система «Ecotronic» (рис. 6.10) – устройство, сохраняющее стехиометрический состав рабочей смеси (коэффициент избытка воздуха $X=1$), обеспечивающее оптимальный состав смеси на режимах пуска, прогрева двигателя, отключение подачи топлива на принудительном холостом ходу, а также поддержание заданной частоты вращения коленчатого вала в режиме холостого хода.

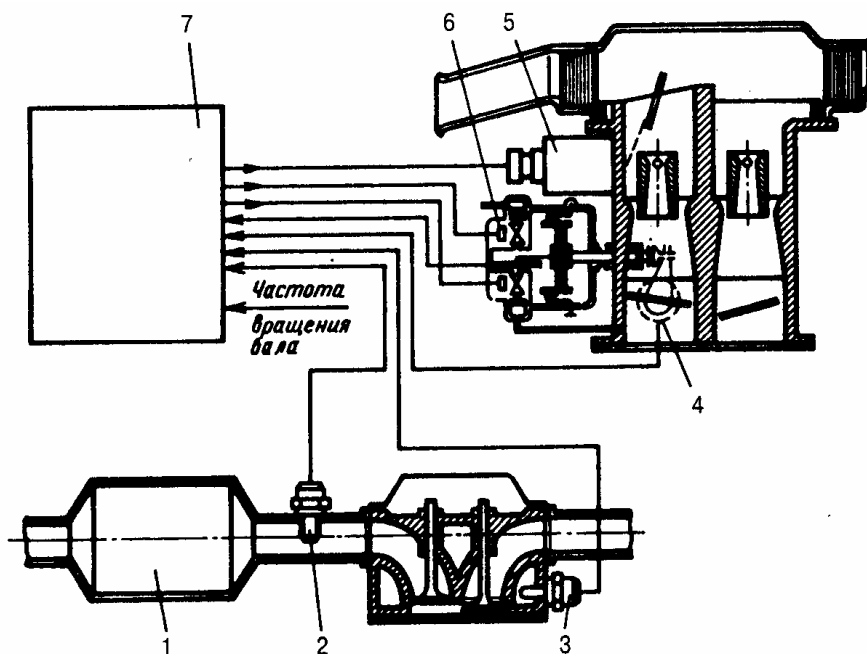


Рис. 6.10. Схема карбюратора с электронным управлением системы «Ecotronic»: 1 – трехкомпонентный каталитический нейтрализатор; 2 – датчик кислорода; 3,4 – датчики соответственно температуры охлаждающей жидкости и положения дроссельной заслонки; 5 – привод воздушной заслонки; 6 – электропневматический привод дроссельной заслонки первичной камеры; 7 – блок управления

Система «Ecotronic» обеспечивает согласованное управление дроссельной и воздушной заслонками. Так, при пуске двигателя установочное устройство приоткрывает дроссельную заслонку на угол $\varphi_{др}$, при котором

обеспечивается максимальное значение частоты вращения в режиме холостого хода. Воздушная заслонка закрывается до положения, обеспечивающего холодный пуск двигателя. После пуска двигателя дроссельная заслонка автоматически устанавливается в положение, которое зависит от температуры охлаждающей жидкости. По мере прогрева установочные устройства постепенно закрывают дроссельную заслонку и открывают воздушную.

В режиме принудительного холостого хода дроссельная заслонка закрывается в большей степени по сравнению с нормальным положением при данной температуре охлаждающей жидкости. Образование рабочей смеси прекращается. При появлении нагрузки на двигатель дроссельную заслонку приоткрывают до положения, при котором подача горючей смеси в цилиндры возобновляется. По такому же принципу обеспечивается прекращение подачи горючей смеси при калильном зажигании после выключения зажигания.

Для поддержания стехиометрического состава горючей смеси используется сигнал датчика кислорода (X -зонда), который устанавливается в выпускном трубопроводе. Установочное устройство при этом изменяет положение воздушной заслонки. Воздушная заслонка приоткрывается, если при работе двигателя на обогащенной смеси датчик кислорода фиксирует отсутствие свободного кислорода в отработавших газах двигателя.

Электронный блок управления (ЭБУ), представляющий собой микропроцессор с постоянно запоминающим устройством, имеет устройства ввода информации, синтеза информации и вывода команд управления. Аналоговая информация от датчика положения дроссельной заслонки и датчика кислорода преобразуется в цифровую. Частота вращения коленчатого вала определяется путем преобразования временного интервала между двумя последовательными импульсами системы зажигания. В постоянно запоминающем устройстве записаны данные опорных точек для установочных устройств положения воздушной и дроссельной заслонок, частоты вращения коленчатого вала, температуры охлаждающей жидкости.

После обработки информации выходные сигналы усиливаются и подаются на исполнительные механизмы.

Система «Ecotronic» получает питание от бортовой сети автомобиля.

Применение карбюраторов с электронным управлением позволяет поддержать оптимальный состав горючей смеси и оптимальное наполнение цилиндров на различных режимах работы двигателя, повысить топливную экономичность и уменьшить содержание токсичных веществ в отработавших газах, повысить надежность системы топливоподачи, а также облегчить техническое обслуживание при эксплуатации. Однако и эта система имеет предел в отношении адаптации к режимам работы двигателя.

6.4.2. Электронные системы впрыскивания топлива

Классификация систем впрыскивания топлива. Применение систем впрыскивания топлива взамен традиционных карбюраторов обеспечивает повышение топливной экономичности и снижение токсичности отработавших газов. Они позволяют в большей степени по сравнению с карбюраторами с электронным управлением оптимизировать процесс смесеобразования. Однако следует отметить, что системы впрыскивания топлива сложнее систем топливоподачи с использованием карбюраторов из-за большего числа подвижных прецизионных механических элементов и электронных устройств и требуют более квалифицированного обслуживания при эксплуатации.

По мере развития систем впрыскивания топлива на автомобили устанавливались механические, электронные, аналоговые и цифровые системы. К настоящему времени структурные схемы систем впрыскивания топлива в основном стабилизировались. Классификация способов впрыскивания топлива и структурная схема показаны на рис. 6.11, 6.12.

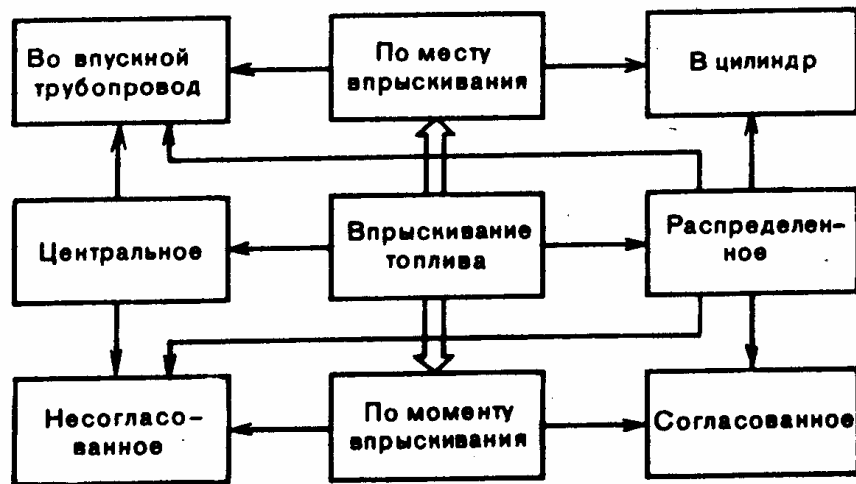


Рис. 6.11. Классификация способов впрыскивания топлива

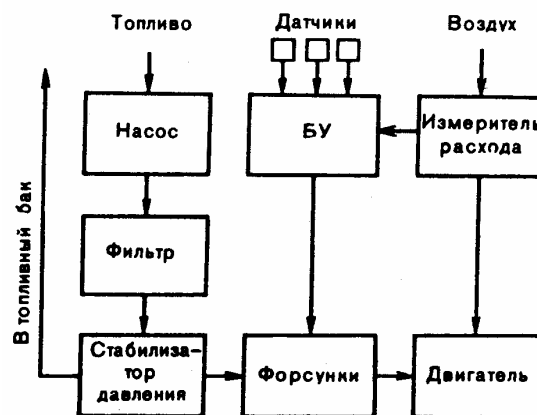


Рис. 6.12. Структурная схема системы впрыскивания с программным управлением

При распределенном впрыскивании топливо подается в зону впускных клапанов каждого цилиндра группами форсунок без согласования момента впрыскивания с процессами впуска в каждый цилиндр (несогласованное впрыскивание) или каждой форсункой в определенный момент времени, согласованный с открытием соответствующих впускных клапанов цилиндров (согласованное впрыскивание). Системы распределенного впрыскивания топлива позволяют повысить приемистость автомобиля, надежность пуска, ускорить прогрев и увеличить мощность двигателя.

При распределенном впрыскивании топлива появляется возможность применения газодинамического наддува, расширяются возможности создания различных конструкций впускного трубопровода. Однако у таких систем по сравнению с центральным впрыскиванием больше погрешность дозирования топлива из-за малых цикловых подач. Идентичность составов горючей смеси по цилиндрам в большей степени зависит от неравномерности дозирования топлива форсунками, чем от конструкции впускной системы.

При центральном впрыскивании топливо подается одной форсункой, устанавливаемой на участке до разветвления впускного трубопровода. Существенных изменений в конструкции двигателя нет. Система центрального впрыскивания практически взаимозаменяема с карбюратором и может применяться на уже эксплуатируемых двигателях. При центральном впрыскивании по сравнению с карбюратором обеспечивается большая точность и стабильность дозирования топлива. Особенно эффективна в отношении повышения топливной экономичности система центрального впрыскивания топлива в сочетании с цифровой системой зажигания. Конструкция данной системы существенно проще системы распределенного впрыскивания.

6.5. Система впрыска "K-JETRONIK" ("К-Джетроник")

Система впрыска "*K-JETRONIK*" фирмы BOSCH представляет собой механическую систему постоянного впрыска топлива. Топливо под давлением поступает к форсункам, установленным перед впускными клапанами во впускном коллекторе. Форсунка непрерывно распыляет топливо, поступающее под давлением. Давление топлива (расход) зависит от нагрузки двигателя (от разрежения во впускном коллекторе) и от температуры охлаждающей жидкости.

Количество подводимого воздуха постоянно измеряется расходомером, а количество впрыскиваемого топлива строго пропорционально (1:14,7) количеству поступающего воздуха (за исключением ряда режимов работы

двигателя, таких, как пуск холодного двигателя, работа под полной нагрузкой и т.д.) и регулируется дозатором-распределителем топлива.

Дозатор-распределитель, или регулятор состава и количества рабочей смеси, состоит из регулятора количества топлива и расходомера воздуха. Регулирование количества топлива обеспечивается распределителем, управляемым расходомером воздуха и регулятором управляющего давления. В свою очередь воздействие регулятора управляющего давления определяется величиной подводимого к нему разрежения во впускном трубопроводе и температурой жидкости системы охлаждения двигателя.

Топливный насос 2 (рис. 6.13), забирает топливо из бака 1 и подает его под давлением около 5 кгс/см^2 через накопитель 3 и фильтр 4 к каналу "А" дозатора-распределителя 6. При обычном карбюраторном питании управление двигателем осуществляется воздействием на педаль "газа", т.е. поворотом дроссельной заслонки. Если при карбюраторном питании дроссельная заслонка регулирует количество подаваемой в цилиндры рабочей смеси, то при системе впрыска дроссельная заслонка 11 регулирует только подачу чистого воздуха.

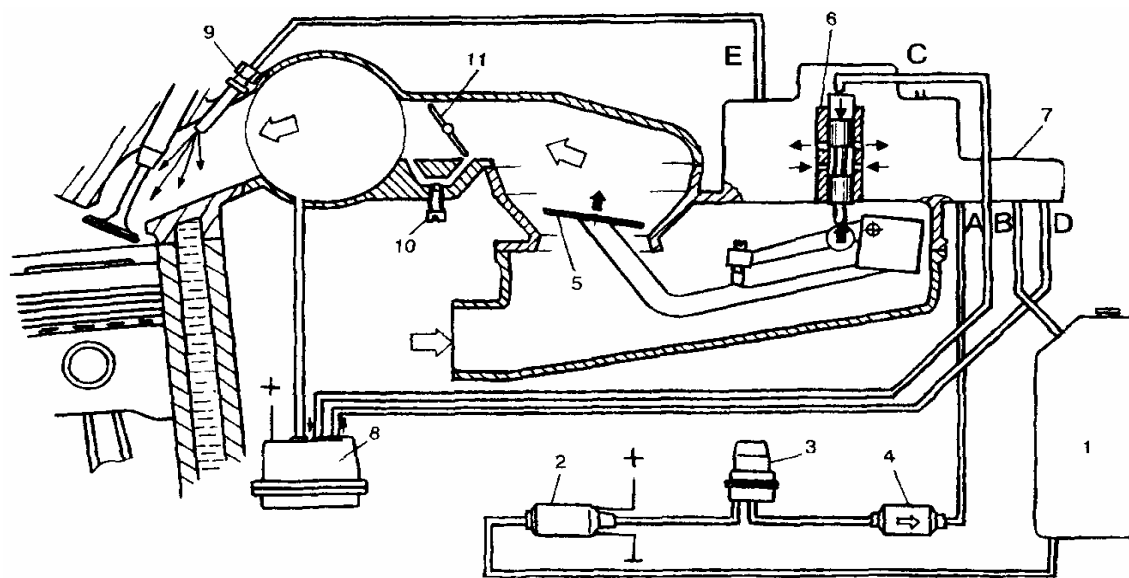


Рис. 6.13. Схема главной дозирующей системы и системы холостого хода системы впрыска "K-JETRONIK":

- 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 (инжектор); 10 – регулировочный винт холостого хода;
- 11 – дроссельная заслонка.

Каналы: А – подвод топлива к дозатору-распределителю, В – слив топлива в бак; С – канал управляющего давления; D – канал толчкового клапана; E – подвод топлива к форсункам

Для того чтобы установить требуемое соотношение между количеством поступающего воздуха и количеством впрыскиваемого бензина, используется расходомер воздуха с так называемым напорным диском 5 и дозатор-распределитель топлива 6.

В действительности, расходомер не замеряет, в буквальном смысле слова, расход воздуха, просто его напорный диск перемещается "пропорционально" расходу воздуха. А само название "расходомер" объясняется тем, что в этом устройстве был использован принцип действия физического прибора, называемого трубкой Вентури и применяемого для замера расхода газов.

Расходомер воздуха системы впрыска топлива представляет собой прецизионный механизм. Его напорный диск очень легкий (толщина примерно 1 мм, диаметр – 100 мм), крепится к рычагу; с другой стороны рычага (см. рис. 6.13) установлен балансир, уравнивающий всю систему. С учетом того, что ось вращения рычага лежит в опорах с минимальным трением (подшипники качения), диск очень "чутко" реагирует на изменение расхода воздуха.

На оси вращения рычага напорного диска 5 закреплен второй рычаг с роликом. Ролик упирается непосредственно в нижний конец плунжера дозатора-распределителя. 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. Положение винта регулируется на заводе-изготовителе. На некоторых автомобилях, например BMW-5201, -5251, -5281, -5351, при необходимости, этим винтом можно отрегулировать содержание СО в отработавших газах (при его завинчивании смесь обедняется).

Механическая система: расходомер воздуха – дозатор-распределитель обеспечивает только соответствие перемещений напорного диска и плунжера распределителя. Но если трубка Вентури обеспечивает линейную зависимость перемещения напорного диска от расхода воздуха, то простейший по форме плунжера распределитель линейной зависимости между перемещением плунжера и расходом бензина уже не дает. Для получения линейной зависимости применяется система дифференциальных клапанов, о них речь ниже.

Из дозатора-распределителя топливо по каналам "Е" поступает к форсункам впрыска 9 (см. рис. 6.13). Иногда вместо слова форсунка (от *Force* – франц. сила) применяется слово инжектор (лат. *Injicere* – бросать внутрь).

Итак, перемещение напорного диска вызывает перемещение плунжера распределителя. Направления перемещений на рис. 6.13 показаны стрелками. Взаимосвязь перемещений и упомянутые выше дифференциальные клапаны обеспечивают стехиометрическое соотношение воздуха и бензина в рабочей смеси. Но, напомним еще раз, характерной особенностью автомобильного двигателя является то, что он должен быть приспособлен

к различным режимам: холодный пуск, холостой ход, частичные нагрузки, полная нагрузка. Приходится при соответствующих режимах смесь обогащать или обеднять.

Для получения соответствия состава рабочей смеси режиму работы двигателя в системе впрыска со стороны верхней части плунжера в распределитель подходит по каналу "С" управляющее давление. Величина последнего определяется регулятором управляющего давления 8. Это давление в зависимости от режима работы двигателя имеет большую или меньшую величину. В первом случае сопротивление перемещению плунжера увеличивается – смесь обедняется. Во втором случае, напротив, сопротивление перемещению плунжера уменьшается – смесь становится богаче. Одним из режимов работы автомобильного двигателя является резкое открытие дроссельной заслонки (рис. 6.14). При карбюраторной системе питания необходимое обогащение смеси (в противном случае, так как воздух более подвижен, было бы ее обеднение) производится ускорительным насосом. При системе впрыска обогащение обеспечивается почти мгновенной реакцией напорного диска (см. рис. 6.14).

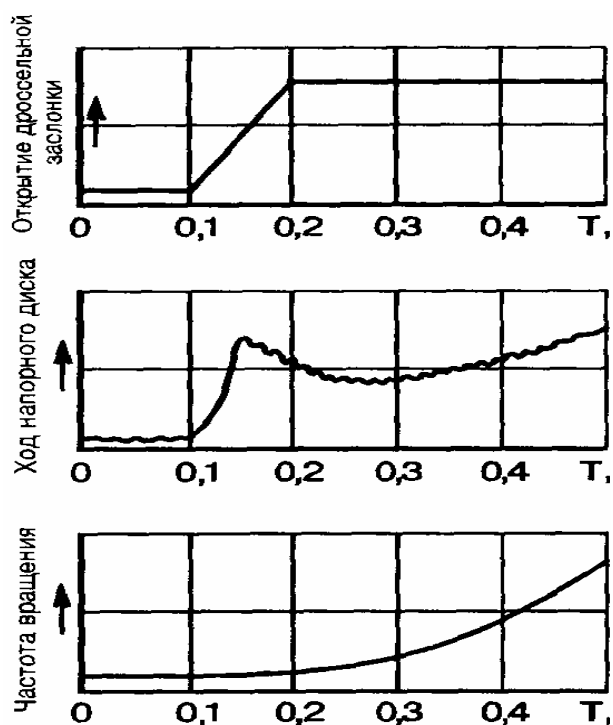


Рис. 6.14. Взаимосвязь открытия дроссельной заслонки перемещения напорного диска с увеличением частоты вращения коленчатого вала (система "K-JETRONIK ")

Бензиновый электрический насос 2 (см. рис. 6.13) работает независимо от частоты вращения коленчатого вала двигателя. Он включается при двух условиях: если включено зажигание и вращается коленчатый вал. Если учесть, что насос имеет запасы: по давлению – двукратный, по подаче –

десятикратный, то понятно, что система впрыска должна иметь регулятор давления питания. Регулятор 7 встроен в дозатор-распределитель, соединен с каналом "А" (подвод топлива). По каналу В осуществляется слив излишнего топлива в бак, причем канал D – соединен с регулятором управляющего давления 8.

Холостой ход карбюраторных двигателей регулируется двумя винтами: количества и качества смеси. Система питания с впрыском топлива также имеет два винта: качества (состава) рабочей смеси: этим винтом регулируется содержание СО в отработавших газах, и количества смеси: этим винтом 10 устанавливается частота вращения коленчатого вала двигателя на холостом ходу.

При пуске двигателя электронасос 2 (рис. 6.15), практически мгновенно создает давление в системе. Если двигатель прогрет (температура не менее 35 °С), термореле 12 выключает пусковую форсунку 11 с электромагнитным управлением. В момент пуска холодного двигателя и в течение определенного времени пусковая форсунка впрыскивает во впускной коллектор дополнительное количество топлива.

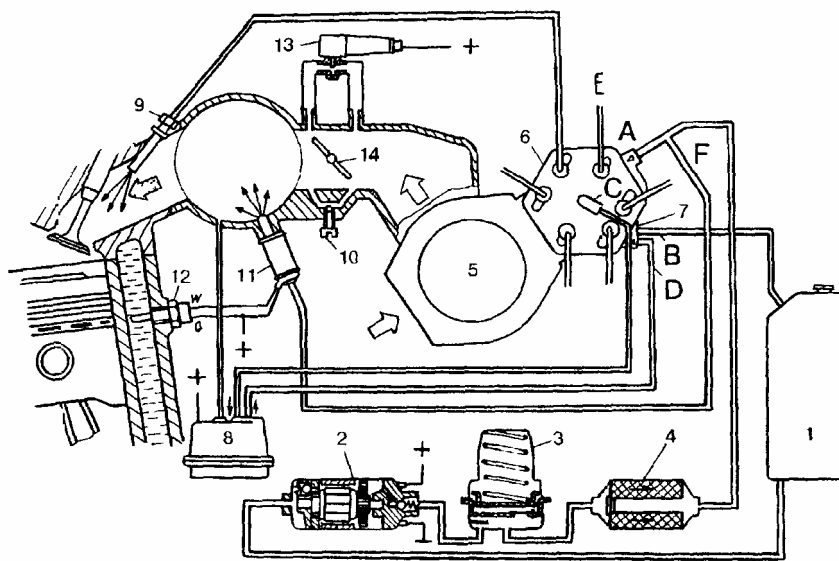


Рис. 6.15. Схема системы впрыска топлива "К-JETRONIK":
 1 – топливный бак; 2 – электронасос; 3 – накопитель топлива;
 4 – топливный фильтр; 5 – расходомер воздуха; 6 – дозатор-распределитель;
 7 – регулятор давления питания; 8 – регулятор управляющего давления;
 9 – форсунка впрыска; 10 – регулировочный винт холостого хода;
 11 – пусковая электромагнитная форсунка; 12 – термореле; 13 – клапан
 добавочного воздуха; 14 – дроссельная заслонка.
 Каналы: А – подвод топлива к дозатору-распределителю;
 В – слив топлива в бак; С – канал управляющего давления;
 D – канал толчкового клапана; Е – подвод топлива к рабочим форсункам;
 F – подвод топлива к пусковой форсунке
 с электромагнитным управлением

Продолжительность работы пусковой форсунки определяет термореле в зависимости от температуры охлаждающей жидкости. Клапан 13 обеспечивает подвод к двигателю дополнительного количества воздуха для повышения частоты вращения коленчатого вала холодного двигателя на холостом ходу. Дополнительное обогащение топливовоздушной смеси при пуске и прогреве холодного двигателя достигается за счет более свободного подъема плунжера распределителя дозатора-распределителя благодаря тому, что регулятор управляющего давления 8 снижает над плунжером противодействующее давление возврата. Таким образом, если двигатель уже прогрет, питание осуществляется только через главную дозирующую систему и систему холостого хода. При этом термореле 12 (см. рис. 6.15), пусковая электромагнитная форсунка 11 и клапан добавочного воздуха 13 в работе не участвуют.

При пуске и прогреве холодного двигателя все перечисленные элементы системы впрыска включаются в работу, обеспечивая надежный запуск и стабильную работу двигателя на холостом ходу.

Первый вспомогательный элемент системы – топливный бак 1 (см. рис. 6.13; 6.15). В связи с широким использованием каталитических нейтрализаторов отработавших газов и необходимостью в этом случае защитить топливный бак от заправки его этилированным бензином, изменен сам способ заправки. При этом существенно уменьшен диаметр горловины бака, что делает непосредственную заправку автомобиля (не в канистру) на наших АЗС иногда просто невозможной.

Топливный электронасос 2 – ротационного роликового типа, одно- или многосекционный. Примерные размеры деталей насоса, мм: ротор – $\varnothing 30$; статор – $\varnothing 32$; эксцентриситет – 1; ролики: $\varnothing 5,5$; длина – 6.

Роликовый насос отличается от ротационного лопастного тем, что вместо лопастей в пазы ротора вставлены ролики. Это обусловлено стремлением заменить скольжение лопастей по статору качением. Для бензонасоса это особенно важно в связи с отсутствием у бензина смазывающей способности.

На входе бензонасоса предусмотрена фильтрующая сетка. Она предназначена для задержания сравнительно крупных посторонних частиц. Замечено, что при использовании обычного отечественного бензина насос изнашивается за 6–8 месяцев, максимум работает нормально в течение года эксплуатации автомобиля. В связи с этим можно рекомендовать установку перед бензонасосом топливного фильтра от дизельных грузовых автомобилей.

Топливный насос может располагаться как вне бака, так и непосредственно быть погруженным в бензин в баке. По внешней форме насос напоминает катушку зажигания и представляет собой объединенный агре-

гат-электродвигатель постоянного тока и собственно насос. Особенностью этой конструкции является то, что бензин омывает все "внутренности" электродвигателя: якорь, коллектор, щетки, статор.

Насос имеет два клапана: предохранительный (см. рис. 6.15, слева), соединяющий полости нагнетания и всасывания, и обратный (см. рис. 6.13, справа). Обратный клапан препятствует сливу топлива из системы. Конструктивно обратный клапан и демпфирующий дроссель (нем. *Dampfer* – гаситель; *Drossel* – уменьшающий проходное сечение) встроены в штуцер топливного насоса (рис. 6.16). Демпфер немного сглаживает резкое нарастание давления в системе при пуске топливного насоса. При выключении насоса он снижает давление в системе только до значения, при котором происходит закрытие клапанных форсунок.

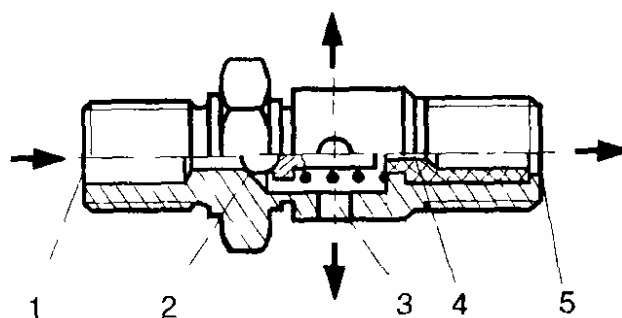


Рис. 6.16. Штуцер топливного насоса:
 1 – подвод бензина от насоса;
 2 – обратный клапан;
 3 – подача топлива в систему (накопитель; фильтр; канал А дозатора-распределителя);
 4 – демпфирующий дроссель (демпфер);
 5 – отвод в магистраль слива топлива в бак

Давление, развиваемое насосом или давление в системе, как уже отмечалось, около 5 кгс/см^2 . Диапазоны изменения давления на различных автомобилях, кгс/см^2 : 4,5–5,2; 4,7–5,4; 5,3–5,7; 5,4–6,2. Производительность насосов при 20°C и 12 В порядка 1,7–2,0 л/мин. Рабочее напряжение 7–15 В, максимальное значение силы тока 4,7–9,5 А.

Накопитель топлива 3 (см. рис. 6.15) представляет собой пружинный гидроаккумулятор, назначение которого поддерживать давление в системе при остановленном двигателе и выключенном бензонасосе. Поддержание остаточного давления препятствует образованию в трубопроводах паровых пробок, которые затрудняют пуск (особенно горячего двигателя).

Накопитель устанавливается в системе за топливным насосом. Он имеет три полости: верхнюю, где размещена пружина, среднюю – накопительную (объемом $20\text{--}40 \text{ см}^3$) и нижнюю с двумя каналами: подводящим и отводящим или с одним каналом, выполняющим обе функции. Накопительная и пружинная полости разделены гибкой диафрагмой, а накопительная и нижняя – перегородкой.

После включения топливного насоса накопительная полость через пластинчатый клапан в перегородке заполняется топливом, при этом диафрагма прогибается вверх до упора, сжимая пружину. После остановки двигателя, в связи с тем, что бензин (как и всякая жидкость) практически несжимаем, малейшие утечки (обратный клапан в насосе, распределитель)

приводят к значительному падению давления в системе. Вот здесь и вступает в работу накопитель.

Пружина, воздействуя на диафрагму, вытесняет бензин из накопительной полости через дросселирующее отверстие в перегородке (на рис. 6.15 в перегородке слева – дросселирующее отверстие, справа – пластинчатый клапан).

При рабочем давлении в системе $5,4-6,2$ кгс/см² остаточное давление спустя 10 мин после остановки двигателя равно не менее $3,4$ кгс/см², спустя 20 мин – $3,3$ кгс/см². Соответственно, при рабочем давлении в системе в пределах $4,7-5,2$ кгс/см² через 10 мин – $1,8-2,6$ кгс/см², через 20 мин – $1,6$ кгс/см².

Топливный фильтр 4 (см. рис. 6.15), как видно из схемы, стоит за насосом и поэтому бензонасос от посторонних частиц в бензине не защищает; фильтр по объему в несколько раз превышает обычно применяемые фильтры тонкой очистки бензина и похож на масляный фильтр. При нормальном бензине срок службы фильтра составляет 50 тыс. км. В системах впрыска чистоте бензина уделяется особое внимание: кроме рассмотренного фильтра и сетки в насосе есть еще сетки на гильзе распределителя 6, в штуцерах каналов Е. Выпадению посторонних частиц из бензина способствует и конфигурация каналов в дозаторе-распределителе.

Дозатор-распределитель (рис. 6.17) дозирует и распределяет топливо, поступившее через фильтр от насоса к каналу А, по форсункам (инжекторам) цилиндров – в каналы Е. Перемещение плунжера распределителя происходит в соответствии с перемещениями напорного диска расходомера воздуха. Напомним, что, в свою очередь, напорный диск перемещается в соответствии с расходом воздуха или с открытием дроссельной заслонки.

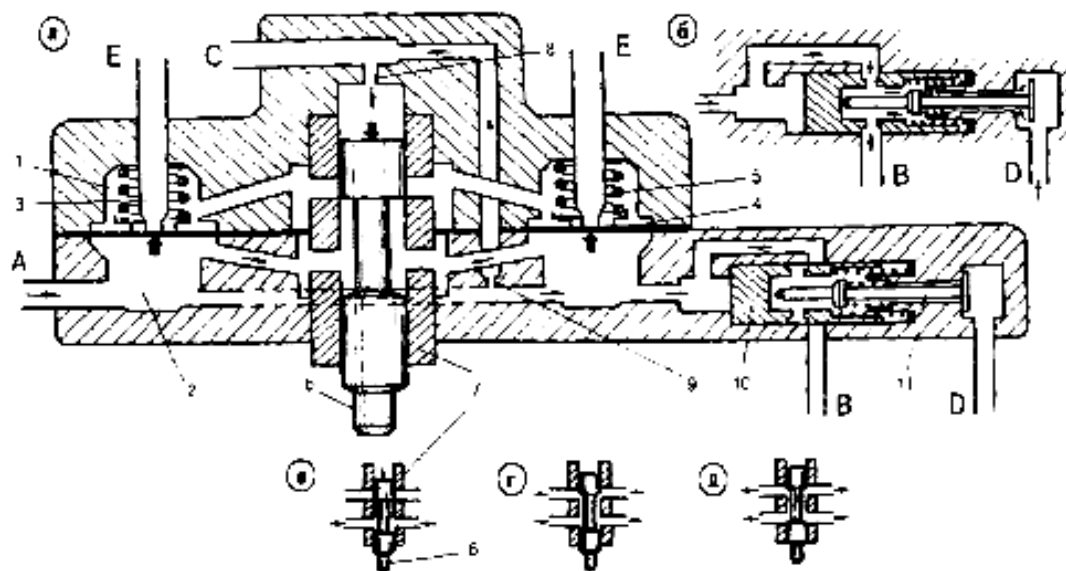


Рис. 6.17. Схема дозатора-распределителя

Плунжер 6 перемещается в гильзе 7 с отверстиями. Каких-либо уплотнений в этой паре не предусмотрено, герметичность обеспечивается минимальными зазорами, точностью формы и чистотой сопрягаемых поверх-

ностей деталей. Гильза вставляется в корпус с большим зазором, а уплотнение обеспечивается резиновым кольцом, установленным в канавке гильзы.

На плунжер снизу воздействует рычаг напорного диска, сверху – управляющее давление.

Между распределителем и выходными каналами "Е" располагаются дифференциальные клапаны, необходимые, как отмечалось, для получения линейной зависимости между перемещением плунжера и расходом топлива, поступающего к форсункам.

Само название клапанов – дифференциальные – объясняется следующим. Дифференциал от лат. *differentia* – разность, перепад, разделение. Дифференциальный клапан буквально – клапан с двумя камерами с перепадом давлений или клапан, разделенный гибкой диафрагмой.

Нижние камеры дифференциальных клапанов соединены кольцевым каналом и находятся под рабочим давлением. На стальную диафрагму 4 снизу воздействует это давление, а сверху пружина опирается на корпус, внизу – на специальное седло и диафрагму.

При поступлении топлива в верхнюю камеру (см. рис. 6.17) к усилию пружины добавляется давление топлива, диафрагма прогибается вниз, увеличивая проходное сечение, в связи с чем давление в верхней камере падает, диафрагма несколько выпрямляется, в результате получается динамическое равновесие или та самая необходимая линейная зависимость между перемещением плунжера и поступлением топлива к форсункам.

Рассмотренное регулирование состава рабочей смеси относится к частичным нагрузкам или к обычной работе двигателя. Но существуют и другие режимы: холодный пуск, холостой ход, полная нагрузка. Приспособляемость к этим режимам "по воздуху" предусмотрена в расходомере (рис. 6.18, а), благодаря форме и сечению направляющего устройства. В дозаторе-распределителе предусмотрено приспособление "по бензину".

Чем больше управляющее давление, тем больше усилие, препятствующее подъему плунжера, соответственно, с уменьшением управляющего давления уменьшается и сила, препятствующая подъему.

Постоянное по величине давление топлива в системе поддерживает регулятор давления. В случае повышения давления поршень 10 (см. рис. 6.17 а, б), сжимаемая пружину, перемещается вправо и позволяет излишку топлива через канал "Е" возвратиться в бак. Давление топлива в системе уравнивается пружиной поршня 10 и остается постоянным.

При остановке двигателя топливный насос выключается. Давление системы быстро снижается и становится ниже величины давления открытия клапанной форсунки, сливное отверстие закрывается с помощью подпружиненного поршня регулятора давления.

В регулятор давления встроены толчковый клапан 11. Этот клапан приводится в движение поршнем регулятора давления (открывается). Толчковый клапан работает совместно с регулятором управляющего давления. Конструкция регулятора давления питания показана на рис. 6.19.

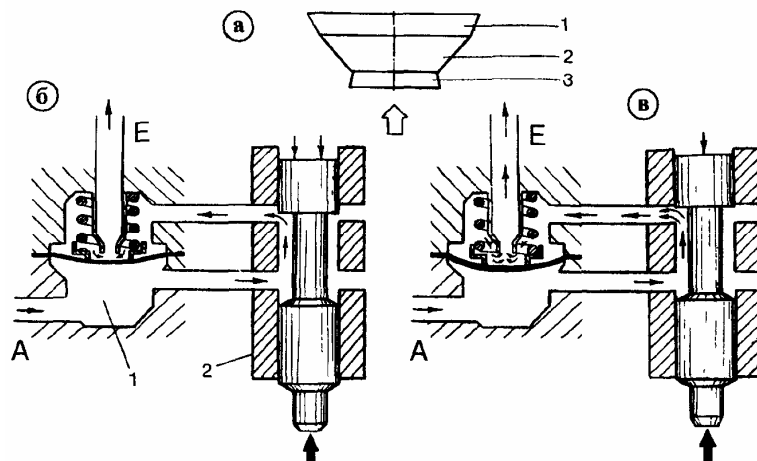


Рис. 6.18. Схема регулирования состава рабочей смеси:
 а – направляющее устройство с зонами перемещения напорного диска:
 1 – максимальная нагрузка; 2 – частичные нагрузки; 3 – холостой ход;
 б – малая доза впрыска; в – большая доза впрыска;
 1 – дифференциальный клапан; 2 – распределитель.
 Каналы: А – подвод питания от насоса,
 Е – подача топлива к форсункам

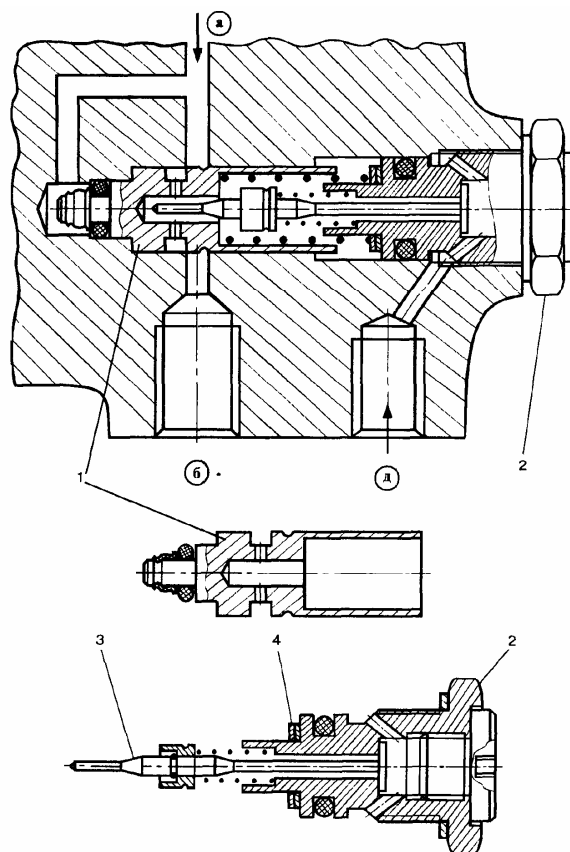


Рис. 6.19. Регулятор давления питания:
 1 – поршень регулятора давления; 2 – толчковый клапан в сборе с корпусом; 3 – толчковый клапан; 4 – регулировочные шайбы.
 Каналы: а – подвод топлива (нижние полости дифференциальных клапанов);
 б – слив топлива в бак; д – канал толчкового клапана регулятора управляющего давления

Регулятор управляющего давления (рис. 6.20) изменяет давление в основном при режимах холодного пуска, прогрева, на холостом ходу и при полной нагрузке. Регулятор имеет две диафрагмы: верхнюю 5 и нижнюю 7. В средней части верхней диафрагмы 5 имеется клапан, перекрывающий канал 4, по которому топливо через регулятор давления питания возвращается в бак.

Биметаллическая пластинчатая пружина 6 при температуре до 35–40 °С прогибает диафрагму 5 вниз, соединяя два канала, расположенных над диафрагмой, при этом сжимаются две цилиндрические пружины у диафрагмы 7. Регулятор крепится к блоку цилиндров и нагревается от него. Кроме этого, биметаллическая пружина 6 имеет электрический подогрев. Это необходимо для того, чтобы при затрудненном пуске не "залить" двигатель.

Регулятор управляющего давления без нижней диафрагмы 7 (без подвода вакуума) и внутренней цилиндрической пружины называется регулятором подогрева и работает только при прогреве двигателя. График изменения управляющего давления при прогреве показан на рис. 6.20, б. На рис. 6.20, а показана работа регулятора в этом же режиме.

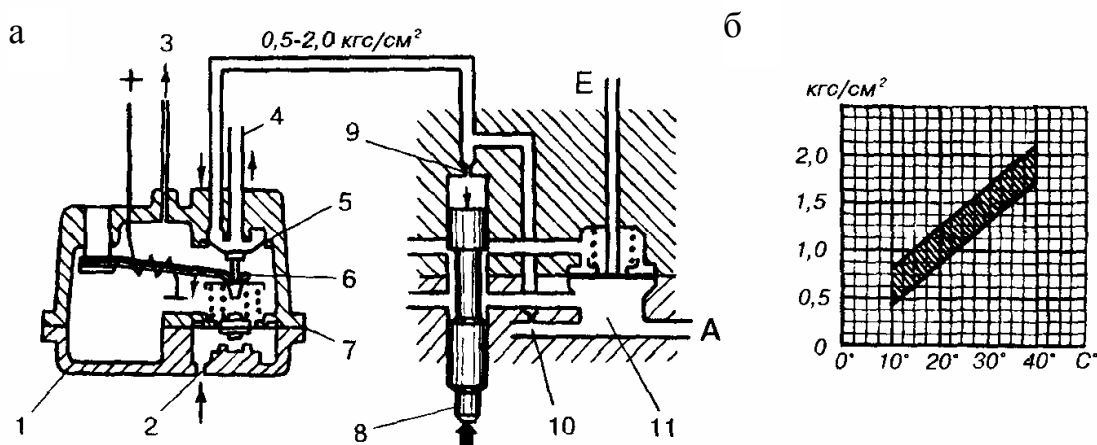


Рис. 6.20. Схема регулирования состава рабочей смеси:

а – прогрев двигателя на холостом ходу:

- 1 – регулятор управляющего давления; 2 – атмосферное давление;
- 3 – вакуум; 4 – к каналу В регулятора давления; 5 – верхняя диафрагма;
- 6 – биметаллическая пластинчатая пружина;
- 7 – нижняя диафрагма; 8 – плунжер распределителя;
- 9 – демфирующий дроссель; 10 – дроссель подпитки;
- 11 – дифференциальный клапан; А, Е – клапаны;

б – график изменения управляющего давления (заштрихован допустимый диапазон), проверка при неработающем двигателе

Пружина 6 прогибает верхнюю диафрагму 5 вниз, клапан открывается и соединяет два канала. По мере прогрева двигатель управляющее давление увеличивается (рис. 6.21, б), так как биметаллическая пружина 6 начи-

нает постепенно выгибаться вверх, разгружая цилиндрические пружины и уменьшая прогиб диафрагмы 5 вниз. При температуре около 35–40 °С пружина 6 полностью освобождает диафрагму и канал слива 4 закрывается.

Положение нижней диафрагмы определяется разрежением, подводимым по каналу 3, и атмосферным давлением по каналу 2. При холостом ходе и частичных нагрузках дроссельная заслонка прикрыта, в связи с чем за ней устанавливается пониженное давление. Нижняя диафрагма атмосферным давлением прижимается к верхнему упору (рис. 6.20, а; 6.21, а), при этом внутренняя цилиндрическая пружина сжимается.

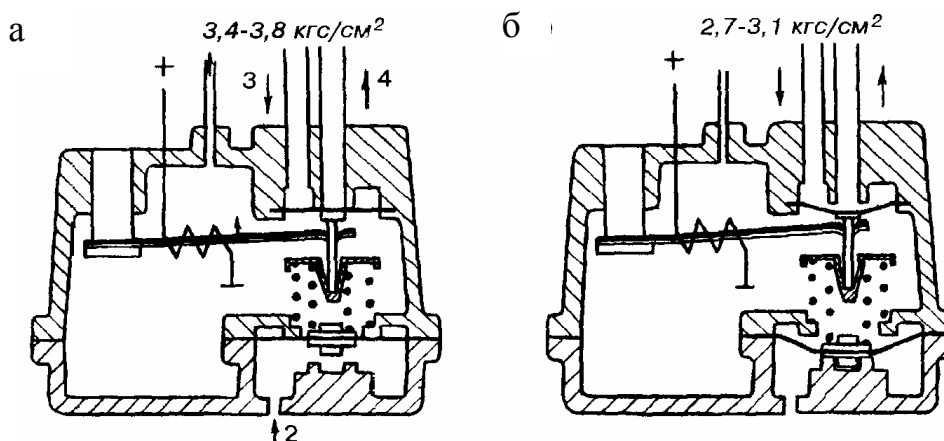


Рис. 6.21. Схема регулирования состава рабочей смеси:

- а – двигатель прогрет, частичные нагрузки (управляющее давление 3,4–3,8 кгс/см² проверяется на холостом ходу);
- б – двигатель прогрет, полная нагрузка (управляющее давление 2,7–3,1 кгс/см² проверяется при неработающем двигателе)

При работе прогретого двигателя при частичных нагрузках (обычный режим) пластинчатая биметаллическая пружина выгибается вверх (см. рис. 6.21, а) и на верхнюю диафрагму уже не воздействует. Нижняя диафрагма при частичных нагрузках при подводе вакуума атмосферным давлением также прижимается к верхнему упору. При этом внутренняя цилиндрическая пружина находится в сжатом состоянии, внизу опирается в диафрагму, вверху через клапан верхней диафрагмы – в корпус.

Верхняя диафрагма находится под воздействием следующих сил. Снизу действует суммарное усилие двух пружин, сверху усилие, определяемое давлением, подводимым через дроссель 10 (см. рис. 6.20, а) в кольцевой канал над диафрагмой. Усилиями двух сжатых пружин определяется максимальная величина управляющего давления (см. рис. 6.21, а).

Режим полной нагрузки характеризуется тем, что дроссельная заслонка открыта полностью, разрежение за ней уменьшается, т.е. повышается давление. Нижняя диафрагма перемещается в крайнее положение до упора (см. рис. 6.21, б), благодаря чему усилие внутренней цилиндрической пружины

жины резко снижается. Под действием давления верхняя диафрагма прогибается вниз, в результате управляющее давление понижается и рабочая смесь обогащается.

Для обеспечения пуска и прогрева двигателя в системе впрыска "K-JETRONIK" предусмотрены электромагнитная пусковая форсунка, термореле, клапан дополнительной подачи воздуха и регулятор управляющего давления (корректор подогрева см. на рис. 6.13).

Пусковая форсунка предназначена для впрыска во впускной коллектор дополнительного количества топлива в момент запуска холодного двигателя. Она работает совместно с термореле (тепловым реле времени), которое управляет ее электрической цепью в зависимости от температуры двигателя и продолжительности его запуска (электрическая схема рассмотрена ниже).

Примерные данные пусковых форсунок:

- производительность при 4,5 кгс/см² 85±20 см³/мин;
- рабочее напряжение 7...15 В;
- мощность потребляемая 37 Вт;
- угол конуса распыления топлива 80°.

Продолжительность впрыска:

- при –20 °С не более 7,5 с;
- при +20 °С 2 с;
- при 0 °С не более 5 с;
- при +35 °С 0 с.

Термореле (см рис. 6.15 и рис. 6.22) имеет нормально замкнутые контакты, один из них соединен с "массой" другой установлен на биметаллической пластине. Электрический подогрев пластины осуществляется через клемму "50" (реле стартера) выключателя зажигания или через реле пуска холодного двигателя – послестартового реле. В первом случае подогрев действует только при включении стартера, во втором более длительно. При замкнутых контактах термореле идет питание пусковой форсунки с электромагнитным управлением или, другими словами, при замкнутых контактах термореле пусковая форсунка открыта и осуществляется впрыск добавочного топлива.

Время впрыска топлива пусковой форсункой в зависимости от температуры двигателя (охлаждающей жидкости) составляет 1–8 с. За это время биметаллическая пластина из-за электрического подогрева деформируется настолько, что контакты термореле размыкаются, электропитание пусковой форсунки прекращается и дальнейшего обогащения смеси больше не происходит.

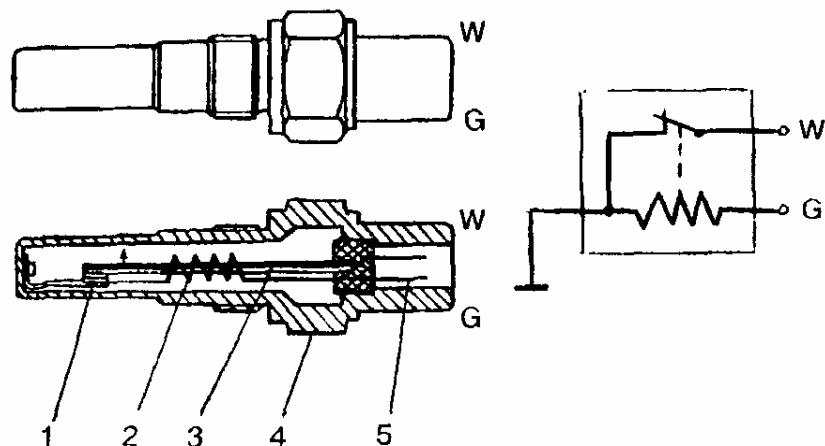


Рис. 6.22. Термореле:
 1 – контакты; 2 – электрическая спираль; 3 – биметаллическая пластина;
 4 – корпус; 5 – штекер

При теплом двигателе контакты термореле разомкнуты из-за положения биметаллической пластины и при пуске двигателя соответственно не включаются ее подогрев и пусковая форсунка. Питание при пуске осуществляется рабочими форсунками.

Как известно, при пуске холодного двигателя и его прогреве для устойчивой работы двигателя требуется повышенное количество рабочей смеси. Обеспечивается это рядом устройств. Одно из них – клапан добавочного воздуха, (рис. 6.23). При холодном двигателе диафрагма 1 клапана, удерживается биметаллической пластиной в верхнем положении, клапан открыт и воздух поступает в обход дроссельной заслонки.

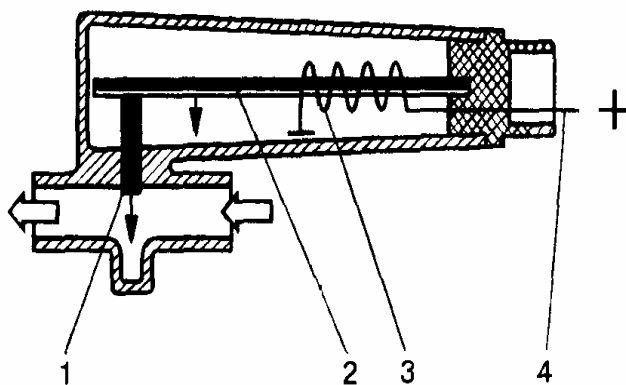


Рис. 6.23. Клапан добавочного воздуха:
 1 – диафрагма; 2 – биметаллическая пластина;
 3 – электрическая спираль; 4 – штекер

По мере прогрева биметаллическая пластина изгибается вниз, в результате чего канал подачи дополнительного воздуха перекрывается. Биметаллическая пластина обогревается специальной электрической спиралью и за счет температуры двигателя.

Клапан добавочного воздуха при прогреве увеличивает количество только воздуха. Получение же обогащенной рабочей смеси осуществляется двумя путями. Первый – добавочный воздух фиксируется расходомером, его напорный диск перемещается и через рычаг воздействует на плунжер распределителя, поднимая его вверх, смесь обогащается. Второй – на холодном двигателе включает в работу регулятор управляющего давления, рассмотренный выше. Биметаллическая пластина регулятора сжимает пружину диафрагменного клапана, открывая канал слива топлива, что приводит к уменьшению противодействия в плунжере распределителя. Уменьшение управляющего давления при неизменном расходе воздуха вызывает увеличение хода напорного диска. Вследствие этого распределительный плунжер дополнительно приподнимается, увеличивая количество топлива, подаваемого к форсункам.

Форсунки впрыска открываются автоматически под давлением и не осуществляют дозирование топлива (рис. 6.24). Угол конуса распыливания топлива примерно 35° (у пусковой форсунки 80°).

Форсунки, выпускаемые, например, фирмой BOSCH, чрезвычайно разнообразны; "свои" форсунки разработаны для каждой модели автомобиля и двигателя; кроме того, конструкция форсунок постоянно совершенствуется. Таким образом, каждая форсунка предназначена только для конкретного автомобиля и двигателя определенных лет выпуска.

Наиболее часто встречающиеся диапазоны давления открытия форсунок (начало впрыска), кгс/см²: 2,7–3,8; 3,0–4,1; 3,2–3,7; 4,3–4,6; 4,5–5,2.

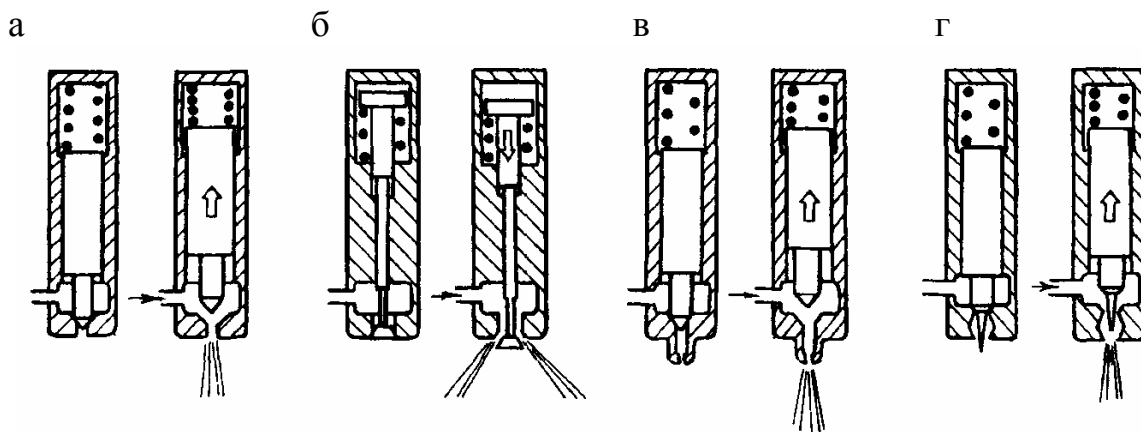


Рис. 6.24. Форсунки (инжекторы) впрыска топлива:
а; б – клапанные; в – закрытая; г – штифтовая

Отдельные фирмы указывают давление начала впрыска для новых и приработавшихся форсунок. Так, для автомобилей "Mercedes Benz-190" при диапазоне давлений начала впрыска новых форсунок, кгс/см²: 3,5–4,1 и 3,7–4,3 давление начала впрыска приработавшихся форсунок соответственно

3,0 (не менее) и 3,2. Для автомобилей "Mercedes Benz-200, -230, -260, -300" серии W-124 соответствующие значения будут (3,7–4,3) – 3,2; (4,3–4,6) – 3,7.

У части автомобилей, например, "Audi-100" (5 цилиндров) для данной мощности двигателей, кВт (л.с.), 74–98 (100–138) указывается производительность форсунок: в режиме холостого хода 25–30 см³/мин, при режиме полной нагрузки 80 см³/мин.

Важным показателем форсунки впрыска является давление, соответствующее закрытому состоянию форсунок, например, на автомобиле с диапазоном начала открытия форсунок 4,5–5,2 кгс/см² давление, соответствующее закрытому состоянию (давление слива), установлено в 2,5 кгс/см². Для контроля давления слива необходимо установить давление 2,5 кгс/см² и подсчитать число капель топлива, появившихся из распылителя форсунки за 1 мин. Как правило, допускается только одна капля. При недостаточной чистоте бензина давление слива резко падает, что, в свою очередь, может затруднить пуск (особенно горячего двигателя).

Иногда клапанные форсунки впрыска могут быть оснащены дополнительным подводом воздуха. Воздух забирается перед дроссельной заслонкой (давление здесь выше, чем у форсунки) и по специальному каналу подается в держатель каждой форсунки. Эта система способствует улучшению смесеобразования на холостом ходу, так как смешение бензина с воздухом начинается уже в держателе форсунки. Лучшее смесеобразование обеспечивает лучшее сгорание и соответственно меньший расход топлива и снижение токсичности отработавших газов.

Форсунки во впускной коллектор могут ввинчиваться или запрессовываться. В последнем случае при их демонтаже требуется довольно значительное усилие. Лучше выпрессовывать форсунки при нагревом до 80 °С коллекторе.

Давление в системе питания создается электрическим насосом. Последний начинает работать при включенном зажигании только в том случае, если вращается коленчатый вал двигателя.

Большинство элементов системы "K-JETRONIK" имеют питание от управляющего реле, и только пусковая электромагнитная форсунка с термореле подключены к клемме "50" выключателя зажигания (рис. 6.25). Другими словами, пусковая форсунка и термореле могут быть включены только во время работы стартера.

Электронасос, регулятор управляющего давления и клапан добавочного воздуха включаются управляющим реле. Управляющее реле выключает все названные элементы схемы при включенном зажигании, но при невращающемся коленчатом вале двигателя, что важно по соображениям безопасности в случае аварии.

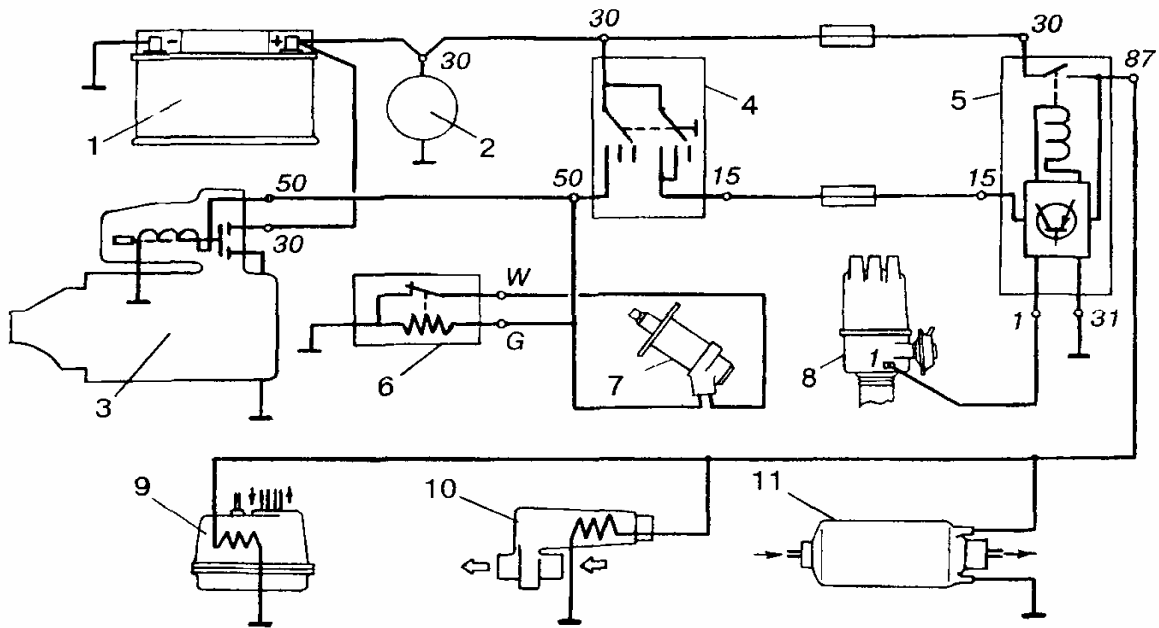


Рис. 6.25. Электросхема системы "K-JETRONIK" без послестартового реле:

- 1 – аккумуляторная батарея; 2 – генератор; 3 – стартер;
 4 – выключатель зажигания; 5 – управляющее реле; 6 – термореле;
 7 – пусковая электромагнитная форсунка; 8 – датчик-распределитель;
 9 – регулятор управляющего давления; 10 – клапан добавочного воздуха;
 11 – топливный насос

При пуске холодного двигателя напряжение с клеммы "50" подается на пусковую форсунку и термореле. Если пуск продолжается более чем 10–15 с, то термореле выключает пусковую форсунку, чтобы двигатель не "залило". Когда при пуске двигатель имеет повышенную температуру (около 36 °С), термореле разомкнуто, и пусковая форсунка не функционирует.

Управляющее реле включается самостоятельно как только стартер провернет коленчатый вал двигателя. Для этого управляющее реле получает импульсы от датчика-распределителя, клеммы "1" катушки зажигания или от соответствующей клеммы коммутатора. Управляющее реле распознает состояние – "коленчатый вал двигателя вращается". Если же двигатель не запустился, импульсы к управляющему реле больше не подходят. Реле распознает это и отключает топливный насос через 1 секунду после прохождения последнего импульса.

На рис. 6.25 показана электросхема в "состоянии покоя". На рис. 6.26 и 6.27 (фрагменты схемы) представлены: пуск холодного двигателя, рабочее состояние и состояние, когда зажигание включено, а коленчатый вал двигателя не вращается.

На рис. 6.26, а представлена схема с реле пуска холодного двигателя (послестартовое реле). Смысл такого включения в продлении времени

работы пусковой форсунки. Форсунка работает некоторое время и после выключения стартера.

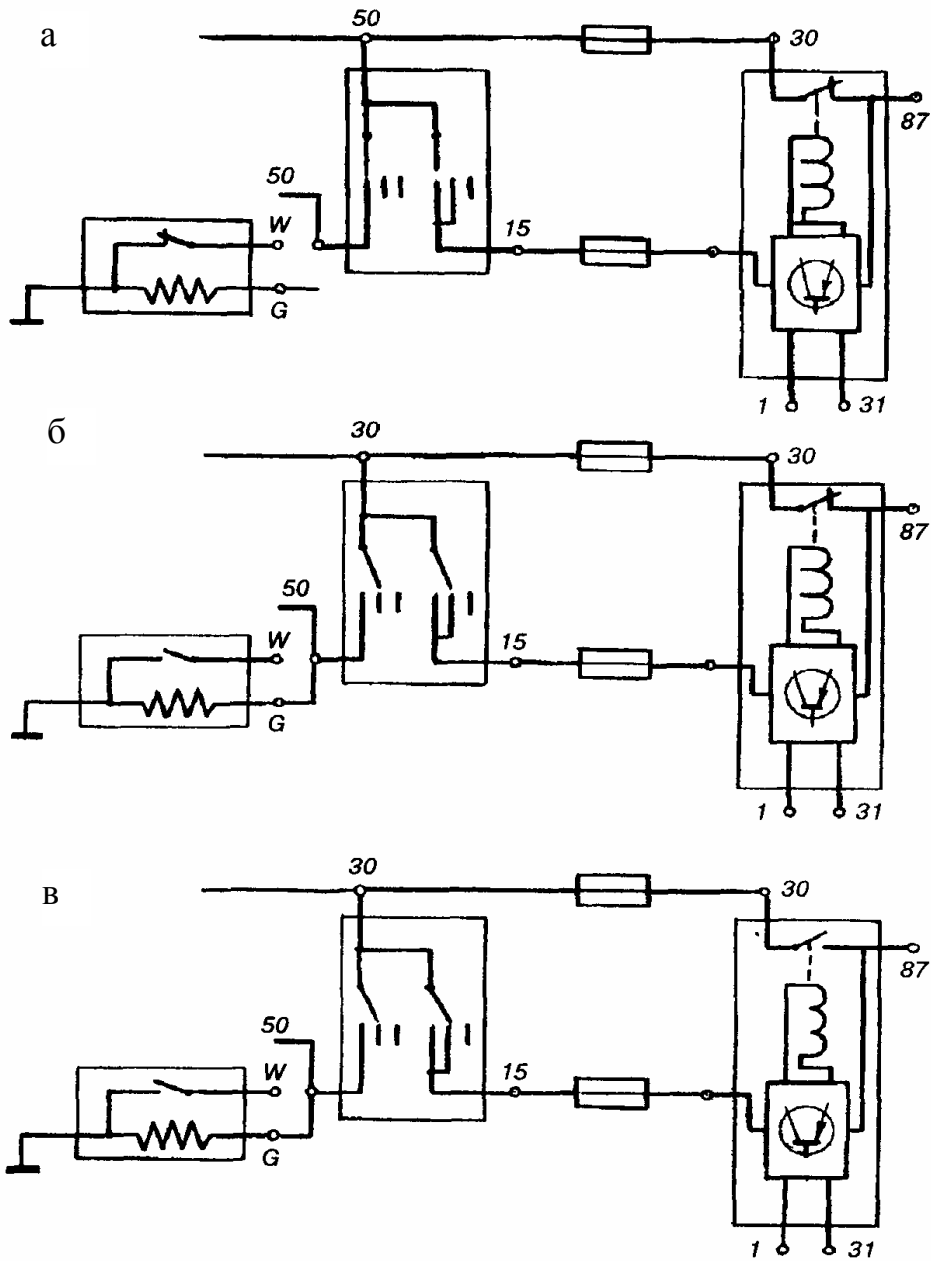


Рис. 6.26. Электрическая схема "K-JETRONIK"
(фрагмент, см. рис. 6.25):

а – пуск холодного двигателя; б – рабочее состояние, двигатель прогрет;
в – зажигание включено, коленчатый вал двигателя не вращается

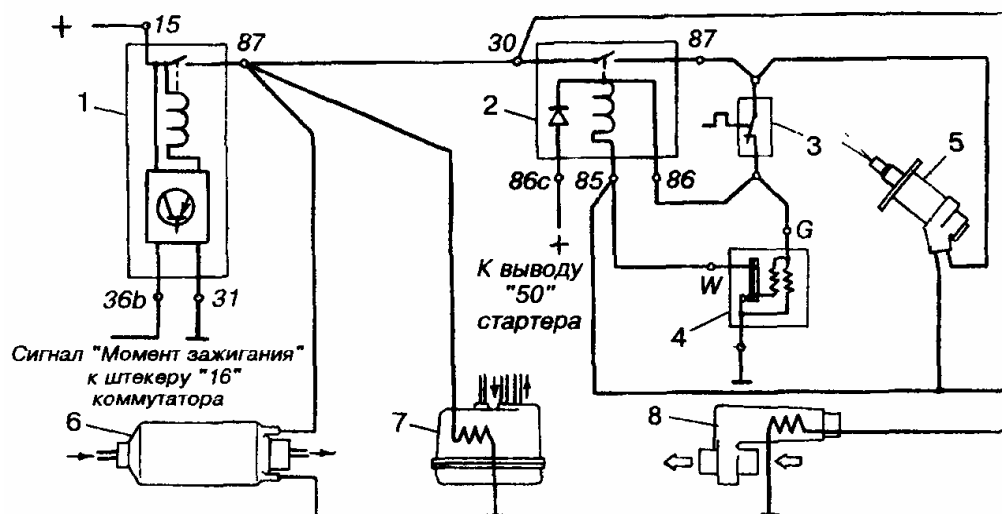


Рис. 6.27. Электрическая схема системы "К-JETRONIK" с реле пуска холодного двигателя (с послестартовым реле):
 1 – реле включения топливного насоса; 2 – реле пуска холодного двигателя;
 3 – термоэлектрический выключатель; 4 – тепловое реле времени;
 5 – пусковая электромагнитная форсунка; 6 – топливный насос;
 7 – регулятор управляющего давления; 8 – клапан добавочного воздуха

6.6. Система впрыска «KE-JETRONIK»

6.6.1. Отличительные особенности устройства и принцип действия

Система впрыска "KE-JETRONIK" – это механическая система постоянного впрыска топлива, подобная системе "KE-JETRONIK", но с электронным блоком управления (*E-Elektronik*). В системе "KE-JETRONIK" регулятор управляющего давления заменен электрогидравлическим регулятором.

Кроме этого, система имеет: установленный на рычаге расходомера воздуха потенциометр (реостатный датчик) и выключатель положения дроссельной заслонки. Потенциометр сообщает электрическими сигналами в электронный блок управления информацию о положении напорного диска расходомера воздуха. Положение напорного диска определяется расходом воздуха (разрежением во впускном трубопроводе, положением дроссельной заслонки, нагрузкой двигателя).

Выключатель положения дроссельной заслонки может информировать электронный блок управления о крайних положениях дроссельной заслонки – полностью открыта или закрыта (в этом случае выключатель называется концевым), о всех положениях дроссельной заслонки и о скорости ее открытия и закрытия.

Система "KE-JETRONIK" с электронным блоком управления (*E-Elektronik*) является дальнейшим развитием системы "K-JETRONIK". Она более сложная, но позволяет лучше оптимизировать дозирование топлива. Идеальное дозирование – это топливная экономичность, наименьшая токсичность отработавших газов, наилучшая динамика. К сожалению, совместить все три составляющие не удастся. Поэтому, к примеру, о топливной экономичности заботятся при всех частичных нагрузках, а при полной нагрузке – только о наилучших динамических показателях.

Топливо под давлением поступает к форсункам 11 (рис. 6.28), установленным перед впускными клапанами. Форсунки распыляют топливо, количество которого определяется его давлением в зависимости от нагрузки (от разрежения во впускном коллекторе) и от температуры охлаждающей жидкости.

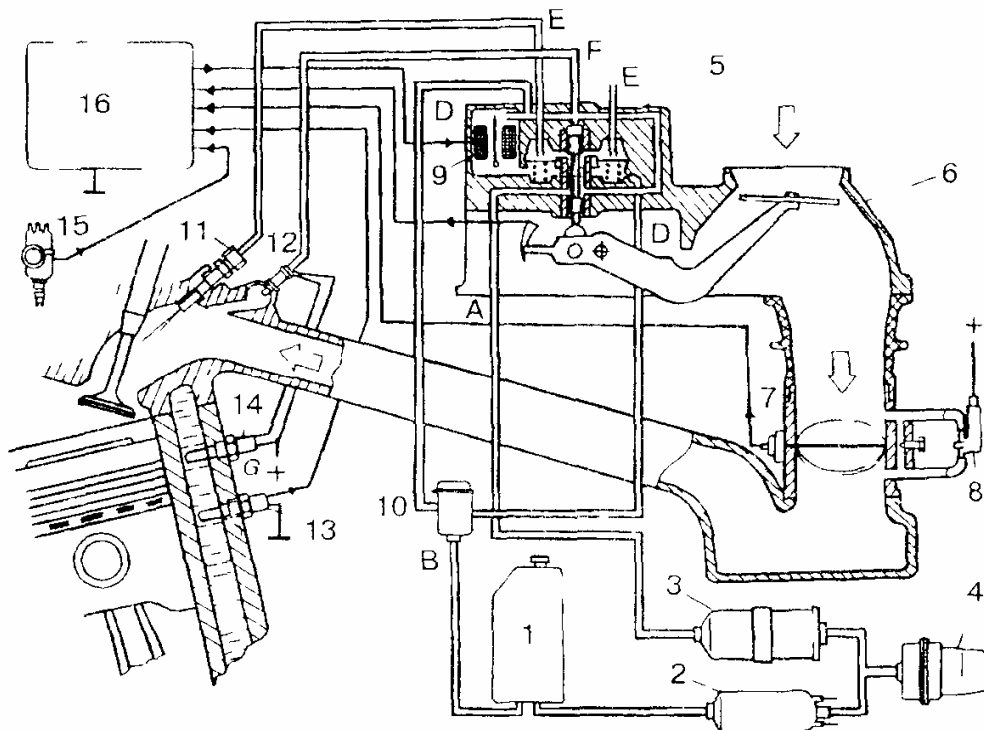


Рис. 6.28. Схема системы впрыска KE – JETRONIK:

- 1 – топливный бак; 2 – электронасос; 3 – топливный фильтр;
 4 – накопитель топлива; 5 – дозатор-распределитель; 6 – расходомер воздуха;
 7 – выключатель положения дроссельной заслонки; 8 – клапан дополнительной подачи воздуха; 9 – электрогидравлический регулятор управляющего давления (противодавления); 10 – регулятор давления топлива в системе; 11 – форсунка (инжектор); 12 – пусковая электромагнитная форсунка; 13 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 14 – термореле; 15 – датчик – распределитель; 16 – электронный блок управления.

Каналы: А – подвод топлива (давление системы); В – слив топлива в бак;
 С – канал управляющего давления (в дозаторе-распределителе);
 D – канал регулятора давления; E – подвод топлива к форсункам;
 F – подвод топлива к пусковой электромагнитной форсунке

Регулирование количества топлива обеспечивается дозатором-распределителем 5, управляемым расходомером воздуха 6 и электрогидравлическим регулятором управляющего давления 9, управляемым электронным блоком управления 16 по сигналам датчика температуры охлаждающей жидкости двигателя 13, выключателя положения дроссельной заслонки 7 и датчика частоты вращения (числа оборотов) коленчатого вала двигателя (датчика начала отсчета). Сигналы (импульсы) частоты вращения берутся от датчика-распределителя зажигания 15. Эти сигналы могут также браться от катушки зажигания или от коммутатора. В настоящее время для этой цели применяются индуктивные датчики. Последние закрепляются на картере маховика, а их "чувствительная" часть располагается над зубчатым венцом маховика. При прохождении зуба мимо датчика в его обмотке генерируется ЭДС. Применяются датчики и на основе эффекта Холла, которые лучше индуктивных, но сложнее и дороже.

Система впрыска (см. рис. 6.28) работает следующим образом. Электронасос 2 забирает топливо из бака и подает его под давлением к дозатору-распределителю топлива 5 через топливный фильтр 3 и накопитель 4.

Топливо поступает в верхние камеры дифференциальных клапанов дозатора-распределителя под давлением, которое изменяется регулятором 10 в зависимости от положения плунжера распределителя.

Количество топлива, поступающего к рабочим форсункам 11, регулируется диафрагмой дифференциальных клапанов, прижимаемой управляющим давлением (противодавлением) к выходным отверстиям (трубкам форсунок).

В отличие от системы "K-JETRONIK" управляющее давление к верхнему торцу плунжера распределителя в системе "KE-JETRONIK" не подводится.

Регулятор управляющего давления 9 представляет собой электроклапан, управляемый электронным блоком 16. При работе главной дозирующей системы меняется положение биметаллической пластины. При увеличении частоты вращения коленчатого вала (ускорение) верх пластины отклоняется вправо, отверстие подвода топлива к регулятору прикрывается. При уменьшении частоты вращения коленчатого вала (замедление) верх пластины отклоняется влево, отверстие подвода топлива к регулятору увеличивается. При равномерной работе двигателя (постоянной частоте вращения коленчатого вала) пластина находится в выпрямленном состоянии.

Потенциометр напорного диска и выключатель положения дроссельной заслонки передают в электронный блок управления информацию о текущей нагрузке двигателя и о "поведении" дроссельной заслонки. В свою очередь, электронный блок управления через электрогидравлический регулятор управляющего давления корректирует воздействие перемещений

напорного диска на плунжер распределителя. Например, при резком нажатии на педаль "газ", "взаимосвязь", открытии дроссельной заслонки, перемещении напорного диска и росте частоты вращения коленчатого вала электронный блок управления различает, ускорение ли это движения автомобиля или просто увеличение частоты вращения коленчатого вала двигателя на холостом ходу.

При полной нагрузке сигнал от выключателя положения дроссельной заслонки поступает в электронный блок управления, который через регулятор управляющего давления дозатора-распределителя обогащает смесь.

Система холостого хода, представленная на рис. 6.28, почти не отличается от системы холостого хода "K-JETRONIK". Параллельно каналу дроссельной заслонки идут еще два воздушных канала. В одном установлен конический винт регулировки холостого хода (винт количества), которым поддерживается минимальное разрежение в расходомере воздуха 6 под диском и обеспечивается работа двигателя на холостом ходу. Клапан дополнительной подачи воздуха 8 работает при холодном пуске и прогреве двигателя аналогично системе "KE-JETRONIK".

6.7. Система пуска

Электронасос 2 (см. рис. 6.28) при пуске мгновенно создает давление в системе. В течение определенного времени, зависящего от температуры охлаждающей жидкости, пусковая форсунка 12 распыляет топливо во впускной трубопровод, что обеспечивает обогащение смеси и надежный запуск холодного двигателя. Время работы пусковой форсунки определяет так же, как и в системе "K-JETRONIK", термореле 14.

Клапан 8 открывает доступ во впускной трубопровод добавочному воздуху, обеспечивая тем самым увеличение частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу при прогреве двигателя.

Вместо клапана дополнительной подачи воздуха или параллельно с ним могут быть установлены более сложные устройства, например электромагнитный регулятор (клапан) с электронным управлением. Если клапаны добавочного воздуха с подогревом работают "сами по себе" или по усредненной программе без обратной связи, то электромагнитные регуляторы управляются электронным блоком. Электронный блок, получая текущую информацию о частоте вращения коленчатого вала двигателя, корректирует ее, воздействуя на электромагнитный регулятор холостого хода, работающий на всех температурных режимах двигателя.

Обогащение смеси у холодного двигателя осуществляется регулятором управляющего давления 9, который уменьшает противодавление в нижних камерах дифференциальных клапанов, при этом биметаллическая пластина

регулятора отклоняется вправо. Обогащение смеси прекращается по сигналу датчика температуры охлаждающей жидкости 13.

Датчик температуры охлаждающей жидкости по внешнему виду похож на термореле (тепловое реле времени), управляющее работой пусковой форсунки. Однако принцип его действия совершенно иной. Если термореле (см. рис. 6.22) – это простой термоэлектрический выключатель, то датчик температуры двигателя – это термочувствительное сопротивление с отрицательным температурным коэффициентом. Отрицательный температурный коэффициент – это обратная зависимость между температурой нагрева и сопротивлением датчика. Это означает, что у холодного датчика сопротивление максимальное, а по мере нагрева его сопротивление уменьшается.

Электронный блок управления получает сигнал о текущей температуре двигателя в виде величины сопротивления датчика. На основании этого блок выдает соответствующую команду на электрогидравлический регулятор управляющего давления, который изменяет это управляющее давление и тем самым – состав смеси.

6.8. Другие системы впрыска

Общая структурная схема системы впрыскивания топлива с программным управлением была рассмотрена выше (см. рис. 6.12). На рис. 6.29 показана система распределенного впрыскивания топлива «L-Jetronic». Электрический топливный насос 2 подает топливо из бака 1 через фильтр 3 в топливный коллектор 4, в котором с помощью стабилизатора 5 поддерживается постоянный перепад давления на входе и выходе топлива из форсунок 7. Стабилизатор перепада давления поддерживает постоянным давление впрыскивания и обеспечивает возврат избыточного топлива в бак. Этим обеспечивается циркуляция топлива в системе и исключается образование паровых пробок. Из коллектора топливо поступает к рабочим форсункам, которые подают его в зону впускных клапанов. Количество впрыскиваемого топлива задается электронным блоком управления 6 в зависимости от температуры, давления и объема поступающего воздуха, частоты вращения коленчатого вала и нагрузки двигателя. Учитывается также температура охлаждающей жидкости.

Объем поступающего воздуха является основным параметром, определяющим дозирование топлива. Воздух поступает в цилиндры через измеритель 12 расхода воздуха и впускной трубопровод. Воздушный поток, поступающий в двигатель, отклоняет напорную измерительную заслонку измерителя расхода воздуха на определенный угол. При этом с помощью потенциометра электрический сигнал, пропорциональный углу поворота

заслонки, подается в блок управления, который определяет необходимое количество топлива и выдает на электромагнитные клапаны импульсы управления моментом впрыскивания топлива. Электронная схема управления дозированием топлива получает питание от аккумуляторной батареи 20 и начинает работать при включении зажигания.

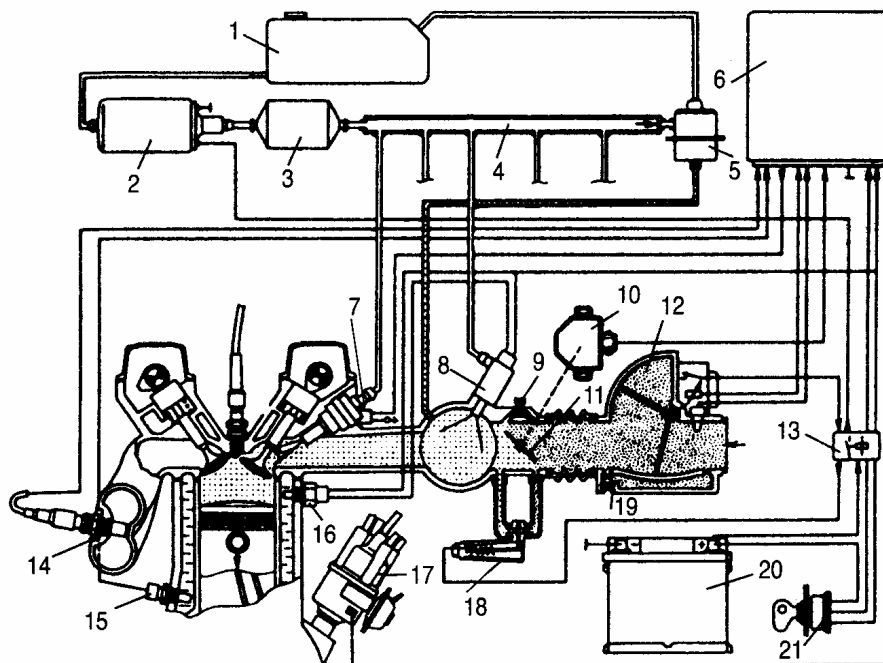


Рис. 6.29. Схема системы впрыскивания топлива «L-Jetronic»:
 1 – топливный бак; 2 – насос; 3 – фильтр; 4 – топливный коллектор;
 5 – стабилизатор перепада давления; 6 – блок управления; 7 – форсунка с электромагнитным управлением; 8 – пусковая форсунка; 9 – винт регулирования частоты вращения вала на холостом ходу; 10 – датчик положения дроссельной заслонки; 11 – дроссельная заслонка;
 12 – измеритель расхода воздуха; 13 – реле; 14 – датчик кислорода;
 15, 16, 17 – датчики; 18 – регулятор расхода воздуха на холостом ходу;
 19 – винт измерителя расхода воздуха; 20 – аккумуляторная батарея;
 21 – выключатель зажигания и системы впрыскивания

Независимо от положения впускных клапанов, форсунки впрыскивают топливо за один или два оборота коленчатого вала двигателя. Если впускной клапан в момент впрыскивания топлива форсункой закрыт, топливо накапливается в пространстве перед клапаном и поступает в цилиндр при следующем его открытии одновременно с воздухом. Схема расположения форсунки при впрыскивании топлива в зону впускного клапана показана на рис. 6.30.

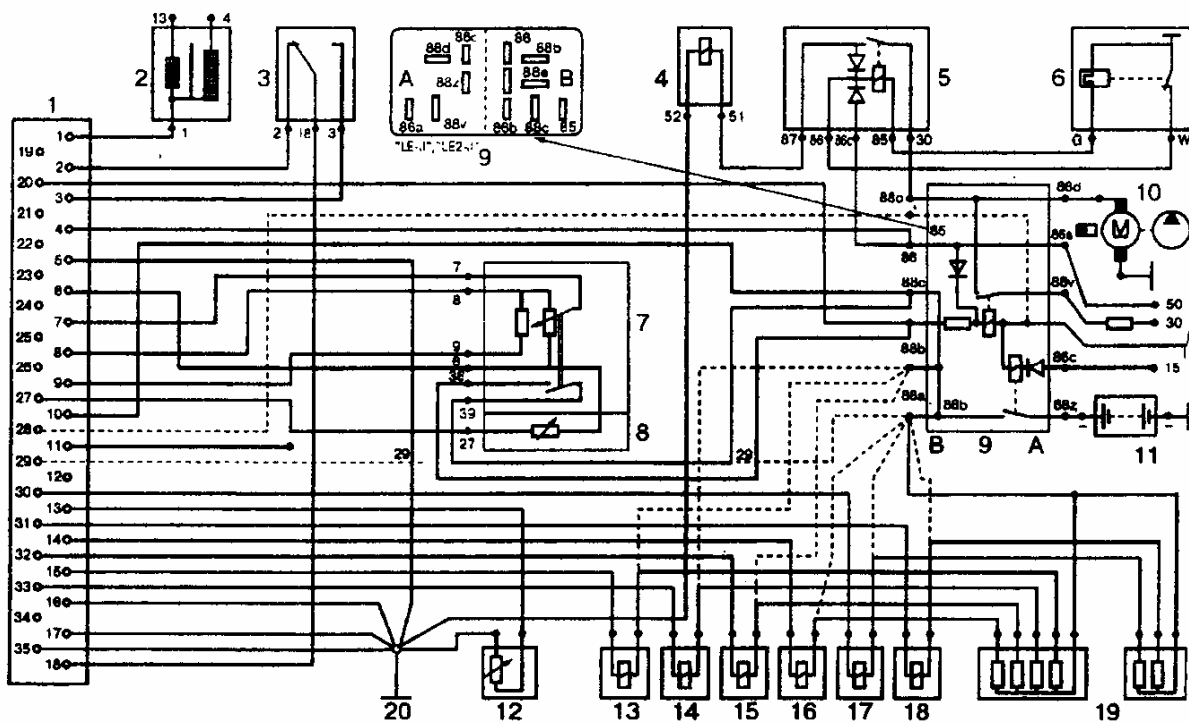
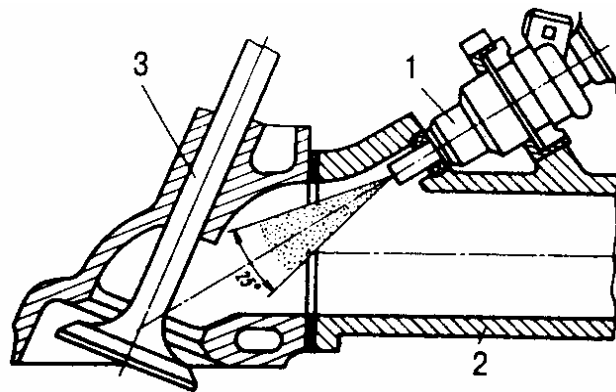


Рис. 6.30. Схема расположения форсунки при впрыскивании топлива в зону впускного клапана:
 1 – электромагнитная форсунка; 2 – впускной трубопровод;
 3 – впускной клапан

Количество поступающего к цилиндрам двигателя воздуха регулируется дроссельной заслонкой 11 (см. рис. 6.29), управляемой водителем. В системе предусмотрен регулятор 18 расхода воздуха на холостом ходу, расположенный около дроссельной заслонки. Он обеспечивает дополнительную подачу воздуха при холодном пуске и прогреве двигателя. По

мере прогрева двигателя, начиная с температуры охлаждающей жидкости 50–70 °С, регулятор прекращает подачу дополнительного воздуха. После этого при закрытой дроссельной заслонке воздух поступает только через верхний байпасный (обводной) канал, сечение которого можно изменять регулирующим винтом 9, что обеспечивает возможность регулирования частоты вращения в режиме холостого хода.

Стабилизатор 5 перепада давления поддерживает постоянное избыточное давление топлива относительно давления воздуха во впускном трубопроводе. В этом случае цикловая подача топлива форсункой 7 зависит только от времени, в течение которого открыт ее клапан. Следовательно, основной принцип электронного управления впрыскиванием топлива заключается в широтной модуляции электрического импульса, управляющего форсункой при условии поддержания постоянного перепада давления топлива.

Длительность импульсов управления временем впрыскивания топлива форсункой корректируется в зависимости от температуры охлаждающей жидкости по информации от датчика 15.

На режимах полного открытия дроссельной заслонки и разгона автомобиля необходимо обогащение горючей смеси, что обеспечивается электронным блоком управления по информации от датчика 10 положения дроссельной заслонки. При открытии заслонки контактная система датчика 10 дает импульсы, которые приводят к обогащению смеси в режиме разгона автомобиля (см. рис. 6.29).

В датчике 10 положения дроссельной заслонки предусмотрена контактная пара, от замкнутого или разомкнутого состояния которой зависит отключение или включение топливоподачи в режиме принудительного холостого хода. Подача топлива прекращается при закрытой дроссельной заслонке, когда частота вращения коленчатого вала двигателя выше 1000 мин⁻¹, и возобновляется при снижении частоты вращения до 900 мин⁻¹. При этом порог отключения подачи топлива корректируется в зависимости от температурного состояния двигателя.

Для облегчения пуска холодного двигателя в системе предусмотрена дополнительная пусковая форсунка 8, продолжительность открытия которой зависит от температуры охлаждающей жидкости (датчик 16). Пусковая форсунка представляет собой электромагнитный клапан с вихревым центробежным распылителем.

Введенный в систему датчик кислорода обеспечивает поддержание стехиометрического состава смеси.

Функциональная связь всех элементов системы распределенного впрыскивания топлива "L-Jetronic" показана на рис. 6.31.

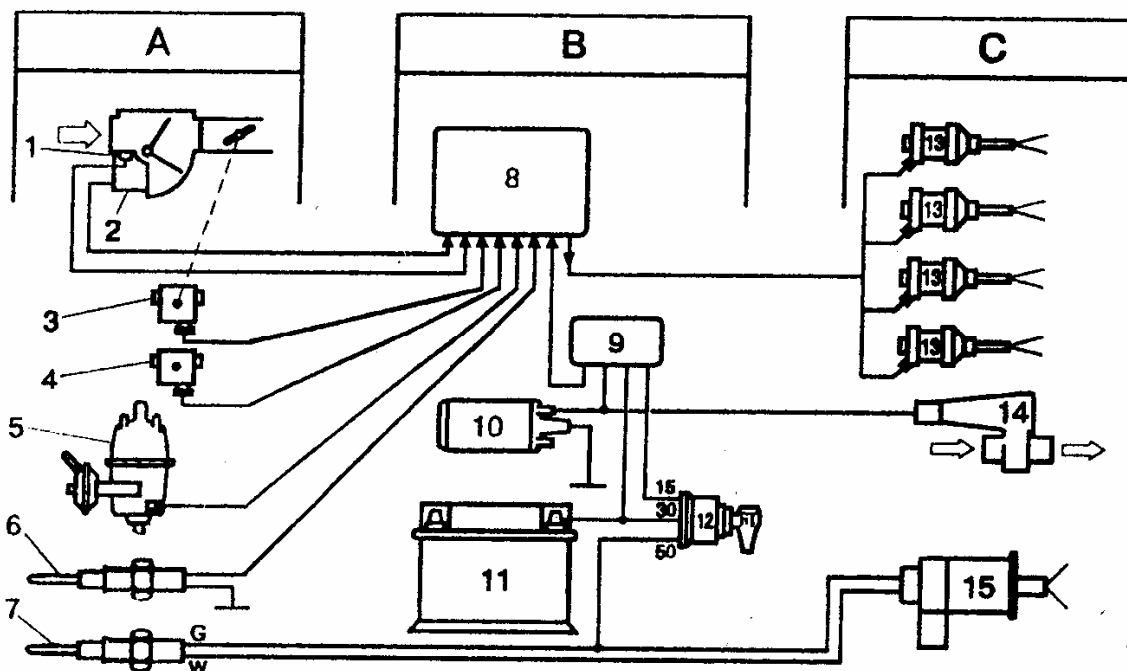


Рис. 6.31. Функциональная схема управления системой впрыскивания топлива "L-Jetronic":

- А – устройства входных 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; В – устройства управления и обеспечения: 8 – электронный блок управления; 9 – блок реле; 10 – топливный насос; 11 – аккумуляторная батарея; 12 – выключатель зажигания; С – устройства выходных параметров: 13 – рабочие форсунки; 14 – клапан добавочного воздуха; 15 – пусковая форсунка

Применение системы впрыскивания топлива «L-Jetronic» значительно усложняет схему электрооборудования автомобиля. Следует отметить, что электрические схемы системы «L-Jetronic» отличаются в зависимости от автомобиля, двигателя, установленного на нем, и года выпуска автомобиля.

На рис. 6.32 приведена схема системы впрыскивания топлива «LN-Jetronic», в которой измерение расхода воздуха осуществляется термоанемометром. Применение термоанемометра позволяет поддерживать постоянный состав смеси при изменении плотности воздуха.

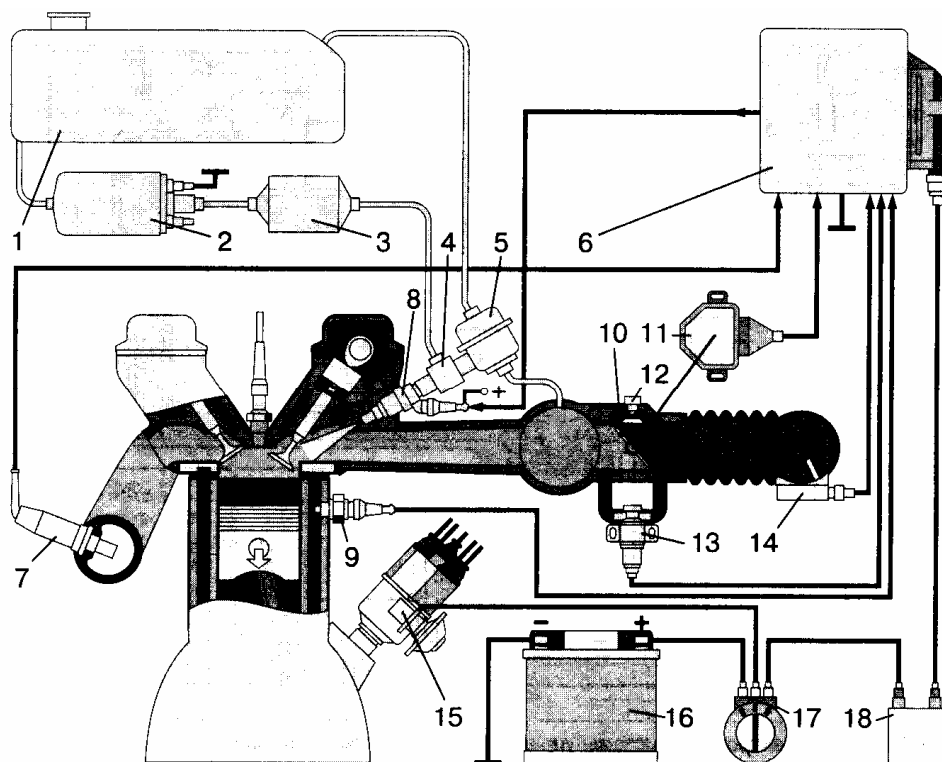


Рис. 6.32. Схема системы впрыскивания топлива «LH-Jetronic»:
 1 – топливный бак; 2 – топливный насос; 3 – топливный фильтр;
 4 – топливный коллектор; 5 – стабилизатор перепада давления;
 6 – блок управления; 7 – датчик кислорода; 8 – форсунка с электромагнитным управлением; 9 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 10 – дроссельная заслонка; 11 – датчик положения дроссельной заслонки; 12 – винт ручного регулирования частоты вращения вала на холостом ходу; 13 – регулятор частоты вращения коленчатого вала двигателя, размещенный в корпусе прерывателя-распределителя системы зажигания; 14 – термоанемометр; 15 – датчик частоты вращения коленчатого вала двигателя, размещенный в корпусе прерывателя-распределителя системы зажигания; 16 – аккумуляторная батарея;
 17 – выключатель зажигания; 18 – реле

Схема системы впрыскивания топлива двигателя автомобиля "Toyota" приведена на рис. 6.33. Ее центральной частью является электронный блок управления 11. На основании сигналов датчиков блок управления рассчитывает количество впрыскиваемого топлива для получения оптимального соотношения топлива и воздуха в горючей смеси. Количество впрыскиваемого топлива определяется временем открытия электромагнитного клапана форсунки.

Основное время впрыскивания топлива – это время для получения смеси с теоретически необходимым коэффициентом избытка воздуха. Количество воздуха, поступающего в цилиндр за цикл, рассчитывается блоком управления по данным датчика расхода воздуха и частоты вращения коленчатого вала двигателя.

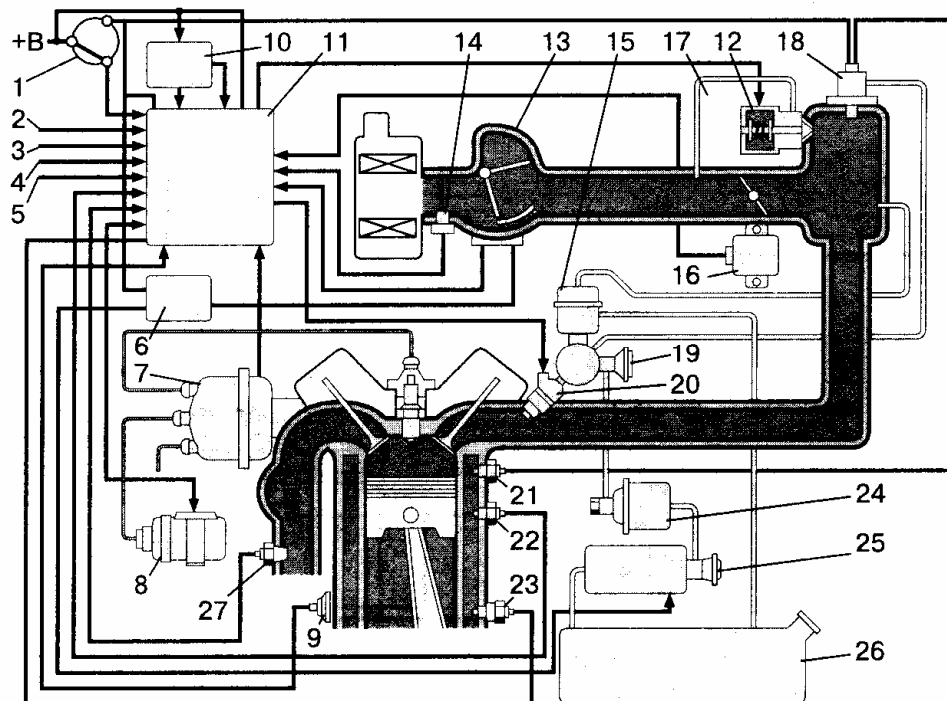


Рис. 6.33. Схема системы впрыскивания топлива двигателя автомобиля "Toyota":

- 1 – ключ зажигания; 2 – разъем для подключения внешних средств диагностики;
- 3 – сигнал включения нейтральной передачи; 4 – сигнал включения кондиционера; 5 – сигнал скорости автомобиля; 6 – реле включения;
- 7 – распределитель зажигания; 8 – катушка зажигания;
- 9 – датчик аварийного падения давления масла; 10 – реле;
- 11 – электронный блок управления; 12 – шаговый двигатель системы управления частотой вращения коленчатого вала на холостом ходу;
- 13 – датчик расхода воздуха; 14 – датчик температуры поступающего в двигатель воздуха; 15 – регулятор давления; 16 – датчик угла открытия дроссельной заслонки; 17 – клапан холостого хода; 18 – форсунка холодного пуска; 19 – редукционный клапан; 20 – форсунка;
- 21 – таймер прогрева; 22 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 23 – датчик детонации; 24 – топливный фильтр;
- 25 – топливный насос; 26 – бак для топлива; 27 – датчик кислорода

В системе предусмотрена коррекция времени срабатывания электромагнитной форсунки по напряжению питания, по температуре охлаждающей жидкости во время прогрева двигателя, по температуре воздуха на впуске.

При работе двигателя необходимо достигнуть высокой степени очистки отработавших газов по компонентам CO, CH и NO с помощью трехкомпонентного нейтрализатора. Стабилизация стехиометрического состава горючей смеси обеспечивается с помощью датчика кислорода, устанавливаемого в выпускном трубопроводе.

Система выполняет также функции экономайзера принудительного холостого хода (ЭПХХ). Количество топлива, впрыскиваемого при пуске двигателя, определяется температурой охлаждающей жидкости.

На рис. 6.34 приведена система центрального впрыскивания топлива, включающая в себя электронный блок управления на базе микропроцессора, смесительную камеру с дроссельной заслонкой, форсунки, стабилизатор давления, топливный насос с электроприводом, топливный фильтр, датчик температуры охлаждающей жидкости, регулятор частоты вращения в режиме холостого хода. Действие регулятора основано на изменении положения дроссельной заслонки или перепуске воздуха в обход дроссельной заслонки. После обработки информации от датчика частоты вращения микропроцессор формирует управляющий сигнал, подаваемый на исполнительное устройство, в качестве которого может быть использован шаговый электродвигатель, воздействующий или на дроссельную заслонку, или на клапан обводного канала. Как правило, все системы центрального впрыскивания топлива имеют датчик кислорода, позволяющий адаптивно поддерживать стехиометрический состав горючей смеси.

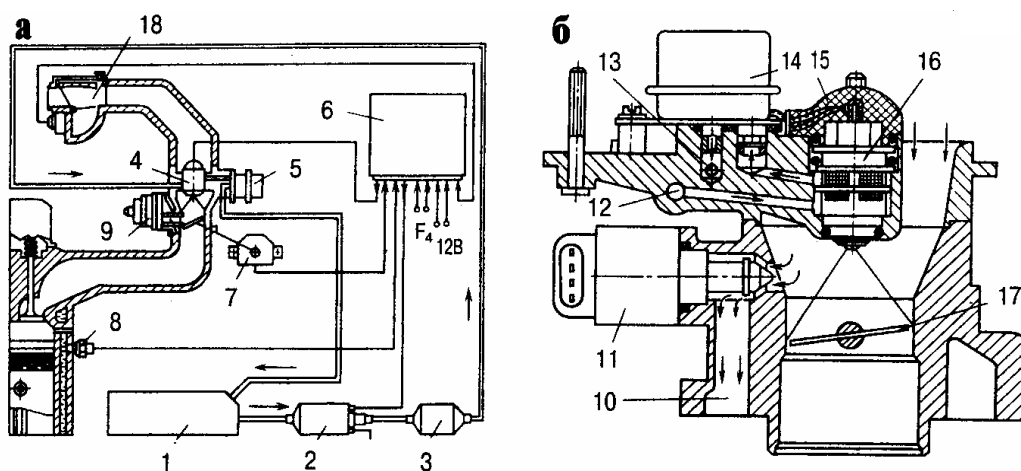


Рис.6.34. Схема системы центрального впрыскивания топлива:
 а – общая схема системы; б – вариант дроссельного патрубка со стабилизатором давления и перепуском воздуха для автоматического регулирования частоты вращения коленчатого вала на режиме холостого хода;
 1 – топливный бак; 2 – топливный насос; 3 – фильтр; 4 – форсунка;
 5 – стабилизатор давления; 6 – электронный блок управления;
 7,8 – датчики, соответственно, положения дроссельной заслонки и температуры охлаждающей жидкости; 9 – корпус смесительной камеры;
 10 – канал холостого хода; 11 – регулятор холостого хода;
 12 – подводящий топливный канал; 13 – канал отвода топлива от стабилизатора давления; 14 – стабилизатор давления топлива;
 15 – штекер электропитания форсунки; 16 – форсунка;
 17 – дроссельная заслонка; 18 – датчик расхода воздуха

6.9. Комплексные системы управления двигателем

На автомобилях, кроме микропроцессорных систем управления зажиганием и ЭПХХ, применяются и комплексные системы управления зажиганием и впрыскиванием топлива. Принципиально эти системы работают следующим образом. С датчиков, встроенных в двигатель, снимается информация о режиме работы двигателя: частота вращения коленчатого вала, положение коленчатого вала 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. Затем эти сигналы в цифровой форме поступают в процессор, где они после соответствующей обработки сравниваются со значениями, заложенными в памяти блока управления. Процессор выдает регулирующий сигнал на исполнительные устройства. Для системы зажигания – это транзисторный коммутатор, для системы впрыскивания топлива – форсунки (основные и пусковые) и электробензонасос.

Блок управления 90.3761 (рис 6.35) двигателя ЗМЗ-4024.10 содержит: аналого-цифровые преобразователи давления во впускном трубопроводе (АЦПРД), температуры воздуха (АЦПТВ), температуры охлаждающей жидкости (АЦПТЖ); преобразователь аналогового сигнала датчика положения дроссельной заслонки и изменения скорости открытия и закрытия дроссельной заслонки (ДД); компаратор включения стартера; преобразователь сигналов датчиков начала отсчета (ДНО) и угловых импульсов (ДУИ); вторичный источник питания (ВИП); устройство управления впрыском; устройство управления пусковой форсункой; устройство управления реле бензонасоса (УРБН); устройство управления углом опережения зажигания (УУОЗ); интерфейс вывода; устройство разделения каналов впрыскивания; коммутатор пусковой форсунки; коммутатор реле электробензонасоса (ЭБН); выходной каскад угла опережения зажигания (УОЗ) и разделения каналов зажигания (РК).

Блок управления 90.3761 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°C ; управление реле электробензонасоса (включение реле на 2 с) при включенном зажигании и неработающем двигателе; постоянное включение реле при частоте вращения коленчатого вала двигателя более 300 мин^{-1} ; отключение реле при частоте вращения вала менее 300 мин^{-1} .

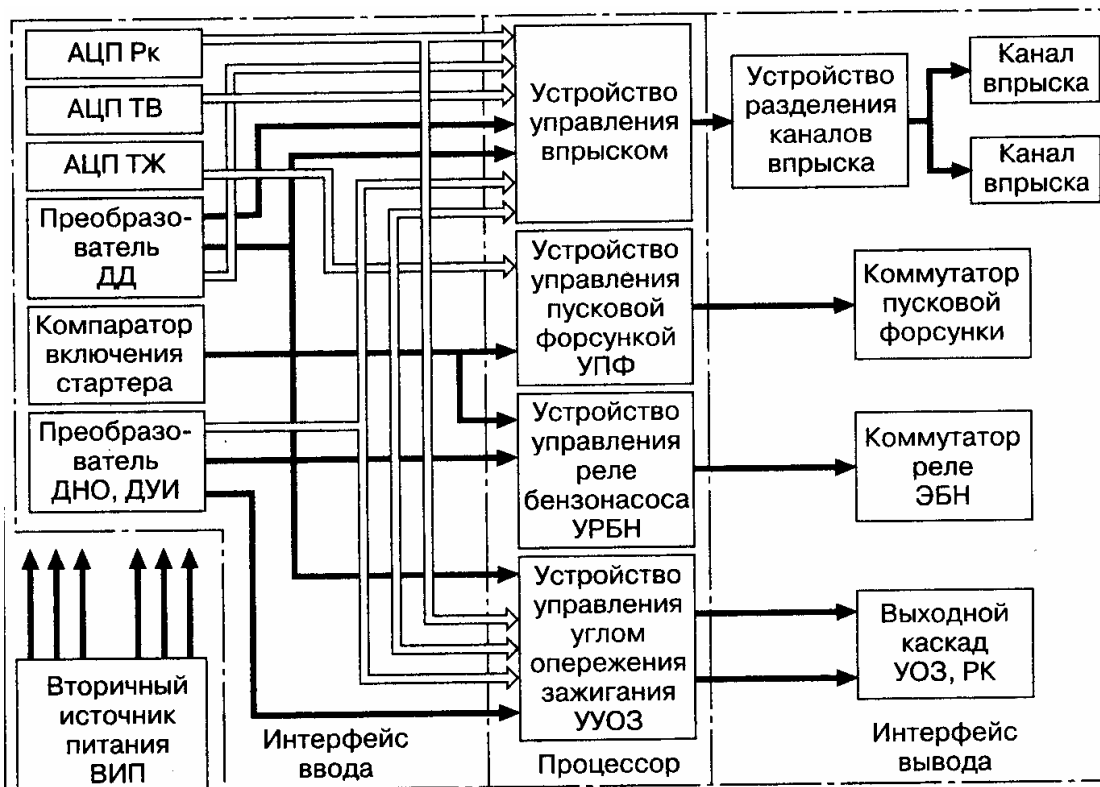


Рис. 6.35. Структурная схема блока управления 90.3761 комплексной системы управления двигателем 3М3-4024.10

Одновременное управление впрыскиванием топлива и опережением зажигания обеспечивает система «Motronic», в которую могут быть включены различные системы впрыскивания, например «KE-Jetronic», «L-Jetronic» и др. Структурная схема системы «Motronic» приведена на рис. 6.36.

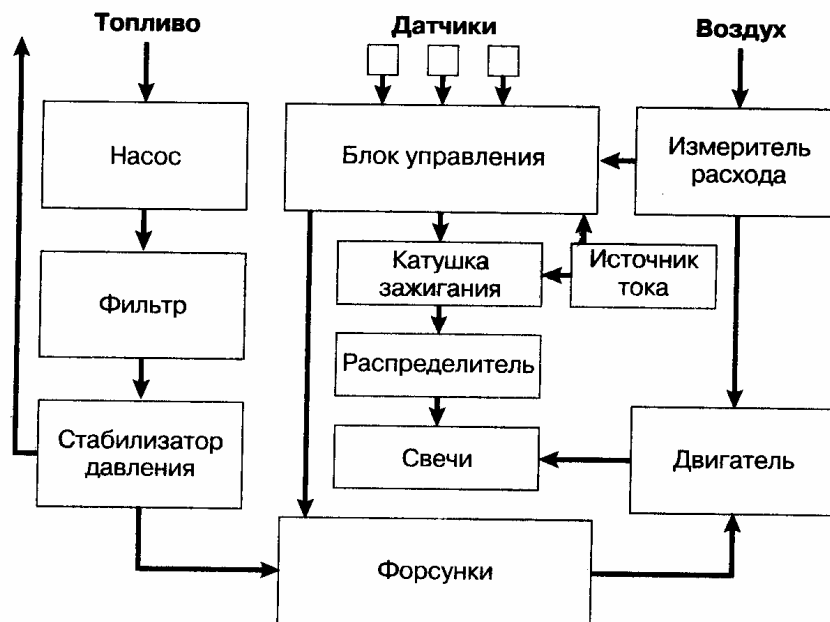


Рис. 6.36. Структурная схема комплексной системы управления двигателем «Motronic»

Состав горючей смеси и угла опережения зажигания с учетом условий работы двигателя оптимизирует микропроцессорный блок управления. Система «Motronic» также выполняет функции ЭПХХ.

Для управления углом опережения зажигания в блок управления 4 (рис. 6.37) подаются импульсы от датчиков 7 и 12 частоты вращения и положения коленчатого вала двигателя. Обработка информации от датчиков осуществляется в течение одного оборота коленчатого вала. Блок управления выбирает промежуточное значение из двух ближайших точек каждой программы и подает сигналы, управляющие подачей топлива и углом опережения зажигания. В запоминающем устройстве блока управления заложены оптимальные характеристики как для установившихся, так и для неустановившихся режимов работы двигателя.

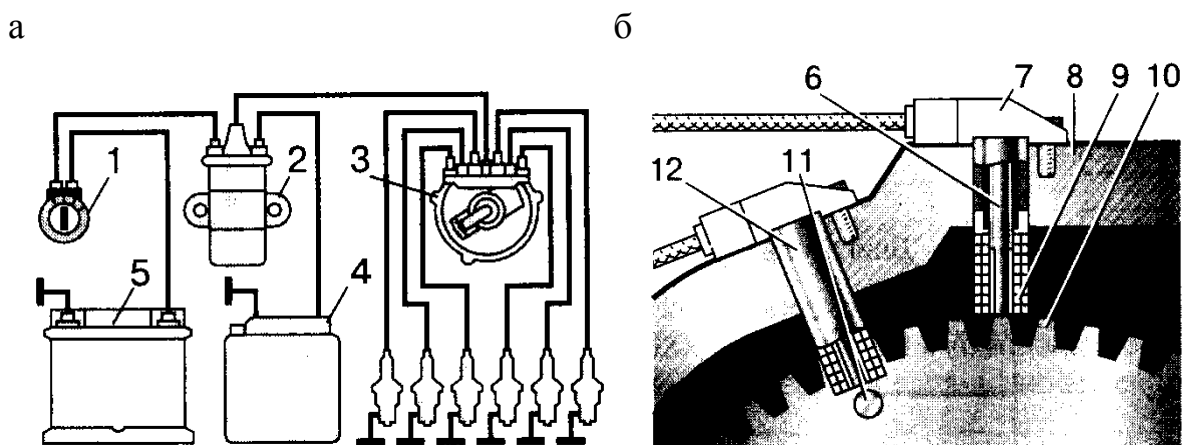


Рис. 6.37. Схема системы зажигания в комплексной системе управления двигателем «Motronic»:

а – схема системы зажигания; б – датчик частоты вращения и положения коленчатого вала; 1 – выключатель зажигания; 2 – катушка зажигания; 3 – распределитель; 4 – блок управления комплексной системы; 5 – аккумуляторная батарея; 6 – постоянный магнит; 7 – датчик частоты вращения вала; 8 – картер маховика; 9 – обмотка датчика; 10 – венец маховика; 11 – штырь указателя положения вала; 12 – датчик положения коленчатого вала

Взаимосвязанное управление впрыскиванием топлива и зажиганием средствами электроники позволяет в большей степени приблизить программу управления углом опережения зажигания к оптимальной (рис. 6.38).

Количество впрыскиваемого топлива устанавливается блоком управления с учетом информации от датчиков, измеряющих объем и температуру воздуха на впуске, частоту вращения коленчатого вала, нагрузку двигателя и температуру охлаждающей жидкости.

Основным из этих параметров, от которых зависит дозирование впрыскиваемого топлива, является расход воздуха.

Схема системы управления двигателем "Motronic 1.1–1.3" приведена на рис. 6.39.

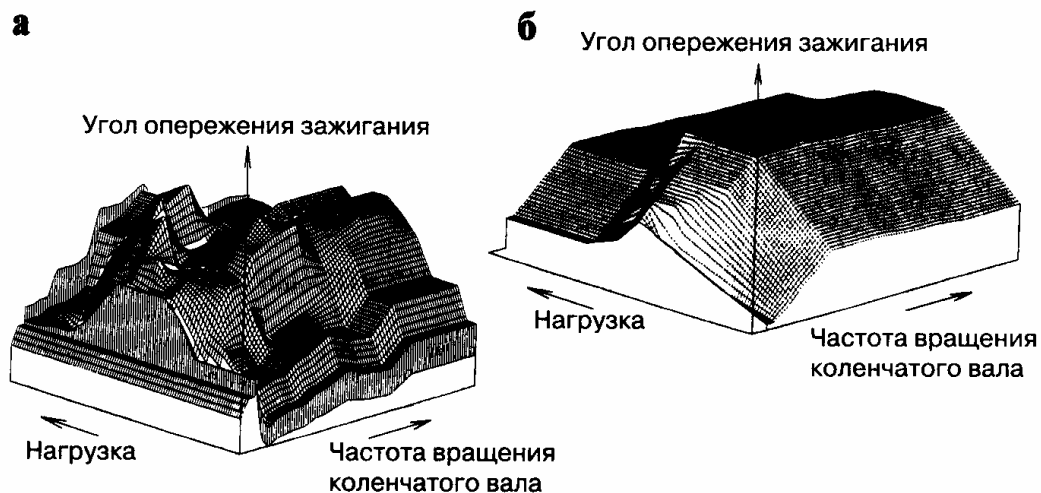


Рис. 6.38. Диаграммы углов опережения зажигания для различных систем управления:
 а – микропроцессорной системы зажигания;
 б – системы с центробежно-вакуумным автоматом

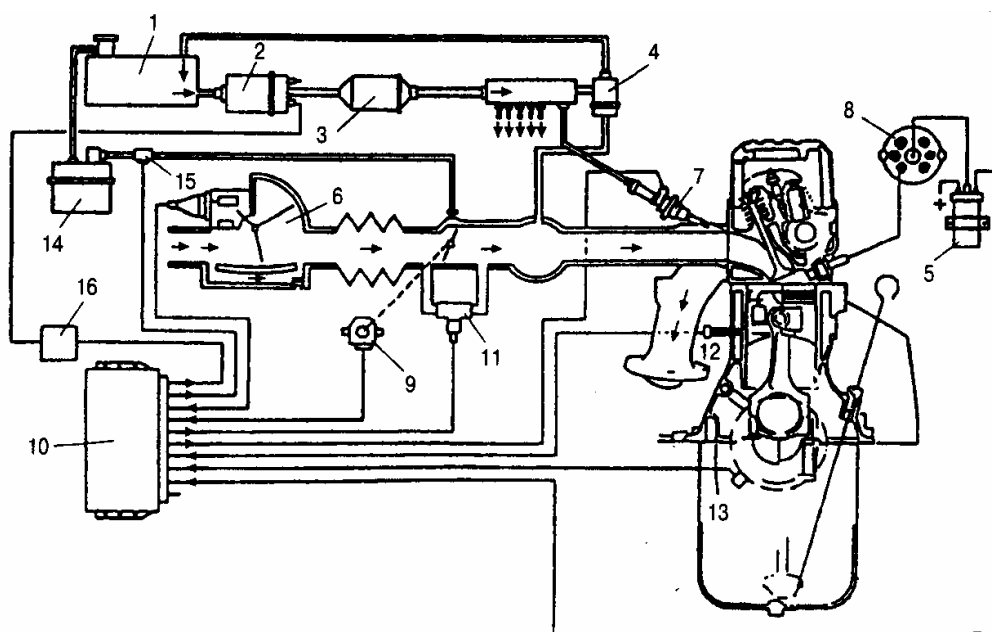


Рис. 6.39. Схема комплексной системы управления двигателем "Motronic 1.1-1.3":
 1 – топливный бак; 2 – топливный насос; 3 – топливный фильтр;
 4 – регулятор давления топлива; 5 – катушка зажигания; 6 – измеритель расхода воздуха; 7 – форсунка; 8 – распределитель зажигания;
 9 – выключатель (потенциометр) дроссельной заслонки; 10 – контроллер;
 11 – поворотный регулятор холостого хода; 12 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 13 – датчик частоты вращения коленчатого вала двигателя; 14 – адсорбер с активированным углем; 15 – клапан вентиляции;
 16 – реле включения топливного насоса

6.10. Датчики электронных систем управления двигателем

6.10.1. Измерители расхода воздуха

В измерителе расхода воздуха, представленном на рис. 6.40, воздушный поток воздействует на заслонку 2, закрепленную на оси в специальном канале. Поворот заслонки потенциометром преобразуется в напряжение, пропорциональное расходу воздуха. Воздействие воздушного потока на заслонку 2 уравнивается пружиной. Демпфер 3 с пластиной 4, выполненной как одно целое с измерительной заслонкой 2, служит для гашения колебаний, вызванных пульсациями воздушного потока и динамическими воздействиями, характерными для движущегося автомобиля. На входе в измеритель расхода воздуха встроен датчик температуры поступающего в двигатель воздуха 7. Недостатком измерителя расхода является наличие подвижных деталей и скользящего контакта.

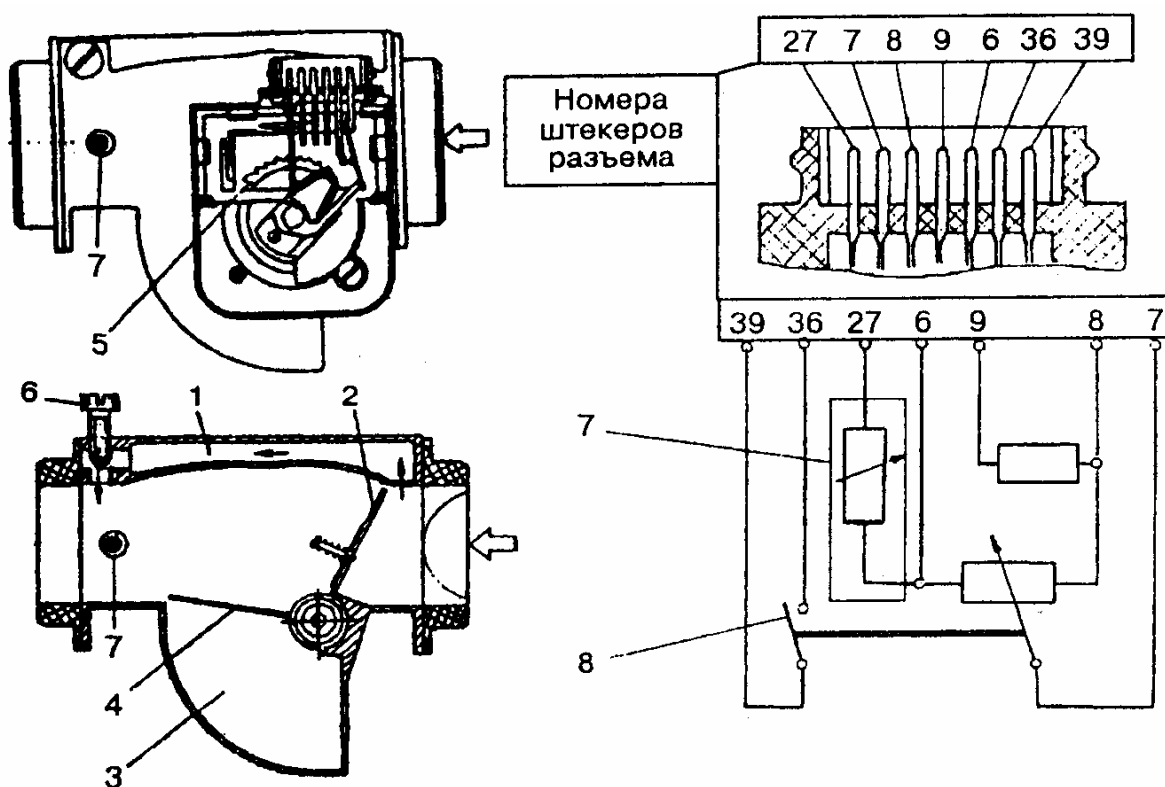


Рис. 6.40. Схема измерителя расхода воздуха с датчиком температуры:
1 – байпасный канал; 2 – измерительная заслонка; 3 – демпферная камера;
4 – пластина демпфера; 5 – потенциометр; 6 – винт качества (состава) смеси
в режиме холостого хода; 7 – датчик температуры;
8 – контакт топливного насоса

Подвижных деталей не имеют измерители расхода воздуха ионизационного, ультразвукового, вихревого и термоанемометрического типов.

Термоанемометрический измеритель расхода воздуха для системы впрыскивания топлива «LN-Jetronic» представляет собой автономный блок, устанавливаемый во впускной тракт двигателя. Наиболее ответственной частью термоанемометра является внутренний измерительный канал 6 (рис. 6.41), состоящий из пластмассовых обойм, которые окружают несущие кольца нагреваемой платиновой нити 2 диаметром 100 мкм и термокомпенсационного пленочного резистора 3. Корпус 5 имеет камеру для размещения электронного блока, который поддерживает постоянным перегрев нити относительно потока на уровне 150 °С путем регулирования силы тока измерительного моста. Выходным параметром измерителя расхода воздуха служит падение напряжения на прецизионном резисторе 1. На входе и выходе основного канала измерителя расхода воздуха установлены защитные сетки, которые одновременно выполняют функции стабилизирующих элементов.

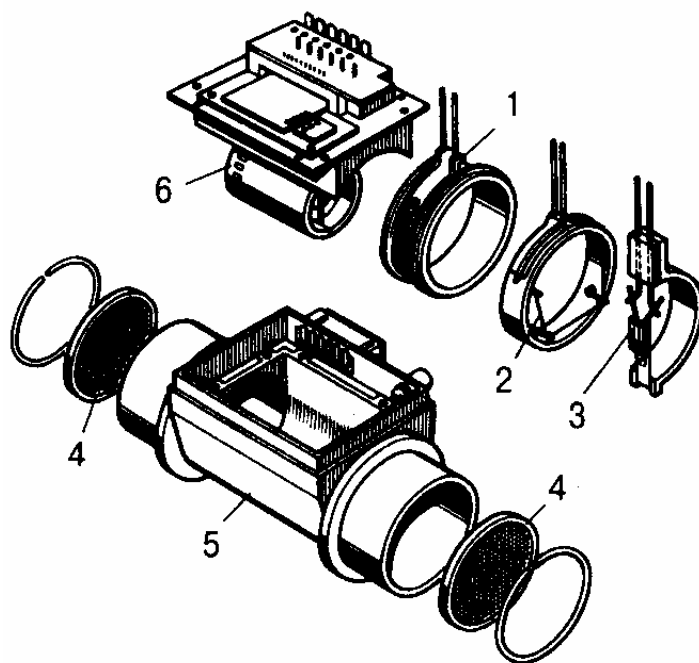


Рис. 6.41. Термоанемометрический измеритель расхода воздуха системы «LN-Jetronic»:

- 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)

На рис. 6.42 показан автомобильный термоанемометрический измеритель расхода воздуха с пленочным чувствительным элементом на твердых керамических подложках. Основной конструкции является чувствительный элемент, включающий измерительный и термокомпенсационный резисто-

ры. Пластмассовая рамка с чувствительным элементом размещается в измерительном патрубке измерителя расхода воздуха. Температура перегрева измерительного терморезистора -70 °С. Она поддерживается с помощью электронной схемы управления.

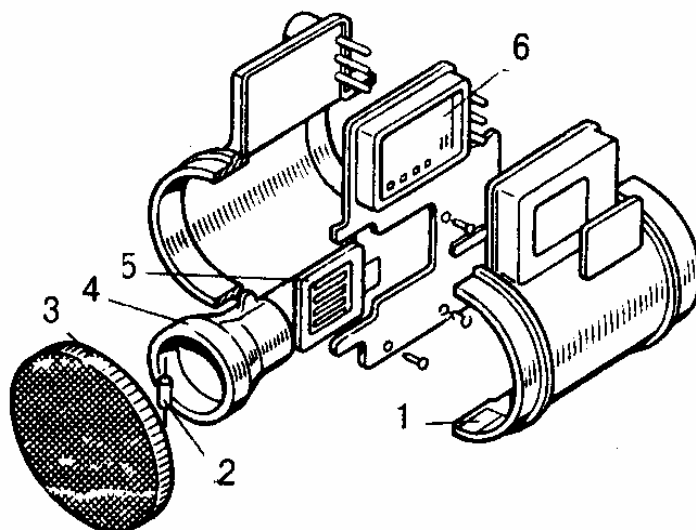


Рис. 6.42. Термоанемометрический расходомер с пленочным чувствительным элементом:
 1 – корпус; 2 – датчик температуры воздуха; 3 – стабилизирующая решетка; 4 – внутренний измерительный канал; 5 – чувствительный элемент; 6 – электронная схема

Термоанемометр на основе металлополимерных чувствительных элементов приведен на рис. 6.43.

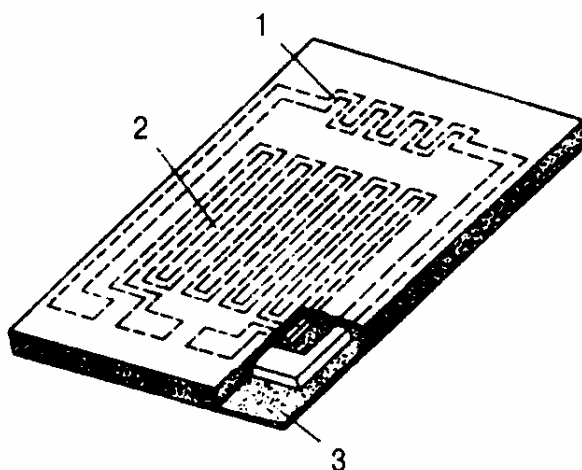


Рис. 6.43. Металлополимерный чувствительный элемент:
 1 – измерительный терморезистор; 2 – термокомпенсационный резистор;
 3 – полиамидный изоляционный материал

6.10.2. Измерители расхода топлива

Информация о расходе топлива на автомобиле необходима как для бортовых систем контроля, так и для адаптивных систем управления двигателем.

В электромеханических измерителях расхода топлива турбинного типа (тахометрических) считывающими элементами при определении частоты вращения турбин являются светодиод инфракрасного излучения и фоторезистор. В расходомере предусмотрены демпфирующее устройство для гашения пульсаций потока, системы для удаления воздушных пробок из потока топлива, а также система термокомпенсации.

В одном из вариантов теплового измерителя расхода топлива датчик представляет собой четыре терморезистора, соединенных в мостовую схему и размещенных по периферии на тонкой квадратной подложке. Поток жидкости омывает терморезисторы и в большей степени охлаждает те из них, которые расположены перпендикулярно потоку. В диагонали моста возникает разностный сигнал, фиксирующий расход топлива.

В системах впрыскивания следует учитывать количество топлива, поступающего от форсунок или стабилизатора давления обратно в бак, и компенсировать влияние пульсаций потока топлива и вибрации двигателя на показания измерителей расхода топлива.

6.10.3. Датчики давления

Датчикам давления с мембранным чувствительным элементом 3 (рис. 6.44, а) присущи существенные недостатки: наличие механических элементов и сравнительно большое число звеньев в цепи передачи информации, что отрицательно сказывается на точности и надежности измерительной системы.

В бесконтактных индуктивных датчиках при перемещении чувствительного элемента – мембранной камеры 9 (рис. 6.44, б) изменяются воздушный зазор в магнитопроводе, магнитное сопротивление магнитопровода и индуктивность катушки. Катушка включена в измерительный мост. При разбалансировке моста появляется электрический сигнал, поступающий в блок управления.

Применение микрoeлектронной технологии позволило перейти к полностью статическим конструкциям датчиков. На рис. 6.44, в, показан интегральный датчик давления с полупроводниковыми тензоэлементами.

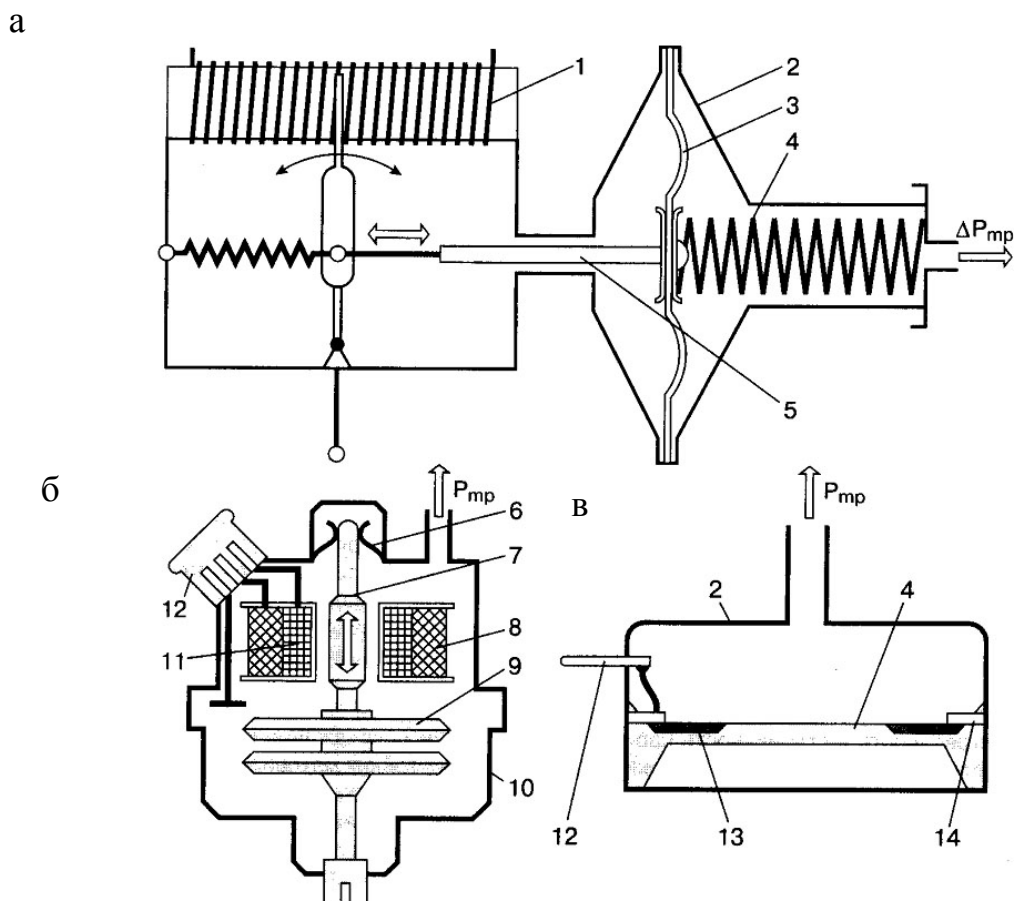


Рис. 6.44. Схемы датчиков давления:

- а – с мембранным чувствительным элементом; б – бесконтактный индуктивный; в – интегральный с полупроводниковыми тензоэлементами;
- 1 – потенциометр; 2 – корпус мембранного механизма; 3 – мембрана; 4 – калиброванная пружина; 5 – шток; б – амортизатор; 7 – стальной сердечник; 8 – первичная обмотка; 9 – мембранная камера; 10 – корпус; 11 – вторичная обмотка; 12 – электрические контакты; 13 – полупроводниковый тензорезистор; 14 – контактная площадка

6.10.4. Датчики температуры

В автомобильных системах контроля в качестве датчиков температуры широко используются полупроводниковые терморезисторы, размещаемые в металлическом корпусе, имеющем разъем для включения датчика в измерительную цепь.

В системах управления находят применение более совершенные типы датчиков температуры, обладающих высокой стабильностью и малым технологическим разбросом номинального сопротивления, высокой технологичностью, малой инерционностью и простотой конструкции. Это интегральные датчики температуры. Они представляют собой однокристалльные термочувствительные полупроводниковые элементы с периферий-

ными схемами (усилители и т.д.). Выходным сигналом датчика является напряжение. Также это датчики на основе термочувствительных ферритов и конденсаторов, в которых используются зависимости магнитной и диэлектрической проницаемости от температуры. Однако из-за сложности конструкции они нетехнологичны.

По разным причинам (нетехнологичность, сложность конструкции, высокая стоимость и т.д.) на автомобилях пока не находят применения термоэлектрические датчики, датчики на основе кварцевых резонаторов и многие другие.

6.10.5. Датчики положения и перемещения

Для определения положений дроссельной заслонки и угловой скорости перемещения (частоты вращения) коленчатого вала применяют датчики контактного типа.

Индуктивные датчики относятся к числу наиболее надежных датчиков в электронных системах управления автомобильными двигателями. Конструкция индуктивного датчика показана на рис. 6.45.

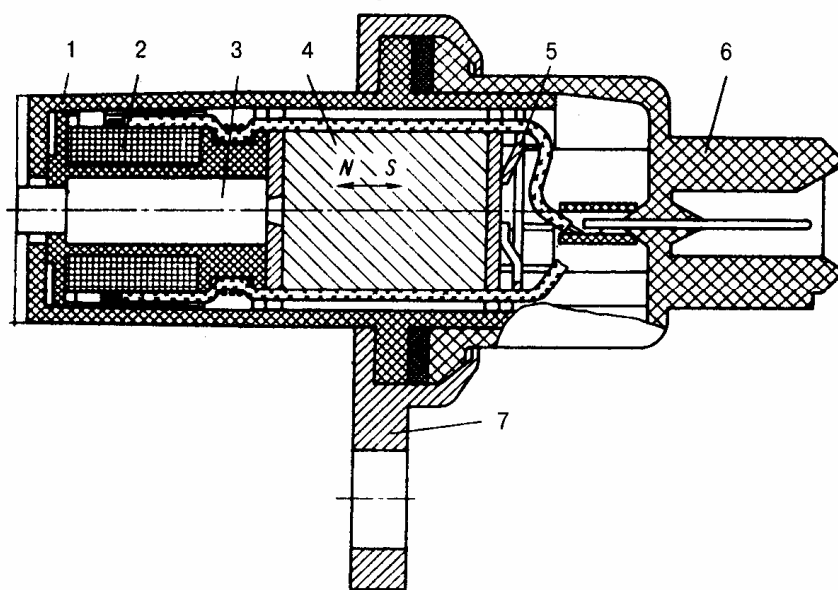


Рис. 6.45. Индуктивный датчик:
1 – корпус; 2 – индукционная катушка; 3 – магнитопровод;
4 – магнит из феррита бария; 5 – пружинное кольцо;
6 – крышка со штекерами; 7 – фланец

Основой потенциометрического датчика является пленочный резистор с несколькими контактными дорожками, с которыми контактируют упругие токосъемные элементы. Последние связаны с осью датчика и перемещаются вместе с ней. Токосъемные элементы обеспечивают получение

сигналов ускорения при резком открытии дроссельной заслонки о холостом ходе двигателя, информацию о положении дроссельной заслонки при полном или близком к нему открытии дроссельной заслонки.

Основные требования к датчику положения дроссельной заслонки: высокая долговечность и стабильность работы при отсутствии дребезжания контактов. Эти требования выполняются за счет подбора износостойких материалов дорожек и контактных площадок токосъемных элементов.

Недостатки электромеханических датчиков контактного типа отсутствуют в бесконтактных датчиках, в частности, оптоэлектронных датчиках с кодирующим диском. Разрешающая способность датчика может быть меньше 1° за счет применения прецизионных кодирующих дисков и оптических или фотоэлектрических устройств. Кодирующий диск имеет прорези или прозрачные площадки. По разным сторонам диска установлены источники света и фоточувствительные элементы (обычно фотодиоды). При вращении диска свет попадает на определенную комбинацию фотодиодов (фотоэлементов), что позволяет однозначно определять угол поворота диска.

Индуктивные датчики перемещения в электронных системах управления двигателем используются, в основном, для измерения частоты вращения коленчатого или распределительного вала двигателя. Они также предназначены для определения ВМТ первого цилиндра или другой специальной метки, служащей началом отсчета для системы управления, что обеспечивает синхронизацию функционирования системы управления с рабочим процессом двигателя.

Индукционная катушка датчика размещена вокруг постоянного магнита, полюс которого со стороны, обращенной к объекту вращения, например к зубчатому венцу маховика (см. рис. 6.44, б), имеет магнитопровод из магнитомягкого материала. Магнитопровод 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 двухполярного электрического импульса в индукционной катушке. Два пикообразные полуволны импульса расположены симметрично относительно оси, проходящей через нулевую точку, а нулевая точка соответствует центру каждого зуба, что позволяет с большой точностью определять их положение.

Амплитуда выходного сигнала датчика зависит от длины воздушного зазора между магнитопроводом и маркерным зубом и от скорости изменения магнитной индукции, зависящей от скорости перемещения зуба.

6.10.6. Датчики детонации

Датчики детонации отличаются большим разнообразием по конструкции и физическим принципам работы, так как имеет место большое количество признаков проявления детонации. Соответственно, датчики могут размещаться на двигателе в различных местах.

Наиболее распространен способ установления детонации с помощью пьезокварцевого вибродатчика (рис. 6.46), все элементы которого крепятся к основанию 1, выполненному из титанового сплава. Пьезоэлектрический преобразователь состоит из двух включенных параллельно кварцевых пьезоэлементов. При возникновении детонации (вибрации) инерционная масса 3 воздействует на пьезоэлементы 2 с соответствующей частотой и усилием. В результате пьезоэффекта появляется переменный сигнал, который снимается с кварцевых пластин с помощью выводов из латунной фольги 4.

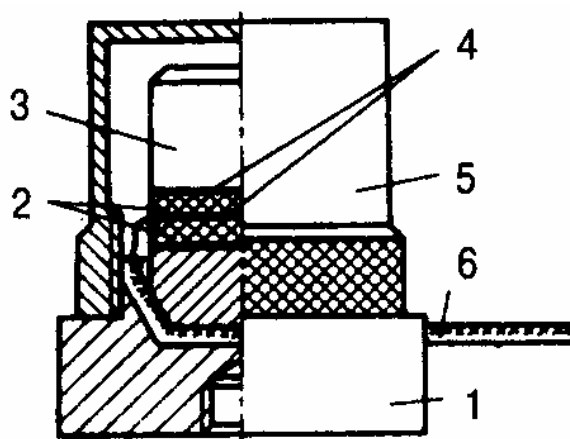


Рис. 6.46. Пьезоэлектрический вибродатчик:
1 – основание; 2 – пьезоэлементы; 3 – инерционная масса;
4 – латунная фольга; 5 – крышка; 6 – кабель

6.10.7. Датчики кислорода (λ -зонды)

Известны два типа датчиков кислорода. В одном из них чувствительным элементом является диоксид циркония ZrO_2 , во втором – диоксид титана TiO_2 . Оба типа датчиков реагируют на парциальное давление кислорода.

Циркониевый датчик (рис. 6.47) имеет два электрода – внешний 4 и внутренний 5. Оба электрода выполнены из пористой платины или ее сплава и разделены слоем твердого электролита. Электролитом является диоксид циркония ZrO_2 с добавлением оксида иттрия Y_2O_3 для повышения ионной проводимости электролита. Среда, окружающая внутренний электрод, имеет постоянное парциальное давление кислорода. Внешний электрод омывается потоком отработавших газов в выпускной системе

двигателя с переменным парциальным давлением кислорода. Ионная проводимость твердого электролита, возникающая вследствие разности парциальных давлений кислорода на внешнем и внутреннем электродах, обуславливает появление разности потенциалов между ними.

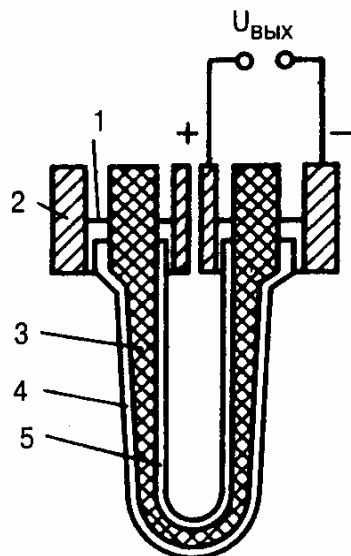


Рис. 6.47. Схема циркониевого датчика кислорода (λ -зонда):
1 – электропроводное уплотнение; 2 – корпус; 3 – твердый электролит;
4,5 – внешний и внутренний электроды

При низком уровне парциального давления кислорода в отработавших газах, когда двигатель работает на обогащенной смеси ($X < 1$), датчик, как гальванический элемент, генерирует высокое напряжение (700–1000 мВ). При переходе на обедненную смесь ($X > 1$) парциальное давление кислорода в отработавших газах заметно увеличивается, что приводит к резкому падению напряжения на выходе датчика до 50–100 мВ. Такое резкое падение напряжения датчика при переходе от обогащенных к обедненным смесям позволяет определить стехиометрический состав смеси с погрешностью не более $\pm 0,5\%$.

Конструкция датчика кислорода на основе диоксида циркония показана на рис. 6.48, 6.49.

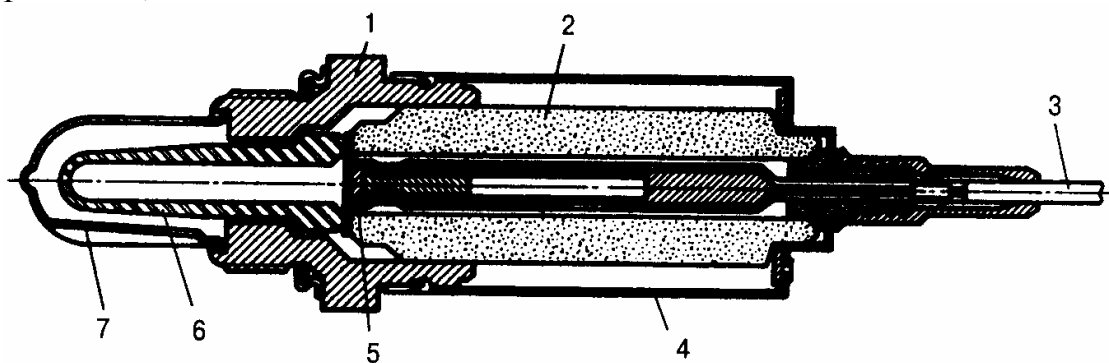


Рис. 6.48. Характеристика циркониевого датчика кислорода

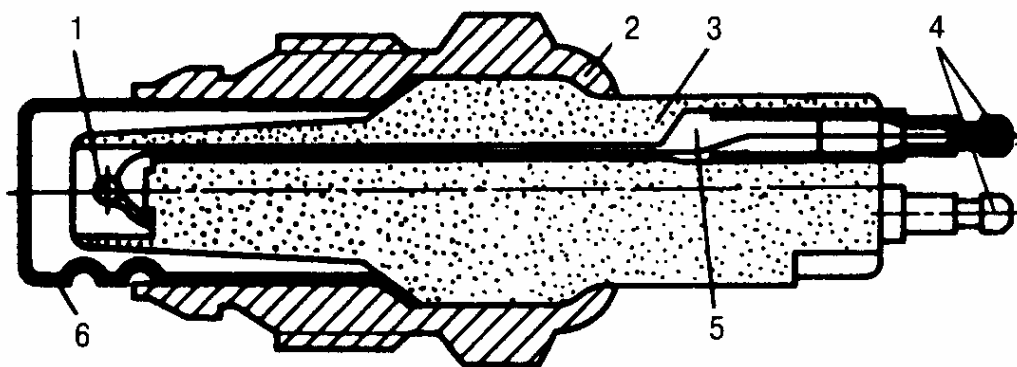


Рис. 6.49. Циркониевый датчик кислорода:
 1 – металлический корпус; 2 – уплотнение; 3 – соединительный кабель;
 4 – кожух; 5 – контактный стержень; 6 – активный элемент из двуокиси циркония; 7 – защитный колпачок с прорезями

Принцип работы датчика кислорода на базе диоксида титана TiO_2 показан на рис. 6.50.

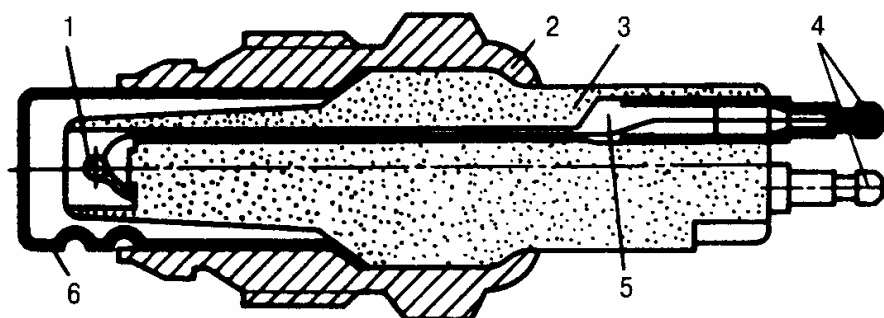


Рис. 6.50. Датчик кислорода на основе TiO_2 :
 1 – чувствительный элемент; 2 – металлический корпус; 3 – изолятор;
 4 – входные контакты; 5 – уплотнение; 6 – защитный кожух

6.11. Исполнительные устройства систем впрыска

6.11.1. Электромагнитные форсунки

Работа электромагнитной форсунки связана с протекающими одновременно гидравлическими, механическими, электромагнитными и электрическими процессами, поэтому она является одним из наиболее ответственных элементов в системе впрыскивания топлива.

Форсунки открываются автоматически и осуществляют дозирование и распыливание топлива. Обычно форсунки разрабатываются для каждой модели автомобиля и двигателя, они постоянно совершенствуются, поэтому можно отметить большое разнообразие их конструкций.

Форсунки работают в импульсном режиме при частоте срабатывания от 10 до 200 Гц в условиях вибрации двигателя, повышенных температур и при этом должны обеспечивать линейность характеристики дозирования топлива в пределах 2-5 % на протяжении всего срока службы (около 600 млн. циклов срабатывания).

Сигнал на начало впрыскивания топлива подается на обмотку 1 (рис. 6.51) электромагнита, размещенную в металлическом корпусе, где расположен также запирающий элемент клапана 3, прижимаемый к седлу пружиной 5.

Когда на обмотку электромагнита от электронного блока управления подается электрический импульс прямоугольной формы определенной длительности, запирающий элемент перемещается, преодолевая сопротивление пружины, и открывает отверстие распылителя.

Топливо поступает в двигатель. После прекращения электрического сигнала запирающий элемент под действием пружины возвращается в седло. Количество впрыскиваемого топлива за цикл при постоянстве давления на входе в форсунку зависит только от длительности управляющего импульса.

В реальной форсунке время открытого состояния клапана не совпадает с длительностью управляющего импульса. После подачи управляющего электрического импульса на форсунку в обмотке электромагнита возникает ток самоиндукции, препятствующий нарастанию магнитного потока в системе. Открытие клапана происходит с задержкой по времени. При прекращении подачи управляющего импульса в результате самоиндукции сохраняющийся магнитный поток будет препятствовать быстрому отпуску запирающего элемента.

Повысить быстродействие электромагнитной форсунки можно за счет уменьшения числа витков обмотки электромагнита и ее индуктивности. Однако при этом уменьшается сопротивление обмотки и увеличивается

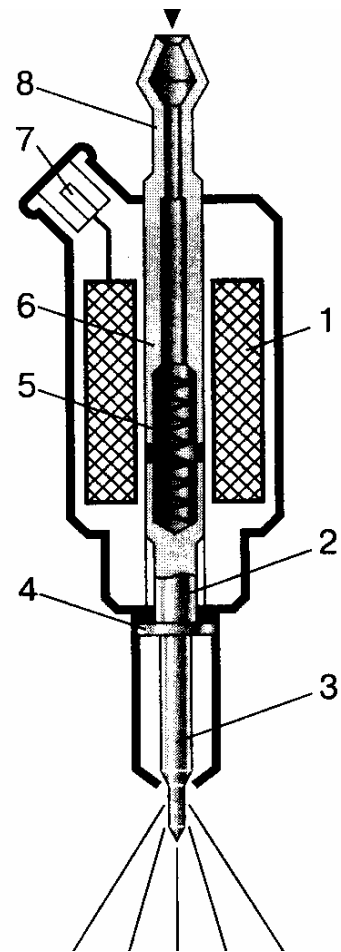


Рис. 6.51. Конструктивная схема электромагнитной форсунки:
 1 – обмотка электромагнита;
 2 – якорь;
 3 – запирающий элемент;
 4 – упор; 5 – пружина;
 6 – магнитопровод;
 7 – выходные контакты;
 8 – штуцер для топлива

сила потребляемого ею тока. Для ограничения силы тока последовательно с обмоткой включают резистор.

В электромагнитных форсунках используются три вида запирающих элементов клапана (рис. 6.52): плоский (дисковый), конусный (штифтовой), сферический (шариковый).

Плоский запирающий элемент форсунки 5, представленной на рис. 6.52,а, изготовлен из магнитомягкой стали и в центральной части имеет стальную вставку, которая предотвращает появление кольцевой выработки в месте его посадки на седло клапана. Рабочий ход запирающего элемента составляет 0,15 мм и ограничивается специальным дистанционным кольцом. В форсунке применена поляризованная электромагнитная система, которая, кроме обмотки электромагнита, включает кольцевую вставку из магнитотвердого сплава, создающего поляризующий магнитный поток. При этом появилась возможность увеличить усилие пружины 4, что повысило герметичность клапана. Усилие пружины может регулироваться специальным винтом 9, закрытым пробкой. Внутри форсунки размещен топливный фильтр 6 в виде кольца из порошкового материала, так как при попадании загрязнений (частиц размером более 30-40 мкм) клапан форсунки может потерять герметичность.

Форсунки с конусным запирающим элементом (рис. 6.52, б) получили наибольшее распространение. Форсунка имеет нижний подвод топлива, обеспечивающий его постоянную циркуляцию через форсунку, лучшее охлаждение электромагнитной системы и лучшие условия для отвода пузырьков газа.

Преимущество сферического запирающего элемента в форсунке, представленной на рис. 6.52,в, состоит в том, что сферические элементы обладают хорошими герметизирующими свойствами и способностью к центрированию в седле клапана.

Форсунки для распределенного и центрального впрыскивания отличаются по размерам, способу крепления на двигателе, способу подвода топлива и сопротивлению обмоток электромагнита.

Дополнительная пусковая форсунка отличается по конструкции от рабочих. Обычно она состоит из корпуса с фланцем крепления 3 (рис. 6.53), в который завальцован пластмассовый каркас 1 обмотки электромагнита 2. Запирающий элемент клапана 6 является якорем электромагнита. В нижней части корпуса расположен центробежный распылитель. При подаче топлива пусковая форсунка постоянно находится в открытом состоянии.

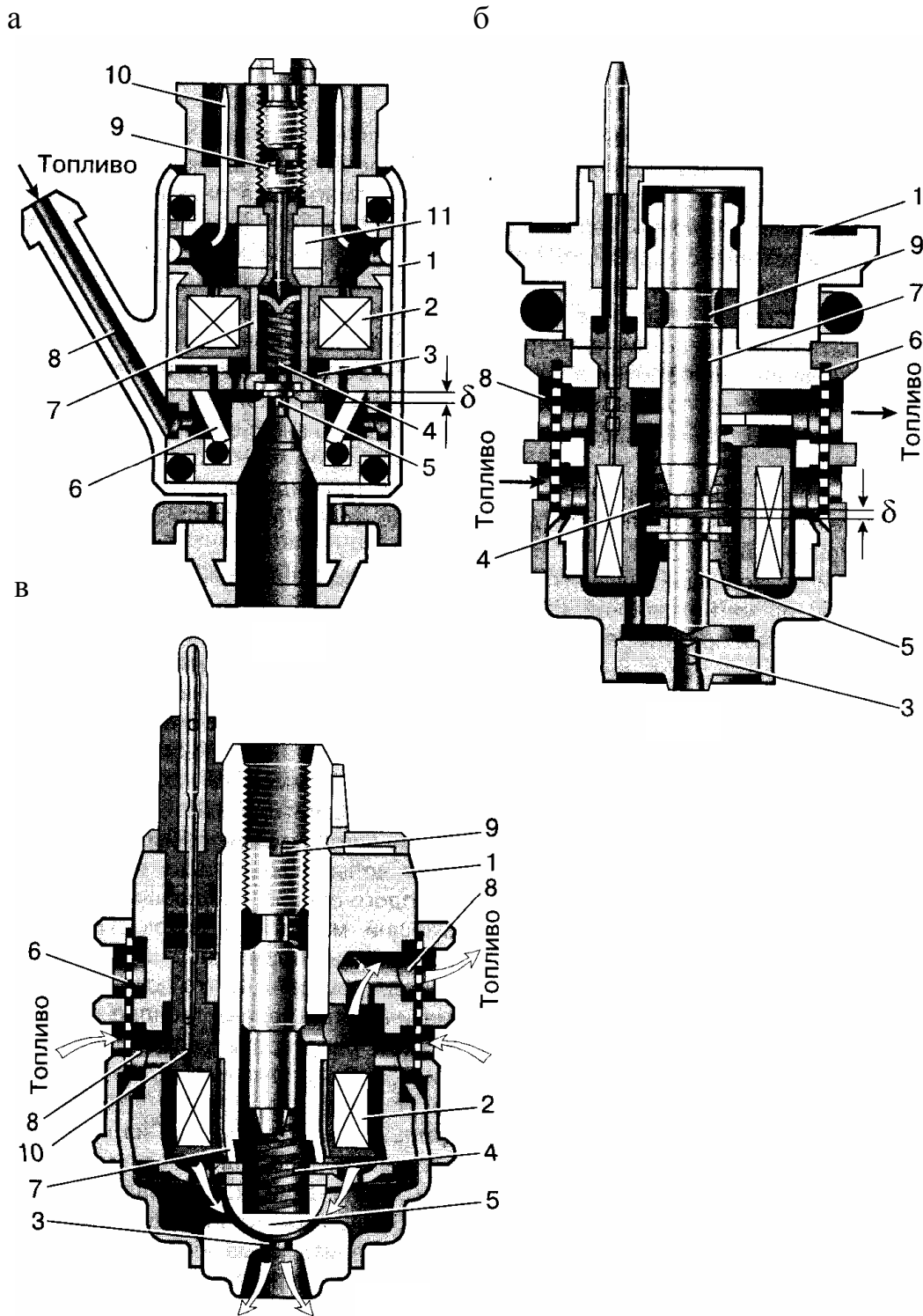


Рис. 6.52. Электромагнитные форсунки:
 а, б, в- соответственно – с плоским, конусным и сферическим запирающими элементами; 1 – корпус; 2 – обмотка электромагнита;
 3 – жиклер клапана; 4 – пружина; 5 – запирающий элемент;
 6 – топливный фильтр; 7 – сердечник электромагнита; 8 – топливные каналы;
 9 – регулировочный винт; 10- электрические контакты;
 11 – магнитная вставка

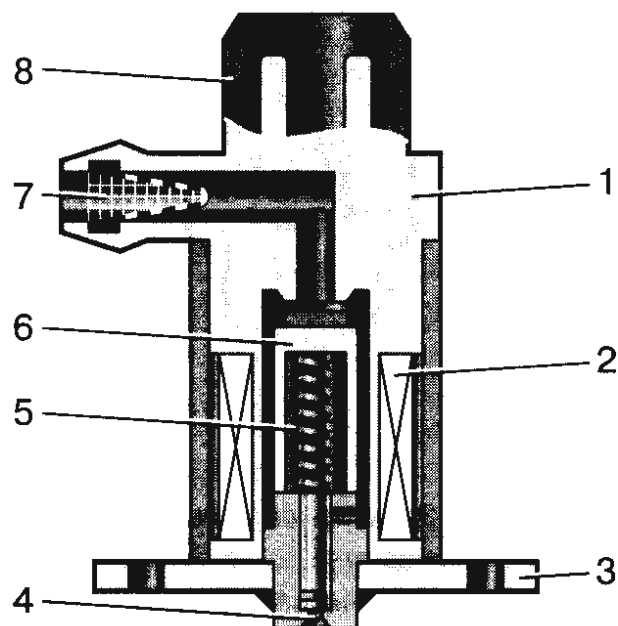


Рис. 6.53. Пусковая форсунка:
 1 – пластмассовый каркас; 2 – обмотка электромагнита; 3 – фланец крепления форсунки; 4 – распылитель; 5 – пружина; 6 – запирающий элемент;
 7 – топливоподводящий штуцер с фильтрующим элементом;
 8 – электрические контакты

6.11.2. Электромагнитные клапаны. Переключающие устройства

Электромагнитный клапан системы автоматического управления ЭПХХ (рис. 6.54) герметично закрыт, что препятствует попаданию влаги в его внутреннюю полость. При подаче напряжения на обмотку электромагнита якорь притягивается к стопу (упору) и запорное кольцо перекрывает доступ топлива по каналу системы холостого хода карбюратора. Обратный ход якоря обеспечивает возвратная пружина. Электромагнитный клапан ЭПХХ имеет неразборную конструкцию, отличается простотой, надежностью и малой стоимостью.

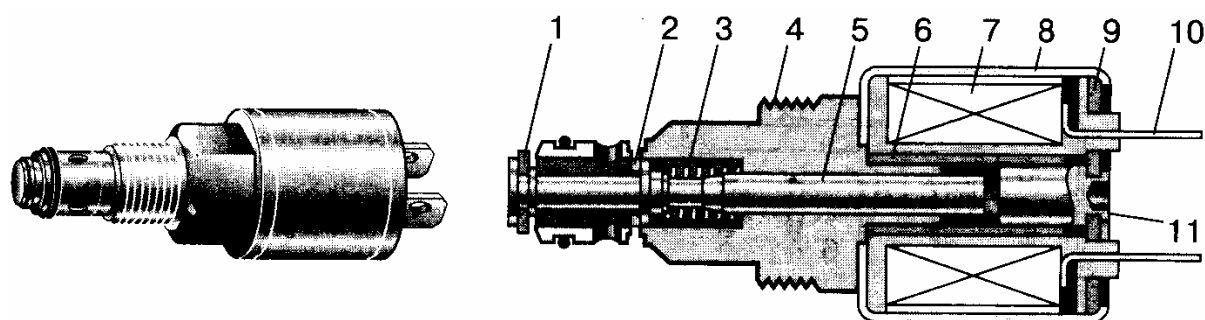


Рис. 6.54. Электромагнитный клапан 3202.3747:
 1 – запорное кольцо; 2 – стопорное кольцо; 3 – пружина; 4 – корпус;
 5 – якорь; 6 – втулка; 7 – катушка электромагнита; 8 – кожух;
 9 – крышка; 10 – штекер; 11 – упор

Примером переключающего устройства систем управления двигателем является пневмоэлектрический клапан системы управления турбонаддувом. Специфика работы в среде с высокой температурой требует предусмотреть меры для охлаждения клапана.

Для подачи топлива к форсункам в системах впрыскивания топлива используются электрические топливные насосы. В основном это насосы роторного (роликового) типа (рис. 6.55). Они могут устанавливаться как вне, так и внутри топливного бака. При внешней установке насос представляет собой автономный агрегат, объединяющий насос и электродвигатель в одном корпусе.

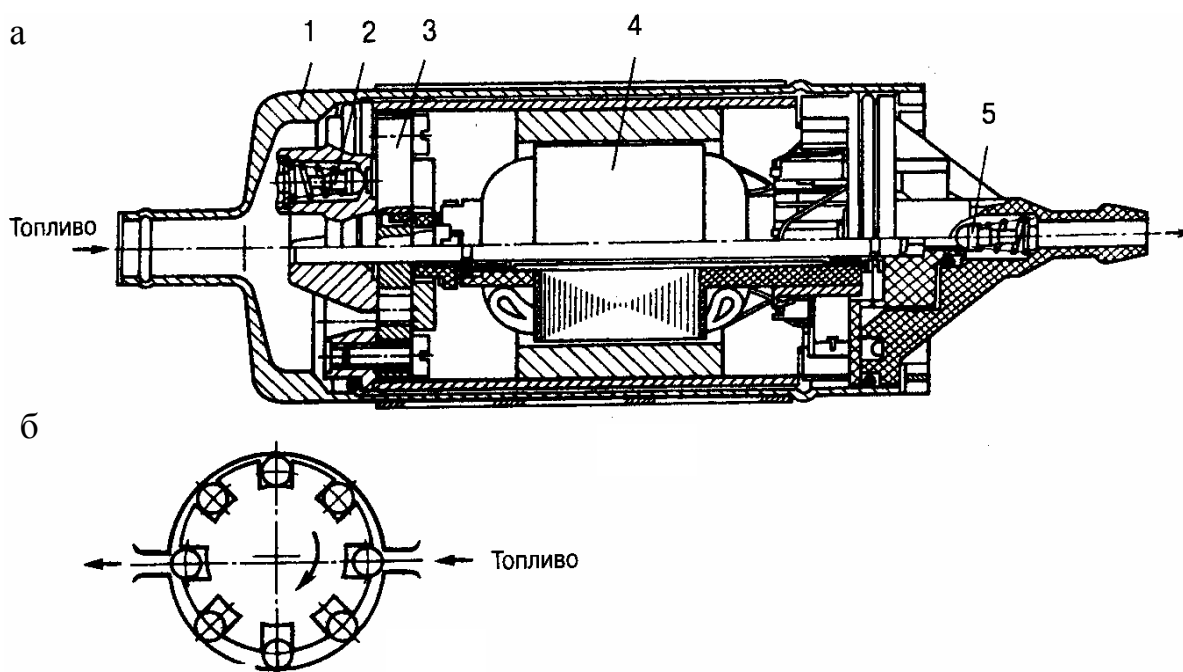


Рис. 6.55. Электрический топливный насос:
 а – продольный разрез; б – схема действия;
 1 – корпус насоса; 2 – предохранительный клапан; 3 – роликовый насос;
 4 – электродвигатель; 5 – обратный клапан

При размещении в баке насос представляет собой единый агрегат, включающий собственно насос, топливопроводы, демпфирующее устройство, фильтр, провода электропитания и т.д. Пример системы топливоподачи с таким насосным агрегатом приведен на рис. 6.56.

На рис. 6.57 представлен регулятор холостого хода с приводным шаговым электродвигателем, который имеет четыре обмотки управления, размещенные на статоре. В продольных пазах ротора установлены постоянные магниты с чередующимся расположением полюсов. Управление двигателем ведется с помощью электрических импульсов различной полярности, подаваемых на обмотки в определенной последовательности.

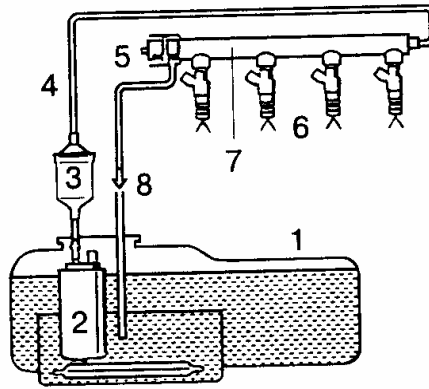


Рис. 6.56. Схема топливоподачи с топливным насосом, устанавливаемым в топливном баке:

1 – бак; 2 – топливный насос с электроприводом; 3 – топливный фильтр; 4 – нагнетательная магистраль высокого давления; 5 – регулятор давления топлива; 6 – форсунки; 7 – топливопровод с форсунками (непрерывный поток топлива); 8 – возвратная топливная магистраль

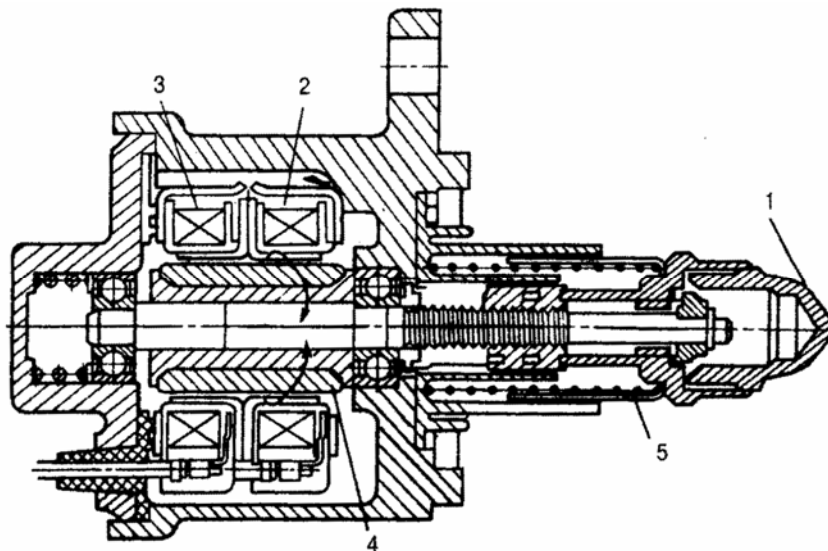


Рис. 6.56. Регулятор холостого хода с шаговым электродвигателем:
1 – дросселирующий элемент; 2,3 – обмотки шагового электродвигателя;
4 – ротор шагового электродвигателя; 5 – пружина

Малогабаритные электродвигатели постоянного тока используются для регулирования расхода воздуха на холостом ходу путем перемещения дроссельной заслонки. Вал электродвигателя через редуктор связан с цилиндрическим толкателем, который непосредственно воздействует на подпружиненный рычаг заслонки.

6.12. Электрогидравлическая система управления клапанами ДВС

Для эффективной работы ДВС на различных частотах вращения коленчатого вала зависимость степени открытия впускного и выпускного клапанов от угла поворота коленчатого вала должна изменяться в соответствии с рис. 6.57. Такое управление клапанами достаточно просто обеспечить с помощью электрогидравлической системы, привод которой представлен на рис. 6.58. Достоинствами этой системы являются: 1) повышение надежности; 2) простота изменения закона перемещения клапанов в зависимости от скоростного режима работы двигателя.



Рис. 6.57. Зависимости оптимальной степени открытия впускного и выпускного клапанов от угла поворота коленчатого вала

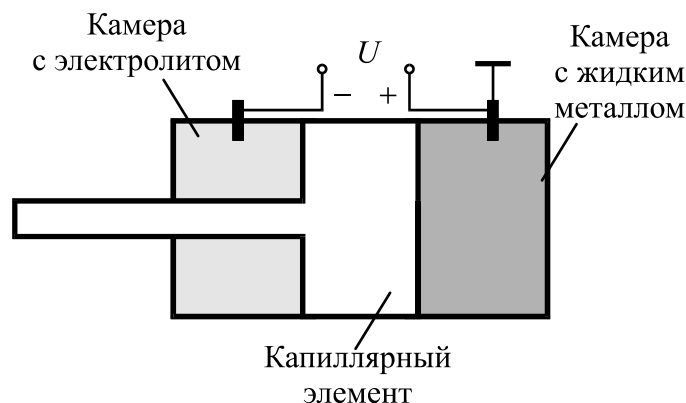


Рис. 6.58. Электрогидравлический привод

Принцип работы электрогидравлического привода основан на том, что жидкие тяжелые металлы на границе их раздела с электролитом меняют свое поверхностное натяжение при изменении электрического потенциала.

При подаче $U = -0,7$ В поверхностное натяжение металла увеличивается и он начинает перекачиваться по капиллярам в правую камеру (см. рис. 6.58), повышая в ней давление, а в камере с электролитом — снижая. Капиллярный элемент вместе со штоком перемещается влево, перекрывая сливные отверстия гидропривода (на рис. 6.58 не показаны). Поршень гидропривода под действием давления масла в гидроцилиндре начинает

перемещаться, нажимая на шток клапана двигателя. При $U = -1,2$ В происходят обратные процессы. Поршень гидропривода вместе со штоком клапана двигателя под действием пружины возвращается в исходное положение.

Электрогидравлическое устройство сравнительно легко устанавливается на двигателе. Рост мощности после его установки на некоторых режимах может составить 5...7 %.

6.13. Электронное управление подвеской

ЭСАУ подвеской (рис. 6.59) предназначены для регулирования жесткости подвески в зависимости от скорости, траектории движения, интенсивности торможения, угла открытия дроссельной заслонки. При движении с большой скоростью по хорошей дороге жесткость подвески увеличивается, что уменьшает крен автомобиля при поворотах и оседание при трогании с места, переключении передач и торможении. Жесткость подвески изменяется посредством изменения диаметра перепускного отверстия амортизатора при помощи электрического двигателя.



Рис. 6.59. Структурная схема электронной системы автоматического управления подвеской

В качестве датчика скорости используется датчик спидометра, в качестве датчика торможения – выключатель стоп-сигнала. Датчик положения рулевого колеса – как правило, фотопрерыватель, состоящий из неподвижных фотодиода и фототранзистора, между которыми на рулевом валу закреплен диск с прорезями.

6.14. Электронные антиблокировочные системы

При торможении колесо автомобиля начинает двигаться с проскальзыванием относительно дорожного полотна. *Проскальзывание* S – это отношение разности скорости автомобиля V_a и окружной скорости вращения колеса V_k к скорости автомобиля:

$$S = \frac{V_a - V_k}{V_a}.$$

Зависимость коэффициента сцепления колеса ϕ от проскальзывания имеет максимум при определенном проскальзывании S_0 (рис. 6.60).

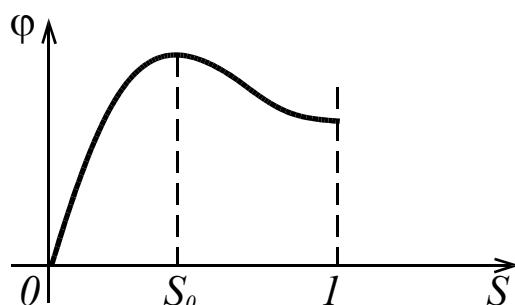


Рис. 6.60. Зависимость коэффициента сцепления колеса с дорогой от проскальзывания

Для обеспечения наименьшего тормозного пути колеса автомобиля должны иметь проскальзывание, соответствующее максимальному коэффициенту сцепления. Эту задачу решают *антиблокировочные системы* (АБС). Электронная АБС регулирует давление в тормозной камере, управляя клапаном отсечки и клапаном выпуска. Через клапан отсечки сжатый воздух подается в тормозную камеру, а через клапан выпуска воздух выводится из тормозной камеры в атмосферу.

7. ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЯ

Вспомогательным электрооборудованием называют группу приборов и аппаратов, обеспечивающих отопление и вентиляцию кабины и кузова, очистку стекол кабины и фар, радиоприем и другие вспомогательные функции.

7.1. Стеклоочистители, омыватели и фарочистители

Стеклоочиститель предназначен для механической очистки лобового и заднего стекла от атмосферных осадков и грязи. По типу привода различают вакуумные, пневматические и электрические стеклоочистители. Последние получили наибольшее распространение.

Электрический стеклоочиститель состоит из электродвигателя, червячного редуктора (обычно выполненного в одном корпусе с электродвигателем), кривошипного механизма, системы рычагов и щеток 3 (рис. 7.1). Электродвигатель 4 стеклоочистителя через червячный редуктор 1 приводит во вращение кривошип 2, который через систему приводных рычагов и тяг сообщает рычагам щеток качательное движение. Щетки должны перемещаться по стеклу плавно, без толчков, с определенными углом размаха и усилием прижатия к стеклу. Применение на современных автомобилях гнутых передних стекол усложняет работу стеклоочистителя, так как становится трудно обеспечить плотное прилегание щеток к поверхности стекол. Поэтому щетки стеклоочистителей выполняют гибкими и увеличивают усилие пружин, прижимающих щетки. Гибкость щеток достигается увеличением числа коромысел держателя щетки и придания профилю щетки рациональной формы.

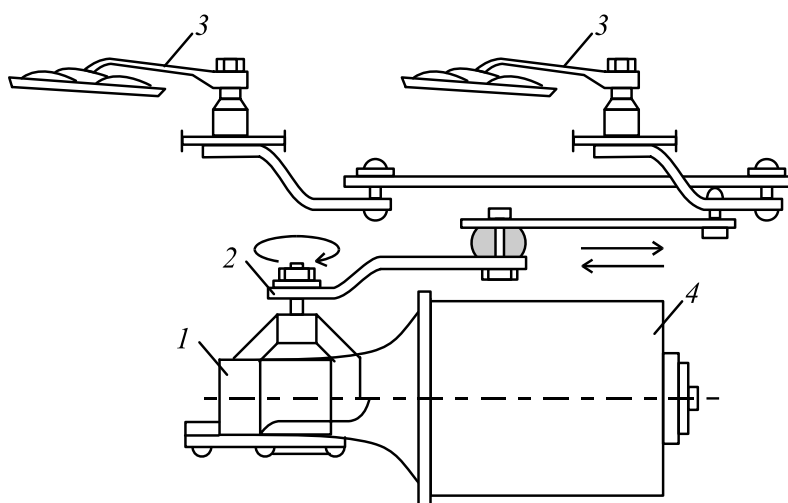


Рис. 7.1. Устройство стеклоочистителя

Различные климатические условия и скоростные режимы движения автомобиля обуславливают необходимость изменения производительности стеклоочистителя. Поэтому современные стеклоочистители имеют две или три скорости.

В дополнение к стеклоочистителям часто устанавливают *омыватели* переднего стекла. При движении по сырой грязной дороге даже при отсутствии дождя стекло водителя забрызгивается грязью от встречных автомобилей. Щетки стеклоочистителя не очищают стекло, а лишь размазывают по нему подсыхающую грязь. Омыватели стекла состоят из небольшого бачка с чистой водой и насоса, приводимого в движение вручную, ножной педалью или электродвигателем. При работе омывателя переднее стекло автомобиля смачивается струйками воды из форсунок, установленных около стеклоочистителей. Увлажненная грязь затем легко очищается щетками стеклоочистителя.

С целью повышения безопасности движения на легковых автомобилях последних выпусков устанавливают *фароочистители*, которые предназначены для чистки стекол фар от грязи, нарушающей нормальное светораспределение при движении автомобиля в темное время суток и неблагоприятных климатических условиях. Существуют два способа очистки фар: щеточный и струйный. Принцип действия и устройство щеточного фароочистителя аналогичны принципу действия и устройству стеклоочистителя ветрового стекла. Принцип действия струйного фароочистителя заключается в том, что частицы грязи на стекле фары отбиваются и смываются водой, которая подается от специального электрического насоса через форсунку под большим давлением – до 0,3 МПа.

Преимуществами такой очистки являются высокая надежность и эффективность в работе, возможность очистки фар любой формы, кратковременное вмешательство в светораспределение. К недостаткам можно отнести необходимость использования мощного электронасоса высокого давления и сравнительно большой расход воды.

7.2. Электропривод вспомогательного электрооборудования автомобиля

Развитие различных систем автомобиля, обусловленное необходимостью повышения экономичности, надежности, комфорта и безопасности движения, приводит к тому, что роль электрооборудования, в частности электропривода вспомогательных систем, неуклонно возрастает. В настоящее время даже на грузовых автомобилях устанавливается минимум 3...4 электродвигателя, а на легковых – 5 и более, в зависимости от класса.

Электроприводом называется электромеханическая система, состоящая из электродвигателя (или нескольких электродвигателей), передаточного

механизма к рабочей машине и всей аппаратуры для управления электродвигателем. Основными устройствами автомобиля, где находят применение электропривод, являются отопители и вентиляторы салона, предпусковые подогреватели, стекло- и фароочистители, механизмы подъема стекол, антенн, перемещения сидений и др.

Требования, предъявляемые к электродвигателям, устанавливаемым в том или ином узле автомобиля, обусловлены режимами работы этого узла. При выборе типа двигателя необходимо сопоставить условия работы привода с особенностями механических характеристик различных видов электродвигателей. Принято различать *естественную* и *искусственную механические характеристики двигателя*. Первая характеристика соответствует номинальным условиям включения двигателя, нормальной схеме соединений и отсутствию каких-либо добавочных элементов в цепях двигателя. Искусственные характеристики получаются при изменении напряжения на двигателе, включении добавочных элементов в цепи двигателя и соединении этих цепей по специальным схемам.

Одним из наиболее перспективных направлений в развитии электропривода вспомогательных систем автомобиля является создание электродвигателей мощностью до 100 Вт с возбуждением от постоянных магнитов. Применение постоянных магнитов позволяет в значительной мере повысить технико-экономические показатели электродвигателей: уменьшить массу, габаритные размеры, повысить КПД. К преимуществам следует отнести отсутствие обмоток возбуждения, что упрощает внутренние соединения, повышает надежность электродвигателей. Кроме того, благодаря независимому возбуждению все электродвигатели с постоянными магнитами могут быть реверсивными.

Принцип действия электрических машин с постоянными магнитами аналогичен общеизвестному принципу действия машин с электромагнитным возбуждением – в электродвигателе взаимодействие полей якоря и статора создает вращающий момент. Источник магнитного потока в таких электродвигателях – постоянный магнит. Полезный поток, отдаваемый магнитом во внешнюю цепь, не является постоянным, а зависит от суммарного воздействия внешних размагничивающих факторов. Магнитный поток магнита вне системы электродвигателя и магнитный поток магнита в электродвигателе в сборе различны. Причем для большинства магнитных материалов процесс размагничивания магнита необратим, так как возврат из точки с меньшей индукцией в точку с большей индукцией (например, при разборке и сборке электродвигателя) происходит по кривым возврата, не совпадающим с кривой размагничивания (явление гистерезиса). Поэтому при сборке электродвигателя магнитный поток магнита становится меньше, чем он был перед разборкой электродвигателя.

В связи с этим важным преимуществом используемых в автотракторной промышленности оксидно-бариевых магнитов является не только их

относительная дешевизна, но и совпадение в определенных пределах кривых возврата и размагничивания. Но даже в них при сильном размагничивающем воздействии магнитный поток магнита после снятия размагничивающих воздействий становится меньше. Поэтому при расчете электродвигателей с постоянными магнитами очень важен правильный выбор объема магнита, обеспечивающего не только рабочий режим электродвигателя, но и стабильность рабочей точки при воздействии максимально возможных размагничивающих факторов.

Электродвигатели предпусковых подогревателей. Предпусковые подогреватели используются для обеспечения надежного пуска ДВС при низких температурах. Назначение электродвигателей предпусковых подогревателей – подача воздуха для поддержания горения в бензиновых подогревателях, подача воздуха, топлива и обеспечение циркуляции жидкости в дизелях.

Особенностью режима работы этих электродвигателей является то, что при низких температурах им необходимо развивать большой пусковой момент и достаточно функционировать непродолжительное время. Для обеспечения этих требований электродвигатели предпусковых подогревателей выполняются с последовательной обмоткой и работают в кратковременном и повторно-кратковременном режимах. В зависимости от температурных условий электродвигатели имеют различную продолжительность включения: при $-5...-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ не более 20 мин; при $-10...-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ не более 30 мин; при $-25...-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ не более 50 мин.

Номинальная мощность большинства электродвигателей в предпусковых подогревателях составляет 180 Вт, частота их вращения равна 6500 мин^{-1} .

Электродвигатели для привода вентиляционных и отопительных установок. Вентиляционные и отопительные установки предназначены для обогрева и вентиляции салонов легковых автомобилей, автобусов, кабин грузовых автомобилей и тракторов. Действие их основано на использовании тепла двигателя внутреннего сгорания, а производительность в значительной степени зависит от характеристик электропривода. Все электродвигатели такого назначения представляют собой двигатели длительного режима работы, эксплуатируемые при температуре окружающей среды, равной $-40...+70\text{ }^{\circ}\text{C}$. В зависимости от компоновки на автомобиле отопительной и вентиляционной установки электродвигатели имеют разное направление вращения. Эти электродвигатели одно- или двухскоростные в основном с возбуждением от постоянных магнитов. С помощью двухскоростных электродвигателей отопительные установки могут работать в двух режимах. Частичный режим работы (режим низшей скорости, а следовательно, и низшей производительности) обеспечивается за счет дополнительной обмотки возбуждения.

Кроме отопительных установок, использующих тепло ДВС, находят применение отопительные установки независимого действия. В этих уста-

новках электродвигатель, имеющий два выходных вала, приводит во вращение два вентилятора: один – направляет холодный воздух в теплообменник, а затем в отапливаемое помещение, другой – подает воздух в камеру горения.

Применяемые на целом ряде моделей легковых и грузовых автомобилей электродвигатели отопителей имеют номинальную мощность 25...35 Вт и номинальную частоту вращения 2500...3000 мин⁻¹.

Электродвигатели для привода стеклоочистительных установок. К электродвигателям, используемым для привода стеклоочистителей, предъявляются требования обеспечения жесткой механической характеристики, возможности регулирования частоты вращения при различных нагрузках, повышенного пускового момента. Это связано со спецификой работы стеклоочистителей, заключающейся в надежной и качественной очистке поверхности ветрового стекла в различных климатических условиях.

Для обеспечения необходимой жесткости механической характеристики используются двигатели с возбуждением от постоянных магнитов, двигатели с параллельным и смешанным возбуждением, а для увеличения момента и снижения частоты вращения применяется специальный редуктор. В некоторых электродвигателях редуктор выполнен как составная часть электродвигателя. В этом случае электродвигатель называют моторедуктором. Изменение скорости электродвигателей с электромагнитным возбуждением достигается изменением тока возбуждения в параллельной обмотке. В электродвигателях с возбуждением от постоянных магнитов изменение частоты вращения якоря достигается установкой дополнительной щетки.

На рис. 7.2 приведена принципиальная схема электропривода стеклоочистителя СЛ136 с электродвигателем на постоянных магнитах. Режим прерывистой работы стеклоочистителя осуществляется включением переключателя в положение III. В этом случае цепь якоря электродвигателя стеклоочистителя является следующей: «+» аккумуляторной батареи *GB* – термобиметаллический предохранитель – переключатель *SA* (контакты 5, 6) – контакты *K1:1* – *SA* (контакты 1, 2) – якорь – «масса». Параллельно якорю через контакты *K1:1* к аккумуляторной батарее подключается чувствительный элемент (нагревательная спираль) электротеплового реле *KK1*. Через определенное время нагрев чувствительного элемента приводит к размыканию контактов электротеплового реле *KK1:1*. Это вызывает размыкание цепи питания обмотки реле *K1*. Это реле отключается. Его контакты *K1:1* размыкаются, а контакты *K1:2* становятся замкнутыми. Благодаря контактам реле *K1:2* и контактам конечного выключателя *SQ* электродвигатель остается подключенным к аккумуляторной батарее до тех пор, пока щетки стеклоочистителя не займут исходное положение. В момент укладки щеток кулачок размыкает контакты *SQ*, в результате чего электродвигатель

останавливается. Очередное включение электродвигателя произойдет, когда чувствительный элемент электротеплового реле KKI остынет и это реле вновь отключится. Цикл работы стеклоочистителя повторяется 7...19 раз в минуту.

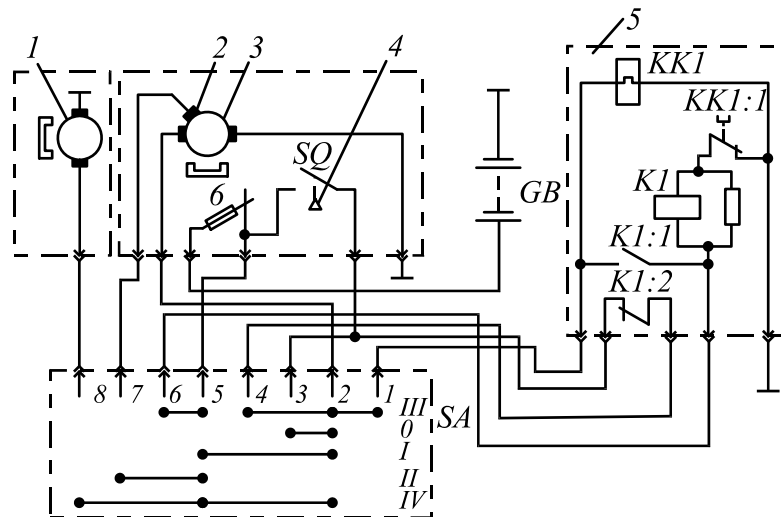


Рис. 7.2. Принципиальная схема электропривода стеклоочистителя:
 1 – якорь электродвигателя омывателя; 2 – дополнительная щетка;
 3 – якорь электродвигателя стеклоочистителя; 4 – кулачок; 5 – реле времени; 6 – термобиметаллический предохранитель

Режим малой скорости обеспечивается путем включения переключателя в положение II. При этом питание якоря электродвигателя осуществляется через дополнительную щетку, установленную под углом к основным щеткам. В этом режиме ток проходит только по части обмотки якоря, что является причиной уменьшения частоты вращения якоря. Режим большой скорости стеклоочистителя происходит при установке переключателя SA в положение I. При этом питание электродвигателя осуществляется через основные щетки и ток проходит по всей обмотке якоря. При установке переключателя SA в положение IV напряжение подается на якоря и электродвигателей стеклоочистителя и омывателя ветрового стекла и происходит их одновременная работа. После выключения стеклоочистителя (положение переключателя «0») благодаря конечному выключателю SQ электродвигатель остается включенным до момента укладки щеток в исходное положение. В этот момент кулачок разомкнет цепь и двигатель остановится. В цепь якоря электродвигателя включен термобиметаллический предохранитель, который предназначен для ограничения силы тока в цепи при перегрузке.

Работа стеклоочистителя при морозящем дожде или слабом снеге осложняется тем, что на ветровое стекло попадает мало влаги. По этой причине увеличиваются трение и износ щеток, а также расход энергии на очистку стекла, что может вызвать перегрев приводного двигателя. Перио-

дичность включения на один-два такта и выключение, осуществляемое водителем вручную, неудобны, да и небезопасны, так как внимание водителя на короткое время отвлекается от управления автомобилем. Поэтому для организации кратковременного включения стеклоочистителя система управления электродвигателем дополняется электронным регулятором тактов, который через определенные промежутки времени автоматически включает электродвигатель стеклоочистителя на один-два такта. Интервал между остановками стеклоочистителя может изменяться в пределах 2...30 с. Большинство моделей электродвигателей стеклоочистителей имеют номинальную мощность 12...15 Вт и номинальную частоту вращения 2000...3000 мин⁻¹.

В современных автомобилях получили широкое распространение стеклоомыватели переднего стекла и фарочистители с электрическим приводом. Электродвигатели омывателей и фарочистителей работают в повторно-кратковременном режиме и выполняются с возбуждением от постоянных магнитов, имеют небольшую номинальную мощность (2,5...10 Вт).

Помимо перечисленных назначений, электродвигатели используются для привода различных механизмов: подъема стекол дверей и перегородок, перемещения сидений, привода антенн и др. Для обеспечения большого пускового момента эти электродвигатели имеют последовательное возбуждение, используются в кратковременном и повторно-кратковременном режимах работы.

В процессе работы электродвигатели должны обеспечивать изменение направления вращения, т. е. быть реверсивными. Для этого в них имеются две обмотки возбуждения, попеременное включение которых обеспечивает разные направления вращения.

Электропривод с каждым годом находит все большее применение на автомобилях. Требования к электродвигателям постоянно возрастают, и это связано с повышением качества различных систем автомобиля, безопасностью движения, снижением уровня радиопомех, токсичности, повышением технологичности изготовления. Выполнение этих требований обусловило переход от электродвигателей с электромагнитным возбуждением к электродвигателям с возбуждением от постоянных магнитов. При этом масса электродвигателей снизилась, а КПД увеличился примерно в 1,5 раза. Их срок службы достигает 250...300 тыс. км пробега автомобиля.

Электродвигатели отопительных, вентиляционных и стеклоочистительных устройств разрабатываются на базе четырех типоразмеров анизотропных магнитов. Это позволяет сократить число выпускаемых типов электродвигателей и провести их унификацию.

Другим направлением является применение в конструкциях электродвигателей эффективных фильтров радиопомех. Для электродвигателей

мощностью до 100 Вт фильтры будут унифицироваться применительно к каждой базе электродвигателя и выполняться встроенными. Для перспективных электродвигателей мощностью 100...300 Вт разрабатываются фильтры с применением конденсаторов – проходных или блокировочных больших емкостей. В случае невозможности обеспечения требований по уровню радиопомех за счет встроенных фильтров намечаются применение выносных фильтров и экранирование электродвигателей.

В более отдаленной перспективе предполагается использовать бесконтактные двигатели постоянного тока. Эти двигатели снабжаются статическими полупроводниковыми коммутаторами, замещающими механический коммутатор-коллектор, и встроенными датчиками положения ротора. Отсутствие щеточно-коллекторного узла позволяет увеличить ресурс электродвигателя до 5 тыс. ч и более, значительно повысить его надежность и снизить уровень радиопомех.

Проводятся работы по созданию электродвигателей с ограниченными осевыми размерами, что необходимо, например, для привода вентилятора охлаждения ДВС. В этом направлении поиск ведется по пути создания двигателей с торцовым коллектором, который располагают совместно со щетками внутри полого якоря, или с дисковыми якорями, выполненными со штампованной или печатной обмоткой.

Имеют свое продолжение разработки специальных электродвигателей, в частности герметизированных электродвигателей предпусковых подогревателей, что необходимо для повышения надежности и применения на специальных автомобилях.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Контрольные вопросы к разделу 1

1. Какие устройства принято относить к электрооборудованию автомобилей?
2. Какие системы электрооборудования имеются в автомобиле?
3. Для чего предназначена и из чего состоит система электроснабжения?
4. В чем заключается принцип работы аккумуляторной батареи?
5. Что служит признаком окончания зарядного процесса?
6. Расскажите об устройстве традиционных аккумуляторных батарей с отдельными крышками.
7. Расскажите об устройстве традиционных аккумуляторных батарей с общей крышкой.
8. В чем заключается отличие малообслуживаемых аккумуляторных батарей от традиционных?
9. В чем заключается отличие необслуживаемых аккумуляторных батарей от малообслуживаемых?
10. Что называется электродвижущей силой аккумулятора?
11. Что называется поляризацией?
12. Из чего складывается омическое сопротивление батареи?
13. Что называется разрядной емкостью аккумуляторной батареи?
14. Что называется энергозапасом аккумуляторной батареи?
15. Какие факторы и как влияют на емкость аккумуляторной батареи?
16. В чем заключается подготовка аккумуляторной батареи к эксплуатации?
17. Как выполняется заряд аккумуляторных батарей?
18. Что называется сульфатацией электродов?
19. Как устраняется сульфатация электродов?
20. Каковы условия хранения аккумуляторных батарей?
21. Что называется автомобильной генераторной установкой?
22. Что называется вентильными генераторами?
23. Какие требования предъявляются к генераторным установкам?
24. Как условно обозначаются элементы современной генераторной установки?
25. В чем заключается принцип действия трехфазного щеточного генератора?
26. В чем заключается принцип действия индукторного генератора?
27. В чем заключается принцип действия генератора с укороченными полюсами?

28. Назовите характеристики генераторов переменного тока.
29. В чем заключается принцип действия автомобильного регулятора напряжения?
30. Чем отличаются друг от друга вибрационные, контактно-транзисторные и электронные регуляторы напряжения?
31. Что называется бортовой электрической сетью?

Контрольные вопросы к разделу 2

1. Для чего предназначена и из чего состоит система пуска ДВС?
2. Для чего предназначена и из чего состоит электростартер автомобиля?
3. Для чего предназначено тяговое реле?
4. В чем заключаются достоинства и недостатки стартерных электродвигателей постоянного тока с последовательным возбуждением?
5. В чем заключаются достоинства стартерных электродвигателей с встроенными редукторами?
6. Как осуществляется управление стартером с двухобмоточным тяговым реле?
7. Каковы основные электромеханические характеристики стартерного электродвигателя?
8. Как влияет вольт-амперная характеристика аккумуляторной батареи на работу стартера?
9. Какие устройства относятся к электрическим средствам облегчения пуска?
10. В чем заключается назначение и принцип действия свечей накаливания?
11. В чем заключается назначение и принцип действия электрофакельных подогревателей?

Контрольные вопросы к разделу 3

1. Для чего предназначена система зажигания?
2. Из чего состоит батарейная система зажигания?
3. Назовите основные типы батарейных систем зажигания.
4. Назовите основные параметры системы зажигания.
5. Из каких элементов состоит и как функционирует классическая система зажигания?
6. Назовите типы катушек зажигания и дайте их краткую характеристику.

7. Опишите конструкцию свечи зажигания с воздушным искровым промежутком.
8. Каковы предельные значения температуры свечей зажигания?
9. Как достигается оптимальная теплоотдача свечи?
10. Какие свечи называются «горячими», а какие – «холодными»?
11. Что характеризует калильное число?
12. Для чего предназначен и как функционирует центробежный регулятор угла опережения зажигания?
13. Для чего предназначен и как функционирует вакуумный регулятор угла опережения зажигания?
14. Для чего предназначен и как функционирует октан-корректор?
15. Что называется углом замкнутого состояния контактов?
16. Назовите достоинства и недостатки классической системы зажигания.
17. Что называется электронными системами зажигания?
18. Чем отличаются контактно-транзисторные системы зажигания от контактных систем зажигания?
19. Для чего предназначены транзисторные коммутаторы?
20. Для чего предназначены контроллеры?
21. В чем заключается принцип действия тиристорных систем зажигания?
22. В чем заключается принцип действия датчика коммутаторного типа с пульсирующим потоком?
23. В чем заключается принцип действия датчика с переменным (по направлению) потоком?
24. В чем заключается принцип действия датчика на эффекте Холла?
25. Как осуществляется электронное распределение высокого напряжения по цилиндрам двигателя?
26. В чем заключаются основные преимущества электронных систем зажигания?

Контрольные вопросы к разделу 4

1. В чем заключается принцип действия и из чего состоят автомобильные световые приборы?
2. Из чего состоит и как функционирует оптический элемент?
3. Назовите типы источников света головных фар, их основные электрические и световые параметры.
4. Как осуществляется светораспределение в фарах европейского типа?

5. Как осуществляется светораспределение в фарах американского типа?
6. Каковы основные достоинства и недостатки двухфарных и четырехфарных систем?
7. Как осуществляется светораспределение в четырехфарных системах?
8. Для чего предназначены и как распределяют световой поток противотуманные фары?
9. В чем заключается правильная установка противотуманных фар?

Контрольные вопросы к разделу 5

1. Для чего предназначена и из чего состоит информационно-диагностическая система автомобиля?
2. Каким образом определяется быстродействие измерительного прибора?
3. Каким показателем характеризуется точность измерительного прибора?
4. Что называется погрешностью прибора?
5. Какие факторы влияют на точность считывания информации?
6. За счет чего можно уменьшить время считывания информации с измерительного прибора?
7. При какой контрастности изображения на информационном табло (экране) восприятие символов наиболее эффективно?
8. Что называется информационной емкостью?
9. Каким образом отображается информация в информационно-диагностических системах с индивидуальным способом отображения информации,?
10. Каким образом отображается информация в информационно-диагностических системах с иерархическим способом отображения информации?
11. Каким образом отображается информация в информационно-диагностических системах с регулируемым потоком информации?
12. Для чего предназначены контролирующие приборы?
13. Для чего предназначены измерительные приборы?
14. В каких устройствах автомобиля производится измерение давления?
15. От чего зависит отклонение стрелки логометра?
16. В чем заключается принцип действия термобиметаллического импульсного манометра?

17. В чем заключается принцип действия логометрического манометра?
18. В чем заключается принцип действия герконовых датчиков-выключателей?
19. В чем заключается принцип действия пьезоэлектрических датчиков-выключателей?
20. По какому показателю оценивается качество автомобильного масла?
21. Как амперметр подключается к аккумуляторной батарее (последовательно или параллельно)?
22. Как вольтметр подключается к аккумуляторной батарее (последовательно или параллельно)?
23. В чем заключается принцип действия электропривода, выполненного по схеме генератор – двигатель?
24. Для чего предназначена автомобильная бортовая система контроля?
25. Для чего служит система встроенных датчиков?
26. Какую информацию предоставляют маршрутные компьютеры?

Контрольные вопросы к разделу 6

1. Для чего служат электронные системы автоматического управления агрегатами автомобиля?
2. В чем заключаются аппаратный и программный методы управления?
3. Опишите работу ЭСАУ топливоподачей программного типа.
4. Опишите работу ЭСАУ впрыском топлива.
5. Опишите работу электронной карбюраторной системы.
6. Назначение, состав и принцип действия элементов СП «К-Ј».
7. Главная дозирующая система «К-Ј». Назначение, состав и принцип действия.
8. Система пуска и система холостого хода «К-Ј». Принцип действия.
9. Назначение, устройство и принцип действия дозатора-распределителя и регулятора давления.
10. Назначение, устройство и принцип действия регулятора управляющего давления.
11. Назначение, устройство и принцип действия пусковых форсунок.
12. Вспомогательные элементы СП «К-Ј».
13. Устройство СП «КЕ-Ј».
14. Главная дозирующая система «КЕ-Ј». Назначение, состав и принцип действия.

15. Система пуска и система холостого хода «КЕ-Ж». Принцип действия.

16. СП «L-Ж». Особенности устройства и принцип действия.

17. Назначение, устройство и принцип действия расходомера воздуха СП «L-Ж».

18. Цикловая подача топлива и ее параметры.

19. Впрыск топлива и характеристика параметров впрыска.

20. Влияние эксплуатационных параметров на характеристику впрыска.

21. В чем заключаются принцип работы электрогидравлического привода клапанов ДВС? Каковы достоинства этого привода?

22. Для чего предназначена и как функционирует ЭСАУ подвеской?

23. Для чего предназначены и как функционируют антиблокировочные системы?

Контрольные вопросы к разделу 7

1. Что относится к вспомогательному электрооборудованию автомобиля?

2. Опишите устройство стеклоочистителя автомобиля.

3. Что называется электроприводом?

4. Что называется естественной механической характеристикой двигателя?

5. Что называется искусственной механической характеристикой двигателя?

6. Каковы основные достоинства электродвигателей с возбуждением от постоянных магнитов?

7. Какие электродвигатели используются для привода вентиляционных и отопительных установок?

8. Какие электродвигатели используются для привода стеклоочистительных установок?

9. Опишите по схеме, представленной на рис. 7.2, работу электропривода стеклоочистителя.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основная

1. Волков, В.С. Светотехническое и приборное оборудование транспортных машин [Текст]: учеб. пособие / В.С. Волков – Воронеж: Изд-во Воронежской ГЛТА, 2004. – 88 с.
2. Набоких, В.А. Эксплуатация и ремонт электрооборудования автомобилей и тракторов [Текст]: учебник / В.А. Набоких. – 2-е изд. – М.: ИЦ «Академия», 2005. – 240 с.
3. Шец, С.П. Техническое диагностирование элементов электрооборудования автомобилей. Лабораторный практикум [Текст]: учеб. пособие / С.П. Шец, С.В. Волохо. – Брянск: Изд. БГТУ, 2005. – 62 с.
4. Волков, В.С. Электрооборудование транспортных и транспортно-технологических машин [Текст]: учеб. пособие / В.С. Волков. – Воронеж: Изд. Воронежской ГЛТА, 2006. – 376 с.
5. Ютт, В.Е. Электронные системы управления ДВС и методы их диагностирования [Текст]: учеб. пособие / В.Е. Ютт, Г.Е. Рузавин. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 104 с.
6. Гетманенко, В.М. Современные электронные устройства автотранспортных средств [Текст]: учеб. пособие / В.М. Гетманенко. – зерноград: Изд-во ФГОУ ВПО АЧГАА, 2008. – 149 с.
7. Легков, А.И. Электронное оборудование автомобилей [Текст]: учеб. пособие / А.И. Легков, А.А. Лопарев, С.А. Плотников. – Изд. 2-е. – Киров: Издание Кировского филиала МГИУ, 2008. – 160 с.
8. Стручалин, В.М. Современные и перспективные электронные системы автомобилей: Лабораторный практикум [Текст]: учеб. пособие / В.М. Стручалин. – Краснодар: Изд-во КубГТУ, 2008. – 261 с.
9. Решедько, В.В. Электроника и электрооборудование транспортных и транспортно-технологических машин [Текст]: учеб. пособие / В.В. Решедько. – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2009. – 227 с.
10. Стручалин, В.М. Техническая эксплуатация автомобилей, оборудованных компьютерными системами [Текст]: учеб. пособие / В.М. Стручалин. – Краснодар: Изд-во КубГТУ, 2009. – 194 с.
11. Ютт, В.Е. Лабораторные работы по электрооборудованию автомобилей [Текст]: учеб. пособие / В.Е. Ютт [и др.]. – М.: ООО «Техполиграфцентр», 2009. – 206 с.
12. Эйдинов, А.А. Автотранспортные средства с комбинированными энергоустановками (АТС и КЭУ) [Текст]: учеб. пособие / А.А. Эйдинов [и др.]. – М.: Изд. МАДИ, 2010. – 155 с.

13. Эксплуатация антиблокировочных систем грузовых автомобилей [Текст]: учеб. пособие / В.Е. Ютт, А.М. Резник, В.В. Морозов, А.И. Попов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2010. – 88 с.

14. Эксплуатация электронных систем автомобилей [Текст]: учеб. пособие / В.Е. Ютт, А.М. Резник, В.В. Морозов, А.И. Попов. – М.: МАДИ, 2012. – 253 с.

15. Волков, В.С. Электроника и электрооборудование транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования [Текст]: учебник / В.С. Волков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ИЦ «Академия», 2013. – 368 с.

16. Ютт, В.Е. Аппараты систем управления зажиганием и впрыском топлива [Текст]: учеб. пособие / В.Е. Ютт, В.В. Морозов, В.И. Чепланов. – М.: Изд. МАДИ, 2013. – 112 с.

Дополнительная

1. Ютт, В.Е. Электрооборудование автомобилей [Текст] / В.Е. Ютт. – М.: Транспорт, 2005. – 304 с.

2. Лянденбургский, В.В. Техническая эксплуатация автомобилей. Диагностирование автомобилей [Текст]: учеб. пособие / В.В. Лянденбургский, А.А. Карташов, А.С. Иванов. – Пенза: ПГУАС, 2011. – 288 с.

3. Лянденбургский, В.В. Средства для диагностирования топливной аппаратуры автомобилей с дизельными двигателями [Текст]: моногр. / В.В. Лянденбургский. – Пенза: ПГУАС, 2012. – 208 с.

4. Тарасов, А.И. Формирование перечней ступеней технического обслуживания автомобилей [Текст] / А.И. Тарасов, В.В. Лянденбургский, Д.А. Симанчев // Перспективные направления развития автотранспортного комплекса: материалы II междунар. науч.-производ. конф. – Пенза, 2009. – С. 147-150.

5. Лянденбургский, В.В. Встроенные средства для контроля работоспособности и перемещения автомобилей [Текст]: моногр. / В.В. Лянденбургский. – Пенза: ПГУАС, 2010. – 112 с.

6. Лянденбургский, В.В. Сигнализатор технического состояния автомобилей на автотранспортном предприятии [Текст] / В.В. Лянденбургский, Ю.В. Родионов, А.С. Иванов, Д.А. Симанчев // Мир транспорта и технологических машин. – Орел, 2010. – № 4. – С. 20-26.

7. Туревский, И.С. Электрооборудование автомобилей [Текст]: учеб. пособие / И.С. Туревский. – М.: ИНФРА-М, ФОРУМ, 2004.

8. Набоких, В.А. Эксплуатация и ремонт электрооборудования автомобилей и тракторов [Текст] / В.А. Набоких. – М.: Академия, 2004.

9. Ширшиков, А.С. Электрооборудование автомобилей [Текст]: учеб. пособие / А.С. Ширшиков, Г.И. Шаронов. – Пенза: ПГАСА, 2001.

10. Брижинева, М. Стабилизация напряжения преобразователя [Текст] / М. Брижинева // Радио. – 1984. – №10. – С. 30–31.
11. Авторское свидетельство № 978294 МКЛ 3 Н02М 3/335. Одно-тактный стабилизированный преобразователь постоянного напряжения [Текст] / Брижинева М. П – № 3302487/24-07; Заявлено 19.06.81; Опубл. 30.11.82, Бюл. № 44 // Открытия. Изобретения. – 1982. – №44.
12. А. С. 1772403 SU, МКИ5 F 02 Р 3/06. Тиристорная система электронного зажигания [Текст] / Шаронов Г.И., Володин И.М. и др. – № 4715444/21; Заявлено 19.05.89; Опубл. 30.10.92 Бюл. № 40 // Открытия. Изобретения. – 1992. – №40.
13. Харазов, А.М. Диагностическое обеспечение технического обслуживания и ремонта автомобилей [Текст]: справ. пособие / А.М. Харазов. – М.: Высш. шк., 1990. – 208 с.
14. Иванов, В.И. Применение ЭВМ на автомобильном транспорте [Текст] / В.И. Иванов. – М.: Транспорт, 1997. – 144 с.
15. Технический прогресс транспортных средств за рубежом [Текст]. – М.: ИКТП, 1988. – 214 с.
16. Лукинский, В.С. Прогнозирование надежности автомобиля [Текст] / В.С. Лукинский, Е.И. Зайцев. – Л.: Политехника, 1991. – 222 с.
17. Данов, Б.А. Электронное оборудование иностранных автомобилей: Системы управления двигателем [Текст] / Б.А. Данов, Е.И. Титов. – М.: Транспорт, 1998. – 76 с.
18. Данов, Б.А. Электронное оборудование иностранных автомобилей: Системы управления трансмиссией, подвеской и тормозной системой [Текст] / Б.А. Данов, Е.И. Титов. – М.: Транспорт, 1998. – 78 с.
19. Данов, Б.А. Электронное оборудование иностранных автомобилей: Системы управления оборудованием салона [Текст] / Б.А. Данов, Е.И. Титов. – М.: Транспорт, 1998. – 60 с.
20. Данов, Б.А. Электронные приборы автомобилей [Текст] / Б.А. Данов, В.Д. Рогачев. – М.: Транспорт, 1992. – 77 с.
21. Долматинский, Ю.А. Автомобиль за 100 лет [Текст] / Ю.А. Долматинский. – М.: Знание, 1986. – 235 с.
22. Техническая эксплуатация автомобилей [Текст]: учебник для вузов / Е.С. Кузнецов [и др.]. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 2003. – 535 с.
23. Положение о техническом обслуживании и ремонте подвижного состава автомобильного транспорта [Текст] / М-во автомоб. трансп. РСФСР. – М.: Транспорт, 1988. – 78 с.
24. Техническая эксплуатация автомобилей [Текст] / под ред. Г.В. Краморенко. – М.: Транспорт, 1983. – 488 с.

25. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: пособие по дипломному проектированию [Текст] / Б.Н. Суханов, И.О. Борзых, Ю.Ф. Бедарев. – М.: Транспорт, 1991. – 159 с.
26. Краткий автомобильный справочник ГосНИИ автомобильного транспорта [Текст]. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1979. – 464 с.
27. Булычев, А.Л. Теоретические основы электроники [Текст] / А.Л. Булычев. – М.: Энергоформат, 1987.
28. Автомобильные датчики [Текст]. – М.: Машиностроение, 1982. – 101 с.
29. Автомобильные электронные системы [Текст]; под ред. Ю.М. Галкина – М.: Машиностроение, 1982. – 142 с.
30. Боровских, Ю.И. Автомобильные контрольно-измерительные приборы [Текст] / Ю.И. Боровских. – М.: Транспорт, 1976. – 192 с.
31. Буна Бела. Электроника на автомобиле [Текст] / Буна Бела. – М.: Транспорт, 1979. – 192 с.
32. Есеновский-Лашков, Ю.К. Электроника автомобильных систем управления [Текст] / Ю.К. Есеновский-Лашков. – М.: Машиностроение, 1987. – 198 с.
33. Автомобили КамАЗ: вопросы и ответы [Текст] / П.С. Ярьско [и др.]. – М.: Транспорт, 1989. – 286 с.
34. Пустовалов, Б.И. От Руссо – Балта до КамАЗа [Текст] / Б.И. Пустовалов. – Минск: Выш. шк., 1984. – 94 с.
35. Жомиру, В.Н. Справочник по диагностике технического состояния автомобиля [Текст] / В.Н. Жомиру, В.И. Амарией. – Кишинев, 1989. – 226 с.
36. Ветлицкий, В.Н. Бортовые автономные системы управления автомобилем [Текст] / В.Н. Ветлицкий [и др.]. – М.: Транспорт, 1984. – 189 с.
37. Литвиненко, В.В. Электрооборудование легковых автомобилей: диагностика и устранение неисправности [Текст] / В.В. Литвиненко. – 2-е изд. – М.: Инфоравто, 1995. – 48 с.
38. Акимов, С.В. Электрическое и электронное оборудование автомобиля [Текст] / Акимов С.В. [и др.]. – М.: Машиностроение, 1988. – 276 с.
39. Современные грузовые автотранспортные средства. Справочник [Текст]. – М.: Транспорт, 1997. – 536 с.
40. Гируцкий, О.И. Электронные системы управления агрегатами автомобиля [Текст] / О.И. Гируцкий. – М.: Транспорт, 2000.
41. Справочник для студентов: Высшая математика. Физика. Теоретическая механика. Сопротивление материалов [Текст] / А.Д. Полянин, В.Д. Полянин. – М.: ООО «Издательство Астрель», 2000. – 480 с.
42. Лянденбургский, В.В. Комбинированная система технического обслуживания автомобилей. [Текст] / В.В. Лянденбургский, В.И. Назаров //

Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: материалы III междунар. науч.-техн. конф. Ч. II. – Пенза, 2004. – С. 47-49

43. Надежность и эффективность в технике: справочник; в 10 т. / ред. совет: В.С. Авдучевский (пред.) и [др.] Т.2. Математические методы в теории надежности и эффективности [Текст] / под ред. Б.В. Гнеденко. – М.: Машиностроение, 1987. – 280с.

44. Бажанов, А.П. Об упорядочении контрольных процедур при изготовлении датчиков физических величин [Текст] / А.П. Бажанов, Н.П. Бажанов // Электронная техника: науч. техн. сб. Сер. 8. Управление качеством, стандартизация, метрология, испытания. Вып. 4 (146). – М.: ЦНИИ "Электроника", 1991. – С. 48-49.

45. Харазов, А.М. Диагностическое обеспечение технического обслуживания и ремонта автомобилей: справ. пособие. / А.М. Харазов, – М., Высш. шк., 1990. – 208 с.

46. Аксельрод, Д.И. Поэлементное диагностирование топливной аппаратуры высокого давления дизельных двигателей [Текст] / Д.И. Аксельрод; тр. МАДИ // Техническая эксплуатация автомобилей. – 1980. – С. 21–26.

47. Белявцев, А.В. Топливная аппаратура автотракторных дизелей: Конструктивные особенности и эксплуатация [Текст] / А.В. Белявцев, А.С. Процеров. – М.: Росагропромиздат, 1988. – 223 с.

48. Борщенко, Я.А. Разработка метода диагностирования автомобильных дизелей по неравномерности вращения коленчатого вала [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Я.А. Борщенко. – Курган, 2003. – 151 с.

49. Власов, П.А. Особенности эксплуатации дизельной топливной аппаратуры [Текст] / П.А. Власов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 127 с.

50. Иванов, В.И. Применение ЭВМ на автомобильном транспорте [Текст] / В.И. Иванов. – М.: Транспорт, 1997. – 144с.

51. Гуднев, В.И. Улучшение технико-экологических показателей тракторных дизелей [Текст]: дис... канд. техн. наук / В.И. Гуднев. – М., 1998. – 128 с.

52. Дамбаев, В.Д. Разработка методики диагностирования дизеля КамАЗ-740 встроенными средствами [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / В.Д. Дамбаев. – М., 1987. – 208 с.

53. Жаров, С.П. Разработка системы информационного обеспечения водителя с целью повышения топливной экономичности грузового автомобиля [Текст]: дис... канд. техн. наук / С.П. Жаров. – Курган, 1991. – 180 с.

54. Климпущ, О.Д. Исследование и выбор диагностических параметров автомобильных дизелей семейства ЯМЗ [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / О.Д. Климпущ. – Киев, 1973. – 213 с.

55. Колчин, А.В. Новые средства и методы диагностирования автотракторных двигателей [Текст] / А.В. Колчин, Ю.К. Бобков. – М.: Колос, 1982. – 111 с.
56. Крутов, В.И. Автоматическое регулирование двигателей внутреннего сгорания [Текст]: учеб. пособие для вузов / В.И. Крутов. – М.: Машиностроение, 1979. – 616 с.
57. Медведков, В.И. Автомобили КамАЗ-5320, КамАЗ-4310, Урал-4320 [Текст]: учеб. пособие / В.И. Медведков, С.Т. Билык, Г.А. Гришин. – М.: ДОСААФ, 1987. – 372 с.
58. Мирошников, Л.В. Диагностирование технического состояния автомобилей на автотранспортных предприятиях [Текст] / Л.В. Мирошников, А.П. Болдин, В.П. Пал. – М.: Транспорт, 1977. – 263 с.
59. Обнаружение неисправностей дизелей ЯМЗ [Текст] / Б.С. Антропов, В.И. Жеребятьев, В.П. Цаплин. – М.: Агропромиздат, 1989. – 128 с.
60. Руктешель, О.С. Анализ и синтез автоматического управления переключения передач автотранспортных средств [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / О.С. Руктешель. – М., 1987. – 32 с.
61. Савченко, О.Ф. Контроль и экспертиза технического состояния тракторных дизелей в условиях эксплуатации [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / О.Ф. Савченко. – Новосибирск, 1997. – 260 с.
62. Сергеев, А.Г. Точность и достоверность диагностики автомобилей [Текст] / А.Г. Сергеев. – М.: Транспорт, 1980. – 188 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|---|----|
| ПРЕДИСЛОВИЕ | 3 |
| ВВЕДЕНИЕ | 4 |
| 1. СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ..... | 6 |
| 1.1. Аккумуляторные батареи..... | 6 |
| 1.1.1. Электрохимические процессы в свинцовых аккумуляторах | 7 |
| 1.1.2. Устройство аккумуляторов и батарей | 7 |
| 1.1.3. Основные параметры аккумуляторных батарей | 9 |
| 1.1.5. Факторы, влияющие на емкость аккумуляторной батареи | 11 |
| 1.1.6. Подготовка аккумуляторной батареи к эксплуатации..... | 12 |
| 1.2. Автомобильные генераторные установки..... | 15 |
| 1.2.1. Автомобильные вентильные генераторы..... | 16 |
| 1.2.2. Характеристики генераторов переменного тока | 19 |
| 1.2.3. Регуляторы напряжения..... | 20 |
| 1.3. Бортовая электрическая сеть | 22 |
| 2. СИСТЕМА ПУСКА АВТОМОБИЛЯ | 23 |
| 2.1. Стартер..... | 23 |
| 2.1.1. Электрические схемы управления стартером..... | 25 |
| 2.2. Характеристики системы пуска..... | 26 |
| 2.2.1. Электромеханические характеристики стартерного электродвигателя с последовательным возбуждением | 26 |
| 2.3. Средства облегчения пуска двигателя | 27 |
| 3. СИСТЕМА ЗАЖИГАНИЯ АВТОМОБИЛЯ | 29 |
| 3.1. Классификация батарейных систем зажигания | 30 |
| 3.2. Параметры систем зажигания..... | 30 |
| 3.3. Классическая система зажигания | 31 |
| 3.3.1. Катушки зажигания | 33 |
| 3.3.2. Искровые свечи зажигания..... | 34 |
| 3.3.3. Регуляторы угла опережения зажигания..... | 35 |
| 3.3.4. Угол замкнутого состояния контактов..... | 37 |
| 3.3.5. Достоинства и недостатки классической системы зажигания.. | 37 |
| 3.4. Электронные системы зажигания | 37 |
| 3.4.1. Контактнo-транзисторные системы зажигания | 38 |
| 3.4.2. Системы зажигания с накоплением энергии в емкости (тиристорные системы зажигания)..... | 39 |
| 3.4.3. Бесконтактные датчики..... | 62 |
| 3.4.4. Электронное распределение высокого напряжения по цилиндрам двигателя | 64 |
| 3.4.5. Преимущества электронных систем зажигания | 66 |

| | |
|---|-----|
| 4. СИСТЕМА ОСВЕЩЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ | 67 |
| 4.1. Осветительные приборы | 68 |
| 4.2. Противотуманные фары..... | 70 |
| 5. ИНФОРМАЦИОННО-ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА АВТОМОБИЛЯ..... | 71 |
| 5.1. Контрольно-измерительные приборы | 74 |
| 5.1.1. Классификация приборов | 74 |
| 5.1.2. Средства индикации | 104 |
| 5.1.3. Условия работы и требования к автомобильным приборам... | 108 |
| 5.2. Бортовые системы контроля, встроенные средства диагностирования и индикации | 111 |
| 5.2.1. Встроенные системы диагностирования..... | 111 |
| 5.2.2. Средства индикации | 112 |
| 6. ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ АГРЕГАТАМИ АВТОМОБИЛЯ | 141 |
| 6.1. ЭСАУ топливоподачей бензиновых двигателей | 141 |
| 6.2. ЭСАУ топливных систем с впрыском легкого топлива | 143 |
| 6.2.1. Основные принципы управления двигателем | 143 |
| 6.3. Системы автоматического управления экономайзером принудительного холостого хода | 145 |
| 6.4. Системы подачи топлива с электронным управлением | 152 |
| 6.4.1. Карбюраторы с электронным управлением..... | 152 |
| 6.4.2. Электронные системы впрыскивания топлива..... | 154 |
| 6.5. Система впрыска «K-JETRONIK» («К-Джетроник») | 155 |
| 6.6. Система впрыска «KE-JETRONIK»..... | 173 |
| 6.6.1. Отличительные особенности устройства и принцип действия..... | 173 |
| 6.7. Система пуска | 176 |
| 6.8. Другие системы впрыска | 177 |
| 6.9. Комплексные системы управления двигателем | 185 |
| 6.10. Датчики электронных систем управления двигателем..... | 189 |
| 6.10.1. Измерители расхода воздуха..... | 189 |
| 6.10.2. Измерители расхода топлива | 192 |
| 6.10.3. Датчики давления | 192 |
| 6.10.4. Датчики температуры | 193 |
| 6.10.5. Датчики положения и перемещения..... | 194 |
| 6.10.6. Датчики детонации..... | 196 |
| 6.10.7. Датчики кислорода (λ -зонды) | 196 |
| 6.11. Исполнительные устройства систем впрыска | 198 |
| 6.11.1. Электромагнитные форсунки..... | 198 |

| | |
|---|------------|
| 6.11.2. Электромагнитные клапаны. Переключающие устройства .. | 202 |
| 6.12. Электрогидравлическая система управления клапанами ДВС | 205 |
| 6.13. Электронное управление подвеской..... | 206 |
| 6.14. Электронные антиблокировочные системы | 207 |
| 7. ВСПОМОГАТЕЛЬНОЕ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ | |
| АВТОМОБИЛЯ..... | 208 |
| 7.1. Стеклоочистители, омыватели и фарочистители | 208 |
| 7.2. Электропривод вспомогательного электрооборудования автомобиля | 209 |
| КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ | 216 |
| Контрольные вопросы к разделу 1 | 216 |
| Контрольные вопросы к разделу 2 | 217 |
| Контрольные вопросы к разделу 3 | 217 |
| Контрольные вопросы к разделу 4 | 218 |
| Контрольные вопросы к разделу 5 | 219 |
| Контрольные вопросы к разделу 6 | 220 |
| Контрольные вопросы к разделу 7 | 221 |
| БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК | 222 |

Учебное издание

Ширшиков Андрей Станиславович
Лянденбургский Владимир Владимирович
Шаронов Геннадий Иванович
Белоковылский Александр Михайлович

ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЕЙ
Учебное пособие

Редактор В.С. Кулакова
Верстка Н.А. Сазонова

Подписано в печать 21.03.14. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 13,48. Уч.-изд.л. 14,5. Тираж 300 экз. 1-й завод 100 экз.
Заказ № 82.

Издательство ПГУАС.
440028, г.Пенза, ул. Германа Титова, 28.