

**Н.Н. Сергеев, А.Н. Сергеев
Д.М. Хонелидзе, С.Н. Кутепов**

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЯ



Учебное пособие

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГБОУ ВПО «Тульский государственный педагогический университет
имени Л. Н. Толстого»

Н. Н. Сергеев
А. Н. Сергеев
Д. М. Хонелидзе
С. Н. Кутепов

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЯ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Тула
Издательство ТулГУ
2015

УДК 629.33.05(075.8)

ББК 39.33-048я73

С32

Рецензент –

доктор технических наук, профессор кафедры
«Инструментальные и метрологические системы» *М. В. Ушаков*
(Тулльский государственный университет)

С32

Сергеев, Н. Н.

Электрооборудование и электронные системы автомобиля: Учебное пособие / Н. Н. Сергеев, А. Н. Сергеев, Д. М. Хонелидзе, С. Н. Кутепов. – Тула: Издательство ТулГУ, 2015. – 156 с.

Данное издание разработано в соответствии с требованиями Федеральных Государственных образовательных стандартов высшего образования и является частью учебно-методического комплекса дисциплины «Электрооборудование и электронные системы автомобиля».

В пособии изложены сведения о системе электрооборудования автомобилей и ее основных элементах, а также об электронных системах управления двигателем, трансмиссией и вспомогательным оборудованием.

Пособие предназначено для студентов направлений подготовки 43.03.01 «Сервис», профиль «Сервис транспортных средств», 35.03.06 «Агроинженерия», профили «Технические системы в агробизнесе», «Технический сервис в АПК», 44.03.01, 44.03.05 «Педагогическое образование», профиль «Технология», а также может использоваться студентами других направлений подготовки, связанных с изучением автотранспортных средств, и быть полезным при подготовке кадров для автотранспортных предприятий в учреждениях среднего профессионального образования и для проведения занятий в старших классах при осуществлении профильной подготовки школьников по технологии.

УДК 629.33.05(075.8)

ББК 39.33-048я73

© Н. Н. Сергеев, А. Н. Сергеев,
Д. М. Хонелидзе, С. Н. Кутепов, 2015
© ТГПУ им. Л. Н. Толстого, 2015
© Издательство ТулГУ, 2015

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ	9
1.1. Назначение и структурная схема электрооборудования	9
1.2. Источники тока.....	11
1.3. Регулирование напряжения генератора	13
1.4. Аккумуляторные батареи	19
1.5. Особенности технического обслуживания и диагностики системы электроснабжения	23
1.6. Особенности технического обслуживания и диагностики аккумуляторной батареи.....	26
1.7. Контрольные вопросы	30
2. СИСТЕМА ПУСКА.....	31
2.1. Стартер. Назначение и функциональные особенности.....	31
2.2. Конструкции стартеров	33
2.3. Муфты свободного хода.....	37
2.4. Особенности технического обслуживания и диагностики электростартеров	40
2.5. Контрольные вопросы	44
3. СИСТЕМА ЗАЖИГАНИЯ	45
3.1. Общая структура системы зажигания.....	45
3.2. Прерыватели-распределители.....	52
3.3. Коммутаторы	60
3.4. Контроллеры.....	62
3.5. Катушки зажигания.....	63
3.6. Свечи зажигания	65
3.7. Система зажигания с электронным распределением высокого напряжения	68
3.8. Особенности технического обслуживания и диагностики систем зажигания.....	70
3.9. Контрольные вопросы	74
4. СВЕТОТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	75
4.1. Приборы наружного освещения	75
4.2. Светосигнальные приборы.....	78
4.3. Прерыватели указателей поворота.....	81
4.4. Особенности технического обслуживания и диагностики светотехнических приборов, световой и звуковой сигнализации	83
4.5. Контрольные вопросы	85
5. КОНТРОЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ	86
5.1. Виды информации.....	86
5.2. Измерение параметров рабочих процессов.....	86
5.3. Получение информации о температуре	92
5.4. Контроль уровня топлива в баке	94
5.5. Контроль функционирования системы электроснабжения	96

5.6. Измерение скорости автомобиля и частоты вращения коленчатого вала двигателя	97
5.7. Обеспечение информацией водителя.....	100
5.8. Электронные сигнальные и вспомогательные устройства.....	103
5.9. Звуковые сигнальные приборы.....	106
5.10. Контрольные вопросы	108
6. ЭЛЕКТРОНИКА В УПРАВЛЕНИИ СИСТЕМАМИ ДВИГАТЕЛЯ	109
6.1. Управление карбюратором	109
6.2. Управление впрыском топлива	110
6.3. Управление топливopодачей дизелей.....	115
6.4. Информационное обеспечение микропроцессорных систем управления двигателем.....	118
6.5. Контрольные вопросы	124
7. ЭЛЕКТРОНИКА В УПРАВЛЕНИИ ТРАНСМИССИЕЙ	125
7.1. Задачи комплексного управления	125
7.2. Исполнительный механизм привода сцепления.....	126
7.3. Автоматизация переключения передач	128
7.4. Управление подвеской.....	131
7.5. Управление антиблокировочной тормозной системой.....	134
7.6. Противобуксовочная система	140
7.7. Контрольные вопросы	142
8. ЭЛЕКТРОНИКА В УПРАВЛЕНИИ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ.....	143
8.1. Приводные устройства	143
8.2. Стеклоочистители	143
8.3. Управление положением фар.....	149
8.4. Управление агрегатами автомобиля	152
8.5. Контрольные вопросы	154
ЛИТЕРАТУРА	155

ВВЕДЕНИЕ

Целью освоения дисциплины «Электрооборудование и электронные системы автомобиля» является формирование у студентов теоретических знаний в области устройства и принципа действия электрооборудования и электронных систем автомобиля, практических умений диагностики и обслуживания электрооборудования и электронных систем автомобиля, самостоятельного изучения их новых элементов и навыков использования электроизмерительной аппаратуры, основного оборудования для проверки, регулировки приборов электрооборудования.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Планируемые результаты освоения образовательной программы (код и название компетенции)	Планируемые результаты обучения
способностью работать с конструкторско-технологической документацией, в том числе с использованием средств информационных технологий (ДСК-2).	<i>Выпускник знает:</i> – устройство и работу основных приборов электрооборудования и электронных систем автомобилей. <i>Умеет:</i> – выявлять неисправности электрооборудования и электронных систем, распространенных в автомобилях отечественного производства; – самостоятельно изучать новые элементы электрооборудования и электронных систем автомобиля. <i>Владеет и (или) имеет опыт деятельности:</i> – навыками использования электроизмерительной аппаратуры и основного оборудования для проверки и регулировки приборов электрооборудования.

Цель курса лекций по дисциплине «Электрооборудование и электронные системы автомобиля» – сформировать общее представление у студентов об устройстве и принципе действия системы электрооборудования и электронных систем автомобиля.

Лабораторный практикум по дисциплине «Электрооборудование и электронные системы автомобиля» формирует практические умения выявления неисправностей электрооборудования и электронных систем современного автомобиля, изучения их новых элементов и навыки использования электроизмерительной аппаратуры и основным оборудованием для проверки и регулировки приборов электрооборудования.

Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов/ зачетных еди- ниц по фор- мам обучения
	<i>очная</i>
Максимальная учебная нагрузка (всего)	108/3
Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)	44
в том числе:	
лекции с применением мультимедийных технологий и разда- точным материалом для студентов	14
лабораторные занятия (включая защиту отчета по лаборатор- ным работам)	28
контрольные работы	2
Самостоятельная работа студента (всего)	64
в том числе:	
внеаудиторная самостоятельная работа по подготовке к лабо- раторным занятиям и защите отчета	20
выполнение заданий для самостоятельной работы в процессе подготовки к выполнению лабораторных работ в модульной объектно-ориентированной динамической учебной среде MOODLE	20
подготовка реферата	10
подготовка к контрольной работе	4
подготовка к зачету	2
Промежуточная аттестация в форме	Зачета

Самостоятельная работа по дисциплине «Электрооборудование и электронные системы автомобиля» имеет своей целью получение необходимых знаний для подготовки к выполнению лабораторных работ, при условии самостоятельной работы с литературой (основной и дополнительной) используя ресурсы библиотеки и электронно-библиотечных систем.

Для изучения и закрепления учебного материала студенты выполняют реферат. Целью реферата является закрепление и самостоятельная проработка отдельных вопросов изучаемой дисциплины. Реферат предусматривает самостоятельный поиск и анализ литературы по индивидуальной теме, в рамках которой студент должен дать последовательное, четкое и полное изложение вопроса, основанное на самостоятельном изучении печатных и электронных изданий: учебников, учебных и учебно-методических пособий, монографий, научных статей, опубликованных в сборниках конференций и периодических изданиях. При написании текста работы ссылки на использованные литературные источники обязательны. Список использованной литературы должен включать 5–10 наименований, расположенных по алфавиту.

Общий объем работы – 25–30 страниц текста формата А4.

Тематика рефератов подбирается индивидуально для каждого студента, с возможностью дальнейшего использования результатов в процессе прохождения учебной и производственной практик и выполнения выпускной квалификационной работы (бакалаврской работы). Тематика рефератов согласуется с преподавателем в рамках разделов дисциплины.

По дисциплине «Электрооборудование и электронные системы автомобиля» используется комплекс учебно-методических материалов в печатном и электронном виде, выполняющий обучающую, информационно-справочную и контролирующую функции. В качестве контролирующей функции комплекс используется для текущего и промежуточного контроля успеваемости и полностью обеспечивает возможность самостоятельной работы студента по материалам дисциплины.

Для текущей оценки сформированности теоретических знаний по дисциплине используется письменный опрос на контрольные вопросы по материалам лекций. Оценка теоретических знаний, практических умений и навыков, сформированных в процессе выполнения лабораторных работ, проводится в форме письменного опроса (составная часть отчета по лабораторной работе), выполнения практических заданий и защиты выполненной лабораторной работы. Требования к содержанию отчета по лабораторной работе сформулированы в соответствующем разделе каждой лабораторной работы.

Знания, умения, навыки и компетенции студентов, сформированные в процессе обучения по дисциплине, оцениваются по двухбалльной системе. Как правило при двухбалльной системе преподавателями используются следующие показатели:

Оценка «зачтено» ставится, если студент освоил программный материал всех разделов, успешно прошел текущий контроль успеваемости по дисциплине, защитил все лабораторные работы, при ответе на зачете последователен в изложении программного материала, продемонстрировал индивидуальные знания, умения и навыки практической работы.

Оценка «не зачтено» ставится, если студент не знает отдельных разделов программного материала, непоследователен в его изложении, не прошел текущий контроль успеваемости, не в полной мере владеет необходимыми знаниями, умениями и навыками при выполнении практических заданий.

Результаты оценивания сформированности знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций фиксируются в БРС дисциплины, итоговый показатель заносится в зачетно-экзаменационную ведомость дисциплины.

Дисциплина «Электрооборудование и электронные системы автомобиля» направлена на формирование у студентов готовности к профессиональной деятельности. Преподавание дисциплины включает в себя следующие образовательные технологии, включая инновационные образовательные технологии:

1. Изложение основных теоретических положений разделов дисциплины, осуществляется в интерактивном взаимодействии преподавателя и студентов в ходе лекций с элементами дискуссии и разбором конкретных технологических ситуаций, с использованием презентаций, выполненных с применением мультимедийных технологий.

2. Преподавание дисциплины строится на тесном междисциплинарном взаимодействии с дисциплинами профессионального цикла «Основы электротехники и электроники», «Контроль технического состояния и качества технического обслуживания машин».

3. В ходе выполнения лабораторных работ, студенты получают навыки работы с основными элементами системы электрооборудования, используемыми в автомобилях.

4. В процессе выполнения лабораторных работ студенты находят решение практических и ситуационных задач, что позволяет применять интерактивные образовательные технологии при проведении лабораторных занятий. Исходные данные для решения практических и ситуационных задач выдаются преподавателем в начале лабораторных занятий. Решение ситуационных задач необходимо для более полного освоения практической части курса и играет существенную роль в формировании профессиональных навыков и компетенций.

5. Теоретическая подготовка по дисциплине включает в себя ознакомление с нормативно-технической документацией, работу с учебно-методической литературой (в том числе с материалами, найденными в сети интернет), подготовку индивидуальных рефератов.

6. С целью активизации работы студентов по усвоению материала учебной дисциплины студенты обеспечиваются сопутствующими раздаточными материалами (опорными конспектами лекций, методическими рекомендациями по выполнению лабораторных работ), доступными в библиотеках университета и специализированной лаборатории.

7. Для контроля за ходом самостоятельной работы студентов используются дистанционные образовательные интернет-технологии (тестирование в объектно-ориентированной динамической учебной среде – свободной системе управления обучением MOODLE).

8. При изучении дисциплины используется балльно-рейтинговая система оценки успеваемости студентов.

1. ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1.1. Назначение и структурная схема электрооборудования

В двигателе, механизмах, агрегатах и системах автомобиля с помощью электрической энергии осуществляется большинство рабочих процессов:

- процесс воспламенения рабочей смеси в карбюраторном двигателе и управление некоторыми подсистемами карбюратора, у современных двигателей;
- организация рабочего процесса впрыска топлива и управление моментом его воспламенения (опережением зажигания); пуск двигателя;
- освещение дороги перед автомобилем и пространства внутри салона;
- сигнализация об изменении направления движения и о начале торможения;
- модуляция давления (жидкости или воздуха) в антиблокировочной тормозной системе;
- перераспределение давления в исполнительных тормозных устройствах левого и правого бортов в противобуксовочных системах;
- приведение в действие контрольно-измерительных приборов и устройств встроенной диагностики, в том числе цифровых щитков приборов и маршрутного компьютера;
- приведение в действие устройств жизнеобеспечения в кабине (салоне) и устройств для создания комфорта (вентилятор, отопитель, кондиционер, радио или магнитофон, устройство облегчения пуска двигателя);
- в перспективе – управление индикаторными или автоматическими системами предотвращения столкновений, бесконтактным разворачиванием средств пассивной защиты (пневмоподушек безопасности), навигационными маршрутными компьютерами, электрическим рулевым управлением с переменным передаточным отношением в зависимости от скорости движения.

Это далеко не полный перечень процессов, осуществляемых с помощью электрической энергии. Количество электрической и электронной аппаратуры на автомобиле постоянно растет. Предполагается, что стоимость электрического и электронного оборудования составит 25–30 % стоимости автомобиля.

Для питания всех электрических приборов и аппаратуры необходимы мощные источники электрической энергии. В систему электрооборудования автомобиля входит весь комплекс электрических приборов и аппаратуры, в том числе источники тока.

По назначению все электрооборудование автомобиля подразделяется на две группы:

- *источники тока*, обеспечивающие электроэнергией всех потребителей;

– *потребители тока*, к которым относятся системы и устройства (топливоподачи, зажигания, пуска, освещения, сигнализации, безопасности и комфорта), управляющие перечисленными процессами. В последние годы появились экспериментальные разработки, которые в ближайшем будущем будут внедряться в целях создания конкурентоспособных автомобилей. К таким разработкам относятся устройства контроля полной массы и осевых нагрузок для грузовых автомобилей и автопоездов, индикации состояния дорожного полотна и давления в шинах, автоматического выбора передач в зависимости от нагрузки.

Как правило, на легковых и средних грузовых автомобилях для питания электрооборудования используется постоянный ток напряжением 12 В, на тяжелых грузовых автомобилях – 24 В. В перспективе предполагается использование напряжений 36 и 48 В, что позволит при увеличении числа и мощности потребителей экономить медь для электропроводки, поскольку при повышении напряжения не нужно увеличивать сечение проводов.

Все приборы автомобильного электрооборудования подключаются параллельно источникам тока и друг другу. На автомобилях применяют однопроводную схему системы электрооборудования. Вторым провод образуют металлические детали – корпус («масса»). Как правило, с корпусом соединены отрицательные полюсы источников тока.

В комплекс автомобильного электрооборудования входят устройства энергетического обеспечения, устройства обеспечения безопасности движения и облегчения труда водителя. Каждое устройство содержит системы и группы элементов, органически связанные между собой рабочими процессами, а именно:

– *систему электроснабжения* – генератор, аккумуляторную батарею и регулятор напряжения;

– *систему пуска двигателя внутреннего сгорания* – стартер, аккумуляторную батарею, реле автоматического управления процессом пуска, для специальных автомобилей – устройства предпускового подогрева для облегчения пуска двигателя в условиях низких температур;

– *систему зажигания* – катушку зажигания, свечи, прерыватель-распределитель, коммутатор, высоковольтные провода с наконечниками; для новых и перспективных систем – технические средства с использованием микропроцессорных цифровых элементов, обеспечивающих снижение расхода топлива и токсичности отработавших газов;

– *коммутационные устройства* – выключатели, переключатели, реле, блоки предохранителей, разъемы, соединители и т. д.;

– *систему информации и контроля режима движения, состояния автомобиля и его агрегатов* – средства встроенной диагностики (датчики скорости,

давления, температуры и датчики, обеспечивающие работу автоматических электромеханических исполнительных элементов) и устройства отображения режимной информации;

- *систему освещения и сигнализации* – фары, указатели поворотов, габаритные фонари, освещение номерного знака, щитки приборов салона автомобиля;

- *систему электроприводов* – отопитель, вентилятор, стеклоподъемники, стеклоочистители, опрыскиватели стекол, антенны, зеркала заднего вида, блокировка дверей;

- *систему обеспечения электромагнитной совместимости* автомобильного электрооборудования с другими системами, в том числе системами связи;

- *электронные системы управления агрегатами и механизмами* – исполнительные механизмы приводов, топливopодачи, сцепления, тормозных механизмов, работающих в режиме антиблокировки или противобуксовки, локаторные системы предотвращения столкновений и разворачивания средств пассивной защиты и др.

1.2. Источники тока

В качестве источников тока на автомобиле применяют генератор и аккумуляторную батарею.

Генератор, приводимый во вращение от двигателя, преобразует механическую энергию в электрическую. От генератора питаются все потребители при работающем двигателе и обеспечивается заряд аккумуляторной батареи.

Аккумуляторная батарея преобразует химическую энергию в электрическую и питает потребителей при неработающем двигателе.

В отличие от ранее использовавшихся генераторов постоянного тока в настоящее время применяют в основном генераторы переменного тока как более надежные и меньшие по размерам и массе.

Поскольку частота вращения генератора зависит от частоты вращения коленчатого вала двигателя, которая меняется в широких пределах, то для поддержания заданного напряжения генератора в нагрузке применяют регулятор напряжения. Название «генератор переменного тока» условно, поскольку в нем устанавливают блок полупроводниковых выпрямителей, благодаря которому к потребителям поступает постоянный ток.

Основными элементами генератора Г-222 (рис. 1) являются статор и ротор. Статор, к составным частям которого относятся сердечник 19 и неподвижная обмотка 20, установлен в корпусе 17 и зафиксирован крышкой 1 с помощью стяжного болта 21.

Ротор состоит из клювообразных полюсных наконечников 15, размещенных на валу 6, опирающемся на подшипники 5 и 16. Вал приводится во вращение посредством шкива 14 с помощью клиновидного ремня от коленчатого вала двигателя.

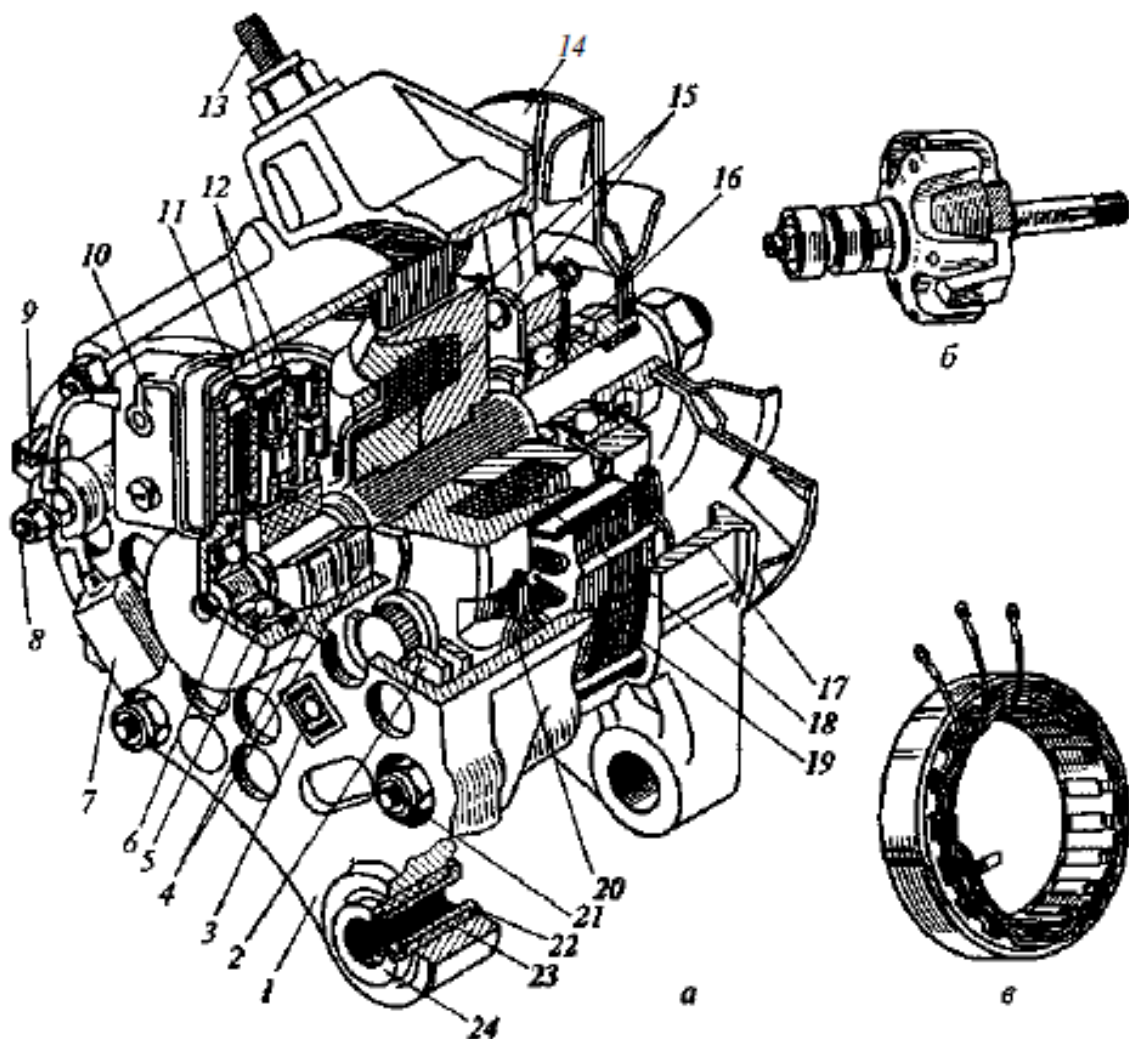


Рис. 1. Генератор Г-222: а – общий вид; б – полюсные наконечники ротора; в – статор с обмоткой; 1 – крышка; 2 – блок выпрямителей; 3 – винт; 4 – контактные кольца; 5 и 16 – подшипники; 6 – вал; 7 – чехол вывода; 8 – вывод выходного напряжения; 9 – вывод обмотки возбуждения; 10 – крышка; 11 – щеткодержатель; 12 – щетки; 13 – болт; 14 – шкив; 15 – полюсные наконечники; 17 – корпус; 18 – обмотка ротора; 19 – сердечник статора; 20 – обмотка статора; 21 – стяжной болт; 22 – стальная втулка; 23 – резиновая втулка; 24 – шайба

При работе генератора по обмотке 18 возбуждения ротора проходит ток, подводимый от аккумуляторной батареи через регулятор напряжения и щетки 12, размещенные в щеткодержателе 17 и опирающиеся на контактные кольца 4. Этот ток создает магнитное поле возбуждения, которое распределяется между полюсовыми полюсами и при вращении ротора индуцирует в обмотке статора переменный ток. Переменный ток поступает в блок 2 полупроводниковых выпрямителей, а подключение к потребителям осуществляется посредством вывода 8.

В генераторе (рис. 2) используется двухполупериодный трехфазный выпрямитель 2 на полупроводниковых диодах. Фазовые обмотки 7 статора соединены в звезду и подключены к средним точкам трех пар последовательно соединенных диодов. Положительные и отрицательные выводы каждого трех диодов объединены.

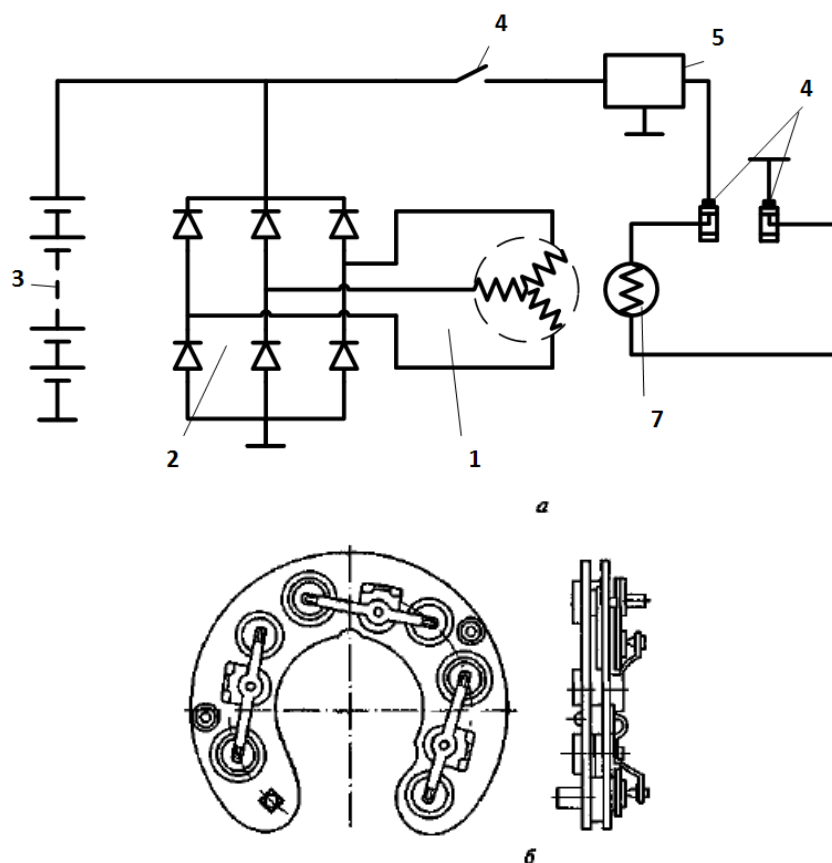


Рис. 2. Электрическая схема генератора (а) и выпрямительный блок (б): 1 – статорная обмотка генератора; 2 – блок выпрямительных диодов; 3 – аккумуляторная батарея; 4 – ключ зажигания; 5 – регулятор напряжения; 6 – щеточный узел генератора; 7 – обмотка возбуждения

Обмотка 7 возбуждения посредством контактных колец и щеток 6 через регулятор 5 напряжения, ключ 4 зажигания подключена к положительному выводу аккумуляторной батареи, соединенной с выводом аналогичной полярности выпрямителя генератора.

Конструктивно выпрямительный блок выполнен на подковообразном основании (рис. 2, б) и установлен в районе щеточного узла генератора.

1.3. Регулирование напряжения генератора

Напряжение генератора при изменении частоты вращения коленчатого вала двигателя должно поддерживаться на строго определенном уровне, зависящем от требуемого зарядного напряжения на выводах полностью заряженной аккумуляторной батареи.

Для того чтобы напряжение генератора не повышалось при увеличении частоты вращения якоря, уменьшают силу тока в обмотке возбуждения, а вместе с ней и магнитный поток, создаваемый этой обмоткой. Для этого, как только напряжение генератора достигает предельно допустимого значения, в цепь обмотки возбуждения последовательно с ней включают резистор. Общее сопротивление соединения резистор – обмотка возбуждения возрастает, а сила тока возбуждения

уменьшается, что вызывает падение напряжения генератора. При понижении его ниже допустимого значения резистор замыкается накоротко, т. е. выключается из работы, что приводит к возрастанию силы тока возбуждения и увеличению напряжения генератора. Такие процессы происходят непрерывно, и на выводах генератора поддерживается среднее значение требуемого напряжения.

Данный принцип регулирования напряжения может быть осуществлен вибрационными реле или контактно-транзисторными и транзисторными регуляторами.

Вибрационные реле применяют нечасто из-за низкой надежности и ограниченного срока службы (который должен быть не менее 200–250 тыс. км пробега), но низкая стоимость все же вынуждает еще использовать их.

Рассмотрим схему, поясняющую принцип работы *регулятора напряжения с вибрационным реле* (рис. 3, а, б).

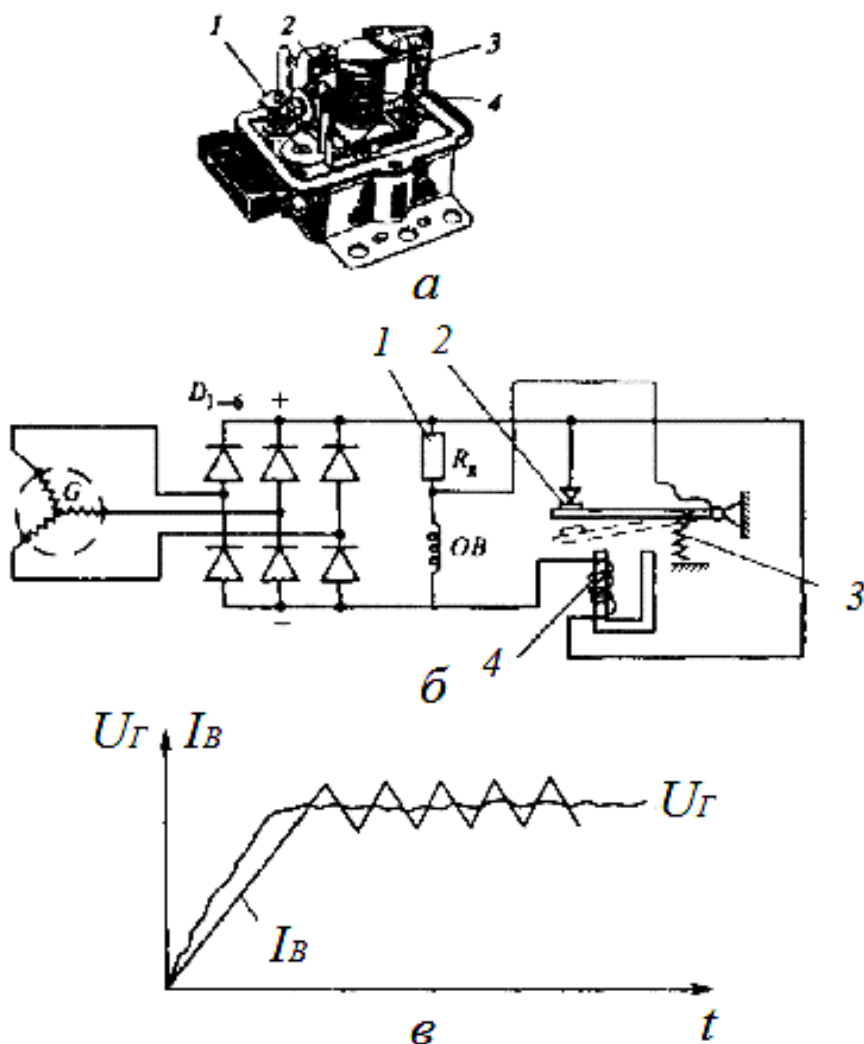


Рис. 3. Регулятор напряжения с вибрационным реле: а – общий вид; б – электрическая схема; в – график процесса регулирования напряжения; 1 – дополнительный резистор; 2 – контакты реле; 3 – пружина; 4 – обмотка электромагнита; G – генератор; D₁₋₆ – блок диодов; U_Г – напряжение генератора; I_В – сила тока возбуждения; t – время

Между положительным и отрицательным выводами выпрямителя генератора G включена цепь, состоящая из обмотки возбуждения OB и дополнительного резистора R_d , соединенных последовательно, причем резистор замкнут накоротко контактами 2 реле. В замкнутом состоянии контакты удерживаются пружиной 3. Обмотка 4 электромагнита вибрационного реле также подключена к выводам генератора. При малой частоте вращения якоря генератора ток поступает в обмотку OB от положительного вывода генератора через замкнутые контакты 2 вибрационного реле, минуя резистор R_d . По мере увеличения частоты вращения якоря возрастают напряжение генератора, сила тока в обмотке 4 электромагнита вибрационного реле и сила притяжения якоря реле сердечником этой обмотки, что приводит к размыканию контактов 2. После размыкания контактов 2 ток может поступать в обмотку возбуждения генератора только через дополнительный резистор, что приводит к уменьшению силы тока возбуждения и напряжения генератора. Понижение напряжения уменьшает силу, с которой электромагнит притягивает якорь реле. Пружина 3 возвращает якорь в исходное состояние, и резистор закорачивается, т. е. выключается из работы.

При возрастании силы тока возбуждения I_B повышается напряжение U_r генератора до тех пор, пока контакты вновь не разомкнутся (рис. 3, в). Таким образом, сила тока возбуждения непрерывно колеблется. Строго говоря, напряжение генератора из-за этого тоже колеблется в небольших пределах, однако его среднее значение поддерживается на требуемом уровне.

В связи с насыщением современного автомобиля электрическими потребителями требуется увеличение мощности источников тока, в частности генераторов. При большой мощности генератора регулирование выходного напряжения путем ограничения силы тока возбуждения становится затруднительным, так как ток возбуждения, проходящий через контакты реле, также должен быть большим.

В целях уменьшения силы регулируемого тока возбуждения регуляторы напряжения выполняют по двухступенчатой схеме регулирования. Широко распространенный *двухступенчатый регулятор модели РР-380 для автомобилей ВАЗ* (рис. 4, а) содержит реле, обмотка RH которого подключена через резистор R_T температурной компенсации к положительному выводу выпрямителя генератора G через выключатель зажигания B_3 .

Контактная группа реле состоит из двух пар контактов. Первая группа $RH1$ (нормально замкнутые контакты) соединяет положительный вывод выпрямителя с выводом III обмотки возбуждения.

Вторая группа $RH2$ (нормально разомкнутые контакты) может закорачивать обмотку возбуждения OB , т. е. соединять вывод III с «массой». Параллельно контактам $RH1$ первой группы включена цепь из последовательно соединенных дросселя (катушки индуктивности) L и дополнительного резистора R_d для сглаживания импульса нарастания тока через контакты $RH2$ второй ступени, что предохраняет их от обгорания.

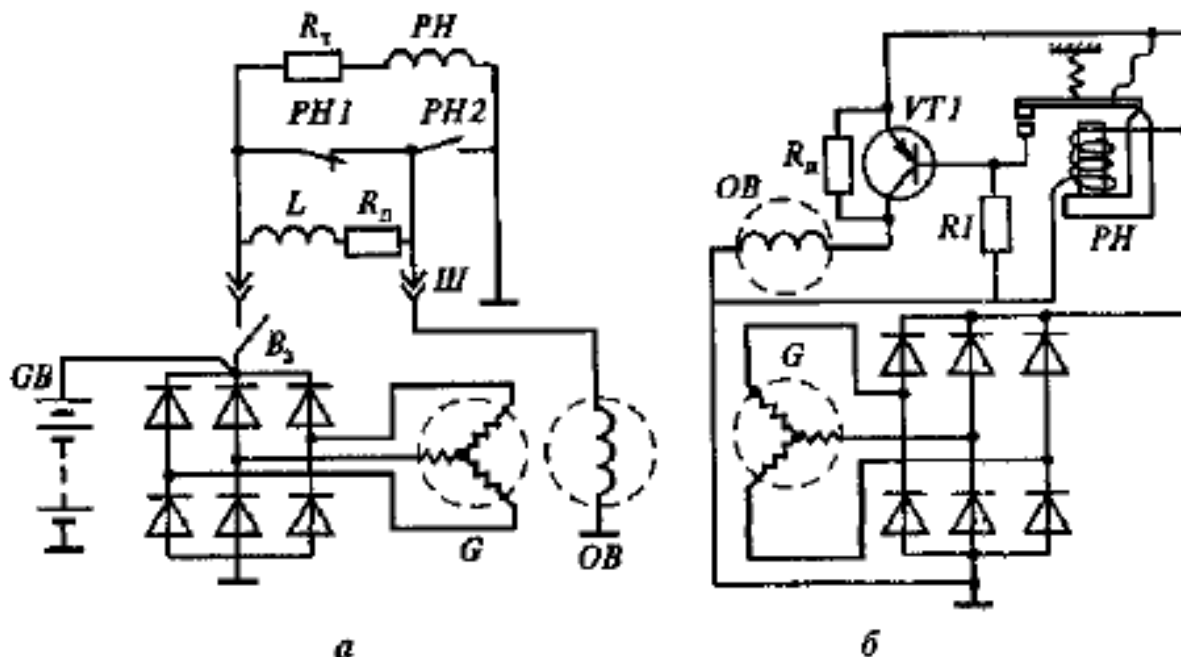


Рис. 4. Схемы двухступенчатого (а) и комбинированного (б) регуляторов напряжения:

GB – аккумуляторная батарея; G – генератор; OB – обмотка возбуждения; B₃ – выключатель зажигания; Ш – вывод обмотки возбуждения; L – дроссель; R_д – дополнительный резистор; PH – обмотка реле; PH1 – группа нормально замкнутых контактов; PH2 – группа нормально разомкнутых контактов; R_т – резистор температурной компенсации; R_л – резистор; VT1 – силовой транзистор

На схеме показана исходная позиция работы регулятора, когда двигатель работает при малой частоте вращения коленчатого вала и связанного с ним клиноременной передачей генератора системы электрооборудования автомобиля. Сила тока возбуждения генератора в этом случае определяется только напряжением, поступающим от выпрямителя, и сопротивлением обмотки возбуждения. При увеличении частоты вращения напряжение, поступающее от выпрямителя к обмотке PH реле, растет. Электромагнитное усилие, развиваемое обмоткой PH, увеличивается, и контакты PH1 размыкаются. После этого ток поступает в обмотку возбуждения OB генератора через дополнительный резистор R_д, сопротивление которого в 10–15 раз меньше, чем у вибрационного регулятора. Сопротивление дросселя L невелико, и он практически не оказывает влияния на силу тока обмотки возбуждения.

Поступление тока в обмотку возбуждения через резистор R_д приводит к его снижению, следовательно, из-за уменьшения электромагнитного потока возбуждения понижается и напряжение генератора. Первая ступень регулирования напряжения сужает диапазон регулирования и уменьшает поступление тока через контакты.

Как видим, работа первой ступени подобна работе обычного вибрационного реле регулятора. Особенность работы первой ступени заключается в том, что цепь

дросселя L и дополнительного резистора R_d выбрана таким образом, чтобы на частоте вращения, равной половине максимальной, прекратилось регулирование напряжения генератора, т. е. чтобы контакты $RH1$ первой группы перестали замыкаться и остались в разомкнутом состоянии. Сила тока возбуждения при этом не превышает 1,2–1,3 А. Дальнейшее увеличение частоты вращения якоря генератора приводит к возрастанию его напряжения до момента замыкания контактов $RH2$, которыми закорачиваются обмотки возбуждения. Ток в обмотке возбуждения падает до нуля, а вместе с ним снижается и напряжение генератора. При этом контакты $RH2$ размыкаются, сила тока возбуждения и напряжение генератора возрастают. Этот процесс повторяется с достаточно большой частотой.

В целях увеличения силы тока возбуждения и срока службы регулятора созданы *регуляторы комбинированного (смешанного)* типа (рис. 4, б), в которых ток возбуждения может проходить в обмотку по нескольким цепям через специальный силовой транзистор или через резистор. После включения замка зажигания ток в обмотку возбуждения OB поступает через эмиттерно-коллекторный переход силового транзистора $VT1$ и далее на «массу». Транзистор управляется по цепи базы с помощью контактов реле RH , обмотка которого подключена к положительному выводу выпрямителя. Поскольку сопротивление эмиттерно-коллекторного перехода транзистора $VT1$ невелико, ток возбуждения зависит в основном от сопротивления обмотки возбуждения.

Достоинством контактно-транзисторного регулятора является то, что контакты реле выполняют коммутацию только управляющих токов, небольших по значению. Таким образом, контакты не пригорают и не изнашиваются. Недостаток регулятора, как и всех регуляторов с реле, – необходимость периодической проверки и регулирования натяжения возвратной пружины якоря.

Наибольшей надежностью и простотой в эксплуатации обладают *электронные регуляторы напряжения* (рис. 5, а). Поскольку электрические схемы таких регуляторов довольно сложны, то для их изучения требуется специальная подготовка по электронике. Рассмотрим упрощенную схему регулятора, объясняющую основные процессы его работы (рис. 5, б): как и в комбинированном регуляторе, обмотка возбуждения генератора включена в цепь эмиттерно-коллекторного перехода силового транзистора $VT1$. Управление этим транзистором осуществляет транзистор $VT2$, в цепи базы которого установлен стабилизирующий диод VD (стабилитрон), выполняющий функции чувствительного элемента. Потенциал базы транзистора $VT2$ определяется задающим элементом, составленным из делителя напряжения на резисторах $R1$ и $R2$.

Когда напряжение генератора ниже регулируемого, стабилитрон VD закрыт и удерживает в закрытом состоянии транзистор $VT2$. Транзистор $VT1$ открыт, и

через его эмиттерно-коллекторный переход подается ток на обмотку возбуждения генератора. При увеличении напряжения генератора выше регулируемого стабилитрон VD пробивается, открывая транзистор $VT2$. Выделенное на резисторе $R2$ напряжение, поступая на базу транзистора $VT1$, закрывает его. Это приводит к уменьшению силы тока возбуждения, так как ток поступает в обмотку не через эмиттерно-коллекторный переход транзистора $VT1$, а через дополнительное сопротивление R_d . Уменьшение напряжения генератора вызывает запираание стабилитрона VD и транзистора $VT2$. Далее процесс циклически повторяется.

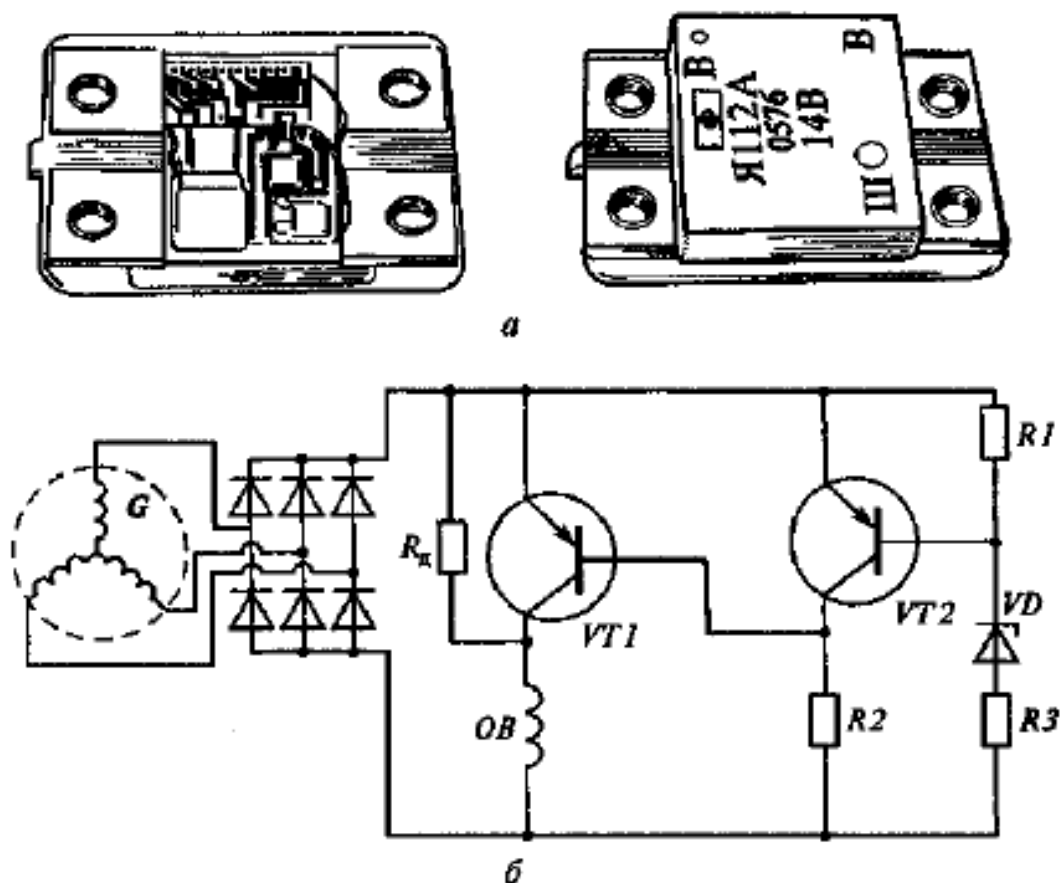


Рис. 5. Транзисторный регулятор напряжения генератора: а – общий вид; б – электрическая схема; G – генератор; R_d – дополнительный резистор; OB – обмотка возбуждения; $VT1$ – силовой транзистор; $R1$ – $R3$ – резисторы; $VT2$ – управляющий транзистор; VD – стабилизирующий диод

При всех положительных качествах электронных регуляторов они довольно сложны, дорогостоящи и не позволяют в условиях эксплуатации на автотранспортных предприятиях изменять регулируемое напряжение.

Подобный принцип действия имеет типичный электронный регулятор модели 201.3702, используемый на автомобилях ЗИЛ-431410 и УДЗ-3962, хотя по схеме он несколько сложнее и имеет большее число транзисторов и резисторов. Современные интегральные регуляторы напряжения выполняют в виде неремонтируемых моноблоков.

1.4. Аккумуляторные батареи

Аккумуляторная батарея служит источником электроэнергии для питания потребителей тока при неработающем двигателе или работающем на малой частоте вращения коленчатого вала, когда напряжение генератора не достигло порога регулируемого значения.

Поскольку от аккумулятора требуется отдача значительной энергии для стартера в момент пуска двигателя, на автомобиле используют в основном свинцовые кислотные аккумуляторные батареи. Они обладают малым внутренним сопротивлением и могут в течение короткого промежутка времени (нескольких секунд) отдавать стартеру ток силой в несколько десятков ампер.

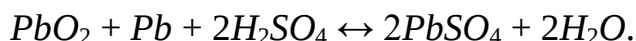
При пуске двигателя аккумуляторная батарея должна обеспечить достаточный ток для работы стартера без падения напряжения ниже заданного минимального значения (6–8 В) для 12-вольтового электрооборудования автомобиля.

Мощность аккумуляторной батареи должна быть соизмерима с мощностью стартера.

Стартерная кислотная аккумуляторная батарея состоит из нескольких соединенных последовательно аккумуляторов напряжением 2 В. На автомобиле с карбюраторным двигателем, как правило, используют батарею, составленную из шести отдельных аккумуляторов так, чтобы общее напряжение было равно 12 В. На автомобиле с дизелем, где установлен более мощный стартер, используют напряжение 24 В. Здесь аккумуляторная батарея составлена из 12 отдельных аккумуляторов или применяют две аккумуляторные батареи напряжением по 12 В, соединенные последовательно.

Стартерный кислотный аккумулятор является химическим источником тока. В нем происходит преобразование энергии химической реакции двух реагентов непосредственно в электрическую энергию. В качестве реагентов используют губчатый свинец, выполняющий функции восстановителя, и двуокись свинца PbO_2 в качестве окислителя. Реакция проходит в кислой среде – электролите, в качестве которого используют водный раствор серной кислоты H_2SO_4 концентрацией 28–35 %.

Химическая реакция, при которой происходит токообразование, имеет вид



Отсюда следует, что при разряде аккумулятора разлагается серная кислота, при этом образуется вода и на обоих электродах откладывается сульфат свинца $PbSO_4$. При заряде процессы протекают в обратном направлении, т. е. разлагается сульфат свинца, сера из которого образует с водой кислоту, и восстанавливается двуокись свинца.

Кислотные свинцовые стартерные аккумуляторные батареи допускают многократное использование, т. е. после разряда производится повторный заряд электрическим током в обратном направлении от внешнего источника.

Внешним источником может служить зарядное устройство, питаемое от стандартной (бытовой) электрической сети напряжением 220 В. В зарядном устройстве сетевое напряжение с помощью электрического трансформатора понижается до напряжения, обеспечивающего необходимый зарядный ток для аккумуляторной батареи, и выпрямляется полупроводниковым (диодным) выпрямителем, аналогичным выпрямителю автомобильного генератора.

Важнейшей характеристикой аккумуляторной батареи является емкость. Под *разрядной емкостью* понимают максимальное количество электричества, которое аккумулятор может отдать во внешнюю цепь потребителю при разряде от начального напряжения до конечного за определенное время. Разрядная емкость C_p определяется как произведение силы тока разряда на время разряда, т. е. $C_p = I_p \times t_p$. Время разряда устанавливают (20 ч) и считают, что сила тока равна 5 % численного значения емкости C_p .

За *единицу заряда* (разряда) принимают кулон (1 Кл = 1 А × 1 с), но на практике используют другую единицу – ампер-час: 1 А·ч = 3600 Кл.

Емкость аккумуляторной батареи зависит в основном от количества (массы) веществ, участвующих в реакции, и электролита. Однако значительное увеличение массы реагентов нецелесообразно из-за того, что на их поверхности образуется сульфат свинца, который изолирует активную массу реагента от контакта с электролитом, вызывая потерю емкости. Емкость также уменьшается при увеличении разрядного тока и снижении температуры.

Заряд аккумуляторной батареи проводится током, составляющим 10 % численного значения емкости. Так, для аккумуляторной батареи емкостью 65 А·ч зарядный ток должен составлять 6,5 А.

Аккумуляторная батарея содержит отрицательные 1 и положительные 3 электроды (рис. 6, а), разделенные сепараторами 2 – кислотоупорными пористыми вставками из изоляционного материала (дерева или пористой пластмассы).

Для современных аккумуляторов применяют сепараторы из мипора толщиной 1,1–1,9 мм. Лучшими показали себя аккумуляторы с сепараторами из поровинила, которые позволяют на 10–15 % повысить мощность батарей при низких температурах.

Блоки электродов в сборе с сепараторами монтируют в ячейках 14 моноблока 12. Каждая ячейка закрывается крышкой 7 с отверстиями для пробок 10 и контактных выводов электродов.

После установки блоков электродов в моноблоки аккумуляторной батареи сверху укладывают предохранительный щиток 4. Крышки в каждой ячейке герметизируют (заливают) специальной битумной мастикой. Электроды 1 и 3 имеют решетчатую конструкцию, ячейки которой заполнены активной массой. Решетки делают из свинца с небольшим количеством (5–13 %) примеси сурьмы для прочности. Активная масса состоит из порошкообразного сурика и свинцового глета, пропитанных серной кислотой. Положительные пластины содержат больше сурика (имеют красноватый оттенок), отрицательные — больше свинцового глета (серая окраска).

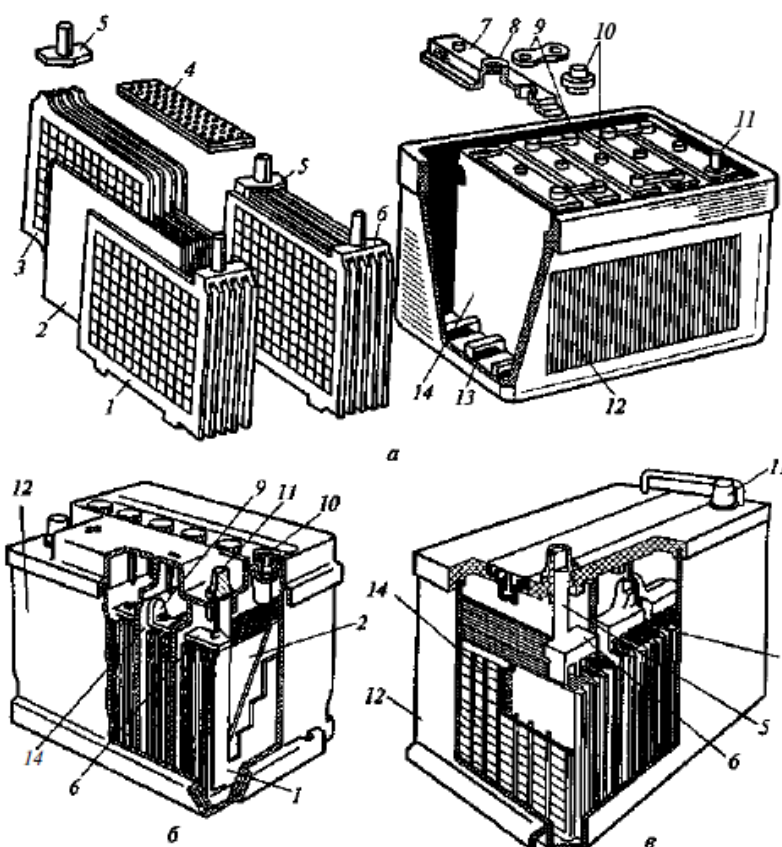


Рис. 6. Аккумуляторные батареи с открытыми (а) и закрытыми (б, в) межэлементными соединениями: 1 и 3 – электроды соответственно отрицательные и положительные; 2 – сепаратор; 4 – предохранительный щиток; 5 – выводной штырь; 6 – перемычка (мостик); 7 – крышка; 8 – отверстие для заливки электролита; 9 – перемычка; 10 – пробка; 11 – вывод; 12 – моноблок; 13 – упорный выступ на днище; 14 – полость ячейки

Пластины в процессе изготовления аккумулятора подвергают формовке, т. е. нескольким циклам заряда-разряда. Выводы пластин каждой группы приваривают к общей перемычке – мостику 6 с установленным на нем выводным штырем (борном) 5. Мостик с борном называется бареткой. Штыри групп пластин (полублоков) разной полярности соединяют между собой перемычками 9 так, чтобы было обеспечено последовательное соединение аккумуляторов в батарею.

После установки перемычек у аккумуляторов крайние свободные штыри снабжают наконечниками для подсоединения проводов внешней цепи. Блоки

пластин при установке в корпус опирают на выступы 13 на днище. В результате под блоками пластин образуется пространство, в котором накапливается шлак (постепенно осыпающаяся с пластин активная масса), что предотвращает короткое замыкание этими частицами разноименных электродов и, следовательно, преждевременный выход из строя аккумулятора.

Корпуса (моноблоки) аккумуляторных батарей изготавливают из эбонита, термопласта, полипропилена или полистирола. С помощью таких материалов обеспечиваются тепло-, морозо-, кислотостойкость, а также достаточно высокая механическая прочность, поскольку аккумуляторная батарея работает на автомобиле при постоянной вибрации. Электролит не должен выливаться из батареи при наклоне на угол 45° по отношению к рабочему положению. Уровень электролита в аккумуляторе поддерживается на 10–15 мм выше предохранительного щитка 4.

При изготовлении новых конструкций моноблоков из пластмасс междуэлементные соединения отдельных аккумуляторов осуществляют через отверстия в перегородках.

Многие недостатки (ускоренная коррозия решетки положительных электродов, снижение уровня электролита) возникают из-за наличия в сплаве свинца, используемого для изготовления решетки. Это приводит к необходимости частой проверки уровня электролита и добавки дистиллированной воды и даже подзаряда аккумуляторной батареи от внешнего источника. В состав материала решетки разрабатываемых необслуживаемых аккумуляторных батарей (рис. 6, б, в) входит свинцово-кальциево-оловянистый сплав для отрицательных электродов и сплав с малым содержанием сурьмы и кадмия – для положительных. При этом уменьшается электролиз воды в электролите, а вместе с ним и газовыделение. Срок службы необслуживаемых батарей больше, чем обычных, они не боятся глубоких разрядов, имеют лучшие пусковые качества (т. е. более высокое напряжение при неизменной силе тока), меньший саморазряд, улучшенные зарядные характеристики; положительные электроды меньше подвержены коррозии, нет необходимости в доливке воды в процессе эксплуатации.

Такие аккумуляторные батареи снабжаются индикатором заряженности, меняющим свой цвет после достижения минимального уровня заряда.

Конструкция и параметры каждой стартерной батареи регламентируются стандартами, в соответствии с которыми она маркируется. Буквы СТ означают, что батарея стартерная, далее цифра показывает емкость при 20-часовом режиме разряда. Следующие буквы – материал корпуса (Э – эбонит, Т – термопласт, П – полиэтилен), материал сепараторов (М – мипласт, Р – мипор, П – пластипор, С – стекловолокно) и, наконец, исполнение (Н – несухозаряженная, А – с общей крышкой).

Например, обозначение 6СТ-55ЭМ расшифровывается так: батарея стартерная, состоящая из шести отдельных аккумуляторов, номинальным напряжением 12 В, емкостью при 20-часовом режиме разряда 55 ампер-часов; материал моноблока – эбонит, сепараторов – мипласт; исполнение – сухозаряженная.

1.5. Особенности технического обслуживания и диагностики системы электроснабжения

В процессе эксплуатации к надежности работы системы электроснабжения, состоящей из генераторной установки с реле-регулятором АКБ, предъявляются высокие требования по поддержанию напряжения бортовой сети в пределах $\pm 3\%$ от номинального (для потребителей 14 и 28 В). Это связано с тем, что увеличение допуска до $\pm 5\%$ приводит к изменению светового потока осветительной и светосигнальной аппаратуры на 20 % и снижает в два раза их ресурс. Повышение уровня регулируемого напряжения на 10–12 % приводит к снижению ресурса АКБ в 2–2,5 раза.

Надежная работа генераторной установки определяется местом ее размещения на двигателе, надежностью крепления генератора к двигателю и усилением натяжения ремня привода генератора, а также влиянием переходных сопротивлений на контактах включателя зажигания и в штекерных соединителях цепи от «+» АКБ до «+» реле-регулятора. Последний недостаток, приводящий к повышению регулируемого напряжения до 15,0–15,5 В, устраняется подключением обмотки возбуждения генератора к плюсовым выводам дополнительного плеча выпрямителя.

Недостаточная жесткость крепления генератора на двигателе может привести к излому лапы крепления, а недостаточное усилие натяжения приводного ремня – к его проскальзыванию в ручье шкива, к снижению частоты вращения ротора и уменьшению отдачи генераторной установки, т. е. аккумуляторная батарея будет заряжаться не полностью. Превышение усилия натяжения ремня повышает радиальное усилие на подшипник генератора и может преждевременно вывести его из строя.

Правильность натяжения ремня в процессе эксплуатации проверяют по его прогибу при нажатии на ремень усилием от 19 до 50 Н посередине между шкивами генератора и вентилятора или вала двигателя (рис. 7 а–в).

Величина прогиба и усилие, прилагаемое к ремню привода, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Усилие натяжения приводного ремня и его прогиб

Тип двигателя	Усилие, прилагаемое к ремню, Н	Прогиб ремня, мм
ЗИЛ-130	38	6–14
КАМАЗ-740	48	15–22
ЗМЗ-53	38	10–15
ВАЗ-2101, 2105, 2103, 2108	98	10–15
ВАЗ-2110	98	6–10
ЗМЗ-4021, 4062	40	8–10
ЗМЗ-4061, 4062	80	10–15

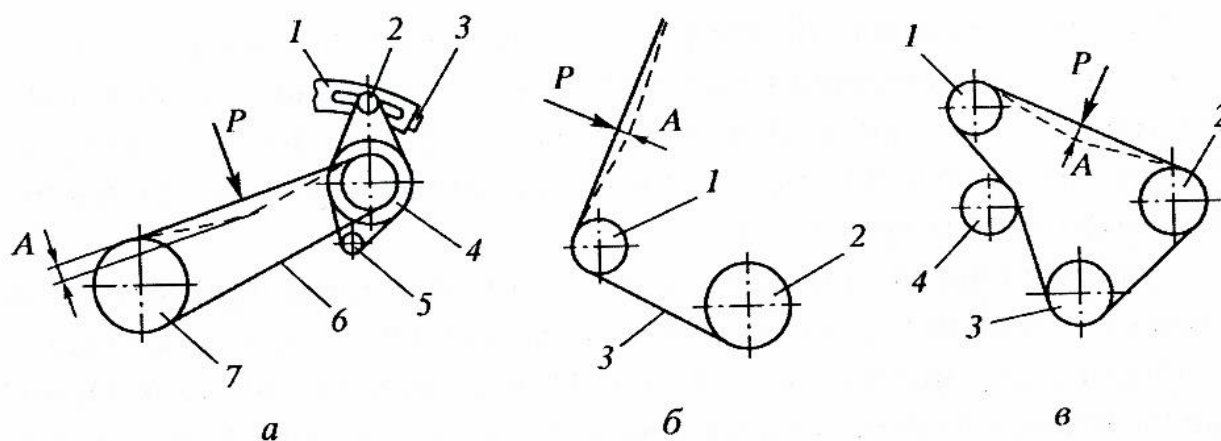


Рис. 7. Схемы приводных механизмов генераторных установок: а – привод автомобилей типа ВАЗ-2110: 1 – верхний кронштейн генератора; 2 – гайка; 3 – регулировочный болт; 4 – генератор; 5 – болт шарнирного крепления; 6 – ремень; 7 – ведущий шкив на коленчатом валу; б – привод автомобилей с двигателем ЗМЗ-4025, 4026: 1 – шкив генератора; 2 – ведущий шкив на коленчатом валу; 3 – ремень; в – привод автомобилей с двигателем ГАЗ-560 (дизель): 1 – генератор; 2 – привод вентилятора; 3 – ведущий шкив на коленчатом валу; 4 – автоматический механизм натяжения ремня с помощью спиральной пружины

Замена выносных, вибрационных и контактно-транзисторных регуляторов напряжения на бесконтактные со ступенчатым регулированием напряжения (зима/лето) и интегральные, твердотельные конструкции, встроенные в генератор, произвела заметное улучшение эксплуатационной надежности всей генераторной установки. Повысилась точность сезонного регулирования напряжения генераторной установки. Встроенные регуляторы напряжения обладают свойством термокомпенсации, т. е. изменением уровня напряжения заряда АКБ в зависимости от температуры в подкапотном пространстве с величиной термокомпенсации $0,01 \text{ В/}^\circ\text{С}$. Это обстоятельство облегчило в определенной степени техническое обслуживание генераторных установок.

Довольно часто за отказ генераторной установки принимают отсутствие контакта в цепи электроснабжения или короткое замыкание в проводке автомобиля или срабатывание предохранителей. Основные симптомы неисправностей системы электроснабжения, технологии диагностики, используемая диагностическая аппаратура и методы их устранения представлены в таблице 2.

Таблица 2

Симптомы генераторных установок, способы их диагностирования и устранения

Симптомы неисправности	Причины неисправности	Технология диагностики	Используемая аппаратура	Устранение неисправности
Генераторная установка не обеспечивает заряд АКБ	Обрыв или проскальзывание ремня из-за недостаточного натяжения или износа шкива	Осмотреть привод, проверить прогиб ремня	Тестер, мерительная линейка, мотор-тестер	Заменить ремень. Натянуть ремень в соответствии с табл. 1 Заменить шкив

	Плохой контакт в штекерных соединителях или обрыв в цепях между генераторной установкой и аккумулятором	Измерить вольтметром напряжение на клеммах «+» генератора и АКБ при средних оборотах двигателя с включением фар головного освещения или тестером определить место обрыва	Тестер	Плохой контакт восстановить, обрывы устранить
	Выход из строя АКБ	Проверить состояние АКБ нагрузочной вилкой	Аккумуляторный пробник типа Э-107	При необходимости заменить АКБ
	Износ, «зависание» щеток или загрязнение контактных колец	Проверить состояние щеточного узла (измерить усилие пружин, высоту щеток) и очистить его от пыли и грязи	Пружинный динамометр	При деформации щеткодержателя его заменить. Щетки с предельным износом заменить. Выработанные контактные кольца проточить
	Пробой или обрыв диодов выпрямительного блока	Проверить прямую и обратную проводимость диодов омметром или с помощью контрольной лампы	Тестер, мультиметр	Заменить выпрямительный блок
Генераторная установка не обеспечивает заряд АКБ	Обрыв в цепи возбуждения	Проверить качество припайки выводов катушки возбуждения к контактными кольцам	Мультиметр	При наличии отпайки припаять. При обрыве обмотки возбуждения внутри - заменить обмотку в сборе
	Межвитковое замыкание в цепи одной из фаз обмотки статора	Проверить качество изоляции обмоток фаз относительно железа стальным омметром	Визуально	При обрыве или межвитковом замыкании статор заменить на новый или отремонтировать
Повышенный шум при работе генераторной установки	Отсутствие или недостаточное количество смазки в подшипниках	Проверить состояние подшипников	Визуально	Промыть подшипники и заложить смазку. При значительных износах подшипник заменить
	Разрушение сепаратора и заклинивание подшипника. Проворачивание наружной обоймы подшипника в посадочном месте крышки	Проверить проворачиваемость вала ротора рукой	Вручную	Заменить крышку и подшипник
	Выработка посадочного места под подшипник в крышке	Проверить проворачиваемость вала ротора рукой	Визуально	Заменить крышку и подшипник
Генераторная установка вызывает перезаряд АКБ (электролит «кипит»)	Неисправность АКБ (короткое замыкание в аккумуляторе)	Проверить плотность электролита и напряжение АКБ	Стенды типа Э-232, 532-2М, мотор-тестер	Отремонтировать или заменить АКБ
	Неисправен регулятор напряжения из-за пробоя элементов	Заменить регулятор электролампой, если заряд АКБ происходит, то отказ регулятор	Стенды типа Э-242, 532-2М, мотор-тестер	При необходимости заменить регулятор на новый

Основные работы по проверке технического состояния и обслуживанию системы электроснабжения проводят с периодичностью, равной или кратной ТО-2 с углубленным диагностированием рабочих параметров генераторной установки, его регулятора напряжения и выпрямительного блока. При ТО-1 изделия системы электроснабжения очищают от пыли, масла и грязи. Проверяют надежность крепления генераторной установки к двигателю и усилие натяжения ремня привода.

Работы по обслуживанию генераторов с периодичностью, кратной нескольким ТО-2, имеют особенности в зависимости от его типа регулятора напряжения.

Каждое четвертое ТО-2 предусматривает снятие генераторной установки с двигателя для осмотра и обслуживания щеток и контактных колец. Для этого предварительно удаляют пыль, масло и грязь с поверхности генератора, продувают внутренние полости сжатым воздухом, а затем снимают защитную крышку и вынимают щеткодержатель. Проверяют в щеткодержателе свободу перемещения щеток в направляющих, вынимают щетки, измеряют их высоту и упругость пружин. Загрязненные контактные кольца очищают или протачивают на стекле при износе по диаметру более 0,5 мм. Щетки, достигшие предельных износов, заменяют на новые.

Замер усилия прижатия щетки пружиной к контактным кольцам производят стрелочными весами или динамометром. Замер усилия прижатия производят в момент выступа щетки из щеткодержателя на 2 мм.

После очистки и текущего ремонта, если это было необходимо, генераторную установку помещают на стенд и с помощью измерительных приборов, осциллографа или мотор-тестера исследуют и измеряют характеристики холостого хода, токоскоростную и пульсации выходного напряжения генератора.

1.6. Особенности технического обслуживания и диагностики аккумуляторной батареи

Техническое обслуживание аккумуляторных батарей заключается в приведении их в рабочее состояние, уходу при эксплуатации и хранении. В зависимости от климатических зон и конструкции АКБ перед приведением их в рабочее состояние в них заливают различный по плотности электролит (табл. 3).

Для получения электролита требуемой плотности руководствуются следующими пропорциями при температуре 25 °С (табл. 4). Если температура выше 25 °С, то плотность электролита уменьшают на 1 °С на 0,0007 г/см³, а при понижении на 0,0007 г/см³.

После заливки электролита производят АКБ в режиме постоянного тока в пределах от 2,75 А до 10,7 А в зависимости от номинальной емкости при 20-часовом разряде. При достижении напряжения не менее 2,4 В на каждом аккумуляторе – 14,4 В для 12-вольтовой АКБ с крышкой, величина силы тока заряда

должна быть уменьшена на 50 % от первоначальной и продолжают заряд до полной заряженности батареи. Конец заряда характеризуется постоянством напряжения и плотности электролита в течении 2 ч и обильным газыделением во всех аккумуляторах. В конце заряда производят корректирование плотности электролита в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3

Плотность электролита в зависимости от климатической зоны эксплуатации

Климатические зоны и среднемесячные температуры в январе, °С	Время года	Плотность электролита при 25°С, г/см ³		
		Малообслуживаемая АКБ, заряженная	Обычного типа	
			При заливке	Заряженная
Очень холодный от -50 до -30	Зима	1,30	1,28	1,30
	Лето	1,28	1,26	1,28
Холодный климат от -30 до -15	Круглый год	1,28	1,26	1,28
Умеренный климат от -15 до -18	Круглый год	1,28	1,24	1,26
Теплый влажный климат от 0 до 4	Круглый год	1,23	1,21	1,23

Таблица 4

Пропорции воды и кислоты в электролите

Требуемая плотность электролита при 25°С, г/см ³	Количество воды и серной кислоты плотностью 1,83 г/см ³ для получения 1 л электролита, л	
	Воды	Серной кислоты
1,20	0,859	0,200
1,21	0,849	0,211
1,22	0,839	0,221
1,23	0,829	0,231
1,24	0,819	0,242
1,26	0,800	0,263
1,28	0,781	0,285
1,30	0,761	0,306
1,40	0,650	0,423

После приведения АКБ в рабочее состояние, ее устанавливают на транспортное средство и эксплуатируют в соответствии с требованиями [ГОСТ 53165-2008](#) «Батареи свинцовые стартерные для автотракторной техники».

Техническое состояние АКБ определяют с помощью аккумуляторных пробников типа Э107 и Э108. Напряжение под нагрузкой пробника в конце 5 с у АКБ с общей крышкой должно быть более 8,9 В, а у АКБ с открытыми межэлектродными перемычками – более 1,7–1,8 В у отдельного аккумулятора.

Заряд АКБ осуществляют двумя методами: при постоянной силе тока и при постоянном напряжении зарядного источника. Режим заряда при неизменной силе тока может быть одно- или двухступенчатым. Сила тока при одноступенчатом 20-часовом режиме заряда составляет $0,05 C_{20}$.

Ускоренный двухступенчатый режим заряда продолжается до напряжения 2,4 В на одном аккумуляторе силой тока $1,5 C_{20}$, а затем $0,1 C_{20}$ до полного заряда аккумулятора. Основным достоинством способа заряда при постоянной силе тока является возможность заряда АКБ до полной номинальной емкости, а недостатком – большая продолжительность, необходимость контроля и регулирования силы зарядного тока, нерациональный расход электроэнергии на электролиз воды в конце заряда и значительное повышение температуры электролита.

Заряд АКБ при постоянном напряжении характеризуется тем, что напряжение источника поддерживается неизменным в течение всего времени заряда, а сила тока заряда постепенно уменьшается. Напряжение заряда должно быть 2,4–25 В на каждый аккумулятор, при этом сила тока в начале заряда будет в пределах $(1,0–1,5) C_{20}$ А, а в конце – намного меньше.

Способ заряда при постоянном напряжении предпочтителен, так как сообщенная АКБ основная часть энергии расходуется только на процесс заряда, когда газовыделение невозможно, и только незначительная часть энергии расходуется, когда оно начинается. Аккумуляторные батареи необслуживаемого и малообслуживаемого типов рекомендуется заряжать методом постоянного напряжения. К положительным особенностям этого метода можно отнести отсутствие необходимости контроля и регулировки силы тока, отсутствие обильного газовыделения и перезаряда батареи. К недостаткам этого метода относятся невозможность полного заряда АКБ из-за падения силы тока в конце заряда, неравномерная нагрузка зарядного источника и невозможность ускоренного заряда АКБ при отрицательных температурах, когда внутреннее сопротивление АКБ возрастает.

Хранение и транспортирование АКБ осуществляется в соответствии с требованиями [ГОСТ 53165-2008](#) «Батареи свинцовые стартерные для автотракторной техники».

Основные симптомы неисправностей АКБ в процессе эксплуатации, технологии их диагностики, используемая диагностическая аппаратура и способы устранения неисправностей представлены в таблице 5.

**Симптомы неисправности аккумуляторных батарей, способы
их диагностирования и устранения**

Симптомы неисправности	Причины неисправности	Технология диагностики	Используемая аппаратура	Устранение неисправности
АКБ быстро разряжается и не обеспечивает достаточной частоты вращения коленчатого вала двигателя стартером при пуске	Длительное включение электрических потребителей при неработающем или при работающем двигателе на малой частоте вращения коленчатого вала	При включении фар головного освещения они работают в «полнакала»	Аккумуляторные пробники типа Э107, Э108	Проверить заряженность АКБ и при необходимости зарядить.
	Ускоренный саморазряд из-за замыкания выводов АКБ токопроводящей грязью или электролитом по поверхности крышки	На поверхность крышки АКБ грязь, стрелка вольтметра на щитке приборов	Визуально	Очистить поверхность батареи 10 %-ным раствором нашатырного спирта или кальцинированной соды
	Ускоренный саморазряд из-за разрушения или «прорастания» сепараторов, замыкания электродов шламом при выпадении активной массы АКБ	При измерении ЭДС АКБ вольтметром	Тестер, мультиметр	Ремонт АКБ с заменой разрушенных сепараторов и удалением шлама
	Ускоренный саморазряд из-за применения грязной воды или электролита	Стрелка вольтметра находится в «красной» зоне, а амперметра – показывает разряд	Тестер	Разрядить АКБ током десятичасового разряда до 1,1–1,2 В на аккумуляторе, электролит удалить, батарею промыть, залить новый электролит и зарядить до нормы
	Неисправен один или несколько аккумуляторов	Емкость АКБ меньше исправной, и напряжение быстро снижается под нагрузкой	Тестер, пробник Э107	Замена батареи на исправную
АКБ быстро разряжается и не обеспечивает достаточной частоты вращения коленчатого вала двигателя стартером при пуске	Сульфатация электродов из-за длительного хранения АКБ, эксплуатация АКБ при низкой заряженности и с понижением		Плотномер ПЭ-2, пускозарядное устройство «Авастар»	
	Окисление выводов АКБ и наконечников вследствие неплотного крепления в местах соединений	Виден белый налет в местах соединений клемм и наконечников	Визуально	Зачищают от белого налета, закрепляют и смазывают выводы АКБ и наконечники техническим вазелином

	Короткие замыкания в цепях электрических потребителей	Выключают все потребители и проводом «масса» касаются до «-» АКБ. Наличие искры свидетельствует о коротком замыкании, которое обнаруживают последовательной проверкой цепей тестером или мультиметром	Тестер, мультиметр	Обнаруженное место короткого замыкания устраняют дополнительной изоляцией
	Неисправна генераторная установка	Измеряют напряжение на выходе генераторной установки и оно ниже нормы	Стенд типа 532-3М	Ремонт генераторной установки (см. табл. 2)
Быстрое снижение уровня электролита АКБ	Поврежден моноблок АКБ	Видны трещины моноблока	Визуально	Ремонт моноблока АКБ или его замена
	Перезаряд АКБ из-за повышенного зарядного напряжения от генератора	Напряжение на выходе генераторной установки выше нормы	Тестер, динамометрический ключ	Ремонт регулятора напряжения или генератора
	Неплотно завернуты пробки АКБ	Проверяют затяжку пробок	Визуально	Устраняют дефект
Выплескивание электролита через вентиляционные отверстия в пробках АКБ	Повышенный зарядный ток	Проверяют исправность генераторной установки	Тестер	Ремонт регулятора напряжения или его замена
	Короткое замыкание электродов АКБ разной полярности	Напряжение на неисправном аккумуляторе отсутствует	Мультиметр	Ремонт АКБ
АКБ не заряжается	Обрыв в цепи генераторная установка – АКБ	Проверяют вольтметром напряжение на выходе генератора, обрывы определяют тестером	Тестер, мультиметр	Найденный обрыв устраняют
	Разрушение активной массы электродов	Малая ЭДС АКБ при нормальной плотности электролита или слабое газовыделение при заряде		Ремонт АКБ

1.7. Контрольные вопросы

1. Объясните принцип работы генератора переменного тока и преобразователя переменного тока в постоянный.
2. Расскажите об устройстве и разновидностях конструкций генераторов переменного тока.
3. Для чего нужен и как работает регулятор напряжения вибрационного типа?
4. Как устроен и работает бесконтактный регулятор напряжения?
5. Как устроен и работает свинцово-кислотный аккумулятор?
6. Какую маркировку применяют для аккумуляторов?
7. Что такое емкость аккумуляторной батареи?
8. Перечислите основные неисправности генераторных установок и способы их устранения.
9. Перечислите основные неисправности аккумуляторных батарей и способы их устранения.

2. СИСТЕМА ПУСКА

2.1. Стартер. Назначение и функциональные особенности

На современных автомобилях для проворачивания коленчатого вала двигателя при пуске используют электродвигатели постоянного тока – *стартеры*. При пуске в начале проворачивания коленчатого вала момент сопротивления провороту максимальный, поэтому необходимо использовать двигатели постоянного тока, имеющие наибольший крутящий момент на малой частоте вращения. Этому условию удовлетворяют серийные двигатели постоянного тока, т. е. такие, у которых обмотка возбуждения соединена последовательно с обмоткой якоря, чем и отличается такое соединение от генератора.

Таким образом, в обмотке якоря и обмотке возбуждения протекает одинаковый ток, который может достигать 200 А и более. По мере увеличения частоты вращения сила тока в обмотках, а также крутящий момент на валу якоря уменьшаются. Мощность стартера зависит от момента сопротивления проворачиванию коленчатого вала и минимальной частоты его вращения, при которой в цилиндрах происходит воспламенение топливной смеси (пусковая частота). Момент сопротивления проворачивания тем значительнее, чем больше рабочий объем двигателя.

Для современных карбюраторных двигателей пусковая частота вращения коленчатого вала составляет 40–50 мин⁻¹, а для дизелей – 100–250 мин⁻¹. Мощность стартеров для различных автомобилей достигает 1,2–5 кВт и более при напряжении 12–24 В.

Стартер является основным потребителем энергии аккумуляторной батареи, и особенности ее работы в стартерном режиме определяют тип и конструкцию батареи. В связи со значительной мощностью, потребляемой стартером от аккумуляторной батареи, отраслевым стандартом ОСТ.003.084-88 рекомендован кратковременный режим работы стартеров с длительностью включения до 10 с при температуре 20 °С.

В случае низких температур допускается длительность работы стартеров до 15 с для карбюраторных двигателей и до 20 с – для дизелей.

При низких температурах возрастает сопротивление повороту коленчатого вала из-за увеличения вязкости масла, поэтому на некоторых двигателях устанавливают технические средства облегчения пуска холодного двигателя, которые также потребляют электрическую энергию аккумуляторной батареи.

Система электростартерного пуска двигателя (рис. 8) включает в себя аккумуляторную батарею 2, выключатель 3 и сам стартер, состоящий из электродвигателя 4, тягового реле 5 и приводного механизма 10, посредством которого осуществляется связь якоря электродвигателя с коленчатым валом двигателя.

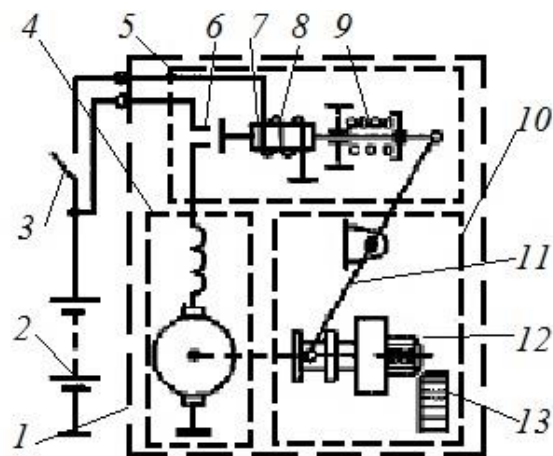


Рис. 8. Схема электростартерного пуска двигателя: 1 – стартер в сборе с элементами управления; 2 – аккумуляторная батарея; 3 – выключатель; 4 – электродвигатель; 5 – тяговое реле; 6 – контактный диск; 7 – обмотка электромагнита; 8 – якорь, 9 – возвратная пружина; 10 – приводной механизм; 11 – рычаг; 12 – шестерня; 13 – маховик двигателя

Тяговое реле стартера – электромагнитное устройство, тогда как соединение стартера с приводным редуктором осуществляется с помощью механического устройства. Тяговое реле обеспечивает дистанционное включение стартера, являясь одновременно элементом как приводного механизма, так и устройства подключения стартера к аккумуляторной батарее после присоединения якоря стартера к редуктору, связывающему его с коленчатым валом двигателя.

Тяговое реле состоит из тягового электромагнита с обмоткой 7 и якорем 8. Якорь расположен на штоке, с одной стороны которого установлен контактный диск 6 выключателя электродвигателя стартера, а с другой – кинематически связанный со штоком рычаг 11 привода муфты свободного хода с шестерней 12, имеющей возможность входить в зацепление с зубчатым венцом маховика 13 двигателя.

После замыкания выключателя 3 замка зажигания электрический ток аккумуляторной батареи 2 поступает в обмотку 7 электромагнита. Магнитным полем обмотки преодолевается сопротивление возвратной пружины 9 и втягивается якорь 8. Якорь с помощью рычага 11 вводит в зацепление с зубчатым венцом маховика 13 шестерню 12 якоря стартера и в конце своего хода контактным диском 6 включает электродвигатель стартера.

Такой принцип включения применяется почти во всех стартерах отечественных и зарубежных автомобилей.

Стартеры классифицируют по *способу возбуждения электродвигателя* (последовательное, смешанное или от постоянных магнитов), *конструкции коллектора* (радиальный (цилиндрический)) или с торцевым расположением щеток), *типу механизма привода*, *способу крепления* на двигателе, *степени защиты* от внешних воздействий.

На автомобилях устанавливают электростартеры с электромеханическим принудительным включением шестерни привода.

Поскольку после пуска двигателя якорь стартера может развить большую частоту вращения вследствие передачи вращения от двигателя к якорю, то для защиты от разноса якоря в приводе устанавливают муфту свободного хода – роликовую, храповую или храповично-фрикционную. Муфта передает вращение от якоря к шестерне, входящей в зацепление с зубчатым венцом маховика, и проскальзывает» когда вращение на шестерню передается от зубчатого венца маховика двигателя к якорю стартера.

2.2. Конструкции стартеров

Типовой конструкцией стартера в виде цилиндрического корпуса можно считать стартер СТ-130АЗ, устанавливаемый на двигателях автомобилей ЗИЛ-431410 (рис. 9).

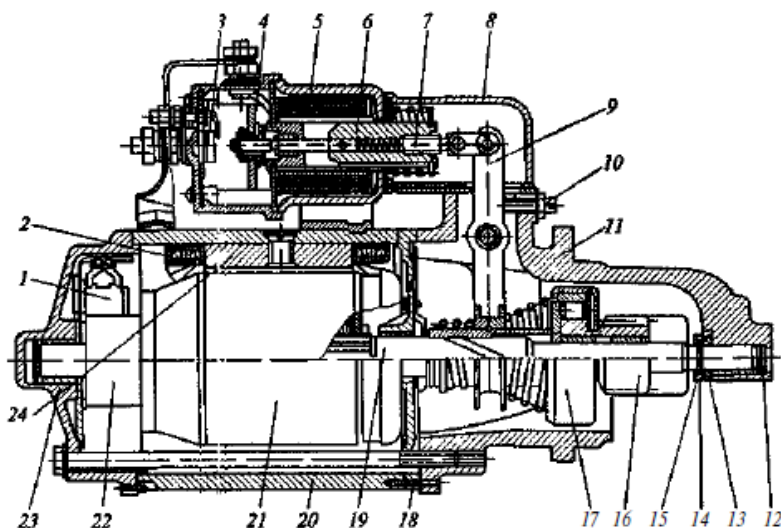


Рис. 9. Электростартер с радиально расположенными щетками: 1 – щетки; 2 – обмотка статора; 3 – контакты тягового реле; 4 – подвижный контакт; 5 – обмотки тягового электромагнита; 6 – якорь; 7 – тяга; 8 – кожух; 9 – рычаг; 10 – винт регулировки хода шестерни; 11 – крышка со стороны привода; 12 – фальц с заглушкой; 13 – втулка; 14 – замковая шайба; 15 – антифрикционная шайба; 16 – шестерня привода; 17 – муфта свободного хода; 18 – промежуточная опора; 19 – вал якоря; 20 – корпус стартера; 21 – сердечник якоря; 22 – коллектор; 23 – крышка; 24 – сердечник обмотки возбуждения

Цилиндрический корпус 20 является частью магнитной системы электродвигателя, служит несущей конструкцией для крышек и вместе с элементами крепления на двигателе воспринимает реактивный момент при повороте коленчатого вала. Внутри корпуса расположен сердечник (полюсные наконечники) 24 с катушками обмотки возбуждения 2. Всего устанавливают четыре сердечника с обмотками из медных шин. Один конец каждой обмотки возбуждения подключен к изолированному выводу на корпусе стартера, а второй – к положительным щеткам.

Сердечник 21 якоря расположен на валу 19, опирающемся на бронзовые подшипники (вкладыши) скольжения, установленные в крышках 11 и 23 корпуса стартера. В некоторых стартерах используют вкладыши, спрессованные из специального антифрикционного материала. На валу якоря находятся коллектор 22 и пакет пластин с пазами. В пазах уложена обмотка якоря, состоящая из отдельных секций, концы которых присоединены к противоположащим панелям коллектора.

На валу якоря с противоположной от коллектора стороны выфрезерованы винтовые канавки, по которым в осевом направлении могут перемещаться привод, состоящий из шестерни для зацепления с зубчатым венцом маховика, и муфта 17 свободного хода. При смещении привода вперед (на рис. 9 – вправо) торец шестерни 16 привода упирается в антифрикционную шайбу 15, удерживаемую от смещения в сторону крышки корпуса замковой шайбой 14. Фильц 12 (устанавливается не на всех стартерах) предназначен для смазывания подшипника скольжения. В некоторых стартерах для этого применяют масленку.

Внутри задней (на рис. 9 – левой) крышки стартера радиально расположены четыре щетки 1, укрепленные на изолированном щеткодержателе. Прижим щеток к ламелям коллектора обеспечивается щеточными пружинами.

На автомобилях ВАЗ-2108 и ВАЗ-2109 устанавливают стартеры смешанного возбуждения с торцевым расположением щеток коллектора (рис. 10). Коллектор – наиболее ответственный узел электродвигателя. Он подвергается большим механическим, электрическим и тепловым нагрузкам. Коллектор выполнен в виде пластмассового диска, в котором залиты медные контактные пластины. Поверхность коллектора, контактирующая со щетками (рабочая поверхность), расположена в плоскости, перпендикулярной оси вращения якоря.

Щетки торцевого коллектора устанавливают в траверсе. Для ее изготовления применяют, как правило, изоляционный материал (пластмассу), но могут быть и металлические траверсы с изоляцией каждого отдельного щеткодержателя. К рабочей поверхности коллектора щетки прижимаются обычными цилиндрическими пружинами, чем обеспечивается стабильность прижимных сил в течение практически всего срока эксплуатации стартера. Щетки изготавливают из медно-графитового материала с добавлением олова и свинца. Процентное содержание графита в щетках больше у стартеров, предназначенных для установки на большегрузные автомобили. У стартеров с торцевым расположением коллектора снижен расход меди на изготовление коллектора, уменьшена длина стартера.

Вал якоря вращается в двух металлокерамических подшипниках скольжения. Задний подшипник запрессован в крышку стартера со стороны коллектора, передний же вынесен из корпуса стартера и установлен в картере сцепления. Что касается устройств перемещения муфты свободного хода для соединения стартера с зубчатым венцом маховика, то эти устройства имеют много общего между собой. Типовая конструкция привода муфты используется в стартере для двигателя автомобилей ЗИЛ (см. рис. 9).

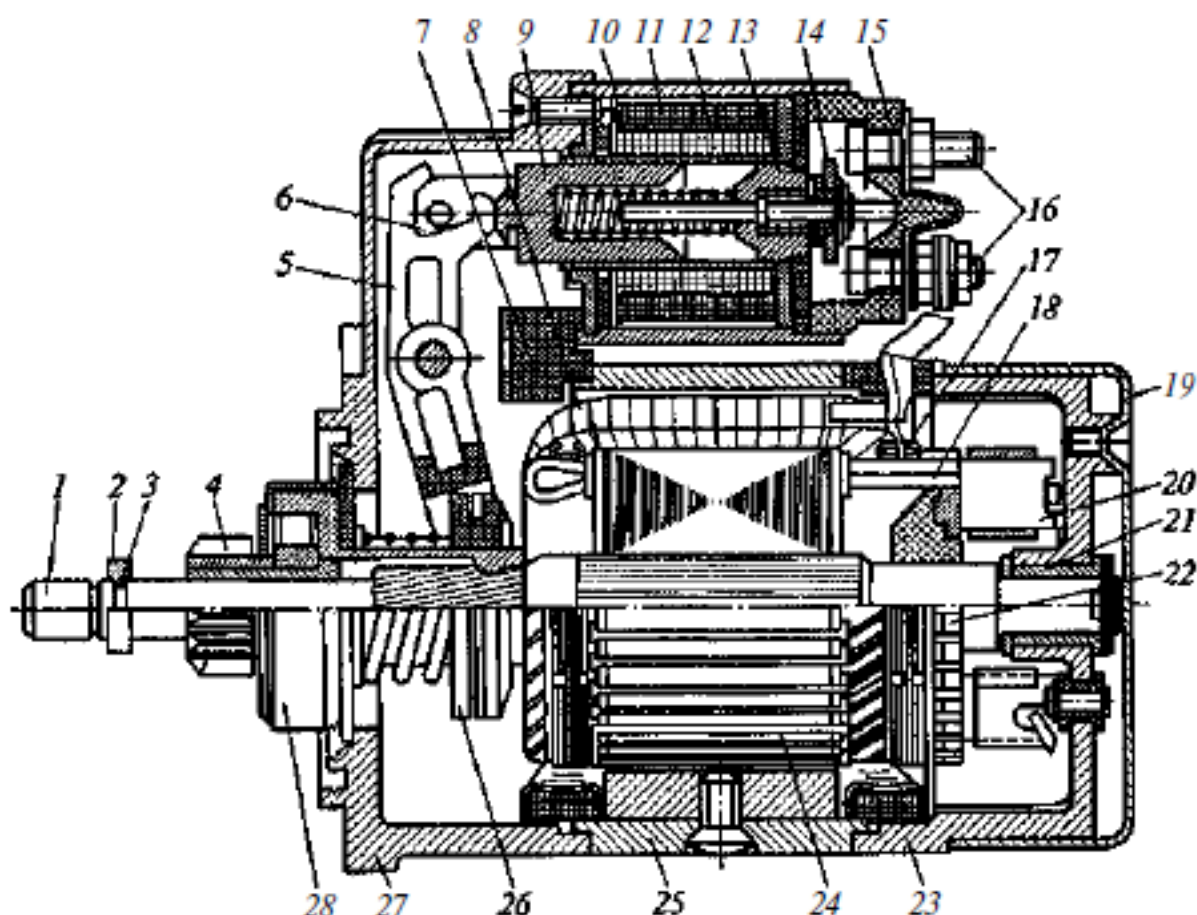


Рис. 10. Электростартер с торцевым расположением щеток: 1 – вал якоря; 2 и 3 – соответственно замковое и упорное кольца; 4 – шестерня; 5 – обмотка реле; 6 – тяга реле; 7 – заглушка; 8 – обмотка возбуждения; 9 – якорь тягового реле; 10 и 15 – корпус и крышка тягового реле; 11 и 12 – удерживающая и втягивающая обмотки; 13 – сердечник втягивающего реле; 14 – подвижный контакт; 16 – контактные болты; 17 – бандаж обмотки якоря; 18 – обмотка якоря; 19 – защитный кожух; 20 – щетка; 21 – подшипник скольжения; 22 – торцевой коллектор; 23 – коллекторная крышка; 24 – якорь стартера; 25 – корпус; 26 – поводковая муфта; 27 – передняя крышка; 28 – роликовая муфта свободного хода

Над корпусом электродвигателя стартера расположен электромагнитный механизм привода. Он представляет собой катушку с обмоткой 5, внутри которой может перемещаться в осевом направлении якорь 6. С обеих сторон якоря установлены тяги. С помощью регулируемой тяги 7 через качающуюся серьгу осуществляется связь с рычагом (вилкой) 9 перемещения муфты свободного хода с шестерней. Подпружиненная тяга, размещенная с противоположной торцевой стороны якоря электромагнита, перемещает контакт тягового реле. С его помощью в конце хода якоря 6, т. е. после введения в зацепление с зубчатым венцом маховика шестерни 16, замыкаются два контакта 3. К одному из них подводится провод от положительного вывода аккумуляторной батареи, ко второму – обмотка двигателя стартера. Таким образом включится основное питание стартера после

соединения его шестерни с зубчатым венцом маховика. Включение осуществляется по наиболее короткой электрической цепи, позволяющей использовать медные провода большого сечения во избежание потерь энергии на сопротивление проводов при больших токах, потребляемых стартером. Эти токи не в состоянии пропустить через себя контакты замка зажигания или промежуточного реле стартера, которое включается через замок зажигания. В начале включения стартера необходимо большое усилие для втягивания якоря тягового реле, поэтому обмотка электромагнита содержит две секции – втягивающую и удерживающую.

Принцип работы такой системы управления заключается в следующем (рис. 11).

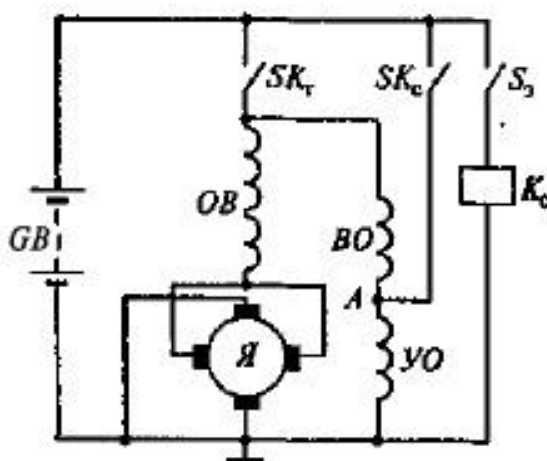


Рис. 11. Система управления включением стартера: GB – аккумуляторная батарея; Я – якорь стартера; OB — обмотка возбуждения стартера; BO – втягивающая обмотка реле; YO – удерживающая обмотка реле; А – средняя точка; S₃ – контакт замка зажигания; K_c – реле стартера; SK_c – контакты реле стартера; SK_T – контакты тягового реле

После включения контактов S₃, замка зажигания включается реле K_c стартера и замыкает свои контакты SK_c. При этом ток от батареи GB поступает к средней точке А двух обмоток – втягивающей BO и удерживающей YO. Второй конец обмотки YO соединен непосредственно с «массой», а обмотки BO – с «массой» через обмотку возбуждения OB и якоря Я стартера. Магнитные потоки обмоток тягового реле складываются, чем обеспечивается большая втягивающая сила для якоря в начальный момент. В конце втягивания якоря контакты SK_T тягового реле замыкаются и втягивающая обмотка оказывается замкнутой накоротко. Расход энергии уменьшается.

При выключении реле стартера его контакты SK_c размыкаются и по обмотке BO ток идет через контакты SK_T, но уже в обратном направлении. Поскольку числа витков обмоток BO и YO одинаковы, то из-за разных направлений токов их суммарное магнитное поле уменьшается до нуля, возвратная пружина переводит якорь тягового реле в исходное (начальное) положение, выключая электропитание стартера.

На автомобилях КамАЗ, БелАЗ, в дизелях автомобилей КАЗ и «УРАЛ» применяют систему пуска двигателей с автоматическим отключением стартера после запуска и блокировкой, обеспечивающей невозможность повторного включения при работающем двигателе. Автомат блокировки реле стартера функционирует на основе информации, получаемой от датчика частоты вращения коленчатого вала двигателя и реже используется сигнал датчика давления масла.

2.3. Муфты свободного хода

Муфта свободного хода передает крутящий момент от вала стартера к коленчатому валу двигателя во время пуска, а после пуска двигателя работает в режиме обгона и автоматически разъединяет стартер и двигатель.

На современных стартерах отечественных автомобилей распространены в основном *роликовые* или *плунжерно-роликовые муфты*.

В роликовых муфтах свободного хода используется явление заклинивания роликов в пазах переменной ширины вследствие возникновения сил трения в соприкасающихся деталях. Надежный контакт роликов с рабочими поверхностями клиновидного пространства осуществляется прижимным устройством, состоящим из цилиндрической пружины или пружины и плунжера.

Конструктивно муфту свободного хода выполняют с тремя (рис. 12, а) или четырьмя (рис. 12, б) группами.

Группа содержит ролик 1 и пружину 3 или ролик 1, плунжер 2 и пружину 3. Муфта свободного хода состоит из наружной 5 и внутренней 4 обойм. Внутренняя обойма выполнена так, что на ее переднем конце располагается шестерня 16 привода, входящая в зацепление с зубчатым венцом маховика. Наружная обойма 5 объединена с направляющей втулкой, имеющей внутри спиральные шлицы для установки на соответствующие спиральные шлицы вала якоря. Спиральные шлицы обеспечивают поворот муфты при ее перемещении вилкой тягового реле вдоль оси вала якоря с одновременным поворотом вокруг оси вала. Это облегчает ввод в зацепление зубьев шестерни 16 и зубчатого венца маховика.

В зависимости от конструкции в наружной обойме муфты имеются три или четыре клиновидных паза переменной ширины, в которых расположены ролики 1. Они постоянно отжимаются в узкую часть клиновидного пространства (паза) с помощью плунжера 2 и пружины 3, что обеспечивает заклинивание внутренней и наружной обойм. При пуске двигателя и передаче вращения от наружной обоймы к внутренней степень заклинивания усиливается.

После пуска двигателя, когда шестерня 16 и внутренняя обойма 4 получают вращение от зубчатого венца маховика, силы трения в зоне контакта ролика с внутренней обоймой увлекают ролик в широкую часть клиновидного пространства. Обоймы расклиниваются, т. е. прекращается передача крутящего момента и вращения между ними.

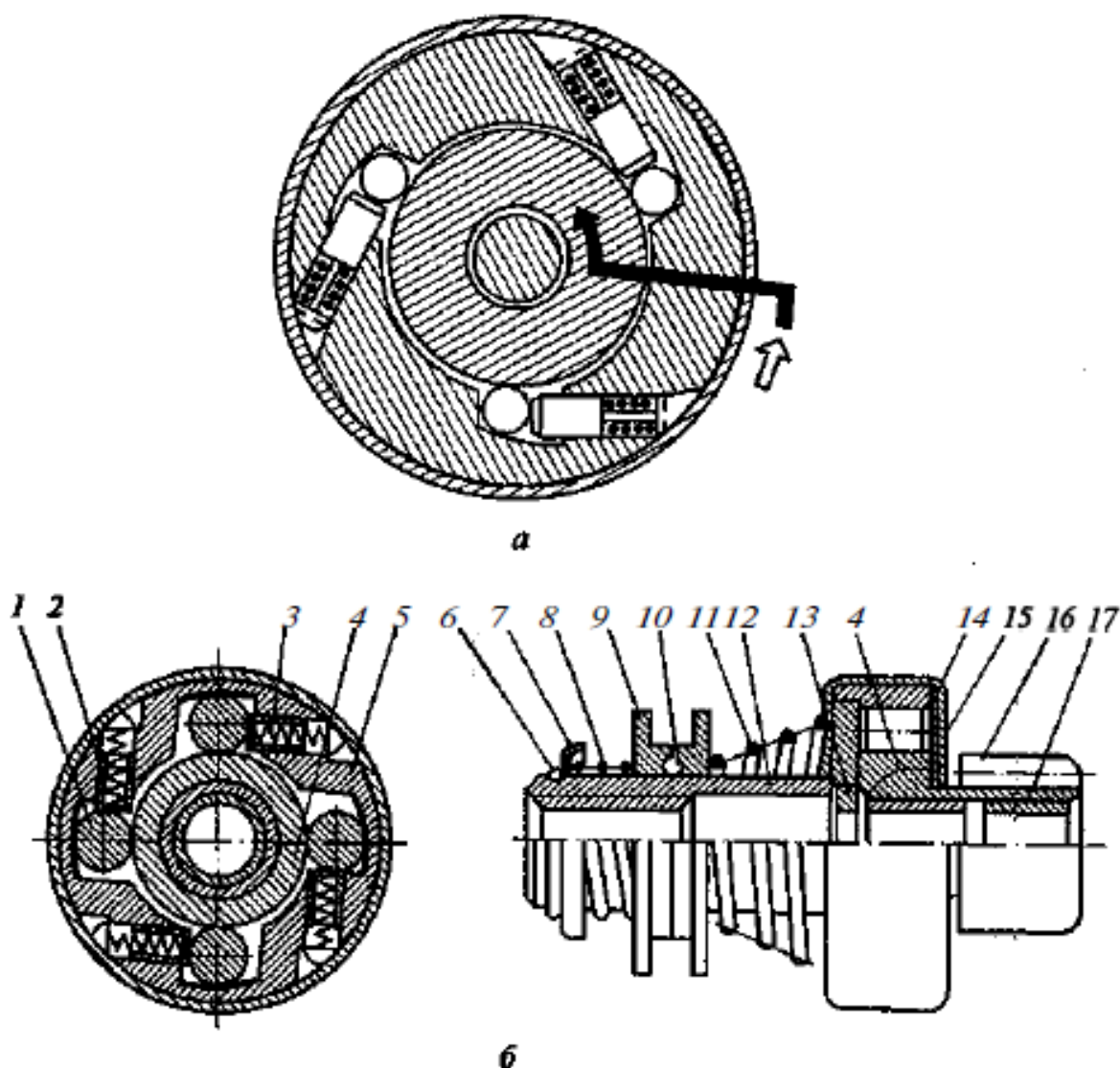


Рис. 12. Роликовые муфты свободного хода: а – трехроликовая; б – четырехроликовая; 1 – ролик; 2 – плунжер; 3 – пружина; 4 – внутренняя (ведомая) обойма; 5 – наружная обойма; 6 – стопорное кольцо; 7 – упорное кольцо; 8 – пружина; 9 – поводковая муфта; 10 – замковое кольцо; 11 – буферная пружина; 12 – шлицевая направляющая; 13 – центрирующее кольцо; 14 – войлочное кольцо; 15 – кожух муфты; 16 – шестерня; 17 – вкладыш

Храповые муфты свободного хода устанавливают на двигатели, где необходимы стартеры большой мощности (4 кВт и более), поскольку роликовые муфты проскальзывают и не обеспечивают надежной работы.

Храповая муфта для двигателя автомобиля КамАЗ (рис. 13) работает следующим образом.

На шлицевом конце вала якоря стартера установлена направляющая втулка 12, имеющая внутри прямые, как и снаружи на валу якоря, шлицы. Они обеспечивают возможность перемещения втулки и ее вращение одновременно с якорем стартера.

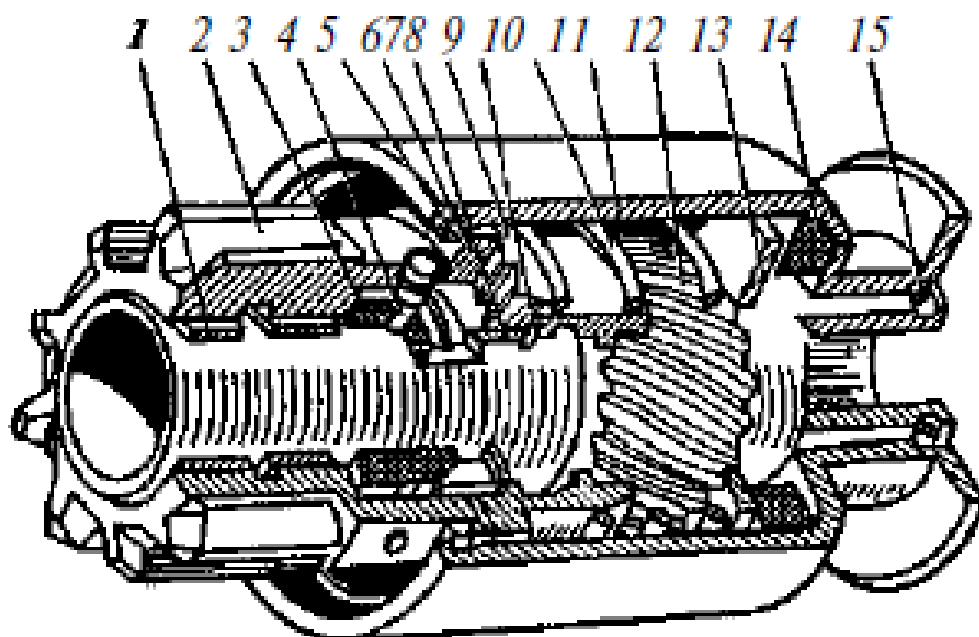


Рис. 13. Храповая муфта свободного хода: 1 – подшипник; 2 – шестерня; 3 – сухарь; 4 – направляющий штифт; 5 и 15 – замковые кольца; 6 – ведомая половина храповой муфты; 7 – коническая направляющая втулка; 8 – ведущая половина храповой муфты; 9 и 13 – шайбы; 10 – пружина; 11 – корпус; 12 – шлицевая направляющая втулка; 14 – буферное резиновое кольцо

На наружной поверхности втулки 12 выполнена многозаходная ленточная винтовая резьба, на которой расположена ведущая половина 8 храповой муфты. Вторая, ведомая половина 6 муфты изготовлена совместно с шестерней 2, обеспечивающей зацепление с зубчатым венцом маховика. Шестерня может вращаться на бронзографитовых подшипниках 1 скольжения.

Обе половины храповой муфты своими пилообразными зубцами прижимаются друг к другу пружиной 10. Осевое перемещение ведомой половины ограничивается замковым кольцом 5. Второе замковое кольцо 15, фиксирующее корпус 11 муфты, препятствует ее перемещению вдоль втулки 12. Шайба 13 и резиновое кольцо 14 смягчают удары в осевом направлении при включении стартера.

В то время, когда двигатель пущен, а стартер еще не выключен, храповая муфта издает значительный шум и возможен сильный износ пилообразных зубьев половин муфты. Для предотвращения этого в муфте устанавливают дополнительные элементы. Внутри ведомой половины муфты 6 располагают три пластмассовых сухаря 3 с направляющими штифтами 4. Сухари имеют возможность перемещаться по радиусу вдоль направляющих штифтов при воздействии на них центробежной силы. Наружная (торцевая) поверхность сухарей, обращенная к ведущей половине 8 храповой муфты, имеет коническую фаску. Пружина 10 через ведущую половину 8 муфты и установленную в ней стальную втулку 7 с внутренней конической выточкой прижимает сухари 3 к ведомой половине 6,

объединенной с шестерней 2 привода. После пуска двигателя изменяется направление передаваемого вращения (при пуске — от шестерни к венцу маховика, после пуска — от венца к шестерне) и начинается пробуксовывание храповой муфты. Ведущая половина 8 муфты отодвигается от ведомой половины 6, преодолевая усилие пружины 10. Вместе с ведущей половиной отодвигается втулка 7, освобождая сухари 3. Под действием центробежной силы сухари перемещаются вдоль направляющих штифтов и блокируют муфту в разъединенном положении. После выключения стартера, когда его якорь останавливается, центробежная сила не действует на сухари и они под действием пружины 10 через полумуфту 8 и втулку 9 возвращаются в исходное состояние.

В том случае, если в процессе пуска двигателя зубья шестерни стартера упрутся в зубья венца маховика, корпус 11 под воздействием усилия тягового реле вместе с направляющей втулкой 12 продолжает перемещаться вдоль шлицов вала стартера, сжимая пружину 10. Ведущая половина 8 храповой муфты, двигаясь по ленточной резьбе втулки 12, проворачивается вместе с шестерней стартера на угол до 30°, что облегчает ее вход в зацепление с зубчатым венцом маховика.

2.4. Особенности технического обслуживания и диагностики электростартеров

Ресурс электростартера определяется интенсивностью его эксплуатации. Общее количество включений электростартера зависит не только от числа остановок двигателя, но и от неудачных попыток его запуска. А это определяется рабочими процессами камеры сгорания, работой системы топливоподачи, смазки и газораспределения.

Электростартеры потребляют токи большой силы и рассчитаны на кратковременные режимы работы. Во избежание перегрева обмотки и нарушения электрического контакта в разъемных соединениях, к которым относится контактный диск реле, контакты включателя зажигания (рис. 14), продолжительность непрерывной работы стартеров при неудачных попытках пуска двигателя не должна превышать 10–20 с.

При неудачной попытке электростартер следует выключить на 1–2 мин и только тогда производить пуск повторно. Перед повторным запуском необходимо убедиться, что двигатель внутреннего сгорания не работает, так как попытка запуска работающего двигателя приведет к поломке зубьев шестерни привода или зубьев маховика, или муфты свободного хода стартера.

Если двигатель не запускается за три попытки, то необходимо проверить его техническое состояние и устранить неисправности в системе топливоподачи или системы зажигания. Стартер следует выключать сразу после пуска двигателя, иначе произойдет заклинивание муфты свободного хода, и стартер попадет в режим «разноса» и будет разрушен.

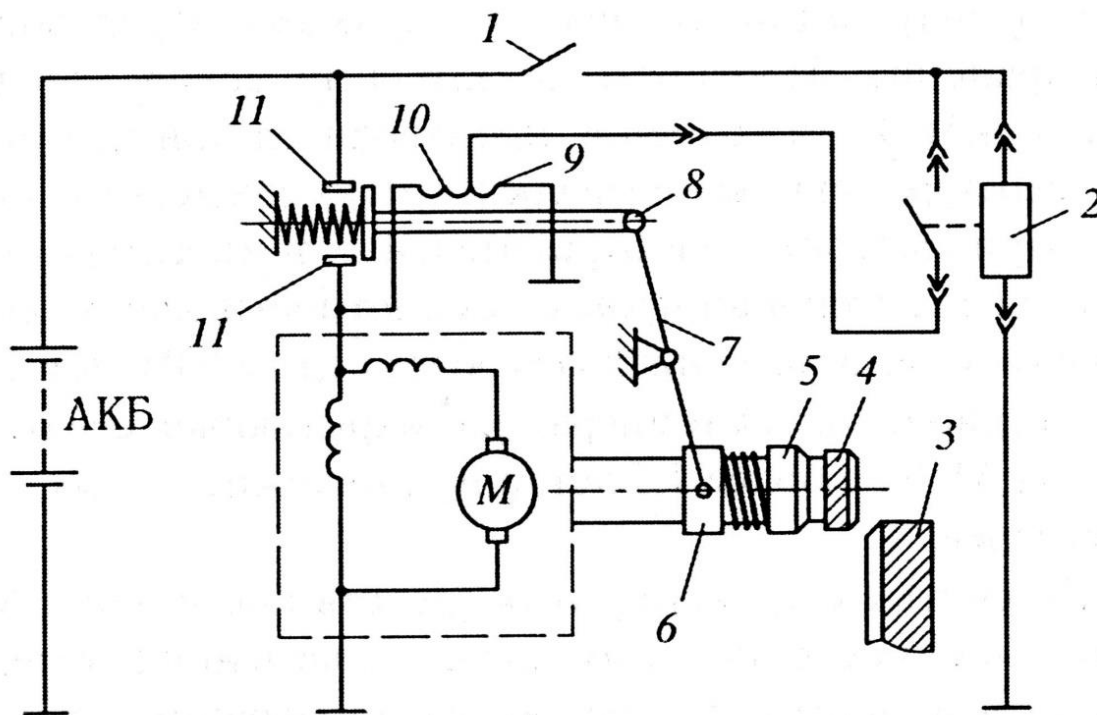


Рис. 14. Схема включения и управления электростартером: 1 – замок зажигания; 2 – контактные болты; 3, 4 – втягивающая и удерживающая обмотки тягового реле соответственно; 5 – якорь тягового реле; 6 – рычаг привода; 7 – якорь стартера; 8 – поводковая муфта; 9 – обгонная муфта; 10 – шестерня привода; 11 – венец маховика; 12 – вспомогательное реле

Категорически запрещается приводить транспортное средство в движение с помощью электростартера при включенной передаче, так как стартер будет механически и электрически перегружен и может выйти из строя.

Симптомы неисправностей, технологии их диагностирования, диагностическая аппаратура и способы их устранения приведены в таблице 6.

Таблица 6

Симптомы неисправности электростартеров, способы их диагностирования и устранения

Симптомы неисправности	Причины неисправности	Технология диагностики	Используемая аппаратура	Устранение неисправности
Стартер не работает и тяговое реле не включается	Неисправна или сильно разряжена АКБ	Определяют степень заряженности АКБ по плотности электролита или нагрузочной вилкой	Тестер	Неисправную АКБ заменяют на новую
	Нарушены контакты в соединениях, обрыв проводов в цепях электроснабжения или управления стартером	Определяют тестером или вольтметром целостность цепей и соединений	Мультиметр	При необходимости затягивают наконечники, поврежденные провода заменяют
	Нарушена работа дополнительного реле, замка зажигания	Подключают стартер непосредственно к АКБ. При исправной работе стартера неисправны реле, замок зажигания		Неисправные элементы заменяют или ремонтируют

	Неисправности тягового реле из-за обрыва обмоток, межвиткового замыкания во втягивающей обмотке, замыкание ее на «массу», заедание или смещение контактного диска	При замыкании контактных болтов на тяговом реле дополнительным проводом стартер работает	Тестер	Разборное реле ремонтируют, неисправные элементы заменяют исправными
Стартер не работает и тяговое реле не включается	Короткое замыкание в обмотках стартера	Измеряют сопротивление обмотки	Мультиметр	Ремонт стартера
Тяговое реле включается, но ротор стартера не вращается или вращается медленно	Сильный разряд АКБ	Определяют степень заряженности АКБ по плотности электролита	Плотномер ПЭ-2	Разряженную АКБ заряжают до нормы
	Плохой контакт АКБ, слабая затяжка гаек на контактных болтах тягового реле	Проверяют надежность крепления на выводах АКБ и реле и измеряют падение напряжения на контактах	Мультиметр	При необходимости подтягивают крепления на выводах
Тяговое реле включается, но ротор стартера не вращается или вращается медленно	Нарушение в работе контактного диска тягового реле	Проверяют замыканием болтов тягового реле дополнительным проводом, при работающем стартере реле неисправно	Визуально при разборе стартера	Ремонт или замена тягового реле
	Сильное загрязнение или окисление коллектора стартера	Визуальный осмотр коллектора	Визуально	Зачищают коллектор мелкозернистой шкуркой со стеклянным покрытием или протачивают на токарном станке. Замасленный коллектор протирают ветошью, смоченной в бензине
	Сильный износ или «зависание» щеток	Проверяют надавливанием на щетки со стороны коллектора	Тестер и визуально	Ремонт щеточного узла
	Замыкание на «массу» щеточного узла	Измеряют сопротивление щеточного узла	Мультиметр	Устраняют причину замыкания
	Ослабление пружин щеткодержателя	Проверяют усилие прижатия пружин динамометром	Тестер	При необходимости меняют пружины
Тяговое реле включается, но ротор стартера не вращается или вращается медленно	Замыкание на «массу» или межвитковые замыкания обмоток возбуждения и якоря	Проверяют короткое замыкание, изменяя сопротивление изоляции	Мультиметр	Ремонт стартера, при необходимости с заменой якоря или обмотки возбуждения
	Заклинивание якоря	Измеряют величину падения напряжения в цепи, подсоединяясь к АКБ. При сильном падении напряжения якорь задевает за полюса (заклинило)	Тестер	Ремонт или замена стартера

Тяговое реле включается, и сразу выключается (часто повторяющиеся щелчки)	Сильный разряд АКБ	Определяют по плотности электролита	Плотномер ПЭ-2	Разряженную АКБ заряжают
	Плохой контакт в цепи электроснабжения стартера	Место плохого контакта определяют по целостности цепи	Тестер	Обнаруженный плохой контакт устраняют
	Выход из строя электрической части выключателя зажигания	Проверяют целостность электрической цепи	Тестер, мультиметр	Неисправную электрическую часть выключателя заменяют
	Обрыв или плохой контакт удерживающей обмотки тягового реле	Проверяют тестером	Тестер	Ремонтируют реле
Стартер включается, но коленчатый вал не вращается	Пробуксовывание муфты свободного хода	Проверяют вручную		При необходимости заменяют муфту
	Тугое перемещение механизма привода по винтовым шлицам вала якоря стартера	Проверяют вручную легкость перемещения привода		При необходимости шлицы смазывают
	Поломка рычага приводного механизма	Проверяют на разобранном стартере		При необходимости заменяют рычаг
	Поломка поводковой муфты или пружины между ней и муфтой свободного хода	Проверяют на разобранном стартере		Неисправные детали заменяют
Стартер включается, но шестерня привода не входит в зацепление с зубьями маховика	Ослабили пружины между поводковой и обгонной муфтами	Проверяют на разобранном стартере	Ручной динамометр	Замена пружины при ремонте
	Наличие забоин на зубьях шестерни стартера или венца маховика	Определяют визуально		Ремонт стартера или венца маховика
	Зазедание механизма привода на валу якоря	Проверяют вручную		Очищают шлицы и смазывают смазкой ЦИАТИМ-201, -202, -203
Стартер после пуска двигателя не выключается	Зазедание ключа в замке зажигания	Немедленно останавливают двигатель, выключают стартер. Ремонтируют или заменяют выключатель зажигания		
	Зазедание механизма привода на валу якоря статора	Немедленно останавливают двигатель, выключают стартер. Очищают шлицы и смазывают смазкой ЦИАТИМ-201, -202, -203		
Стартер после пуска двигателя не выключается	Спекание силовых контактов тягового реле	Тяговое реле ремонтируют или заменяют новым		
Повышенный шум при вращении якоря статора	Ослабление крепления стартера к двигателю	Проверяют крепление стартера		При необходимости подтягивают гайки и болты крепления
	Поломка крышки со стороны привода	Проверяют вручную		Ремонт стартера с заменой крышки
	Повреждение зубьев шестерни привода или венца маховика	Проверяют визуально		Меняют привод или ремонтируют венец маховика
	Выход из строя механизма привода или его тугое перемещение по шлицам вала якоря	Проверяют вручную		Неисправный механизм привода меняют, шлицы очищают от грязи и смазывают смазкой
	Износ подшипников или шеек вала якоря	Проверяют на разобранном стартере		Ремонтируют путем замены втулки или якоря
	Перекус стартера при установке на двигатель	Определяют визуально		Устраняют перекус

Проверка технического состояния электростартеров производится с помощью диагностического оборудования непосредственно на двигателе или на специальных стендах при снятии стартера с двигателя. Перед проверкой стартера диагностическим оборудованием необходимо проверить техническое состояние АКБ, так как от нее зависят характеристики стартера. В процессе диагностирования двигатель прокручивают стартером с изменением потребляемой силы тока и напряжения бортовой сети. По значениям этих параметров определяют техническое состояние стартера.

На стенде проверка технического состояния стартера осуществляется в следующих режимах испытаний:

- режим полного торможения якоря стартера, когда его частота вращения равна нулю, а крутящий момент максимален. Если значения силы тока и крутящего момента ниже нормы, то это указывает на плохой контакт между коллектором и щетками. Повышение силы тока, потребляемого стартером, выше допустимого при снижении крутящего момента указывает на замыкания в обмотках возбуждения или в обмотке якоря на «массу»;

- режим холостого хода без нагрузки, когда измеряется частота вращения вала якоря и сила тока, потребляемая стартером. По этим величинам оценивают качество сборки и исправность механических частей стартера. При неисправностях увеличивается сила потребляемого тока и снижается частота вращения вала якоря.

После устранения выявленных неисправностей стартер регулируют.

2.5. Контрольные вопросы

1. Назовите и объясните назначение основных элементов системы пуска.
2. Объясните принцип работы стартера и назовите его основные элементы.
3. Каково назначение приводного механизма? Объясните его устройство и работу.
4. Как обеспечивается отключение стартера после пуска двигателя?
5. Объясните устройство и работу муфт свободного хода различных конструкций.
6. Перечислите основные неисправности электростартеров и способы их устранения.

3. СИСТЕМА ЗАЖИГАНИЯ

3.1. Общая структура системы зажигания

Рабочая смесь (бензин–воздух) в цилиндрах карбюраторного двигателя (или двигателя с впрыском топлива) воспламеняется электрической искрой, образующейся между электродами свечи зажигания. Искрообразование происходит в момент, когда поршень находится после такта сжатия в зоне ВМТ. Для пробоя искрового промежутка к свече зажигания подводится высокое напряжение (8–20 кВ). В работающем (горячем) двигателе в результате сжатия рабочая смесь нагрета до температуры, близкой к самовоспламенению, поэтому для этого процесса нужна невысокая энергия электрического разряда.

Наиболее трудные режимы воспламенения смеси – при пуске холодного двигателя и работе на бедных смесях, а также при резких открытиях дроссельной заслонки. Разность потребных энергий электрического разряда для этих режимов составляет 300–1000 %. Электрическая искра вызывает воспламенение рабочей смеси в ограниченном объеме, от которого фронт пламени распространяется вначале по объему камеры сгорания и далее по объему всего цилиндра.

Система зажигания предназначена для формирования импульсов высокого напряжения, обеспечивающих надежное искрообразование в свече и воспламенение рабочей смеси. В ее состав входит комплекс приборов, обеспечивающих генерацию импульсов и их распределение по цилиндрам в определенные моменты положения поршней. Поскольку частота вращения коленчатого вала двигателя может меняться в широких пределах, меняется и продолжительность присутствия поршня в зоне ВМТ. Для того чтобы рабочая смесь могла полностью сгорать при различной частоте вращения коленчатого вала, необходимо с увеличением частоты вращения осуществлять более раннее ее воспламенение, т. е. регулировать опережение зажигания по отношению к ВМТ. Таким образом, в комплекс приборов зажигания должны входить и устройства регулирования момента воспламенения рабочей смеси.

В настоящее время на бензиновых автомобильных двигателях применяют в основном *батареиную систему зажигания*, в которой сравнительно простыми техническими средствами можно преобразовать напряжение аккумуляторной батареи (или генератора) в импульсное высоковольтное напряжение, достаточное для возникновения электрического разряда в свече. Для формирования электрического высоковольтного импульса используют явление возникновения тока самоиндукции в катушке при выключении питающего ее тока.

Контактная система зажигания. Наиболее простой батарейной системой зажигания является контактная система (рис. 15, а).

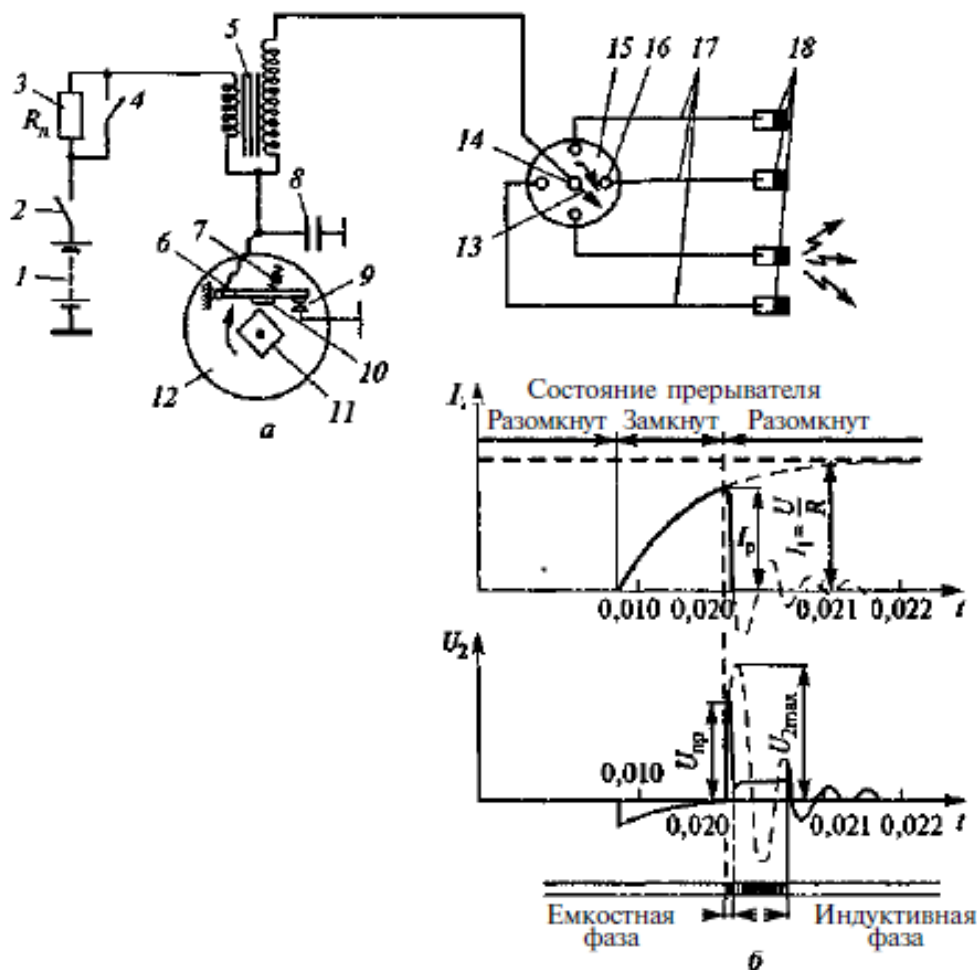


Рис. 15. Батарейная система зажигания: а – электрическая схема; б – графики изменения силы тока и напряжения в обмотках катушки зажигания, характеризующие процессы за один цикл работы прерывателя; 1 – аккумуляторная батарея; 2 – замок зажигания; 3 – резистор (вариатор); 4 – контакты реле стартера; 5 – катушка зажигания; 6 – рычажок; 7 – пружина; 8 – конденсатор; 9 – контакты прерывателя; 10 – подушечка; 11 – кулачок; 12 – корпус прерывателя; 13 – бегунок; 14 – центральный электрод; 15 – крышка (корпус распределителя); 16 – гнезда для свечных проводов; 17 – провода к свечам; 18 – свечи зажигания; R_d – дополнительный резистор; I_1 – ток в первичной обмотке катушки зажигания; I_r – ток разряда; U – напряжение на первичной обмотке катушки зажигания; R – внутреннее сопротивление катушки зажигания; U_2 – напряжение на вторичной обмотке катушки зажигания; $U_{пр}$ – напряжение пробоя зазора в свече; U_{2max} – максимальное напряжение на выходе вторичной обмотки; t – время

Процесс прерывания питающего катушку самоиндукции (катушку зажигания) тока и распределение высоковольтных импульсов по свечам двигателя жестко связаны в один рабочий процесс. В состав системы зажигания входят аккумуляторная батарея 1, замок 2 зажигания, дополнительный резистор (вариатор) 3, контакты 4, расположенные в тяговом реле стартера (реже в замке зажигания), с помощью которых шунтируется резистор 3 в период пуска двигателя. Важнейшим элементом

системы является катушка 5 зажигания, у которой средняя точка между двумя обмотками подключена к одному из пары контактов прерывателя 9. Контакт, установленный на подвижном рычажке 6, имеет закрепленную на нем текстолитовую подушечку 10. Второй контакт пары соединен с «массой». Конденсатор 8 подключен параллельно контактам.

Первичная обмотка катушки и конденсатор образуют индуктивно-емкостную цепь колебательного контура в первичной цепи при размыкании контактов. Разрыв контактов 9 осуществляется при вращении кулачка 11, который, набегая своей гранью на подушечку 10, установленную на рычажке 6, отклоняет его.

Вторичная обмотка катушки зажигания подключена своим свободным концом к центральному электроду 14 распределителя, бегунок 13 которого расположен на одном валу с приводом кулачка 11. На крышке распределителя находятся гнезда 16 для высоковольтных проводов 17, посредством которых импульсы напряжения распределяются при вращении бегунка по свечам 18 двигателя. Высокое напряжение подводится к бегунку через скользящий угольный контакт. На роторе (бегунке) установлена латунная пластина с зазором от боковых электродов (гнезд) 16.

Привод вала прерывателя-распределителя (частота вращения вдвое меньше, чем у коленчатого вала двигателя) осуществляется от шестерни распределительного вала.

Рабочий процесс такой системы зажигания заключается в следующем. Контакты 9 замыкаются и размыкаются во время вращения кулачка 11. При замкнутых контактах замка зажигания 2 через первичную обмотку катушки 5 протекает ток. Он вызывает образование электромагнитного поля, которое охватывает как первичную, так и вторичную обмотки, поскольку они располагаются одна над другой. После размыкания контактов поступление тока в первичную цепь прекращается мгновенно, но образовавшееся вокруг катушки магнитное поле угасает медленнее, чем исчезает ток питания в обмотке. Это угасающее магнитное поле возбуждает в катушке ЭДС, которую называют *ЭДС самоиндукции*.

Искровой разряд в свечах системы зажигания формируется на основе явлений индукции в электромагнитной системе катушки зажигания. При замыкании контактов прерывателя в первичную обмотку катушки поступает ток от аккумуляторной батареи (рис. 15, б). Поскольку катушка обладает сопротивлением, нарастание тока происходит за некоторое время (примерно 0,02 с).

Время замкнутого состояния контактов также ограничено временем порядка 0,02 с. Это время и индуктивность обмотки определяют максимальную силу тока в катушке.

После размыкания контактов прерывателя в катушке возникает колебательный процесс, поскольку катушка и конденсатор образуют колебательный контур. Ток самоиндукции катушки заряжает конденсатор, который отдает свой заряд в катушку после спада в ней ЭДС самоиндукции. Затем процесс повторяется в затухающем режиме.

Вторичная обмотка также имеет значительную собственную емкость. Поэтому и в ней образуется высокое напряжение $U_{2\max}$, которое может вызвать колебательный процесс, если в свече нет пробоя искрового промежутка. В действительности же при достижении во вторичной обмотке напряжения, соответствующего пробоем $U_{\text{пр}}$ зазора в свече, в ней происходит электрический разряд, который не дает развиваться колебательному процессу.

Как видно из графика на рисунке 15, б, разряд в свече содержит две фазы – емкостную и индуктивную. *Емкостная фаза* определяет разряд энергии, накопленной во вторичной цепи и составляющей до 15 МДж. Именно в этой фазе происходит пробой искрового промежутка в свече. В *индуктивной фазе* выделяется большая часть энергии. Эта фаза растянута по времени и имеет меньшее напряжение. Но поскольку искровой промежуток уже пробит, то в индуктивной фазе только поддерживается дуга между электродами свечи зажигания.

Закон индукции гласит, что вторичное напряжение тем больше, чем быстрее изменяется магнитное поле, созданное током первичной обмотки. ЭДС самоиндукции во вторичной обмотке достигает 15–20 кВ, а в первичной обмотке – 300 В. ЭДС самоиндукции при разрыве контактов прерывателя вызывает искрообразование, приводящее к эрозии контактов и постепенному их разрушению. Уменьшению эрозии способствует работа конденсатора 8 (см. рис. 15, а), заряжающегося токами самоиндукции и разряжающегося частично через первичную обмотку и аккумуляторную батарею, а также через контакты 9 во время их замкнутого состояния.

Контактно-транзисторная система зажигания. Появление для автомобилей новых двигателей с высокой степенью сжатия (7–9) и максимальной частотой вращения коленчатого вала 5000–8000 мин⁻¹, а также стремление работать на обедненных рабочих смесях для экономии топлива потребовало от системы зажигания больших энергий искрового разряда. Для этого необходимо увеличить силу тока первичной цепи катушки зажигания, которая в настоящее время ограничена условиями работы контактной группы и составляет 3,5–5 А при напряжении 12 В.

Увеличение силы тока, разрываемого контактами, снижает их надежность и срок службы. Чтобы разгрузить контактную группу прерывателя от больших то-

ков первичной цепи катушки зажигания, вызывающих искрение и эрозию, прерывание тока в катушке зажигания осуществляют бесконтактным элементом – силовым транзистором. Контакт же прерывателя используют для управления транзистором (рис. 16, а), сила тока базы которого незначительна (0,1–0,3 А), в то время как сила тока, проходящего через первичную обмотку катушки зажигания и эмиттерно-коллекторный переход силового транзистора, может достигать 10 А.

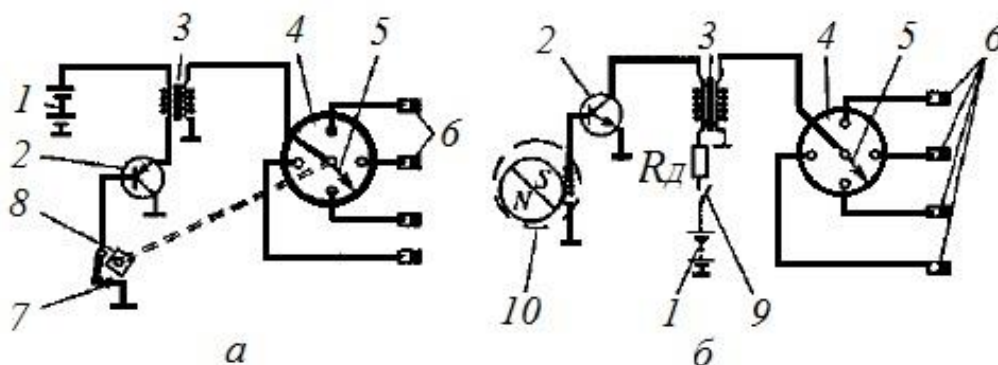


Рис. 16. Контактно-транзисторная (а) и бесконтактная (б) системы зажигания:
 1 – аккумуляторная батарея; 2 – транзистор; 3 – катушка зажигания; 4 – распределитель зажигания; 5 – бегунок; 6 – свечи зажигания; 7 – контакты прерывателя; 8 – кулачок; 9 – выключатель зажигания; 10 – индукционный датчик; R_д – дополнительный резистор; N и S – полюсы магнита

Как следует из изложенного, вращающийся вместе с бегунком 5 распределителя зажигания 4 кулачок 8 периодически разрывает контакты 7 прерывателя и тем самым соединяет управляющий электрод (базу) транзистора 2 с «массой» (отрицательным полюсом аккумуляторной батареи 1). Силовой транзистор 2 работает в режиме ключа (закрыт — открыт) и при замыкании и разрыве контактов 7 прерывателя пропускает или не пропускает ток от положительного полюса аккумуляторной батареи через первичную обмотку катушки зажигания к отрицательному полюсу аккумулятора.

Такие системы зажигания получили название контактно-транзисторных. Использование прерывателя для коммутирования слабого тока управления транзистором позволило отказаться от применения конденсатора, шунтирующего контакты прерывателя. Таким образом исключен основной недостаток классической контактной системы зажигания, заключающийся в ограничении тока, разрываемого контактами. Сила разрываемого тока зависит теперь только от параметров силового транзистора. Но недостаток, связанный с механическим изнашиванием контактов и вибрацией (дребезжанием) подпружиненных контактов, ограничивающий скорость их работы, остается.

Бесконтактная система зажигания. К системам, лишенным указанных недостатков, относится бесконтактная система зажигания. Силовой транзистор, работающий в ключевом (да–нет) режиме, управляется не прерывателем, а от

специальных бесконтактных датчиков. В бесконтактной (транзисторной) системе зажигания (рис. 16, б) используется катушка зажигания с раздельной первичной и вторичной обмотками. Первичная обмотка катушки зажигания 3 одним концом подключена через дополнительный резистор (R_d) к контактам выключателя 9 (замка) зажигания и далее к аккумуляторной батарее 1. Вторым концом первичной обмотки подключен через эмиттерно-коллекторный переход силового транзистора 2 к «массе». Базовый электрод транзистора соединен с датчиком 10, который формирует электрические импульсы, открывающие запертый транзистор 2, когда поршень занимает в цилиндре позицию, соответствующую моменту необходимости воспламенения рабочей смеси. Ток через открытый транзистор и катушку зажигания вызывает в системе процессы, описанные выше.

Так же как и в классической контактной системе зажигания, датчик 10 и распределитель 4 жестко связаны между собой и через зубчатое зацепление – с распределительным валом двигателя. Бегунок 5 при вращении распределяет электрические импульсы по высоковольтным проводам на свечи 6.

В генераторных и коммутаторных датчиках управления моментом открывания силового транзистора используются индукционные, фотоэлектрические и магнитоэлектрические эффекты.

Наиболее распространены *магнитоэлектрические датчики* (рис. 17). На статоре укреплен магнит 2 и расположена катушка 3, а в разрыве магнитной цепи, с минимальными зазорами, – вращающийся якорь 4 (распределитель магнитного потока), иногда называемый коммутатором. При вращении распределителя потока в моменты, когда его выступы (зубья) располагаются по направлению замыкания магнитосилового потока статора, магнитное сопротивление цепи наименьшее.

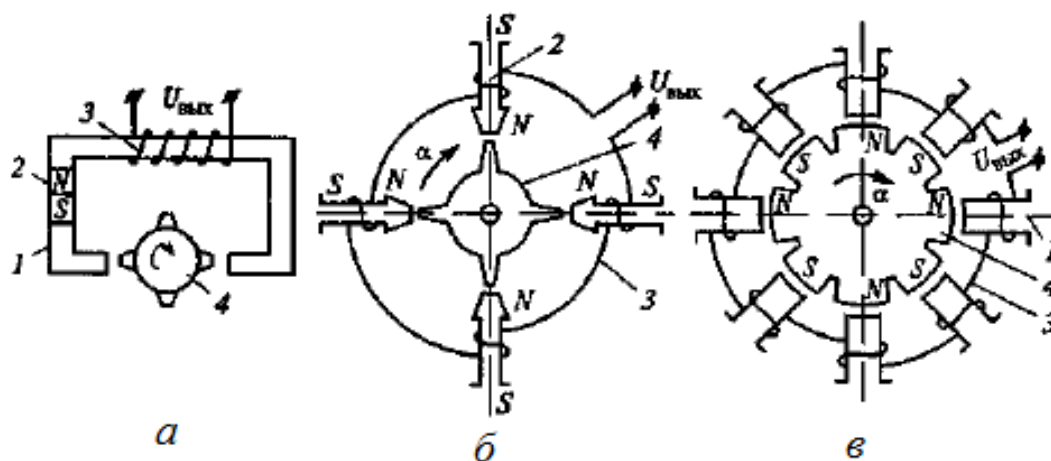


Рис. 17. Схемы, поясняющие принцип действия датчиков для бесконтактной транзисторной системы зажигания: а – коммутаторного, б – генераторного, в – магнитоэлектрического, 1 – полюсные наконечники, 2 – магнит, 3 – катушка, 4 – якорь, $U_{\text{вых}}$ – напряжение на выходе катушки, α – угол поворота; N и S – полюсы магнитов

В соответствии с законом индукции в обмотке возникает напряжение, значение которого зависит от частоты вращения, числа витков катушки и характеристики (магнитного сопротивления) магнитной цепи. При входе выступа (зуба) в зону магнитной цепи статора в катушке формируется импульс напряжения одной полярности, а при выходе полярность меняется на обратную. Таким образом, магнитоэлектрический датчик фактически является генератором переменного тока. Число зубьев ротора коммутатора определяется числом рабочих цилиндров двигателя.

Такой датчик не лишен недостатков: технологическая неточность выдерживания размеров зазоров в магнитной цепи; радиальная вибрация ротора коммутатора, приводящая к колебаниям угла опережения зажигания по цилиндрам двигателя.

Лучшими характеристиками обладают *генераторные датчики* с числом статорных полюсов, равным числу цилиндров двигателя (рис. 17, б). При тех же качественных характеристиках, геометрических и динамических параметрах, что и у магнитоэлектрического прибора, этот датчик обеспечивает для каждого положения распределителя магнитного потока средний зазор как сумму всех зазоров между ротором и статором одновременно.

Бесконтактные устройства, применяемые в системах зажигания вместо механических прерывателей, способны коммутировать силу тока до 10 А и создавать искрообразование с энергией до 50 мДж вместо 5 мДж обычной контактной системы зажигания.

В прерывателях-распределителях все чаще применяют *датчики с вращающимися магнитами* (рис. 17, в), генерирующие сигнал большой амплитуды. Основной их недостаток – некоторое смещение момента искрообразования на малой частоте вращения ротора. Действие *полупроводникового датчика* основано на *эффекте Холла* (рис. 18, а).

Суть эффекта заключается в том, что если полупроводниковую пластину определенного химического состава (арсенид галлия или индия, антимонид индия) поместить в магнитное поле ($N-S$) так, чтобы силовые линии поля были перпендикулярны плоскости пластины, и через эту пластину пропустить ток I_n , то между электродами на противоположных гранях A_1 и A_2 возникает *ЭДС Холла*.

Наиболее простой способ использования данного эффекта реализован в *датчиках экранного типа* (рис. 18, б). Ротор 1, установленный на валике распределителя, представляет собой стакан с боковыми прорезями. Внутри стакана расположен магнит 2 на одном изолирующем основании 3 с микросхемой 4.

Поскольку ЭДС Холла невелика, сигнал датчика требует усиления для дальнейшей передачи его к катушке зажигания без помех. Поэтому полупровод-

никовая пластина смонтирована в одном корпусе с усилителем 5. При прохождении окна в роторе 1 между магнитом 2 и датчиком (магнитоуправляемой интегральной микросхемой 4) происходит периодическое формирование (в микросхеме) ЭДС Холла. Сигнал в отличие от сигналов ранее рассмотренных датчиков имеет форму, близкую к прямоугольной практически на любой частоте вращения валика распределителя.

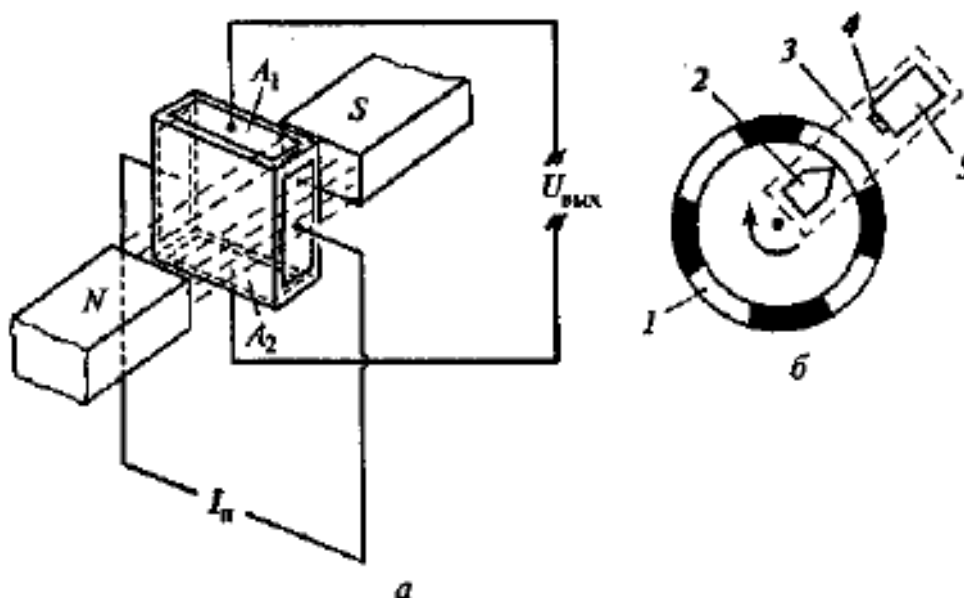


Рис. 18. К пояснению возникновения ЭДС Холла – эффекта Холла (а) и схема экранного датчика Холла (б): 1 – ротор; 2 – магнит; 3 – изолирующее основание; 4 – магнитоуправляемая микросхема; 5 – усилитель; A_1 и A_2 – электроды, между которыми возникает ЭДС Холла; I_n — ток, проходящий через пластину; N и S – полюсы магнита

Интегральная магнитоуправляемая микросхема датчика Холла, как и большинство интегральных элементов микроэлектроники, чувствительна к воздействию внешних условий (вибрация, температура). При использовании таких датчиков на автомобиле микросхема должна удовлетворять жестким требованиям для электронных устройств автомобильной техники.

3.2. Прерыватели-распределители

Контактные прерыватели-распределители. Такое название приборы получили потому, что прерыватель и распределитель зажигания практически во всех современных системах зажигания выполнены в одном корпусе. Они располагаются один над другим и приводятся во вращение от одного общего вала, связанного зубчатой передачей с распределительным валом двигателя.

В *прерывателе-распределителе классической батарейной системы зажигания* (рис. 19) внутри корпуса 13 расположены вал 12 привода, а также на шариковом радиально-упорном подшипнике (на рисунке не показан) установлен опорный диск 16. На диске с помощью винта 14 и эксцентрика 7 фиксируется пластина 10 с кон-

тактами прерывателя. Подвижный контакт нагружен плоской пружиной. Он изолирован от корпуса прерывателя и с помощью проводника 15 соединен с контактным винтом 17, через который к нему подведена средняя точка катушки зажигания. Второй (неподвижный) контакт прерывателя представляет собой одно целое с пластиной 10, т. е. соединен с корпусом прерывателя («массой»).

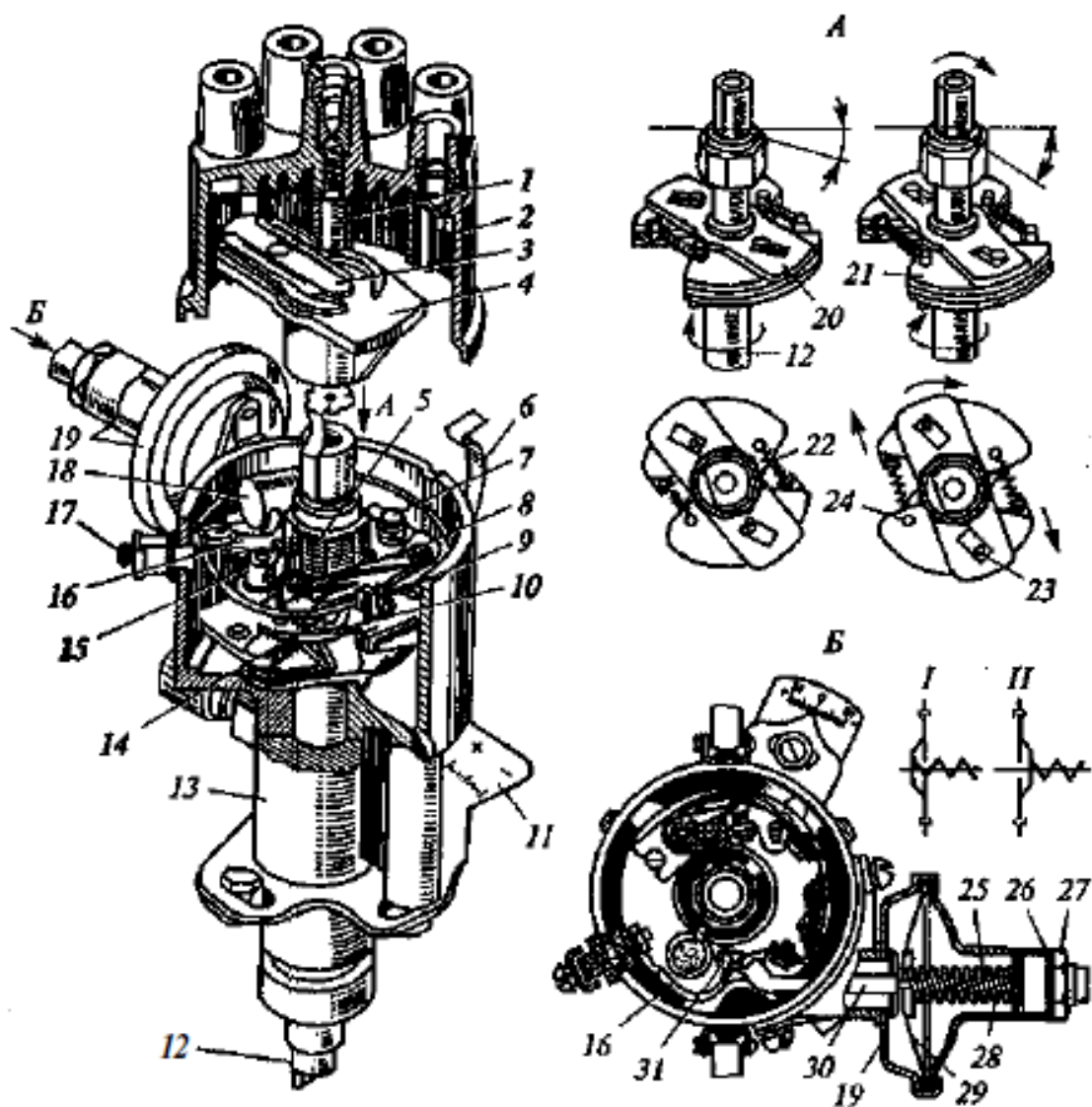


Рис. 19. Прерыватель-распределитель классической контактной системы зажигания: 1 – угольный электрод; 2 – крышка; 3 – токоразносная пластина; 4 – ротор (бегунок); 5 – кулачок; 6 – защелки крышки; 7 – эксцентрик (регулирующий винт); 8 – подвижный контакт прерывателя; 9 – контактная стойка; 10 – опорная пластина контактной группы; 11 — шкала настройки угла опережения зажигания; 12 – вал привода кулачка; 13 – корпус; 14 – стопорный винт; 15 – проводник к контактной группе; 16 – опорный диск; 17 – контактный винт; 18 – конденсатор; 19 – корпус вакуумного регулятора опережения зажигания; 20 – ведущая пластина (траверса); 21 – грузики; 22 – стяжная пружина; 23 – штифт грузика; 24 – ось вращения грузиков; 25 – крышка вакуумного регулятора; 26 – прокладка; 27 – штуцер; 28 – пружина; 29 – диафрагма; 30 – тяга; 31 – штифт для тяги; А – центробежный регулятор; Б – вакуумный регулятор; I и II – положения диафрагмы

На подвижном контакте прерывателя расположена текстолитовая подушечка, с помощью которой кулачок 5, связанный с приводным валом 12 через центробежный регулятор опережения зажигания, замыкает и размыкает контакты при своем вращении вместе с валом 12. Зазор между контактами прерывателя регулируется с помощью эксцентрика 7, которым пластина 10 поворачивается на некоторый угол вокруг стопорного винта 14. Между контактами прерывателя (выводом и «массой») включен конденсатор емкостью 0,2–0,35 мкФ для уменьшения искрообразования от тока самоиндукции на контактах.

На многих прерывателях-распределителях батарейной системы зажигания конденсатор устанавливают на внешней стороне корпуса 13. Корпус сверху закрыт крышкой 2, в которой по периметру расположены гнезда для проводов, идущих к свечам зажигания, а в центре – гнездо, подводящее высокое напряжение от катушки зажигания. В этом гнезде установлен подпружиненный угольный контакт, упирающийся в латунную токоразносную пластину 3, закрепленную на пластмассовом роторе 4.

При вращении ротора высоковольтное напряжение распределяется по контактам гнезд для проводов свечей зажигания, причем токоразносная пластина проходит мимо контактов с зазором 0,2–0,3 мм. Таким образом, высокое напряжение пробивает два искровых промежутка – в распределителе и свече зажигания.

Для регулирования момента воспламенения рабочей смеси в бензиновом двигателе в зависимости от частоты вращения коленчатого вала прерыватель-распределитель оснащается двумя регуляторами опережения зажигания – центробежным и вакуумным.

В *центробежном регуляторе* (рис. 19, вид А) кулачок может поворачиваться вокруг оси приводного вала 12. Для этого кулачок выполнен как одно целое с втулкой, имеющей в нижней части траверсу 20 с косыми прорезями. Верхний конец вала ступенчатый. На тонком конце вала установлена втулка с кулачком, которая фиксируется запорным кольцом. В верхней части втулки выполнена лыска для установки на это место ротора распределителя и передачи ему вращения. На фланце приводного вала 12 на осях установлены дугообразные металлические пластины 21 (грузики), стягиваемые к центру пружинами 22. На грузиках расположены штифты 23, входящие в прорези траверсы 20 втулки кулачка. При увеличении частоты вращения центробежная сила, действующая на грузики, преодолевая усилие стяжных пружин, вызывает поворот грузиков вокруг их осей 24 (грузики расходятся). Штифты 23 грузиков 21, входящие в косые прорези траверсы, вызывают поворот ее вместе с кулачком прерывателя и ротором распределителя на некоторый угол вперед по направлению вращения. Поэтому момент набегания кулачка на подушечку прерывателя наступает раньше.

Чем больше частота вращения вала, тем на больший угол вперед по направлению вращения центробежный регулятор поворачивает кулачок и тем раньше происходит разрыв контактов, следовательно, тем больший угол опережения зажигания реализуется в цилиндре двигателя.

Пружины, стягивающие грузики центробежного регулятора, имеют разную жесткость. Это обеспечивает требуемый нелинейный закон изменения угла опережения зажигания в зависимости от частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Возможный диапазон работы центробежного регулятора ограничивается частотой вращения, при которой грузики расходятся полностью ($500\text{--}2500\text{ мин}^{-1}$).

Вакуумный регулятор опережения зажигания расположен в тарельчатом корпусе 19 с крышкой 25. Между корпусом и крышкой установлена диафрагма 29, нагруженная пружиной 28. С внешней стороны в крышку 25 через регулировочную и уплотнительную 26 прокладки ввинчен штуцер 27 для соединения с трубкой, по которой разрежение из впускного трубопровода двигателя передается в камеру вакуумного регулятора.

Диафрагма 29 с помощью тяги 30 и штифта 31 шарнирно соединена с опорным диском 16, установленным в корпусе на шариковом подшипнике. В зависимости от положения дроссельной заслонки карбюратора меняется разрежение во впускном трубопроводе двигателя.

В случае прикрытия дроссельной заслонки величина разрежения увеличивается, следовательно, возрастает разрежение и под крышкой 25 вакуумного регулятора (справа от диафрагмы 29, на рис. 19, вид Б). Тогда под действием атмосферного давления диафрагма, преодолевая усилие пружины 28, занимает положение II. Мембрана перемещается вправо и увлекает за собой тягу 30, которая поворачивает опорный диск 16 против хода часовой стрелки. Контакты прерывателя вместе с опорным диском поворачиваются навстречу вращению кулачка и размыкаются раньше – угол опережения зажигания увеличивается.

Открытие дроссельной заслонки карбюратора приводит к уменьшению разрежения во впускном трубопроводе. Тогда пружина 28 перемещает диафрагму 29 влево (положение I) и опорная пластина 16 поворачивается по ходу часовой стрелки, т. е. в направлении вращения кулачка – угол опережения зажигания уменьшается. Трубка для передачи разрежения из впускного трубопровода двигателя к вакуумному регулятору опережения зажигания присоединена к карбюратору в зоне расположения дроссельной заслонки. При закрытой дроссельной заслонке, когда двигатель работает на холостом ходу, отверстие для присоединения вакуумной трубки оказывается выше дроссельной заслонки (т. е. в зоне расположения диффузора, но несколько ниже его), где разрежение невелико и регулятор опережения зажигания не работает.

Кроме двух регуляторов опережения зажигания, устанавливающих момент воспламенения рабочей смеси при изменении нагрузки на двигатель и его частоты вращения, прерыватель-распределитель оснащают *октан-корректором* – устройством для ручной установки начального угла опережения зажигания, относительно которого функционируют автоматические центробежный и вакуумный регуляторы. Октан-корректор устанавливает начальный угол опережения зажигания в зависимости от сорта (октанового числа) топлива. Корпус 13 прерывателя-распределителя закреплен на блоке двигателя с помощью двух пластин 11. На нижней пластине нанесена шкала, по которой ориентируются при повороте корпуса 13 в посадочном гнезде блока. Для этого пластина 11 жестко закреплена на блоке. Верхняя пластина, выполненная в виде стрелки указателя, установлена на корпусе распределителя. Обе пластины фиксируются между собой винтом. Овальная прорезь в пластине 11 позволяет поворачивать корпус 13 относительно блока на некоторый угол, определяемый длиной прорези. После установки указателя на пластине в середину шкалы обеспечивается возможность поворота корпуса распределителя влево или вправо, для изменения начального угла установки опережения зажигания.

Рассмотренными тремя устройствами осуществляется независимое друг от друга регулирование угла опережения зажигания. Центробежный регулятор поворачивает кулачок прерывателя, вакуумный регулятор поворачивает опорный диск, на котором смонтированы контакты прерывателя, а октан-корректором вручную поворачивают корпус прерывателя-распределителя в блоке цилиндров двигателя. При работе двигателя реальный текущий угол опережения зажигания устанавливается автоматически центробежным и вакуумным регуляторами относительно начального угла, установленного октан-корректором.

Наряду с такими положительными качествами классических систем зажигания, как простота и дешевизна, наличие большого диапазона регулирования угла опережения зажигания при стабильности высокого напряжения на выходе, они имеют и существенные недостатки:

- недостаточное высоковольтное напряжение на всех частотах вращения коленчатого вала двигателя;
- недостаточная энергия искрового разряда, ограниченная малым запасом энергии в первичной цепи;
- небольшой срок службы контактов прерывателя из-за электрической эрозии, нарушения зазора и момента воспламенения при износе подшипников скольжения приводного вала и кулачка в процессе эксплуатации, а также нестабильности характеристик автоматов регулирования опережения зажигания;

– нагрев первичной обмотки катушки зажигания на низких частотах из-за увеличения времени замкнутого состояния контактов прерывателя.

Все это приводит к потере мощности двигателя и повышению токсичности отработавших газов из-за ухудшения процесса сгорания рабочей смеси.

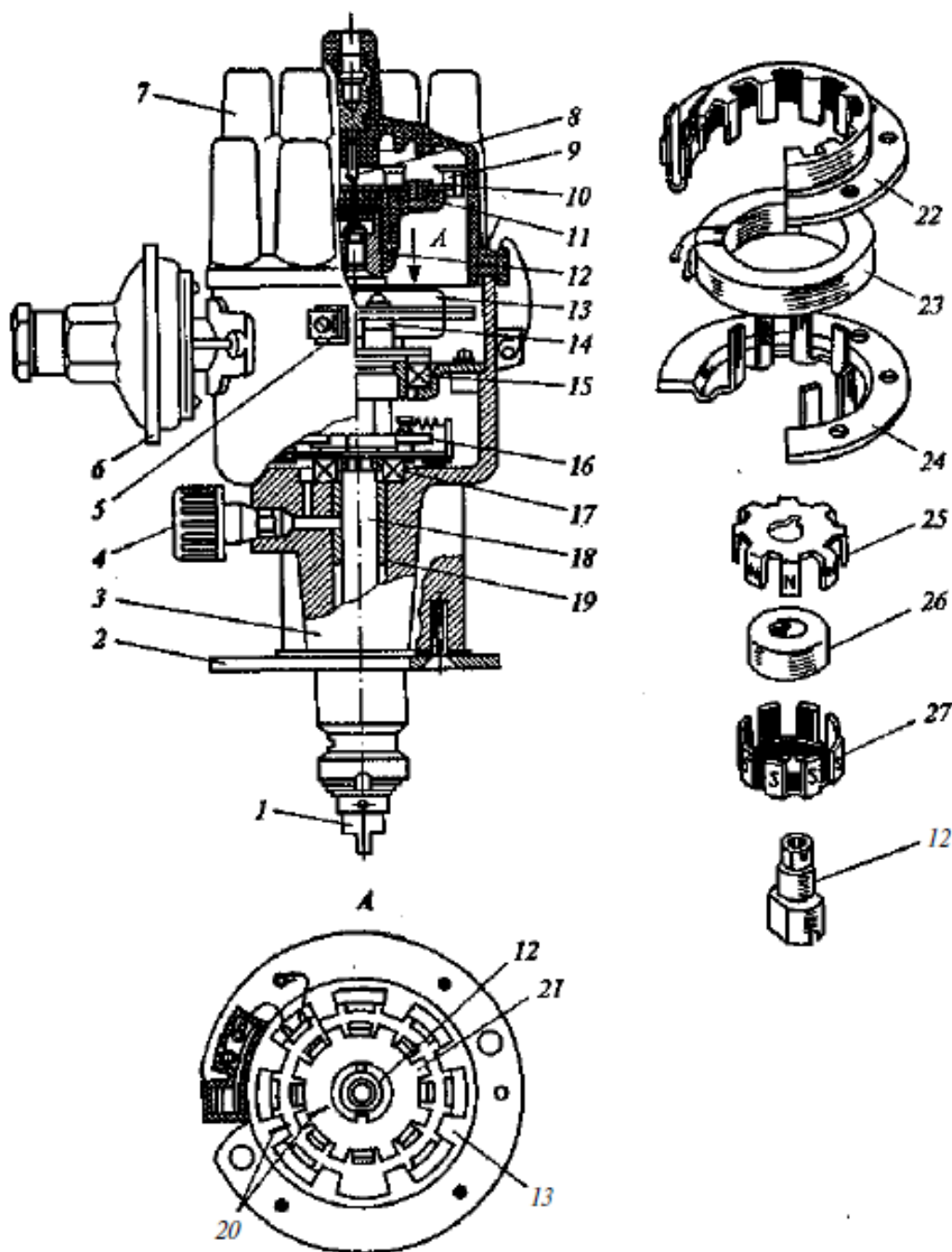


Рис. 20. Распределитель системы зажигания с магнитоэлектрическим датчиком:

- 1 – соединительная муфта; 2 – монтажная пластина; 3 – корпус; 4 – масленка; 5 – контакт; 6 – вакуумный регулятор; 7 – крышка распределителя; 8 – электрод; 9 – наружные контакты; 10 – токоразносная пластина; 11 – ротор; 12 – втулка; 13 – статор датчика; 14 – стойка; 15 и 17 – шариковые подшипники; 16 – центробежный регулятор; 18 – приводной вал; 19 – подшипник скольжения; 20 – установочные метки; 21 – магнитный ротор; 22 и 24 – пластины статора; 23 – катушка; 25 и 27 – пластины с полюсными наконечниками для магнита; 26 – кольцевой магнит

Бесконтактные прерыватели-распределители. Бесконтактные системы зажигания лишены многих недостатков, присущих контактному классическим системам.

В *распределителе системы зажигания с магнитоэлектрическим датчиком* (рис. 20) внутри корпуса 3 на подшипниках 19 скольжения установлен приводной вал 18.

На нижнем конце вала насажена муфта 7 для соединения с приводом от распределительного вала двигателя. Для смазывания подшипника 19 используют набивочную масленку 4. В корпусе расположен также шариковый радиально-упорный подшипник 17 для фиксации вала 18 от осевых смещений. Над подшипником находится центробежный регулятор угла опережения зажигания (его конструкция аналогична рассмотренной для прерывателя-распределителя контактной системы зажигания). Над центробежным регулятором размещен радиально-упорный шариковый подшипник 15, на котором установлен опорный диск вакуумного регулятора опережения зажигания с закрепленным на нем статором 13 магнитоэлектрического датчика. Статор состоит из двух круглых пластин 22 и 24 с отогнутыми перпендикулярно плоскости пластин зубьями. После сложения пластин одна на другую внутри образуется свободное пространство, в котором размещается катушка 23 датчика.

Таким образом, после сборки узла внешнее магнитное поле может возбуждать ЭДС в катушке только при воздействии магнитного потока через щели между зубьями. Для этого ширину зубьев делают меньше расстояния между ними.

На валу 18 установлен кольцевой постоянный магнит 26 так, чтобы он находился в середине катушки 23 датчика, поскольку разноименные полюсы кольцевого магнита располагаются по торцам пластин 25 и 27 с отогнутыми зубьями аналогично пластине 24 статора. Зубья пластин 25 и 27 образуют полюсные наконечники, между каждой парой ($N-S$) которых присутствует магнитосиловой поток постоянного магнита 26. Этим магнитосиловым потоком при вращении магнита 26 с полюсными наконечниками 25 и 27 в катушке индуцируются электрические импульсы, которые используются для управления силовым транзистором, прерывающим ток в первичной обмотке катушки зажигания.

Центробежный регулятор вызывает поворот магнитного блока с полюсными наконечниками 25 и 27 относительно приводного вала 18. При повороте полюсных наконечников в сторону вращения вала происходит явление обгона его магнитным блоком, и угол опережения зажигания уменьшается. Поворот же катушки статора вакуумным регулятором в сторону направления вращения приводного вала 18 вызывает увеличение угла опережения зажигания.

Ротор 11 распределителя установлен на втулке 12, на которой собран магнитный блок с полюсными наконечниками. Как и в контактной системе зажигания, на роторе располагается токоразносная пластина 10 (иногда называемая центральным контактом ротора). В нее упирается подпружиненный угольный электрод 8, размещенный в центре крышки 7 распределителя. К электроду подводится высокое напряжение от катушки зажигания. По периферии крышки расположены наружные контакты 9 для проводов к свечам зажигания. На статоре 13 и магнитном роторе 21 (блок магнита 26 с полюсными наконечниками 25 и 27) выштампованы метки 20 для начальной установки угла опережения зажигания при сборке датчика распределителя.

Распределитель зажигания с датчиком Холла (рис. 21) содержит некоторые механические элементы такого же назначения, что и в двух рассмотренных устройствах. Приводной валик 2 с помощью муфты 7 (качающейся на оси для компенсации несоосности) соединен с распределительным валом. Внутренняя полость корпуса 5 защищена от попадания в нее масла сальником 4 и маслоотражательным кольцом 3. Непосредственно за сальником расположен центробежный автомат 16 – регулятор угла опережения зажигания. Он вызывает поворот втулки 75 с экраном 14 (стаканообразной формы с боковыми прорезями) относительно приводного вала 2.

С внутренней стороны экрана находится магнит, с внешней – датчик 13 Холла. Датчик закреплен на пластине, имеющей возможность поворачиваться на подшипнике 7 при изменении угла опережения зажигания с помощью вакуумного регулятора 18.

Подшипник 7 в свою очередь установлен в неподвижной пластине 8, зафиксированной в корпусе 5. Втулка 6 в середине пластины выполняет функцию центрирующего подшипника для вала привода ротора 11 распределителя, расположенного в крышке 10. На корпусе 5 установлен кабельный разъем 17 для связи с коммутатором, формирующим электрические импульсы для катушки зажигания.

К коммутатору предъявляются следующие требования:

- формирование электрического импульса необходимой величины и длительности в первичной обмотке катушки зажигания;
- формирование управляющего импульса для катушки зажигания в необходимый момент в целях искрообразования в свече в соответствии с формой импульса, поступающего от магнитоэлектрического датчика или датчика Холла;
- поддержание заданного уровня управляющего импульса независимо от колебаний напряжения бортовой сети автомобиля.

По существу, часть схемы датчик-транзистор (см. рис. 16, б) является простейшим коммутатором. С помощью этой схемы достаточно просто понять принцип работы коммутатора.

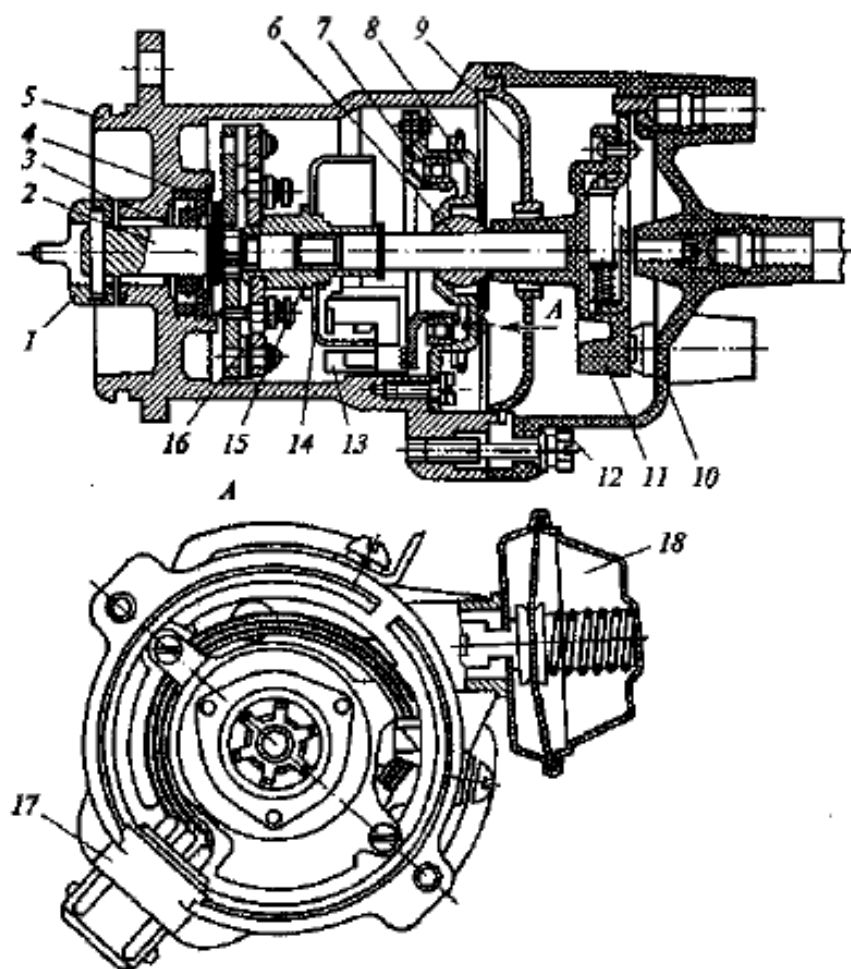


Рис. 21. Прерыватель-распределитель системы зажигания с датчиком Холла:
 1 – муфта; 2 – валик; 3 – маслоотражательное кольцо; 4 – сальник; 5 – корпус;
 6 – втулка; 7 – подшипник; 8 – неподвижная пластина; 9 – защитный экран;
 10 – крышка распределителя; 11 – ротор; 12 – винт; 13 – датчик Холла; 14 – экран датчика; 15 – втулка; 16 – центробежный автомат; 17 – кабельный разъем; 18 – вакуумный регулятор

3.3. Коммутаторы

Практическое применение находят коммутаторы, выполненные по более сложным электрическим схемам. Объясняется это тем, что ни один из используемых в системах зажигания бесконтактных датчиков не вырабатывает достаточно большого электрического сигнала, которым можно было бы управлять мощным силовым транзистором. Поэтому коммутаторы содержат усилители, элементы, формирующие вид сигнала, и элементы защиты. Для изучения их рабочих процессов требуется специальная подготовка читателя по электронике. Специалисту – механику по эксплуатации и техническому обслуживанию автомобилей достаточно изучить функциональное назначение отдельных групп элементной базы коммутатора, чтобы уметь с ними работать в повседневной практике. Коммутатор модели 13.3734 (рис. 22) предназначен для работы совместно с магнитоэлектрическим датчиком. Ключевым элементом, коммутирующим ток

в первичной обмотке зажигания, служит мощный силовой транзистор VT3. Транзистор VT2 является одним из каскадов усилителя сигнала датчика.

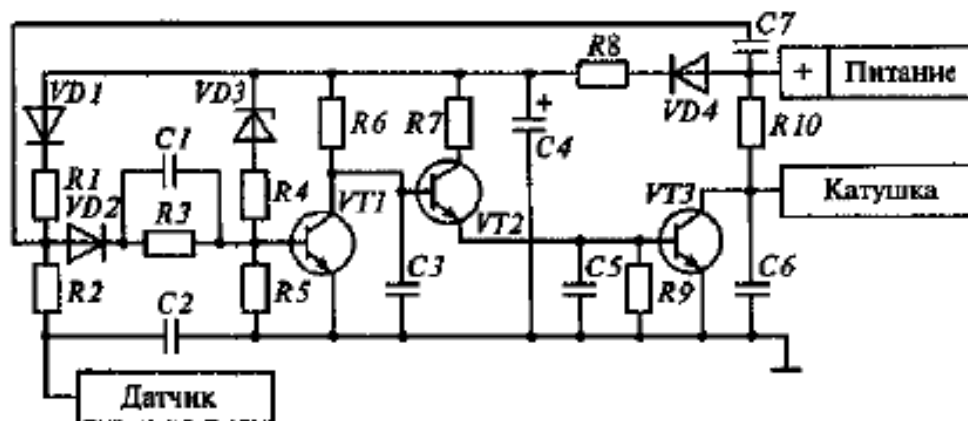


Рис. 22. Электрическая схема коммутатора 13.3734: R1–R10 – резисторы; C1–C7 – конденсаторы; VT1 – VT3 — транзисторы; VD1 – VD4 – диоды

Этот каскад работает в режиме эмиттерного повторителя. На базу выходного транзистора VT3 напряжение подается с резистора R9, включенного в цепь транзистора VT2. Это обеспечивает неизменность знака сигнала на входе (базе) транзистора VT3. Транзистор VT1 служит предварительным усилителем, формирующим сигнал управления силовым транзистором. На базу этого транзистора через диод VD2, резистор R3, параллельно которому включен конденсатор C7, подается сигнал магнитоэлектрического датчика

Цепь C1R3 уменьшает фазовое запаздывание сигнала датчика на его пути к базе транзистора. Цепь, в которую входят VD3, R4, R5 и C2, определяет защищенный от перенапряжений режим работы транзистора VT1. Кроме того, элементы VD, R1, VD2, R2 и R3 влияют на коррекцию формы сигнала, поступающего от датчика к базе транзистора VT1.

Коммутаторы изготавливают в металлическом корпусе, а пластину с расположенными на ней элементами электроники – как правило, из стеклотекстолита (печатным монтажом). Силовой транзистор при работе сильно нагревается, поэтому его размещают или на отдельном радиаторе из материала с хорошей теплопроводностью (например, алюминия), или непосредственно на алюминиевом корпусе коммутатора. Последний в этом случае служит радиатором, однако влияет на температурный режим элементов, расположенных внутри корпуса. Поскольку от силового транзистора требуется хороший теплоотвод, размеры коммутаторов достаточно большие.

В последние годы автоэлектроника начинает осваивать выпуск коммутаторов по технологии изготовления больших гибридных интегральных микросхем, представляющих собой толстопленочные микросхемы. Такой коммутатор состоит из одной, двух или более интегральных управляющих микросхем и такого же числа силовых транзисторов. На базе этих сборок создаются одно-, двух и

многоканальные коммутаторы, позволяющие управлять одной, двумя и более катушками зажигания. Разработаны коммутаторы для управления несколькими катушками зажигания для каждой свечи двигателя в отдельности.

3.4. Контроллеры

Оптимальный угол опережения зажигания, который влияет на полноту отдаваемой двигателем мощности, и минимум токсичности отработавших газов зависят от многих параметров работы двигателя: частоты вращения коленчатого вала двигателя, разрежения во впускном трубопроводе (задрессельном пространстве), температуры охлаждающей жидкости. Угол опережения зажигания выбирают по оптимальной характеристике регулирования с учетом указанных режимных параметров по информации от датчиков начала отсчета.

В отечественном контроллере модели МС-2715.03 (рис. 23) сигналы от датчиков начала отсчета HO , угловых импульсов UI , разрежения ΔP_k в задрессельном пространстве впускного коллектора и температуры $T_{ок}$ охлаждающей жидкости подаются на входы аналого-дискретного (аналого-цифрового) преобразователя.

Синусоидальный сигнал магнитоэлектрического датчика HO преобразуется в единичный прямоугольный импульс (меандр), командующий началом работы процессора. Сигнал UI магнитоэлектрического датчика частоты вращения преобразуется из синусоидального в последовательность прямоугольных импульсов.

Аналоговый сигнал ДРК разрежения в задрессельном пространстве усиливается и преобразуется в единичный меандр, а сигнал датчика температуры $T_{ок}$ – в логическую единицу. После преобразования и формирования цифровых кодов информационных сигналов в аналого-дискретном преобразователе они поступают к входам процессора.

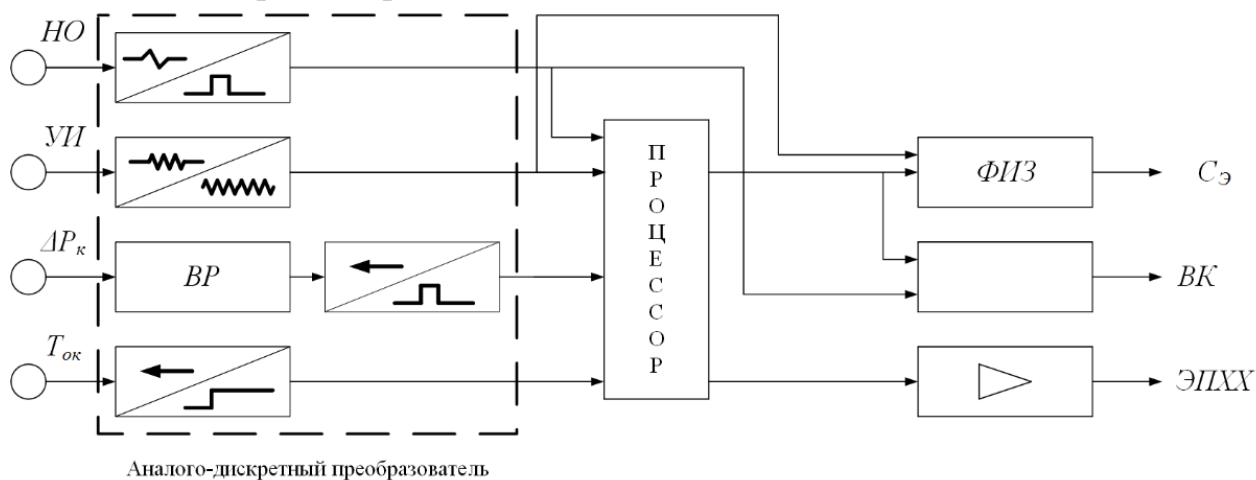


Рис. 23. Структурная схема контроллера модели МС-2715.03: HO – начало отсчета; UI – угловые импульсы; ΔP_k – разрежение в коллекторе; $T_{ок}$ – температура охлаждающей жидкости; ФИЗ - формирователь импульса зажигания C_3 ; ВК – канал управления; ЭПХХ - экономайзер принудительного холостого хода

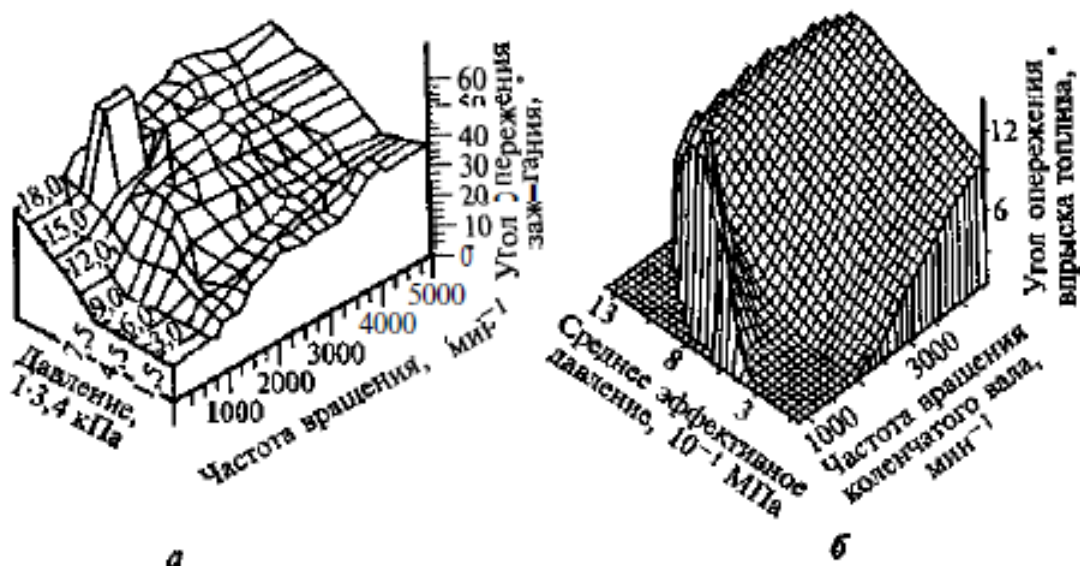


Рис. 24. Исходные данные, вводимые в запоминающее устройство микропроцессора для карбюраторного (а) и дизельного (б) двигателей

Задача процессора – на основании информации об оптимальной характеристике регулирования двигателя (закладывается в память процессора для каждого двигателя индивидуально и в соответствии с хранящейся в памяти процессора картой углов опережения зажигания, рис. 24) выбрать необходимый угол и осуществить формирование в блоке ФИЗ (см. рис. 23) импульса зажигания C_3 , выбрать канал управления ВК для многоканальных систем зажигания (в данном случае двухканальной) и подготовить сигнал для управления устройствами регулирования топливоподачей ЭПХХ. Процессор, обладая большим объемом памяти и с предварительно заложенной информацией, выполняет преимущественно логические операции.

3.5. Катушки зажигания

Катушки зажигания выполняют в основном по типовой схеме. Они различаются по конструкции магнитной цепи. Катушки с замкнутой магнитной цепью (рис. 25, а, б) располагаются на одном из кернов Ш- или П-образного сердечника, установленного с зазором относительно ярма.

Такие катушки имеют меньшее рассеивание магнитной энергии, но более трудоемки при массовом производстве. Обмотки 1 и 3, изолированные между собой прокладками, расположены на каркасе из изоляционного материала. Внутри каркаса установлен стержневой сердечник 2, составленный из пластин электротехнической стали толщиной 0,3–0,35 мм, изолированных друг от друга окалиной или тонким слоем шеллака.

У большинства катушек с разомкнутой магнитной цепью (рис. 25, в–е) первичная обмотка, содержащая 250–350 витков провода типа ПЭЛ диаметром 0,6–

0,85 мм, располагается поверх вторичной обмотки для лучшего охлаждения. Вторичная обмотка содержит 18–26 тыс. витков провода ПЭЛ диаметром 0,07–0,09 мм.

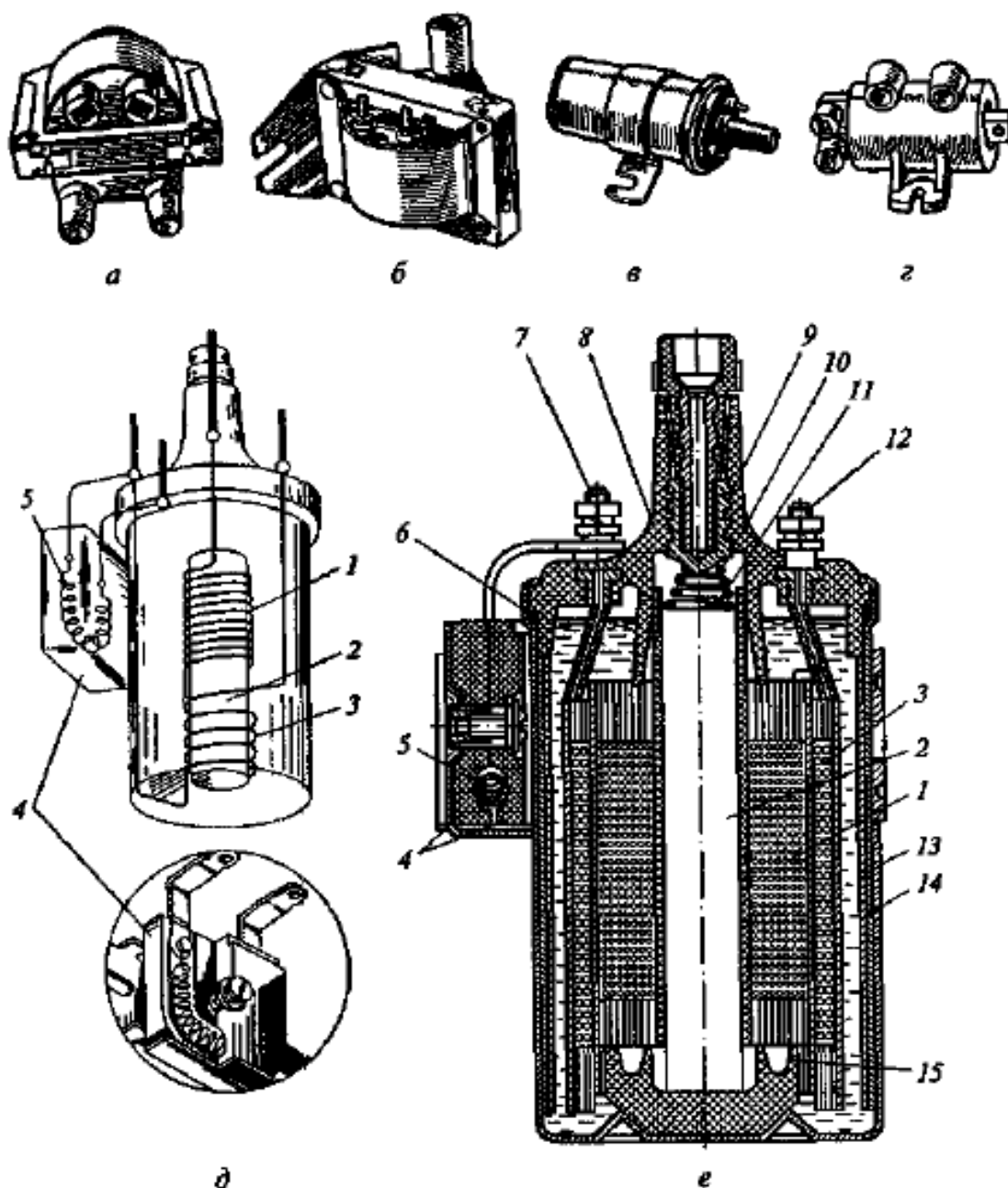


Рис. 25. Схема и конструкция катушки зажигания Б-115, общие виды катушек зажигания с замкнутой (а, б) и разомкнутой (в–е) магнитной цепью: 1 и 3 – высоковольтная и низковольтная обмотки катушки; 2 – сердечник; 4 – керамические пластины; 5 – дополнительный резистор (вариатор); 6 – герметизирующее кольцо; 7, 9 и 12 – выводы; 8 – крышка; 10 – пружина; 11 – контактная пластина; 13 – корпус; 14 – магнитопровод; 15 – изолятор

В собранном виде (рис. 25, д, е) катушка размещена в корпусе (стакане) 13, внутри которого располагается наружный магнитопровод 14. Нижний торцевой частью катушка опирается на керамический изолятор 15. В корпус 13 катушки заливают трансформаторное масло. Между корпусом и карболитовой крышкой

8 устанавливают герметизирующее кольцо 6, после чего крышку завальцовывают. В центре крышки вмонтирован вывод 9, который изнутри через пружину 10 поджимает пластину 11 с припаянным к ней концом вторичной высоковольтной обмотки.

Конец первичной обмотки и проводник от места последовательного соединения первичной и вторичной обмоток подведены соответственно к выводам 7 и 12. Сбоку на корпусе катушки между двумя керамическими пластинами 4 с дугообразным вырезом смонтирован проволочный дополнительный резистор (вариатор) 5. Он подсоединен своими концами к выводу 7 первичной обмотки катушки и к дополнительному свободному выводу. Вариатор замыкается контактами в тяговом реле стартера при пуске двигателя. Этим несколько компенсируется падение напряжения аккумуляторной батареи, которое приводит к уменьшению напряжения вторичной обмотки и ухудшению искрообразования из-за потребления стартером большого разрядного тока.

После пуска двигателя и начала работы генератора блокировка вариатора отключается, и первичная обмотка получает импульсное питание от прерывателя через вариатор. Для обеспечения качественного искрообразования во время падения напряжения аккумуляторной батареи при пуске двигателя первичная обмотка катушки рассчитана на напряжение 6–8 В. После пуска двигателя и восстановления напряжения бортовой сети автомобиля избыток напряжения гасится вариатором. В системах зажигания с высокими пусковыми характеристиками вариатор отсутствует.

3.6. Свечи зажигания

Воспламенение рабочей смеси в цилиндре двигателя осуществляется свечой зажигания. Высоковольтное напряжение, поступающее на электрод свечи от катушки зажигания через распределитель, вызывает искровой разряд (пробой) в зазоре между электродами свечи и воспламеняет рабочую смесь. Зазор между электродами – это воздушный искровой промежуток. Именно *свечи с воздушным искровым промежутком* наиболее распространены в современных автомобильных поршневых двигателях. В роторно-поршневых и газотурбинных двигателях иногда используют *свечи поверхностного разряда*, когда искровой разряд проходит частично по воздуху, частично по поверхности изолятора.

При работе в двигателе свеча испытывает на себе большие колебания температуры: от 70 °С для свежей (холодной) порции рабочей смеси до 2700 °С во время рабочего хода поршня. Кроме того, в процессе рабочего хода давление в цилиндре двигателя может достигать 5–6 МПа, и на поверхность (сечение) свечи, установленной в камере сгорания, действует сила 0,5–1,2 кН. Это давление стремится выдавать свечу из ее резьбового гнезда или выдавить из ее изолятора центральный электрод

либо электрод вместе с изолятором, который завальцован с усилием 25–30 кН. При этом на свечу действует постоянная вибрационная нагрузка.

Резьбовое соединение (при установке свечи в двигатель) испытывает преднатяг с крутящим моментом 40–60 Н×м. Кроме механических нагрузок свеча испытывает нагрузку от высокого напряжения, вызывающего пробой искрового (воздушного) промежутка и выбивание ионов металла электродов. В результате этого зазор между электродами увеличивается на 0,015 мм на каждые 1000 км пробега автомобиля.

В продуктах сгорания находятся вещества, которые вызывают химическую коррозию электродов. Кроме того, отложение нагара на изоляторе и электродах свечей, вызванное неполным сгоранием топлива, или нагара из-за масла, попадающего на свечу и выгорающего на ней, создает токопроводящую массу. Эта масса шунтирует электроды и приводит к уменьшению напряжения во вторичной цепи системы зажигания или к прекращению искрообразования в зазоре свечи. Такой же эффект дает загрязнение внешнего электрода и изолятора под капотом двигателя.

В случае пуска двигателя при низких температурах возможна конденсация влаги на изоляторе и электродах свечи внутри цилиндра. Это также приводит к невозможности образования искрового разряда в зазоре между электродами. Следовательно, изолятор свечи должен быть стойким к смачиванию и иметь нулевое влагопоглощение. Для этого его покрывают глазурью. Раскаленный высокими температурами нагар может вызвать преждевременное воспламенение рабочей смеси.

Конструкции свечей, отвечающие условиям эксплуатации, показаны на рисунке 26.

Стандартная свеча имеет стержень 2 и изолятор 3. Колпачок 1 используется для подключения высоковольтного провода к свече зажигания. Изолятор 3 завальцован в корпус 4. В нижней части корпуса (изолированно от него) установлен центральный хромтитановый электрод 5 с расширенной верхней частью и боковой электрод 6 из никельмарганцевого сплава (приварен к корпусу).

Центральный электрод 5 контактирует со стержнем 2 через токопроводящий стеклогерметик 9. В нижней части стержня 2 выполнена накатка 10 с утолщением для того, чтобы стержень нельзя было извлечь после заливки стеклогерметиком.

Экранированная свеча имеет корпус 4 с боковым 6 и центральным 5 электродами в нижней части. В центральный электрод упирается подпружиненный помехоподавляющий резистор 11, расположенный внутри изолятора. Пружина 12 верхним концом контактирует с проводником 13, провод высокого напряже-

ния герметизируется резиновой втулкой 16 и центрируется в корпусе керамической втулкой 14, закрепленной в корпусе гайкой 15.

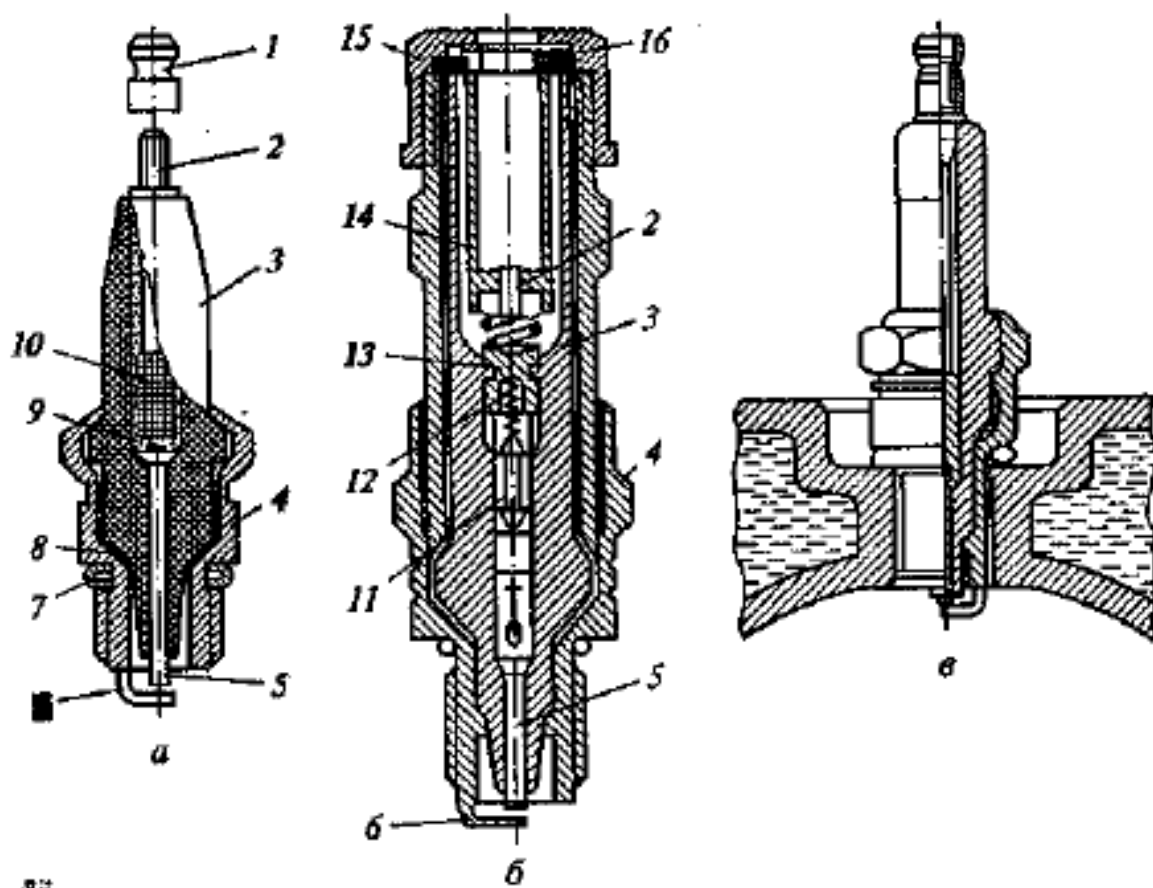


Рис. 26. Свечи зажигания: стандартная (а), экранированная (б) и установка свечи в головке блока цилиндров двигателя (в): 1 – колпачок; 2 – стержень; 3 – изолятор; 4 – корпус; 5 и 6 – центральный и боковой электроды; 7 – уплотнительная шайба; 8 – уплотнитель; 9 – токопроводящий стеклогерметик; 10 – накатка в нижней части стержня; 11 – резистор; 12 – пружина; 13 – проводник; 14 – керамическая втулка; 15 – гайка; 16 – резиновая втулка

Свечи маркируют группой букв и цифр, содержащих информацию о резьбе: буква А – резьба М 141×25, М – резьба М18×1,5; цифра – калильное число (8, 11, 14, 17, 20, 23, 26); следующая буква обозначает длину резьбовой части (Н – 11 мм, Д – 19 мм; длина 12 мм на свече не обозначается). Последняя буква обозначает, выступает ли конец изолятора за торец корпуса свечи (буква В). Иногда последней буквой Т обозначается герметизация центрального электрода термоцементом; если используется другой герметик, обозначение отсутствует.

Например, маркировка М26ДВ означает: свеча с диаметром резьбы 18 мм при шаге 1,5 мм имеет калильное число 26 и длину резьбовой части 19 мм, а конец изолятора выступает за торец корпуса свечи.

Многие типы отечественных и зарубежных свечей зажигания взаимозаменяемы.

Нормальная работа свечи обеспечивается при температуре теплового конуса не более 850–900 °С. При температуре 400–500 °С исчезает нагар – свеча самоочищается.

Температурный режим работы свечей примерно одинаков, а эксплуатационные температурные режимы двигателей различны. Поэтому свечи изготовляют с различной тепловой характеристикой – *калильным числом*. Это отвлеченный показатель, определяемый на испытательных стендах и зависящий от индикаторного давления на пороге калильного зажигания. Чем выше калильное число, тем в более высоком тепловом режиме может работать свеча зажигания.

3.7. Система зажигания с электронным распределением высокого напряжения

Система зажигания с электронным распределением высоковольтных импульсов не имеет механических устройств, присущих прерывателям-распределителям традиционных конструкций. Она может содержать одну, две, четыре или более катушек зажигания в зависимости от числа цилиндров двигателя. Распространены катушки зажигания для многоцилиндровых двигателей, устанавливаемые непосредственно на свечу. В этом случае высоковольтные провода отсутствуют. Коммутирование тока осуществляется по низковольтной цепи.

Применение электронного распределения не только уменьшает число механических элементов в системе зажигания, но и упрощает ее техническое обслуживание и снижает уровень электромагнитных помех. Электронное распределение зажигания целесообразно использовать в цифровых системах зажигания.

В структуре такой системы (рис. 27, а) основным элементом является блок цифрового формирования управляющих сигналов, включающий в себя комплекс датчиков, контроллер с микропроцессором и блок обработки данных с постоянным запоминающим устройством (ПЗУ). Электронный распределитель является конечным элементом системы. Он содержит формирователь импульсов на нескольких выходах в зависимости от кода сигнала, поступающего на его вход от дешифратора выбора канала. На выходах распределителя выделяются управляющие силовыми ключами импульсы в соответствии с порядком работы двигателя. Например, для четырехцилиндрового двигателя открываются ключи последовательно к приходу поршня в ВМТ в порядке 1 – 3 – 4 – 2 или 1 – 2 – 4 – 3.

Угол опережения зажигания устанавливается микропроцессором контроллера на основании карты углов для каждого режима, которая закладывается в память ПЗУ процессора индивидуально для каждого типа двигателя (см. рис. 24). Карта углов опережения зажигания должна корректироваться, поскольку характеристики двигателя меняются из-за изнашивания деталей двигателей в процессе эксплуатации.

Как следует из рисунка 27, электронный распределитель зажигания представляет собой объединенную в одном блоке группу из четырех ключевых элементов бесконтактной системы зажигания.

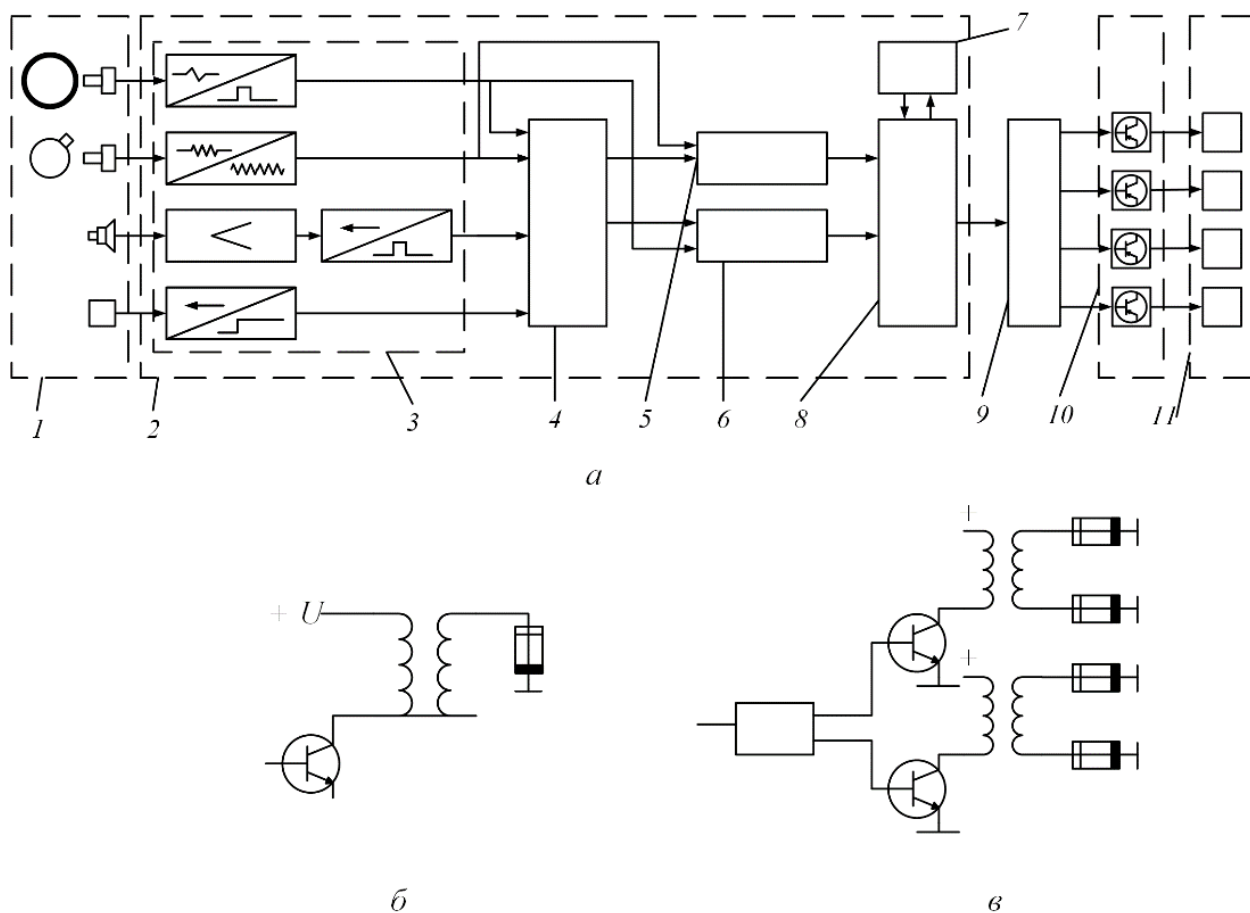


Рис. 27. Структурная схема цифровой системы зажигания (а), а также схемы ключевых устройств для катушки зажигания, обслуживающей одну свечу (б), и для двух катушек, обслуживающих четыре свечи (в): 1 – комплекс датчиков; 2 – согласующее устройство; 3 – аналого-цифровой преобразователь; 4 – процессор; 5 – формирователь импульса зажигания; 6 – формирователь выбора канала; 7 – постоянное запоминающее устройство; 8 – блок обработки данных; 9 – коммутатор; 10 – блок силовых ключей; 11 – катушки зажигания, U – напряжение питания

При использовании в электронном распределителе зажигания двух катушек с отдельными первичной и вторичной обмотками оба (начало и конец) высоковольтных выводов вторичной обмотки подключают к свечам зажигания. Образуется электрическая цепь из последовательно соединенных элементов: свеча – обмотка катушки зажигания – свеча.

Искрообразование возникает сразу в двух свечах: в одной свече – на такте сжатия, вызывая рабочий ход, в другой – на такте расширения (искра будет холостая, бесполезная). В дальнейшем процессы меняются местами. В двух других цилиндрах такие же процессы повторяются со сдвигом на 360° угла ПКВ двигателя.

Применение электроники в системах зажигания дает следующие преимущества:

- облегчается пуск двигателя при низких температурах даже при разряженной аккумуляторной батарее;
- обеспечивается оптимальная установка угла опережения зажигания, что снижает токсичность отработавших газов и дает некоторую экономию топлива;
- возможна работа двигателя на обедненных смесях;
- уменьшается эрозия контактов прерывателя в контактно-транзисторных системах зажигания;
- в цифровых системах зажигания исключаются механические элементы прерывателя-распределителя;
- обеспечивается повышение вторичного высоковольтного напряжения;
- улучшается приемистость двигателя на разгонных режимах;
- уменьшается излучение электромагнитных помех, чем обеспечивается лучшая электромагнитная совместимость электронного, навигационного оборудования и систем связи.

3.8. Особенности технического обслуживания и диагностики систем зажигания

Техническое обслуживание систем зажигания предназначено для предупреждения отказов и повреждений аппаратов зажигания в период между плановыми ТО автомобиля. Техническое состояние аппаратов зажигания существенно влияет на эксплуатационные характеристики транспортного средства, так как оно определяет его экономичность, токсичность и динамические качества. Поэтому при проведении ТО техническому состоянию аппаратов системы зажигания уделяется особое внимание.

При ежедневном техническом обслуживании и ТО-1 проверяют работоспособность включения зажигания, надежность электрических контактов в цепи зажигания, состояние высоковольтных проводов и крышек распределителя и катушки зажигания, надежность крепления всех приборов на двигателе и чистоту наружных поверхностей высоковольтных деталей.

При каждом ТО-2 проводят углубленное диагностирование всех аппаратов зажигания на мотор-тестере или на специализированном стенде типа СПЗ-16 путем снятия системы зажигания с автомобиля.

Поскольку трущиеся детали распределителя в процессе эксплуатации подвергаются износу, то они требуют систематической смазки. К таким деталям относятся подшипники валика и вакуумного автомата опережения зажигания, детали центробежного регулятора опережения зажигания, ось рычажка и кулачковой муфты.

Важным элементом в работе классической системы зажигания является зазор между контактами прерывателя и установочный угол опережения зажигания. Зазор между контактами определяет время их замкнутого состояния, а следовательно, величину вторичного напряжения катушки зажигания. Величина зазора в эксплуатации постоянно меняется, и его необходимо периодически регулировать. Этому недостатка лишены бесконтактные системы зажигания с регулируемым временем накопления энергии (времени открытого состояния выходного транзистора) в первичной обмотке катушки зажигания. Если в процессе эксплуатации не очищать от следов эрозии контакты прерывателя классической системы зажигания и от грязи высоковольтные детали катушки зажигания и распределителя, то ухудшаются электрические характеристики системы зажигания. При возникновении перебоев в искрообразовании на свечах зажигания, наблюдается возрастание расхода топлива, увеличение выбросов вредных веществ и падение мощности двигателя. Установочный угол опережения зажигания влияет на пусковые качества двигателя и в определенном положении корпуса распределителя – на возникновение детонационного сгорания смеси в цилиндрах двигателя внутреннего сгорания.

Правильность установки угла опережения зажигания при эксплуатации проверяют на слух при движении автомобиля на прямой передаче со скоростью 50 км/ч. Если резко нажать на педаль газа и при этом возникает легкая детонация, прослушиваемая как легкий стук с последующим быстрым ее исчезновением, то зажигание установлено правильно.

Необходимо соблюдать хороший контакт в гнездах крышек распределителя и катушки зажигания, а также в высоковольтных наконечниках. Иначе будут выгорать гнезда в высоковольтных крышках, и происходить их пробой. Большое значение имеет состояние искровых свечей зажигания, их герметичность и величина зазора между электродами.

Проверку исправности аппаратов зажигания непосредственно на двигателе и автомобиле проводят, соблюдая определенные правила и последовательность операций:

– первичную цепь системы зажигания проверяют контрольной лампой или тестером, последовательно контролируя элементы ее от «+» замка зажигания, клеммы первичной обмотки катушки зажигания, клеммы на распределителе классической системы зажигания или разъем транзисторного коммутатора бесконтактной системы зажигания. Затем проверяется наличие высокого напряжения в виде искрового разряда между центральным проводом катушки зажигания и «массой». При исправной первичной цепи и отсутствии искрового разряда имеет место отказ от вторичной цепи. Для контроля вторичной цепи у бесконтактных систем зажигания высокой энергии запрещается производить «проверку на искру» без диагностического разрядника, изготовленного в случае необходимости из неисправной свечи зажигания с отломанным боковым электродом, роль «массы» выполняет корпус свечи, ввернутый в приспособление;

– исправность свечей зажигания на 4-цилиндровом двигателе можно проверить последовательным отключением высоковольтных проводов, идущих на свечи зажигания. Отключение работоспособной свечи зажигания приводит к перебоям в работе двигателя, а неисправной – не изменит характер работы двигателя.

Симптомы неисправностей системы зажигания, технологии их диагностирования, испытательное и диагностическое оборудование и аппаратура и способы их устранения приведены в табл. 7.

Таблица 7

Симптомы неисправностей систем зажигания, способы их диагностирования и устранения

Симптомы неисправности	Причины неисправности	Технология диагностики	Используемая аппаратура	Устранение неисправности
Двигатель не заводится, отсутствуют вспышки в цилиндрах	Неисправна электрическая часть выключателя зажигания	Проверяют целостность цепи, подключая один конец на «массу», а второй – к выводам замка зажигания	Тестер	Заменяют неисправную электрическую часть на новую или переключают выводы замка зажигания
	Неисправно реле в первичной цепи зажигания	Измеряют целостность цепи	Мультиметр	При необходимости заменяют реле
	Обрыв первичной обмотки или замыкание вторичной обмотки катушки зажигания	Проверяют целостность первичной или вторичной цепей тестером или мультиметром	Тестер, мультиметр	При необходимости заменяют катушку зажигания
	Неисправен или разрегулирован прерыватель	Проверяют контрольной лампой, тестером или мотор-тестером	Стенд СПЗ-9	Регулируют зазор между контактами и зачищают их поверхность от следов эрозии
Двигатель не заводится, отсутствуют вспышки в цилиндрах	Пробой выходного транзистора или микросхемы управления транзисторного коммутатора	Проверяют тестером	Тестер	Ремонтируют ТК типа 36.3734 и 3620.3734, гибридные коммутаторы заменяют новыми
	«Замаслен» разъем транзисторного коммутатора (ТК)	Проверяют визуально		Разъем очищают и восстанавливают контакт в нем
	Износ, зависание, повреждение уголька в крышке распределителя	Проверяют пружинку вручную, сопротивление тестером		При необходимости заменяют уголек с пружиной
	Перегорание помехоподавляющего резистора в бегунке	Целостность резистора проверяют измерением величины сопротивления	Мультиметр	Заменяют резистор или весь бегунок (ротор)
	Пробой, трещины, поверхностное перекрытие в крышке распределителя	Проверяют визуально		Замена крышки
	Контакты прерывателя подгорели или «замаслены»	Проверяют визуально или мультиметром		Зачищают и регулируют зазор прерывателя
	Вышел из строя конденсатор у классической системы	Проверяют высоковольтным проводом на «искру». Если она красного цвета и пробой воздушного зазора с перебоями – неисправен конденсатор		Замена конденсатора

Затрудненный запуск двигателя или работа его неустойчива в режиме холостого хода	Окисление, подгар или замасливание контактов прерывателя	Визуальный осмотр или проверка мультиметром	Зачищают контакты и регулируют зазор
	Износ деталей распределителя	Проверяют на стенде СПЗ-16 или мотор-тестером	Ремонтируют распределитель
	Межвитковое замыкание в первичной обмотке катушки зажигания	Определяют по осциллограмме переходного процесса в катушке зажигания мотор-тестером	Замена катушки зажигания
	Перекрытие между боковыми выводами по внутренней поверхности высоковольтной крышки распределителя	Определяют визуально. Видны следы прогара	Замена крышки
Затрудненный запуск двигателя или работа его неустойчива в режиме холостого хода	Увеличенный зазор между электродами свечи зажигания	Определяют по осциллограмме мотор-тестера	Регулируют зазор между электродами свечи зажигания
	Плохая фиксация наконечников высоковольтных проводов в гнездах крышек	Проверяют вручную	Восстанавливают фиксацию наконечников в гнездах крышек катушки и распределителя
	Нарушение или неправильное регулирование угла опережения зажигания	Проверяют характеристики на стенде СПЗ-16 или мотор-тестером	Регулируют характеристики опережения зажигания в норму
	Нарушение герметичности вакуумного автомата	Проверяют на стенде СПЗ-16	Ремонт вакуумного автомата или его замена
	Пробой высоковольтной крышки распределителя	Определяют визуально	Замена крышки
	Износ деталей центробежного автомата	Проверяют на стенде СПЗ-16	Ремонт распределителя
	Выход из строя свечи зажигания	Определяют по осциллограмме мотор-тестера или визуально	Замена свечи
	Заедание грузиков центробежного автомата	Проверяют характеристику на стенде СПЗ-16	Ремонт распределителя
Остановка двигателя после выключения стартера	Обрыв или перегорание добавочного сопротивления катушки зажигания	Проверяют тестером	Замена добавочного сопротивления
	Поломка ротора, статоре помехоподавляющего резистора, пробой искрогасящего конденсатора, поломки неподвижного контакта прерывателя	Проверяют визуально с применением тестера или мультиметра	Ремонт отказавших деталей и комплектующих, ремонт распределителя

Углубленное обслуживание систем зажигания проводят при каждом четвертом ТО-2 со снятием их с автомобиля и проверкой всех электрических и механических характеристик. На стенде измеряют усилие прижатия контактов прерывателя,

зазор между контактами, величину искрогасящей емкости, величины сопротивлений первичной и вторичной обмоток катушки зажигания классической системы зажигания, характеристики регуляторов опережения зажигания. В случае бесконтактных систем зажигания проводят осциллографирование рабочих процессов транзисторного коммутатора: время открытого состояния выходного транзистора, скорость нарастания вторичного напряжения, параметры искрового заряда.

3.9. Контрольные вопросы

1. Каким образом осуществляется воспламенение топливной смеси в карбюраторном двигателе?
2. Какие конструкции механических и электронных устройств применяют для коммутирования тока в первичной обмотке катушки зажигания?
3. Для чего устанавливают конденсатор параллельно контактам прерывателя?
4. Для чего нужен, как устроен и работает центробежный регулятор угла опережения зажигания?
5. Объясните устройство и работу вакуумного регулятора опережения зажигания.
6. Что такое октан-корректор и для чего он нужен?
7. Как устроены катушка и свечи зажигания?
8. Для чего нужен контроллер?
9. Какие датчики используют для совместной работы с контроллером?
10. Объясните принцип функционирования электронных распределителей зажигания.

4. СВЕТОТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

4.1. Приборы наружного освещения

Для освещения дороги в темное время суток, освещения кабины грузового или салона легкового автомобиля и автобуса, для обозначения габаритов автомобиля, а также указания участникам дорожного движения о намерениях водителя выполнить маневр (перестроение из ряда в ряд, поворот или торможение) на автомобиле установлен комплекс наружных фонарей, внутренних плафонов и ламп освещения. На автомобилях специального назначения (санитарные, пожарные, милицейские) дополнительно устанавливают проблесковые маяки (желтые, красные, синие), а также подвижные поисковые прожекторы.

Основными источниками света на автомобиле являются приборы наружного освещения:

- фары, обеспечивающие двухрежимное освещение дороги (ближний и дальний свет);
- белый фонарь, включающийся при движении задним ходом;
- фонарь освещения номерного знака;
- осветители номера маршрута и указателей начального и конечного пунктов движения (для автобусов).

Иногда на автомобиле устанавливают дополнительное светотехническое оборудование – противотуманные фары для улучшения видимости при движении в тумане или при снегопаде.

Автомобильные фары (рис. 28) могут иметь симметричное или асимметричное регулирование. Они должны обеспечивать освещение дороги на расстоянии не менее 100 м при работе в режиме *дальнего света* и не менее 30 м в режиме *ближнего света*. Распространены устройства головного освещения в виде двух или четырех круглых фар, а также двух прямоугольных фар.

Независимо от внешней формы каждая фара содержит оптическую систему, установленную в корпусе и имеющую устройство для регулирования направления светового потока. Оптическая система европейского типа, в свою очередь, содержит одно или двухрежимный источник света (лампу), отражатель (рефлектор), рассеиватель прямых лучей и экран для уменьшения ослепления водителей встречных автомобилей ближним светом.

Для реализации двухрежимного освещения в оптической системе используются двухнитевые лампы (нити 1 и 3) с встроенным экраном 2. Лампу устанавливают в «слепой» зоне рефлектора. Формирование светового потока для режима дальнего света (рис. 28, в) осуществляется при работе ближней к цоколю нити 3 накаливания. Для ближнего света (рис. 28, г) используют нить 1 накаливания, расположенную над экраном 2. При работе этой нити формируется световой поток, направленный вниз, на дорогу перед автомобилем.

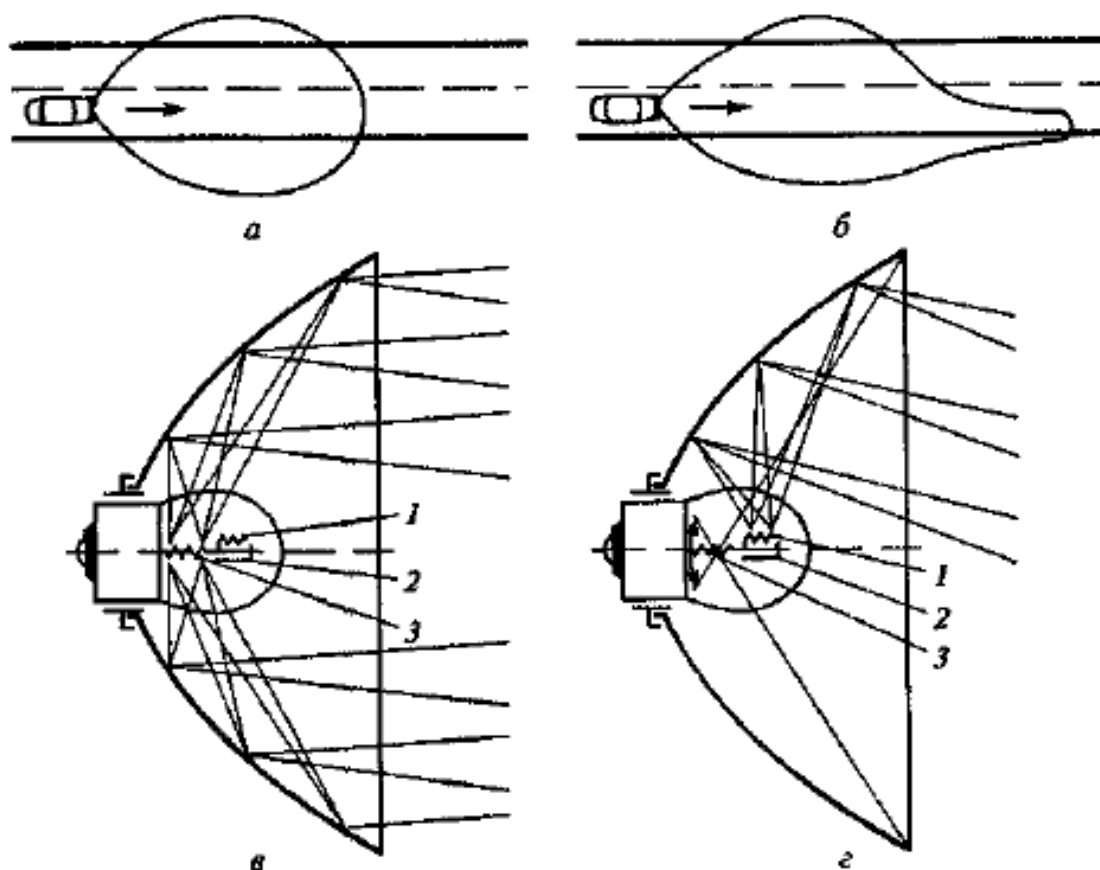


Рис. 28. Диаграммы световых полей на полотне дороги при симметричной (а) и асимметричной (б) регулировке фар и ход лучей при дальнем (в) и ближнем (г) свете в оптической системе европейского типа: 1 – нить лампы для ближнего света; 2 – экран; 3 – нить лампы для дальнего света

Типы ламп для головного освещения показаны на рисунке 29, а–д.

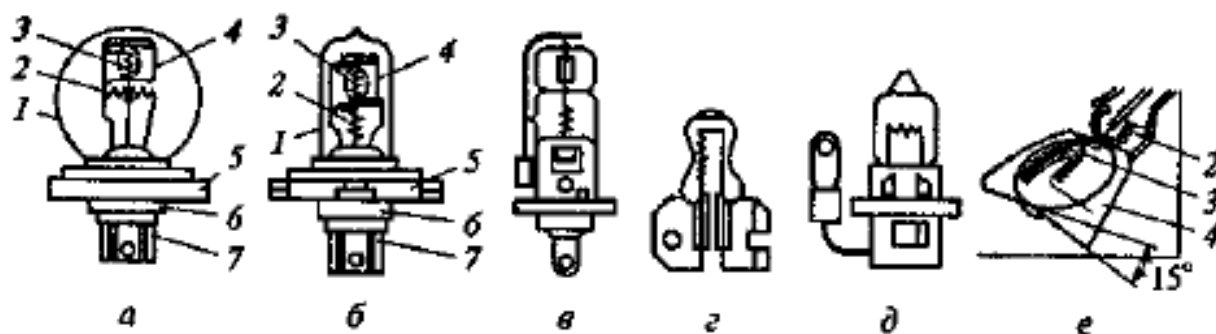


Рис. 29. Автомобильные лампы для фар головного освещения (а–д) и расположение нитей накаливания в лампе с отражателем (е): 1 – колба; 2 – нить дальнего света; 3 – нить ближнего света; 4 – экран; 5 – фиксирующий фланец; 6 – цоколь; 7 – контакты

Фару головного освещения устанавливают в гнездо 5 (рис. 30), монтируемое в специальное отверстие кузова (или оперения) автомобиля.

Рефлектор 7 крепится в держателе 6 с помощью ободка 3 и винтов 11. Держатель 6 закреплен в корпусе пружинами 8. В передней части рефлектора 7 находится стеклянный рассеиватель 2.

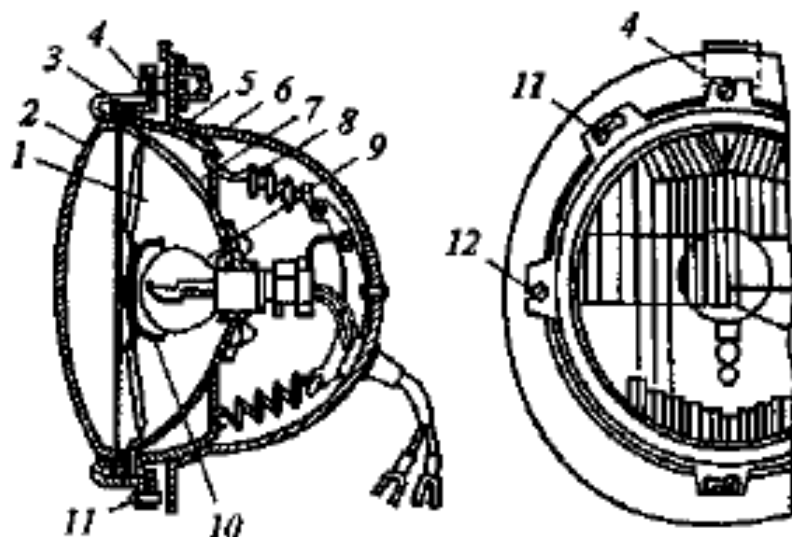


Рис. 30. Фара автомобиля ВАЗ-2121: 1 – оптический элемент в сборе; 2 – рассеиватель; 3 – крепежный хомут (ободок); 4, 11 и 12 – винты; 5 – гнездо в кузове для установки фары; 6 – держатель; 7 – рефлектор; 8 – оттяжные пружины; 9 – лампа; 10 – экран

Обычно по месту контакта с венцом рефлектора рассеиватель герметизируют и завальцовывают в целях предотвращения попадания внутрь фары влаги. Винты 4 и 12 служат для правильной установки рефлектора в гнезде 5 для установки фары, т. е. для регулирования направления светового потока. Внутри рефлектора находятся лампа 9 и экран 10 для защиты от прямых лучей. Лампа имеет устройство для быстрой ее замены при выходе из строя. Экран жестко зафиксирован внутри рефлектора.

Применяемые на некоторых моделях автомобилей прямоугольные фары (рис. 31) принципиального отличия в конструкции от круглых фар не имеют.

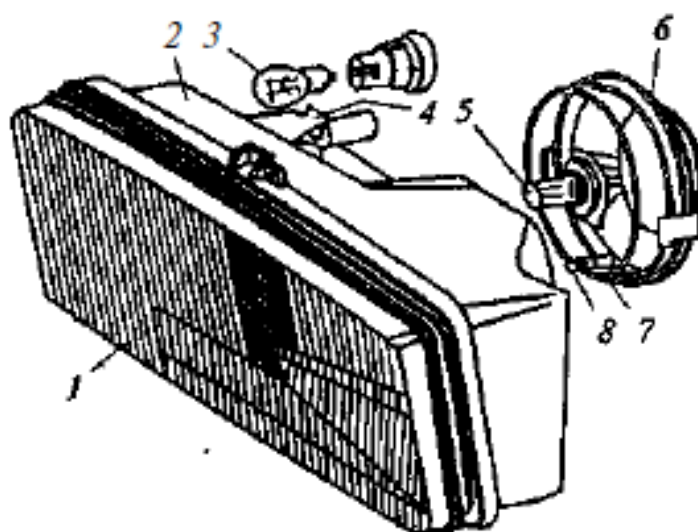


Рис. 31. Блок-фара автомобиля ВАЗ-2105: 1 – рассеиватель; 2 – корпус; 3 – лампа указателя поворота; 4 – скоба для крепления; 5 – галогенная лампа основного света; 6 – кожух; 7 – уплотнитель; 8 – лампа габаритного света

Их достоинством является увеличение угла распределения светового потока в горизонтальной плоскости в режиме ближнего света. Прямоугольная фара имеет меньший вертикальный размер, а при установке ее рассеивателя с наклоном во внешнюю сторону снижает общий коэффициент обтекаемости автомобиля, что уменьшает затраты энергии двигателя на преодоление аэродинамического сопротивления воздуха.

В последнее время оптические элементы фар выполняют неразъемными. Рассеиватель и рефлектор представляют собой одну колбу, в которой смонтированы нити накаливания. При перегорании нити накаливания подлежит замене вся колба. В цепь нитей накаливания фар включен переключатель, с помощью которого переключают свет с ближнего на дальний и обратно. Для управления внешними приборами освещения служит ручной трехпозиционный переключатель.

4.2. Светосигнальные приборы

В комплекс светосигнальных приборов автомобиля входят:

- габаритные огни, по два впереди и сзади;
- мигающие указатели поворота, по два впереди и сзади, а также по бортам, и на некоторых автомобилях – повторители указателей поворота впереди;
- два сигнала торможения сзади;
- два задних световозвращателя;
- фонарь освещения номерного знака;
- специальные знаки и опознавательные огни для автопоездов (грузовых автомобилей с прицепами и седельных тягачей с полуприцепами).

Большинство светосигнальных приборов используют ночью или при движении в случае плохой видимости. Сигналы торможения, указателя поворота и аварийная сигнализация – это сигналы круглосуточного применения.

Для мигающих указателей поворота международными правилами установлен оранжевый цвет. Мигающий огонь (проблесковый маяк) для преимущественного проезда любых оперативных машин имеет синий цвет. Координаты установки светосигнальных приборов регламентируются соответствующими правилами.

Для *грузовых автомобилей* отечественного производства используют унифицированные комбинированные блоки передних и задних светосигнальных приборов. В корпусе *переднего комбинированного фонаря* (рис. 32, а) расположены две сигнальные секции для указателей габарита и поворота.

Фонарь закрыт двухцветным рассеивателем 2 и разделен внутри светонепроницаемой перегородкой 3. Лампы 4 обеих секций закреплены в ламподержателях 5, которые являются отрицательным полюсом («массой») источника тока. Центральные электроды ламп упираются в токоведущие подпружиненные тоководы 6, установленные на изолирующей пластине 7.

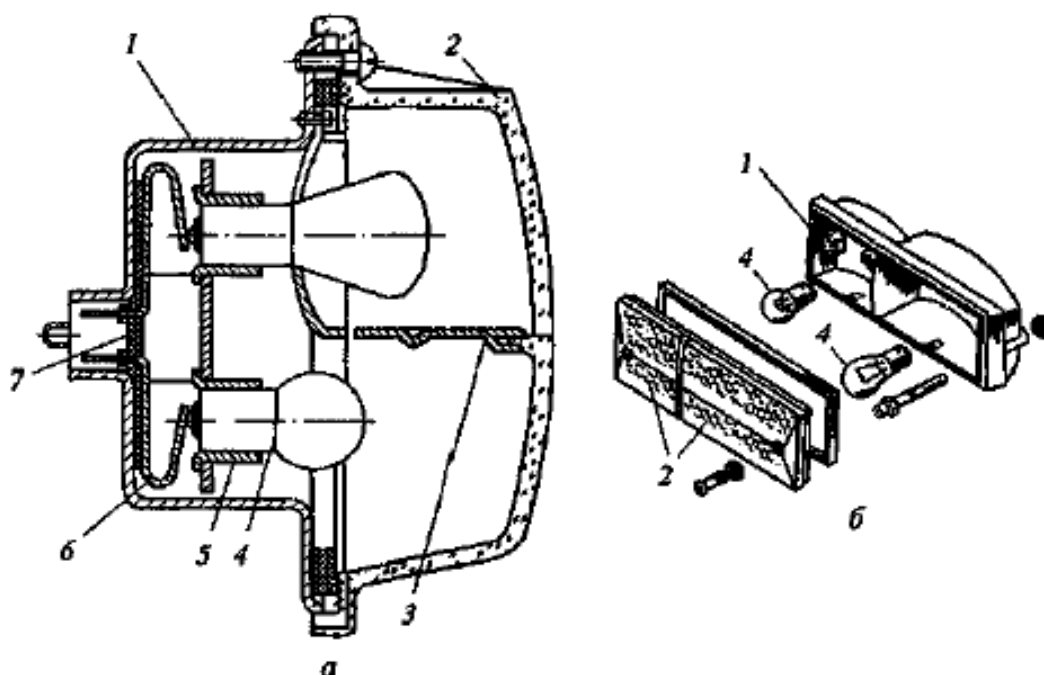


Рис. 32. Передние унифицированные светосигнальные фонари отечественных грузовых (а) и легковых (б) автомобилей: 1 – корпус; 2 – рассеиватель; 3 – перегородка; 4 – лампа; 5 – ламподержатель; 6 – токовод; 7 – монтажная пластина из изоляционного материала

Аналогичную конструкцию имеют *передние фонари легкового автомобиля* (рис. 32, б). Фонари могут быть выполнены в виде двухсекционного блока с зеркальным отражателем внутри и рассеивателем, установленным через резиновую прокладку для защиты от влаги.

У многих конструкций светотехнических элементов современных автомобилей передние габаритные огни совмещены с фарой, в которую устанавливают дополнительную лампу 8 (см. рис. 31) и лампу 3 указателя поворота (в отдельной секции). Управление процессом мигания указателей поворота осуществляется от специального теплового или электронного реле.

В пластмассовом корпусе 4 (рис. 33, а) *заднего комбинированного фонаря грузового автомобиля* установлен узел 2 ламподержателя с лампами 1. Такой комбинированный светосигнальный фонарь выполняет функции указателя поворота, сигнала торможения, габаритного огня и световозвращателя. В заднем фонаре, устанавливаемом над номерным знаком, имеется дополнительная световая секция для освещения номерного знака. Секции рассеивателя 3 имеют различный цвет в зависимости от того, какую сигнальную функцию они выполняют.

Задние фонари легковых автомобилей (рис. 33, б, в), как правило, имеют прямоугольную форму и содержат четыре секции. Корпус 4 фонаря изготавливают из цинкового сплава, реже из пластмассы. В каждой секции располагают по одной односторонней лампе, выполняющей функции стоп-сигнала (сигнала торможения), указателя поворота, света заднего хода и габаритного света.

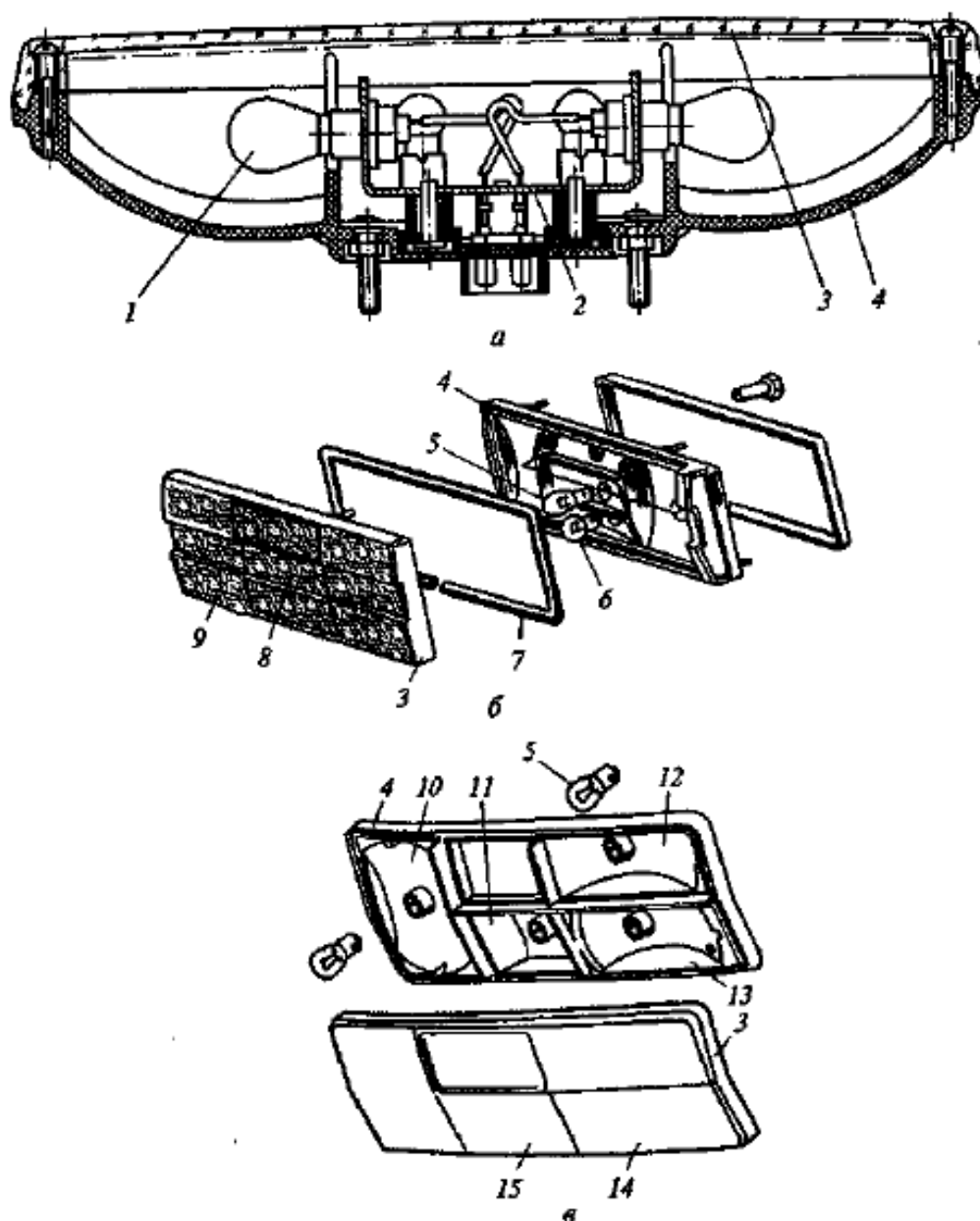


Рис. 33. Задние светосигнальные фонари для грузовых (а) и легковых (б и в) автомобилей: 1, 5 и 6 – лампы; 2 – узел ламподдержателя; 3 – рассеиватель; 4 – корпус; 7 – герметизирующая прокладка; 8–15 – светосигнальные секции

Корпус фонаря через резиновую герметизирующую прокладку 7 закрыт пластмассовым прозрачным рассеивателем 3. Он состоит из нескольких секций различного цвета. Секция 9 оранжевого цвета является сигнализатором поворота. Центральная секция 8, бесцветная, является сигнализатором о движении задним ходом. Остальные секции габаритного огня и сигнал торможения имеют красный цвет. Задние фонари могут различаться по размерам и расположению светосигнальных секций. Например, на рисунке 33, в в секции 10 расположена лампа сигнала торможения, в секции 11 – заднего хода, в секции 13 – указателя поворота и в секции 12 – габаритного огня. В соответствии с назначением светового сигнала цвет секций рассеивателя различный, т. е. секция 11 бесцветная, секция 13 оранжевая, а остальные – красные.

На автомобилях ВАЗ-2108 и ВАЗ-2109 используют задние фонари с пятью лампами. Пятая – лампа противотуманного света.

4.3. Прерыватели указателей поворота

Для управления сигнальными лампами указателей поворота на большинстве автомобилей используют *электромеханические прерыватели*. Включение и выключение контактов электрической цепи, питающей обмотку управляющего реле, в таком прерывателе осуществляется с помощью нагреваемой биметаллической пластины или нихромовой струны. В таком прерывателе (рис. 34, а) на изолирующей пластине 1 размещен сердечник 5 с обмоткой управляющего реле. Через стеклянную шаровую опору 2 проходит нихромовая струна 3, удерживающая пластину с контактами 4 так, чтобы контакты были разомкнуты. С противоположной стороны сердечника 5 располагается реле на пружинящей стойке 7 с контактами 6 включения контрольной лампы Л5, сигнализирующей о работе прерывателя.

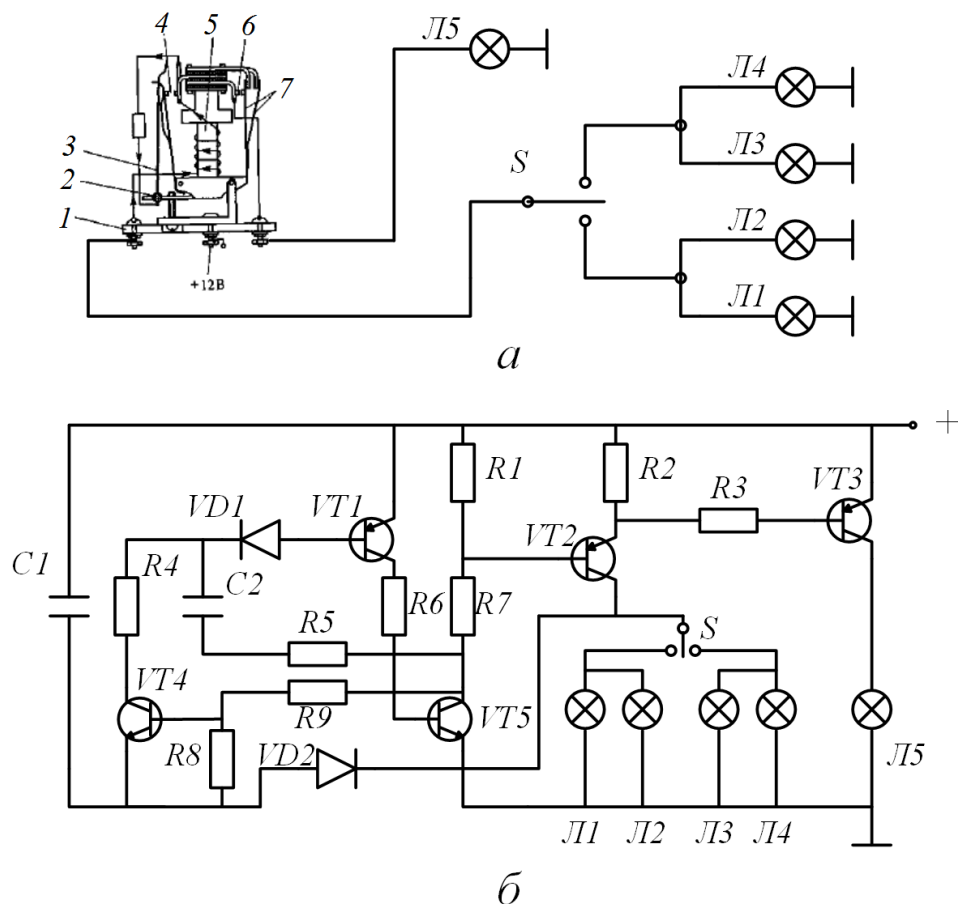


Рис. 34. Схемы электрических (электронных) устройств управления светосигнальными лампами указателей поворота с помощью теплового реле (а), транзисторного задающего генератора и силового ключа (б): 1 – изолирующая пластина; 2 – шаровая опора; 3 – струна; 4 и 6 – контакты; 5 – сердечник; 7 – пружинящая стойка; S – переключатель; Л1–Л4 – лампы указателей поворота; Л5 – контрольная лампа; R1–R9 – резисторы; C1 и C2 – конденсаторы; VD1 и VD2 – диоды; VT1–VT5 – транзисторы

При включении вправо или влево переключателя S указателя поворота питание на соответствующие лампы $L1$ и $L2$ или $L3$ и $L4$ подается от положительного полюса аккумуляторной батареи последовательно на сердечник, являющийся токопроводом, стойку с контактами 4, нихромовую струну 3, дополнительный резистор R_d , далее в обмотку сердечника 5 реле и через переключатель S к лампам. Поскольку сопротивление в цепи ламп велико, они горят тускло.

Ток, проходящий по струне 3, нагревает ее, что приводит к тепловому удлинению струны. Удлинившаяся струна освобождает стойку с контактами 4, и контакты замыкаются. Замкнувшиеся контакты открывают путь для тока непосредственно в обмотку якоря, минуя резистор, который контактами 4 закорачивается. Ток через реле увеличивается и сердечник 5 притягивает к себе обе контактные стойки. Уменьшение сопротивления в цепи питания ламп приводит к тому, что они горят ярко. Ток через замкнувшиеся контакты 6 включает контрольную лампу $L5$. Поскольку дополнительный резистор R_d закорочен, ток через него не идет, нихромовая струна 3 остывает, ее линейный размер уменьшается и контакты 4 размыкаются. Это приводит к выключению всех ламп.

Далее процесс повторяется. Частота прерываний регулируется винтом, обеспечивающим преднатяг струны. Обычно выбирают частоту прерываний 60–120 мин⁻¹.

В *электронных прерывателях* в целях упрощения и уменьшения числа комплектующих элементов используют астабильные мультивибраторы на транзисторах различной структуры ($p-n-p$ и $n-p-n$). На схеме (рис 34, б) астабильный мультивибратор выполнен на транзисторах $VT5$ и $VT1$. Транзистором $VT2$ задается частота тактов. Управление внешними сигнальными лампами $L1-L4$ осуществляет силовой транзистор $VT3$. Контрольной лампой $L5$ на приборной панели перед водителем управляет транзистор $VT4$.

Включаются внешние сигнальные лампы $L1$ и $L2$ или $L3$ и $L4$ поворотом переключателя S вправо или влево. Конденсатор $C2$ начинает заряжаться, и при этом вначале отпирается транзистор $VT5$, вызывая появление положительного потенциала на базе транзистора $VT2$, который также отпирается. Поскольку потенциал коллектора транзистора $VT1$ при этом уменьшается, запирается транзистор $VT5$. По мере заряда конденсатора $C2$ ток идет через резистор $R6$, что приводит к закрыванию транзистора $VT2$ и сопряженного с ним транзистора $VT1$. В это время потенциал коллектора транзистора $VT5$ повышается, что приводит к открыванию транзистора $VT5$ и разряду через него конденсатора $C2$. После разряда конденсатора $C2$ транзисторы $VT2$ и $VT1$ вновь открываются. Далее процесс повторяется.

Изменение потенциала коллектора транзистора $VT1$ через резистор $R7$ передается на базу силового транзистора $VT3$, который открывается при увеличе-

нии и закрывается при уменьшении положительного напряжения. Ток, проходящий через силовые транзисторы $VT3$ и $VT4$ и включенные последовательно с ними контрольную $L5$ и внешние $L1—L4$ сигнальные лампы, обеспечивает модуляцию светового излучения.

4.4. Особенности технического обслуживания и диагностики светотехнических приборов, световой и звуковой сигнализации

Светотехнические приборы, приборы световой и звуковой сигнализации отвечают за безопасность дорожного движения. Они должны обеспечивать возможность максимальной видимости объектов, участвующих в дорожном движении, не ослеплять водителей встречного транспорта и указывать другим участникам дорожного движения выполняемые маневры.

В соответствии с [ГОСТ 25478-91](#) «Автотранспортные средства. Требования к техническому состоянию по условиям безопасности движения. Методы проверки» эксплуатация автомобилей невозможна, если не функционирует хотя бы один светотехнический прибор либо его выходные параметры за пределами установленных норм.

Поэтому в процессе эксплуатации очень важно соблюдать правила обслуживания светотехнических приборов, грамотно обращаться с ними в период обслуживания и периодически контролировать их параметры и регулировать.

При ежедневном техническом обслуживании (ЕТО) необходимо обеспечивать очистку от грязи рассеивателей светотехнических приборов. Протирать и обмывать рассеиватели следует с большой осторожностью, чтобы не повредить их поверхность, так как царапины и потертости могут ухудшить их светотехнические характеристики.

При проведении ТО-1 выполняют операции ЕТО, проверяют крепление фар, передних указателей поворотов и подфарников, задних фонарей и фонаря заднего хода, сигнала торможения, правильность работы центрального переключателя света, переключателя указателей поворота и включателя аварийной сигнализации.

При проведении ТО-2 помимо работ, предусмотренных ТО-1, проверяют правильность установки и подключения противотуманных фар, проводят измерение силы света всех фар в штатном режиме работы, выполняют проверку надежности штекерных и винтовых соединений, оценивают техническое состояние источников света и работоспособность звукового сигнала.

Симптомы неисправностей светотехнических приборов, световой и звуковой сигнализации, технологии их диагностирования, испытательное и диагностическое оборудование и аппаратура и способы их устранения приведены в таблице 8.

Симптомы неисправностей светотехнических приборов, световой и звуковой сигнализации, технологии их диагностирования и устранения

Симптомы неисправности	Причины неисправности	Технология диагностики	Устранение неисправности	Используемая аппаратура
Все светотехнические приборы и приборы световой сигнализации	Неисправен переключатель или выключатель	Проверку осуществляют последовательно по цепи от переключателя до прибора	При необходимости переключатель или выключатель меняют	Вольтметр, мультиметр
	Отсоединилась клеммная коробка от переключателя	Проверяют вольтметром последовательно по цепям	Восстанавливают соединение	Вольтметр
	Обрыв в цепи освещения, проводки, сгорание предохранителей, окисление контактов в патроне лампы, короткие замыкания	Проверяют вольтметром и тестером последовательно все цепи от «+» АКБ до светотехнического прибора	Обнаруженные места обрывов и коротких замыканий устраняют. Предохранители и патроны ламп меняют	Вольтметр, мультиметр
Не горит одна из ламп световых приборов	Перегорела нить (спираль) лампы	Проверяют тестером	Сгоревшую лампу меняют	Тестер
	Окислился патрон или цоколь лампы	Проверяют тестером	Очищают от окислов место контакта, и после установки лампы смазывают контактный узел Литолом-24	Тестер, визуально
	Ненадежный контакт в патроне из-за поломки контакта или брака производства	Проверяют визуально	Заменяют патрон новым	Визуально
	Неисправен переключатель из-за попадания грязи или из-за износа механизма переключения	Проверяют электрическую схему переключателя	При необходимости переключатель заменяют новым	Тестер
Лампы горят с неполным накалом	Регулируемое напряжение генератора ниже нормы	Проверяют напряжение на выходе генератора вольтметром	Регулируют напряжение или меняют регулятор напряжения	Вольтметр
	Колба лампы затемнена парами вольфрама из нити (спирали)			Визуально
	Большое падение напряжения в патроне, контактах из-за окисления или ослабления контакта	Проверяют напряжение на выходе генератора вольтметром	Регулируют напряжение или меняют регулятор напряжения	Вольтметр, мультиметр
	Замыкание в проводке на «массу» из-за разрушения изоляции и попадания влаги	Проверяют напряжение на выходе генератора вольтметром	Регулируют напряжение или меняют регулятор напряжения	Вольтметр, мультиметр

4.5. Контрольные вопросы

1. Каково назначение систем освещения и сигнализации?
2. Как формируется световой поток фар?
3. Расскажите о конструкции сигнальных светотехнических приборов.
4. Как осуществляется регулирование фар?
5. Какие устройства используют для управления модуляцией светового потока в светосигнальных приборах?

5. КОНТРОЛЬНО-ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

5.1. Виды информации

На агрегатах автомобиля устанавливают датчики, с помощью которых измеряются параметры рабочих процессов и от которых информация в виде электрических сигналов передается к индикаторным приборам. *Оперативная информация* о режиме работы двигателя и скоростном режиме движения является *текущей информацией* и представляется водителю непрерывно.

В отличие от оперативной информации на автомобиле имеется бортовая *электронная система контроля технического состояния узлов*. Она представляется водителю по «заказу», т. е. когда водитель с пульта управления нажатием соответствующей кнопки вызывает необходимую информацию на устройство ее отображения. Используется также *система встроенных датчиков*, выведенных на специальный электрический соединитель (разъем) и подключенных внешним кабелем к устройству отображения информации на стационарных диагностических постах.

Разработаны перспективные информационные системы, которые по экономическим соображениям еще не внедрены в серийное производство: телевизионные устройства заднего обзора, радиолокационные системы предотвращения столкновений, приборы спутниковой навигации и др.

Приборы оперативной информации представляют водителю сведения о скорости автомобиля, пройденном пути, количестве топлива в баке, давлении масла, температуре охлаждающей жидкости в двигателе и о состоянии аккумуляторной батареи, точнее, о режиме ее заряда. Сюда же относятся световые сигнализаторы о наступлении аварийного режима (перегрев двигателя, падение давления масла, приближение к нулю уровня топлива в баке).

Бортовая система контроля информирует водителя о состоянии узлов, которые еще работоспособны, но уже требуют технического обслуживания.

Например, по вызову водителем информации на дисплей можно проверить уровень электролита в аккумуляторе, уровень тормозной и охлаждающей жидкостей, толщину остаточного слоя фрикционного материала на тормозных колодках или диске сцепления, давление воздуха в шинах, состояние ламп системы освещения и световой сигнализации, фильтров, смазочных материалов и т. д.

5.2. Измерение параметров рабочих процессов

Измерение давления (разрежения) необходимо прежде всего для контроля давления масла в двигателе, давления воздуха в пневматической тормозной системе и в системе централизованной подкачки шин на некоторых автомобилях с

гидромеханическими передачами, а также в приборах (эконометрах) для контроля разрежения во впускном коллекторе двигателя.

Для измерения давления используют приборы непосредственного действия (механические) и электрические (дистанционные).

В *приборах непосредственного действия* устройство, чувствительное к давлению, и, как правило, стрелочный указатель давления размещаются в одном корпусе на щитке приборов водителя. Жидкость или воздух под давлением подводится к прибору по трубопроводу.

Дистанционные электрические приборы давления состоят из двух отдельных узлов – датчика, воспринимающего давление рабочего тела, и указателя. Информация о давлении в виде электрического сигнала (непрерывного или импульсного) передается в указатель по проводам.

Распространены два типа электрических измерителей давления – импульсный (термобиметаллический) и логометрический, состоящий из реостатного датчика и магнитоэлектрического указателя.

Импульсные приборы. В корпусе 5 (рис. 35, а) *термобиметаллического манометра* расположена гофрированная мембрана 4.

В центр мембраны упирается упругая пластина 1 с одним из контактов. Сама пластина соединена с «массой», но может перемещаться вдоль оси датчика при деформации (прогибе) мембраны под давлением рабочего тела (масло, воздух), поступающего под мембрану. Во внутренней полости датчика установлена биметаллическая пластина 2, на которой расположены обмотка 3 нагревателя (из проволоки с высоким удельным сопротивлением) и второй контакт. От «массы» пластина 2 изолирована. Один конец обмотки нагревателя выведен из корпуса датчика, второй приварен к биметаллической пластине.

В указателе также находится изолированная от корпуса биметаллическая пластина 7 с обмоткой 8 нагревателя. В верхний вильчатый конец биметаллической пластины входит короткий конец стрелки 9 указателя. Стрелка имеет (возможность поворачиваться на оси, перемещаясь вдоль шкалы 10 указателя. Обмотка 8 нагревателя указателя соединена последовательно с обмоткой нагревателя датчика. Второй конец обмотки 8 через выключатель 11 замка зажигания соединен с положительным полюсом аккумуляторной батареи 12.

При включенном зажигании и работающем двигателе под давлением рабочего тела (масло, воздух), поступающего через штуцер 6 в подмембранную полость, мембрана С датчика прогибается вверх и, воздействуя на упругую пластину 7, замыкает контакты электрической цепи. Электрический ток от аккумуляторной батареи проходит через обмотку 8 нагревателя указателя и обмотку 3 нагревателя датчика. Биметаллическая пластина 2, нагреваясь, изгибается (на рис. 35, а показано пунктиром) и разрывает контакты электрической цепи.

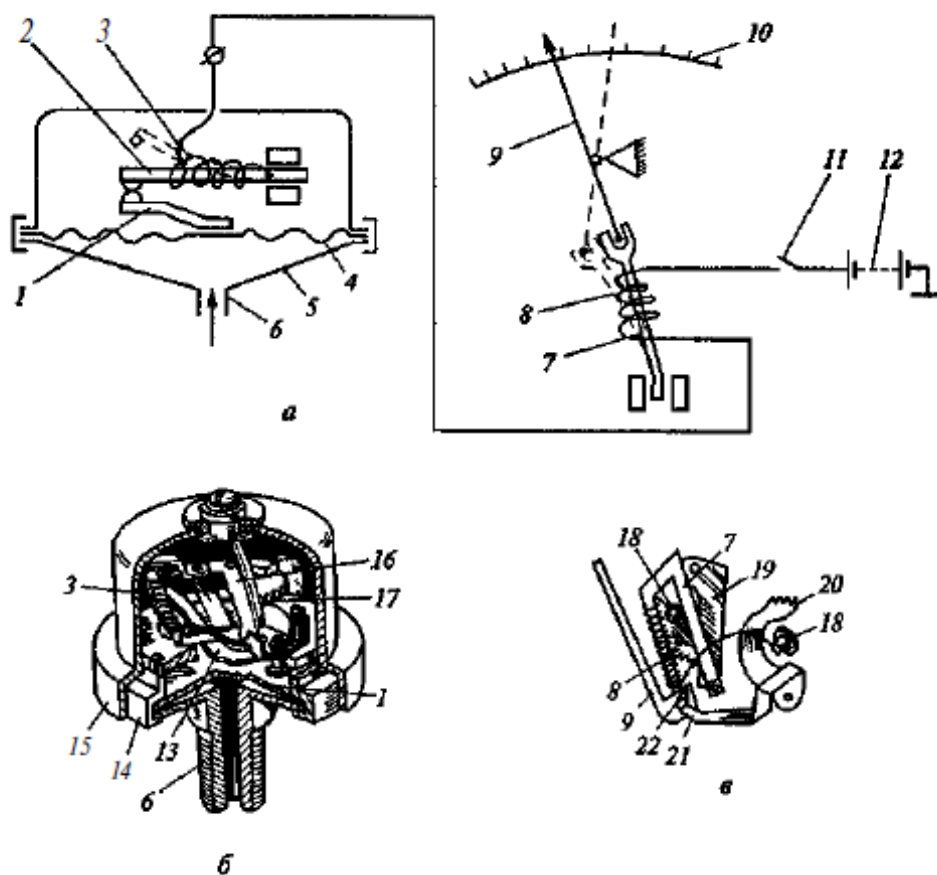


Рис. 35. Принцип действия (а) и конструкция импульсного термобиметаллического датчика давления (б) и указателя (в) манометра: 1 – упругая пластина; 2 и 7 – биметаллические пластины; 3 и 8 – обмотки нагревателей; 4 – мембрана; 5 – корпус; 6 – штуцер; 9 – стрелка указателя; 10 – шкала; 11 – выключатель зажигания; 12 – аккумуляторная батарея; 13 – монтажное основание; 14 – крышка; 15 – контактная пластина; 16 – держатель; 17 – регулировочное устройство; 18 – вывод; 19 и 20 – зубчатые секторы регулировочного устройства указателя; 21 – пластинчатая пружина; 22 – крюк

За время, пока контакты датчика были замкнуты, от обмотки 8 нагревалась также биметаллическая пластина 7 указателя. Изгибаясь от нагрева, своим вильчатым концом она поворачивала стрелку 9 указателя. Угол поворота стрелки зависит от продолжительности замкнутого состояния контактов датчика.

После разрыва контактов начинается охлаждение обеих биметаллических пластин до момента, пока контакты в датчике вновь не замкнутся. При установившемся давлении контакты периодически замыкаются и размыкаются. Чем выше давление рабочего тела, тем больше время замкнутого состояния контактов, сильнее изогнется биметаллическая пластина и на больший угол отклонится стрелка указателя.

Конструктивно механизмы датчика и указателя сложнее, чем принципиальная схема. Регулировочные узлы позволяют при массовом производстве осуществлять индивидуальную настройку этих приборов в соответствии с требованиями метрологии,

Так, *датчик давления* (рис. 35, б) размещается на основании 13, к которому герметично привальцованы мембрана 4 и фланец штуцера 6. От внешних воздействий датчик защищен крышкой 14. На основании 13 укреплена также пластина 1, имеющая на внутренней стороне нижней части выступ для упора в середину мембраны. В верхней части пластины 1 установлен один контакт. Вторым контактом расположен на свободном конце П-образной биметаллической пластины 2. Сама биметаллическая пластина 2 вторым своим концом закреплена на упругом держателе 16 изолированно от корпуса. Положение упругого держателя в пространстве корпуса датчика, а, следовательно, и пространственное положение биметаллической пластины 2 можно менять с помощью регулировочного устройства 17, тем самым изменяя силу преднатяга упругих пластин держателя и вместе с ним контактной группы.

В *указателе* (рис. 35, в) такого импульсного манометра один из концов П-образной биметаллической пластины закреплён на регулировочном зубчатом секторе 19, а второй соединён со стрелкой 9. На этом же конце пластины расположена обмотка 8 нагревателя. Оба конца обмотки подведены к выводам 18.

П-образные биметаллические пластины 2 (в датчике) и 7 (в указателе) имеют такую форму для компенсации влияния температуры окружающей среды на работу измерителя давления.

Рабочий конец биметаллической пластины крючком 22 соединён со стрелкой 9. С помощью пластинчатой пружины 21, связанной таким же крючком со стрелкой 9 и имеющей зубчатый сектор 20, регулируют начальное положение стрелки 9 указателя.

Логометрические приборы. Конструкция корпуса и мембраны *реостатного датчика с магнитоэлектрическим указателем* (рис. 36, а) не отличается от только что рассмотренной. Но вместо термобиметаллического узла в корпусе неподвижно установлен переменный резистор (реостат) *R*. Ползунок 4 реостата перемещается при прогибе мембраны 2 от давления на нее рабочего тела (масло, воздух). Таким образом, сопротивление переменного резистора меняется обратно пропорционально прогибу мембраны.

Вывод резистора датчика подключен к магнитоэлектрическому указателю. Указатель имеет две взаимно перпендикулярные катушки 5 и 8, причем катушка 5 – с отводом от середины. Катушки соединены последовательно и подключены к аккумуляторной батарее 9. Внутри каркаса с катушками на оси установлен постоянный магнит 7, на котором укреплен стрелка 6. На угловую позицию, которую занимает магнит со стрелкой, влияет результирующее магнитное поле всех катушек. Реостат 3 датчика подключен в указателе параллельно катушке, у которой конец соединен с «массой», т. е. с отрицательным полюсом аккумуляторной батареи.

При подключении датчика и указателя к цепи питания ток от аккумуляторной батареи проходит по последовательно соединенным катушкам 5 и 8, и отходясь от середины катушки 5 – через реостат 3 в датчике. Сопротивление резистора 3 шунтирует часть обмотки 5 указателя, уменьшая ее магнитный поток, поскольку изменение давления рабочего тела в датчике вызывает изменение сопротивления между катушками указателя и магнитом 7, с помощью которого поворачивается стрелка 6.

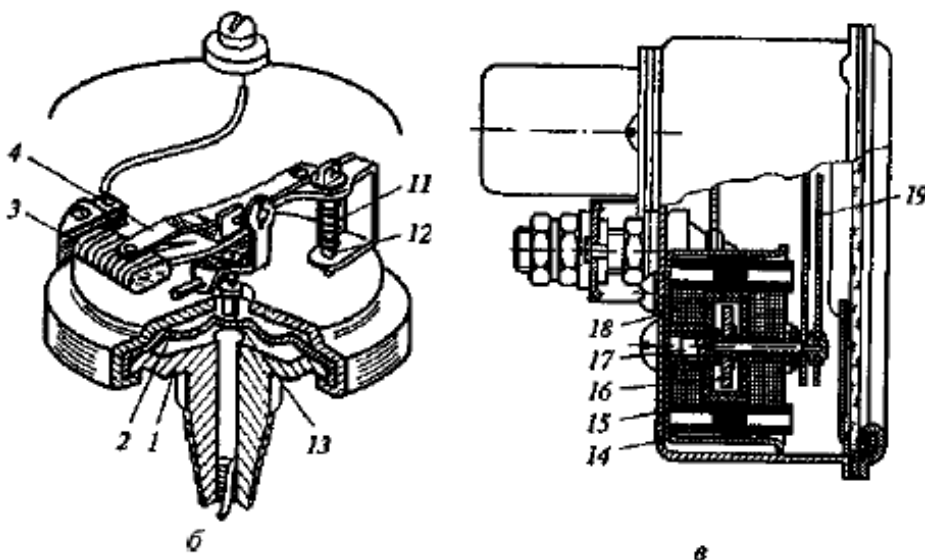
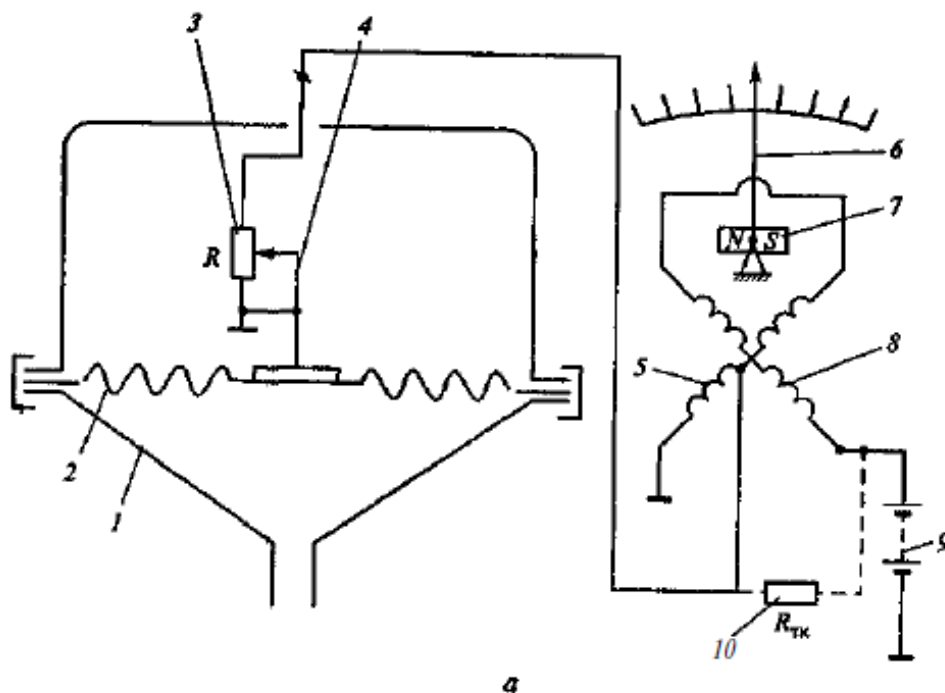


Рис. 36. Электрическая схема (а) и конструкция аналогового дистанционного манометра с потенциметрическим датчиком (б) и магнитоэлектрическим указателем (в): 1 – корпус; 2 – мембрана; 3 – переменный резистор (реостат); 4 – ползунок переменного резистора; 5 и 8 – катушки указателя (логометра); 6 – стрелка указателя; 7 – магнит; 9 – аккумуляторная батарея; 10 – термокомпенсационный резистор; 11 – возвратная пружина; 12 – ось; 13 – качалка; 14 – экранирующий стакан; 15 – полукаркасы; 16 – магнит; 17 – подпятник; 18 – катушки логометра; 19 – стрелка указателя

Основание реостатного датчика (рис. 36, б) выполнено в виде штуцера с корпусом 7, к которому привальцована гофрированная мембрана 2 с помощью стального ранта, являющегося базой для установки остальных элементов датчика. В середине этой базы на оси располагается ползунок 4 с регулировочным винтом, упирающимся через толкатель в мембрану 2. На базовой поверхности ранта установлена ось 12, вокруг которой может поворачиваться ползунок 4 реостата при воздействии на его опорную площадку верхнего конца качалки 13. Пружина 11 служит для возврата ползунка в исходную позицию при уменьшении давления под мембраной. Реостат 3 изолирован от базовой поверхности, а конец провода реостата подведен к гнезду на крышке датчика. Магнитоэлектрический указатель (рис. 36, в) находится в корпусе внутри экранирующего стакана 14, где расположены полукаркасы 15 катушек 18. В середине по оси полукаркасов ввинчен подпятник 17. Эти элементы служат для установки оси с магнитом 16 и стрелкой 19. Ось смазывают кремнийорганической жидкостью для уменьшения колебаний подвижной системы.

Миниатюрный магнит, размещенный между полукаркасами, служит магнитной возвратной пружиной для установки стрелки указателя в нулевое положение после выключения электропитания. Экранирующий стакан 14 оказывает защитное действие от внешних магнитных полей на катушки указателя и, наоборот, от влияния магнитных полей катушек на другие приборы. Для компенсации влияния температуры окружающей среды на точность показаний указателя три катушки магнитоэлектрической системы от точки соединения с источником питания до точки подключения датчика зашунтированы термокомпенсационным резистором 10.

Магнитоэлектрические приборы, используемые в качестве указателей, имеют некоторые достоинства: больший, чем у термобиметаллических приборов, угол перемещения стрелки указателя, что дает возможность улучшить различимость показаний; отсутствие контактной группы, подверженной разрушению в результате эрозии.

Сигнализаторы аварийного давления предназначены для оперативного оповещения водителя при неожиданном падении давления в системе смазывания двигателя или в пневмоприводе различных механизмов и систем автомобиля (тормоза, механизм открывания дверей и др.). Обычно сигнализация реализуется с помощью светового сигнала.

Корпус 9 (рис. 37) датчика аварийного давления выполнен в виде граненого под ключ стакана с резьбовым штуцером в нижней части. Внутри стакана установлена мембрана 8, над которой расположен неподвижный контакт 7, соединенный с «массой» автомобиля. Под давлением рабочего тела (масло, воздух) мембрана прогибается и перемещает вверх толкатель 6 из изоляционного материала. На верхнем ступенчатом конце толкателя закреплена пластина с подвижным контактом 1, нагруженная пружиной 5, выполняющей функции токовода.

Пружина упирается в ступенчатую латунную втулку с контактным разъемом 2. Втулка выполнена совместно с изолятором 4, который является крышкой корпуса и завальцован в него.

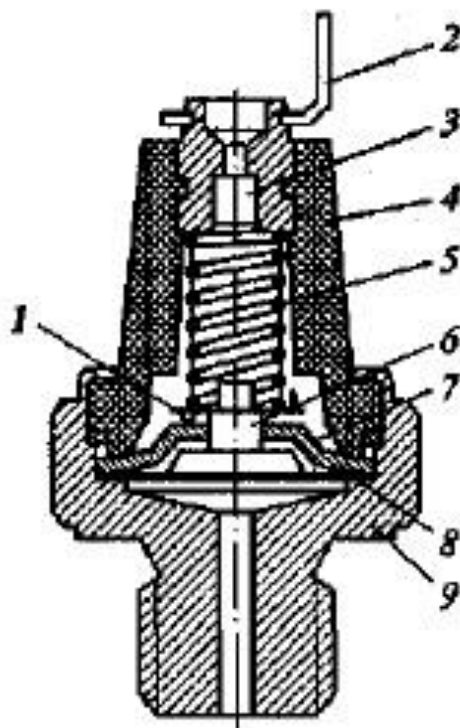


Рис. 37. Датчик аварийного давления: 1 и 7 – контакты (подвижный и неподвижный); 2 – контактный разъем; 3 – фильтр; 4 – изолятор; 5 – пружина; 6 – толкатель; 8 – мембрана; 9 – корпус

Втулка имеет отверстие для выравнивания давления в надмембранной полости с атмосферным. В отверстии установлен фильтр 3.

При подъеме толкателя 6 подвижный контакт 1 отходит от неподвижного контакта 7, и электрическая цепь от разъема 2 на «массу» разрывается.

В цепь разъема последовательно к аккумуляторной батарее подключена сигнальная лампа. При отсутствии давления цепь контактов замыкается, так как мембрана 8 и толкатель 6 находятся в нижнем положении, что вызывает свечение лампы аварийного снижения давления. При наличии давления под мембраной лампа гаснет.

5.3. Получение информации о температуре

Температуру измеряют в основном в системе охлаждения двигателя. В перспективных электронных системах микропроцессорного управления двигателем определяют также температуру топлива, воздуха, масла. Температуру окружающего воздуха и относительную влажность, влияющих на состояние дорожного покрытия, измеряют в перспективных системах предотвращения столкновений (автоматического управления торможением). Иногда выводится информация и о температуре в салоне автомобиля.

Приборы для измерения температуры (дистанционные измерители) состоят из датчика и указателя, разнесенных друг от друга. Используют приборы двух типов – импульсные термобиметаллические и полупроводниковые (с терморезистором).

Датчик импульсного термобиметаллического термометра (рис. 38, а) выполнен в виде корпуса 1, к которому приварен латунный (для лучшей теплопроводности) баллон 6. В корпус вмонтировано изоляционное основание 9 с выводным контактом. Внутри баллона на кронштейне 7 установлена биметаллическая пластина 3 с обмоткой 2 нагревателя и подвижным контактом 4 на конце. Неподвижный контакт 5 соединен с корпусом датчика.

Указатель термобиметаллического датчика температуры по принципу работы и устройству полностью соответствует термобиметаллическому указателю датчика давления.

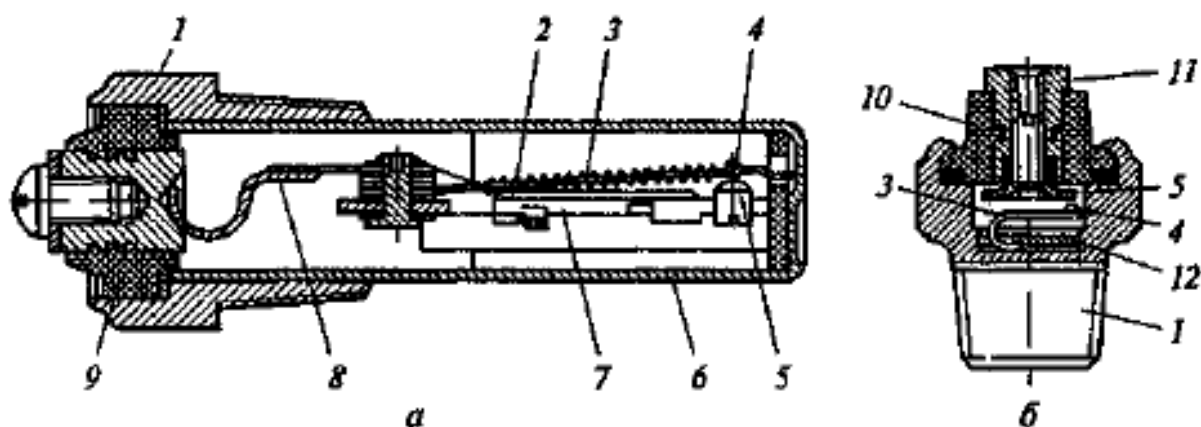


Рис. 38. Датчики температуры: а – термобиметаллический импульсный; б – сигнализатор аварийной температуры; 1 – корпус; 2 – обмотка нагревателя, 3 – биметаллическая пластина; 4 и 5 — контакты (подвижный и неподвижный); 6 – баллон; 7 – кронштейн; 8 – токоподводящий контакт; 9 – основание; 10 – втулка; 11 – зажим; 12 – шайба

В *датчике дистанционного термометра с магнитоэлектрическим указателем* использовано свойство некоторых полупроводников изменять свое сопротивление при воздействии температуры. Такие полупроводники получили название *терморезисторов*.

При нагревании сопротивление терморезистора уменьшается. Это приводит к увеличению прохождения тока через терморезистор и соединенный последовательно с ним магнитоэлектрический указатель, что вызывает увеличение угла отклонения стрелки указателя.

Устройство и работа указателя также полностью соответствуют магнитоэлектрическому указателю измерителя давления.

Как и в системе смазывания, при контроле температуры в двигателе используют датчики – *сигнализаторы аварийного режима*, в частности сигнализа-

тор превышения допустимой температуры (перегрева). На автомобилях используют только биметаллические датчики-сигнализаторы (рис. 38, б). Биметаллическая пластина 3 с подвижным контактом 4 прижимается шайбой 12 к днищу выреза в корпусе 1. Сверху корпус закрыт привальцованной втулкой 10, выполненной из изоляционного материала. Во втулку вмонтирован зажим 11 с неподвижным контактом 5. Зазор между контактами 4 и 5 можно регулировать поворотом резьбового стержня, на котором установлен контакт 5. После регулирования стержень закрепляется краской в резьбе.

Регулируя зазор между контактами 4 и 5, можно в некоторых пределах изменять момент замыкания контактов при изгибе биметаллической пластины 3. Обычно регулирование выполняют так, чтобы контакты замыкались при температуре 95–98 °С. Замыканием контактов включается сигнальная лампа перегрева двигателя.

5.4. Контроль уровня топлива в баке

Для дистанционного измерения количества (уровня) топлива в баке используют реостатные датчики с приводом ползунка реостата от поплавка, связанного с ползуном рычагом. В качестве указателя устанавливают электромагнитные или магнитоэлектрические приборы.

Реостатный датчик (рис. 39) устанавливают фланцем 9 через резиновую прокладку 8 устанавливают на верхней стенке 7 топливного бака. В корпусе 6 закреплен дугообразный каркас 5 с обмоткой из проволоки с высоким удельным сопротивлением, образующий резистор реостата 5. Ось 3 имеет закрепленный с одной стороны (внутри корпуса) ползунок 4 реостата, с другой стороны (вне корпуса) – рычаг 2 с поплавком 1. Электрический ток к резистору реостата подается по проводнику через вывод 18 на фланце корпуса.

Реостатный датчик может работать в паре как с электромагнитным, так и с магнитоэлектрическим указателем.

В *электромагнитном указателе* две катушки 11 и 15 соединены последовательно и подключены к аккумуляторной батарее 12 через контакты 13 замка зажигания. Стрелка 14 указателя закреплена на стальном якоре 17. Сердечник катушки 15 снабжен магнитопроводом 16 для замыкания магнитного потока через якорек 17. К средней точке катушек 11 и 15 подключен реостат 5 датчика уровня топлива. Таким образом, реостат включен параллельно катушке 11.

При пустом баке поплавок 1 опущен и рычагом 2 поворачивает ползунок 4 реостата, т. е. выводит резистор реостата 5 из цепи. Поскольку средняя точка катушек 11 и 15 указателя в этот момент соединяется с «массой», катушка 15 оказывается закороченной, и ток идет только через катушку 11. Последняя, притягивая якорек 17, поворачивает стрелку 14 вдоль шкалы в сторону цифры 0.

При заполнении бака поплавков 1 всплывает и вводит резистор реостата в цепь. Теперь ток течет по двум параллельным цепям через катушку 15 и резистор реостата 5. Появление тока в катушке 15 изменяет соотношение магнитных потоков катушек 11 и 15. Тогда якорек 17 под действием двух магнитных потоков поворачивает стрелку 14 вдоль шкалы и устанавливает ее в позицию, соответствующую изменению сопротивления реостата, т. е. высоты всплытия поплавка в зависимости от уровня топлива в баке. Противовес 10 служит для возврата стрелки указателя в нулевую позицию.

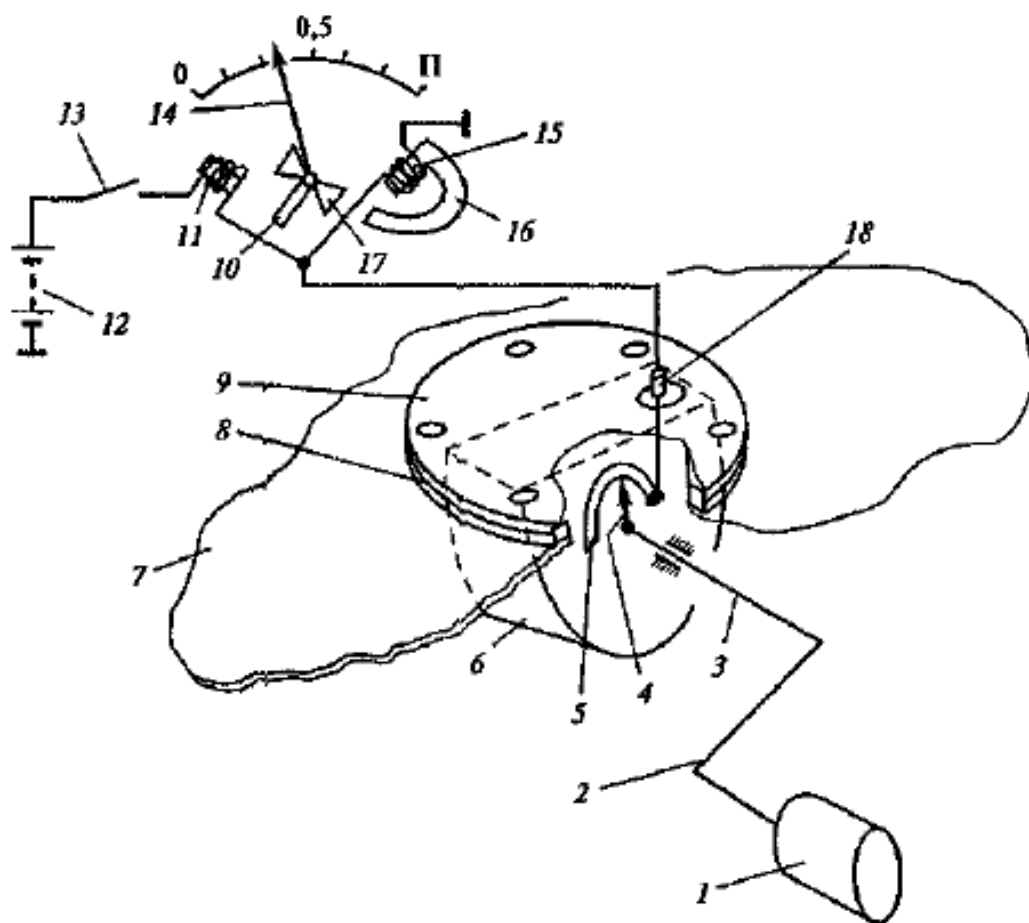


Рис. 39. Датчик и указатель уровня топлива в баке: 1 – поплавок; 2 – рычаг; 3 – ось; 4 – ползунок реостата; 5 – реостат; 6 – корпус; 7 – верхняя стенка топливного бака; 8 – резиновая прокладка; 9 – фланец; 10 – противовес; 11 и 15 – катушки; 12 – аккумуляторная батарея; 13 – контакт замка зажигания; 14 – стрелка; 16 – магнитопровод; 17 – якорек; 18 – вывод; 0 – «Пустой бак»; П – «Полный бак»

Конструкция магнитоэлектрического указателя, применяемого в измерителях уровня топлива, не отличается от конструкции, используемой в указателях давления или температуры. Разница состоит лишь в числе витков обмоток и значениях сопротивления. Магнитоэлектрические указатели предпочтительнее, так как имеют больший угол поворота стрелки, т. е. допускают больший размер символов на шкале. Кроме того, они точнее в работе, так как их показания практически не зависят от температуры окружающей среды, поскольку отсутствуют

магнитопроводы катушек. На автомобилях ВАЗ и ГАЗ «Волга» в датчиках уровня топлива дополнительно устанавливают контактную группу предупреждающей световой сигнализации о снижении уровня топлива до минимального значения и необходимости заполнения топливного бака.

5.5. Контроль функционирования системы электроснабжения

Информацию о зарядно-разрядном режиме аккумуляторной батареи автомобиля получают от *амперметров*. Устанавливают амперметры в электрическую цепь между генератором, к которому подключены все потребители, и аккумуляторной батареей. Стрелка амперметра, установленная посередине шкалы, может отклоняться влево и вправо от середины.

Амперметр должен пропускать через себя суммарный ток всех потребителей. Для этого он включается в электросеть автомобиля проводами значительного сечения, обеспечивающими прохождение тока нагрузки без потерь и без нагрева проводов.

В *электромагнитном амперметре* (рис. 40) латунная шина 1 установлена на основании 4. На шине закреплен постоянный магнит 3. На оси в отверстиях основания 4 размещены стрелка 2 и намагниченный якорь 5. Под действием магнита 3 якорь удерживается в среднем положении, т. е. устанавливает стрелку указателя в нулевую позицию.

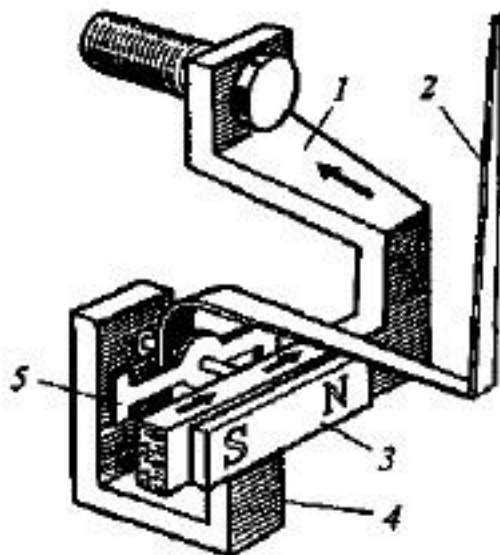


Рис. 40. Амперметр для контроля зарядно-разрядного процесса в системе электрооборудования автомобиля: 1 – шина; 2 – стрелка; 3 – магнит; 4 – основание; 5 – якорь

Электромагнитное поле шины 1, создающееся при прохождении по ней тока нагрузки, нарушает установившееся взаимодействие магнита 3 и намагниченного якоря 5, и якорь вместе со стрелкой поворачивается по ходу часовой стрелки или против него в зависимости от того, идет ли ток от генератора на заряд аккумуляторной батареи или в обратном направлении.

5.6. Измерение скорости автомобиля и частоты вращения коленчатого вала двигателя

Несмотря на большое разнообразие конструкций спидометров, они основаны на одном физическом явлении – взаимодействии поля постоянного магнита и поля вихревых токов. Не являясь потребителем электрической энергии, спидометр фактически *магнитоэлектрический прибор*.

Постоянный магнит 4 (рис. 41), установленный в корпусе спидометра, получает вращательное движение от гибкого вала, имеющего привод через червячную передачу от выходного вала коробки передач. Перед магнитом на валу в подшипниках скольжения расположен диск 2 (как правило, алюминиевый). На этом же валу укреплены стрелка 3 указателя и анкерная пружина 1.

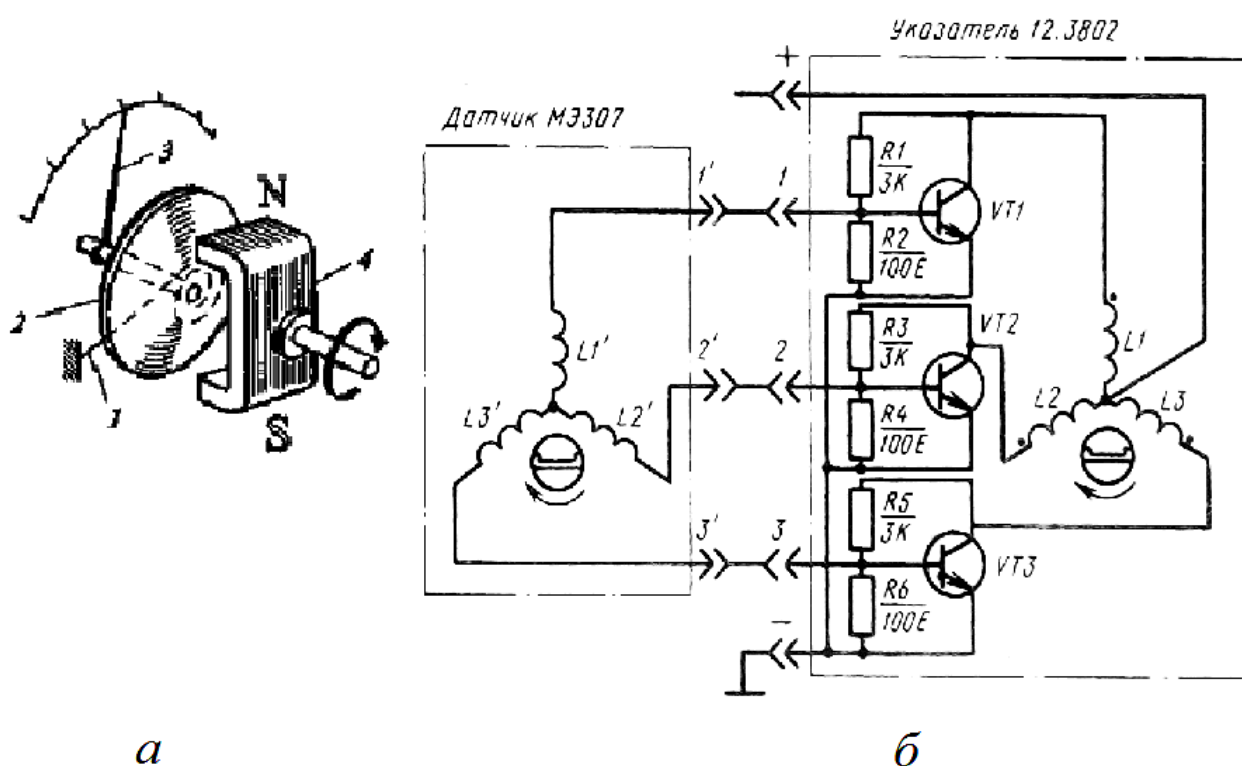


Рис. 41. Указатель спидометра (а) и схема (б) соединения датчика и указателя спидометра с электроприводом: 1 – анкерная пружина; 2 – диск; 3 – стрелка; 4 – магнит; К1–К3, К1' – К3' – катушки индуктивности; Р – датчик; ПЖ – приемник; R1–R6 – резисторы; VT1– VT3 – транзисторы; N и S – полюсы магнитов

При вращении магнита 4 относительно диска 2 в последнем индуцируются (наводятся) вихревые токи. Взаимодействие электромагнитного поля вихревых токов с магнитным полем вращающегося магнита создает вращающий момент, приложенный к диску. Этот момент вызывает вращение диска в сторону вращения магнита 4. Противодействует вращению диска 2 анкерная пружина 1. Она дает возможность диску не вращаться, а только повернуться на некоторый угол до тех пор, пока вращающий момент от взаимодействия магнитных полей не уравнове-

сится силой сопротивления закрутке анкерной пружины. Поскольку сила вихревых токов, а, следовательно, и вращающий момент, приложенный к диску, зависят от частоты вращения постоянного магнита, то и угол поворота стрелки будет пропорционален этой частоте, которая в свою очередь зависит от скорости автомобиля. Шкала спидометра градуируется в единицах скорости – км/ч.

Из-за недостатков такой передачи в спидометре (гибкий вал изнашивается, неравномерно вращается и довольно сложен в монтаже) на автомобилях в последние годы стали устанавливать *спидометры с электрической передачей* (конструкция указателя спидометра не меняется). С ведомым валом коробки передач связан электрический генератор, ток от которого по проводам передается в электродвигатель, установленный в спидометре для вращения магнита. Генератор выполнен по схеме синхронного генератора с якорем в виде вращающегося постоянного магнита. Мощность такого генератора недостаточна для прямого подключения к нему двигателя в целях обеспечения вращения его вала, особенно при движении на низших передачах, когда частота вращения выходного вала коробки передач невелика. Поэтому питание электродвигателя, в качестве которого используется трехфазная синхронная электрическая машина, производится от аккумуляторной батареи через ключевую электронную схему управления (рис. 41, б).

Напряжение от каждой фазной обмотки генератора, поступая на базу транзистора, открывает его. Частота импульсов напряжения генератора пропорциональна скорости автомобиля. При открывании этими импульсами транзисторов в каждой обмотке статора двигателя последовательно друг за другом проходит ток от положительного полюса аккумуляторной батареи через коллекторно-эмиттерный переход транзистора к отрицательному полюсу батареи. Этим током в обмотках статора создается вращающееся магнитное поле, частота которого также пропорциональна скорости автомобиля. Ротор двигателя механически связан с магнитом указателя скорости и вращает его.

Далее происходит процесс взаимодействия поля магнита и вихревых токов диска, как в обычном спидометре с приводом от гибкого вала. Резисторы, установленные в цепи базы транзисторов, создают схему делителя напряжения питания для выбора режима работы транзистора.

Измерители частоты вращения фиксируют импульсы тока в цепи прерывателя системы зажигания. Их функционирование базируется на одном из двух принципов.

В *емкостном частотомере (аналоговом)* с магнитоэлектрическим указателем используют зарядно-разрядный процесс в электронной схеме с конденсатором (рис. 42, а). Импульсы тока от прерывателя поступают на вход частотомера. Прерыватель *П* при разомкнутом состоянии его контактов подключен к точке *А* –

конденсатор C заряжается. В случае замкнутого состояния контактов переключателя прерыватель Π подсоединен к точке B – конденсатор C разряжается через внутренний резистор $R_{\text{н}}$ магнитоэлектрического указателя. Стрелка указателя отклоняется на угол, пропорциональный накопленному конденсатором заряду.

Цифровой частотомер подсчитывает число импульсов, поступающих от контактов прерывателя за определенный временной интервал. Показания счетчика выводятся на знакосинтезирующий цифровой индикатор. Частота вывода информации должна быть не менее 50 Гц, чтобы глаза человека (в силу инерционности зрения) не заметили мелькания цифр. Поскольку показания частотомера зависят как от частоты, так и от длительности входных импульсов, то требуется предварительное их формирование. В емкостном частотомере эту функцию выполняет дифференцирующая цепь $C1R1$ (рис. 42, б).

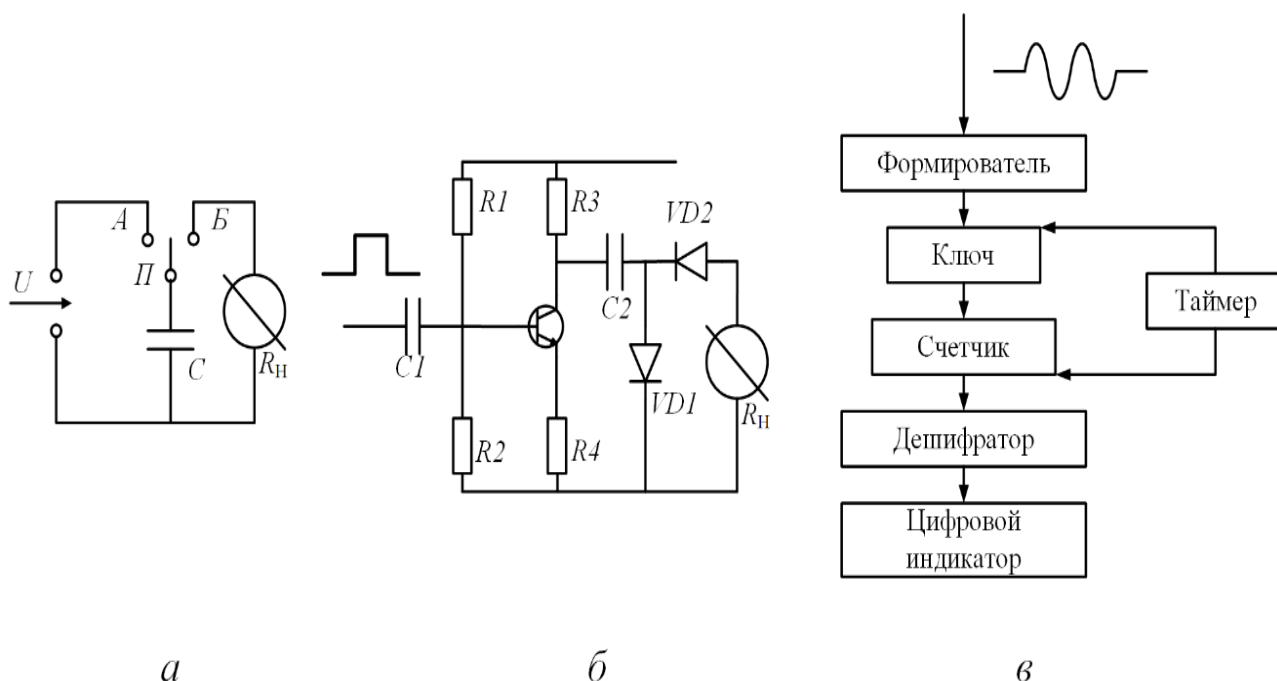


Рис. 42. Электронный измеритель частоты вращения: а – схема принципа действия; б – устройство; в – блок-схема: К – вход питания; Я – прерыватель; C – конденсатор; $R_{\text{н}}$ – внутреннее сопротивление измерительного прибора; $C1R2$ – дифференцирующая цепь; VT – транзистор силового ключа; $R1$ – $R4$ – резисторы установки режима работы ключа; $C1$, $C2$, $VD1$ и $VD2$ – элементы зарядно-разрядной цепи; $U_{\text{пит}}$ – напряжение питания; A и B – контакты переключателя

Транзистор VT является ключом, пропускающим импульсы от прерывателя к зарядно-разрядной цепи $C2VD2R_{\text{н}}$ только положительной полярности после дифференцирования. Импульсы имеют почти неизменную длительность, определяемую режимом работы транзистора. Такой режим устанавливается выбором параметров резисторов.

В цифровом частотомере (рис. 42, в) в качестве формирователя импульсов используют мультивибратор. Таймер (реле времени) управляет ключом, открывающим проход импульсов на счетчик только на определенное время. Перед каждым последующим импульсом открывания ключа таймер подает импульс обнуления на счетчик. Этим импульсом стирается информация в счетчике, поступившая в предшествующий промежуток времени, после чего запоминается новая информация, пришедшая в последующий временной интервал.

Для счетчика используют специальные счетные микросхемы, в которых запоминание информации о числе пришедших импульсов выполняется в двоичной системе исчисления (двоичном коде). Расшифровка кода ведется в дешифраторе, к которому подключен цифровой знакосинтезирующий индикатор (расположен на щитке приборов перед водителем).

5.7. Обеспечение информацией водителя

На панели приборов перед водителем расположены стрелочные или цифровые указатели и световые сигнализаторы. От различимости и читаемости данных этих приборов зависит внутренняя информативность транспортного средства. На восприятие информации от приборов водитель затрачивает очень мало времени, поскольку его зрение занято контролем непрерывно меняющейся дорожной обстановки.

На панели приборы должны располагаться так, чтобы центральное место занимали приборы и сигнализаторы, на которых отображается информация прежде всего о безопасности движения, и приборы, информация которых используется чаще. Таким образом, спидометр, сигнализаторы аварийных режимов, указатели давления масла и температуры двигателя должны быть в первую очередь различимы водителем.

Кроме того, приборы объединяют в группы согласно их функциям в процессе представления информации, т. е. компоновка приборов должна проводиться по зонально-функциональному принципу. Учет требований инженерной психологии при размещении приборов перед водителем обеспечивает уменьшение времени обнаружения изменения показаний приборов.

Число контрольных приборов и сигнализаторов регламентируется для каждой категории транспортных средств. От числа и размеров приборов зависит требуемый угол обзора, который должен составлять 0–30° вниз от линии взора.

Увеличение числа контролируемых параметров в целях улучшения обеспечения информацией водителей не только о режиме движения или работы двигателя, но и о состоянии систем и агрегатов требует одновременно роста числа

приборов отображения информации. Однако не вся информация необходима водителю в процессе движения. Современная электроника позволила создать новые информационные панели и дисплеи, на которых информация отражается как в аналоговой, так и в цифровой форме. Распространены щитки приборов с графическим и цифровым отображением информации, причем шкала спидометра и измерителя частоты вращения коленчатого вала двигателя увеличивается в размерах по мере возрастания значения контролируемого параметра. Цифровая информация имеет большую точность, чем информация аналоговых стрелочных приборов. В более ранних приборных панелях для легковых автомобилей семейства ВАЗ (рис. 43, а) в центральной части размещался спидометр, в правой – четыре стрелочных указателя, а слева – комплект световых сигнализаторов.

В новом варианте панели приборов (рис. 43, б) используют только люминесцентные индикаторы. Четыре семисегментных вакуумно-люминесцентных индикатора отображают информацию о скорости автомобиля, частоте вращения коленчатого вала, температуре двигателя и уровне топлива в баке.

Для легковых автомобилей разработаны информационные панели, где параметры движения и данные о режиме работы двигателя отображаются не только с помощью цифр, но и путем перемещения светящегося курсора по соответствующим графикам (рис. 43, в).

Нелинейный индикатор тахометра состоит из 30 сегментов. Разрешающая способность индикатора возрастает с увеличением частоты вращения. Ниже индикатора тахометра располагают девятисегментные индикаторы уровня топлива и температуры.

Группа индикаторов на светоизлучающих диодах (СИД) выполняет функции сигнализаторов аварийных режимов. Контрольные лампы сигнализируют о распределении питания по электронным блокам, входящим в интерфейс подсистемы управления панелью отображения информации.

Панель приборов, разработанная для одной из моделей автомобиля «Мерседес» (рис. 43, г), отображает информацию о скорости движения, количестве топлива, времени, пройденном пути. Дополнительно могут индицироваться еще 25 параметров о режиме работы двигателя и состоянии различных механизмов и систем, в том числе диагностических параметров. Но эти параметры отображаются на дисплее только по требованию водителя путем нажатия соответствующей клавиши на спице рулевого колеса. Управляет коммутацией отображаемой информации бортовой компьютер, выполненный по технологии больших интегральных схем. Он же выполняет функции противоугонного устройства.

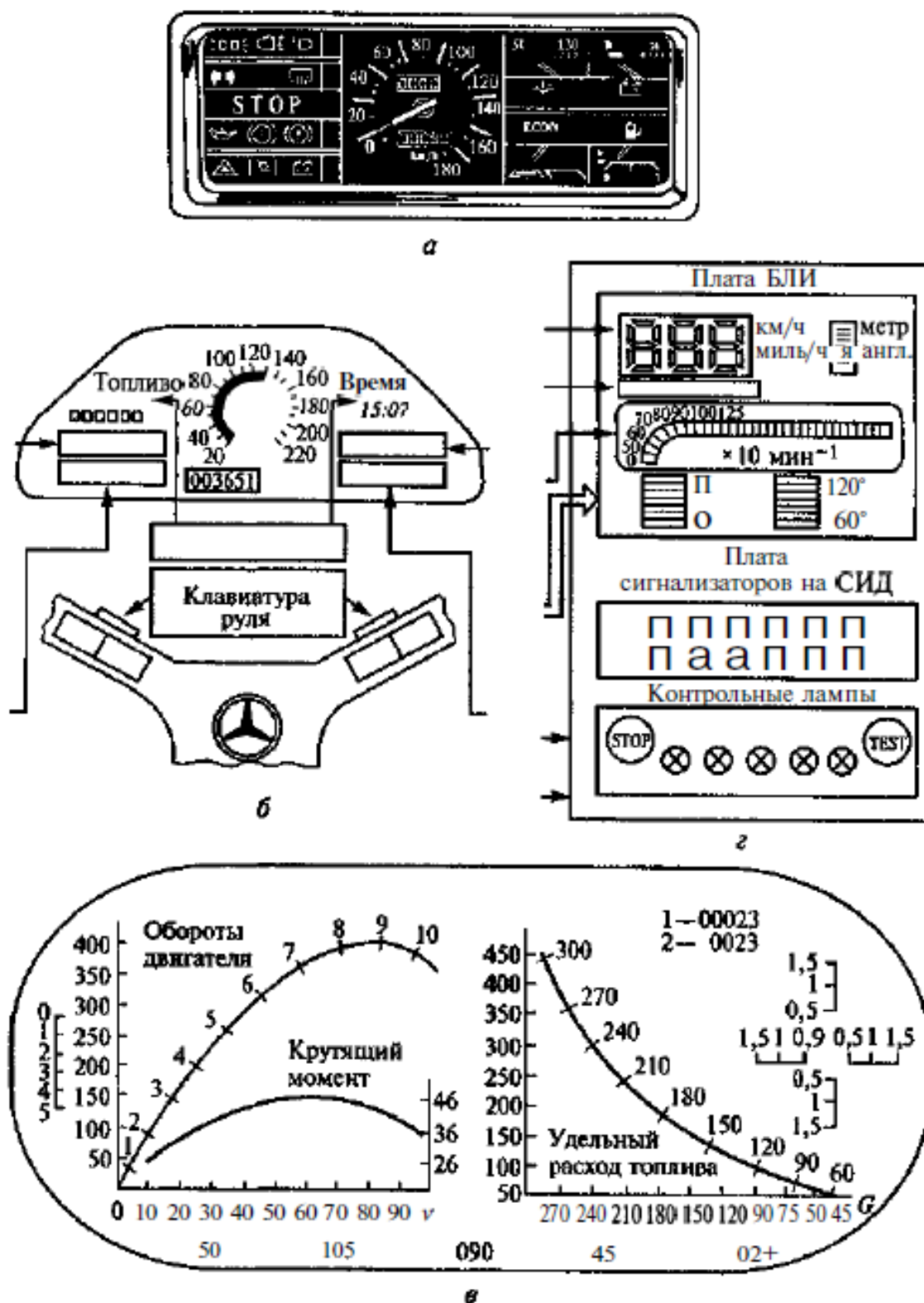


Рис. 43. Современные и перспективные приборные панели отображения информации для водителя: а – легковых автомобилей; б – аналого-цифровая панель; в – графическая панель; г – цифровая панель с маршрутным компьютером; БЛИ – блок люминесцентных индикаторов; СИД – сигнализаторы и индикаторы давления; v – скорость автомобиля; G – процентное отношение расхода топлива к вместимости бака

5.8. Электронные сигнальные и вспомогательные устройства

В качестве дополнительного оборудования для облегчения работы водителя и представления ему информации о состоянии различных устройств автомобиля используют контрольные цепи – сигнализаторы уровня тормозной жидкости, уровня масла в двигателе, уровня топлива, застегнутого состояния ремней безопасности, состояния аккумуляторной батареи. Кроме того, устанавливают электронные приборы, задающие ритм работы отдельных элементов (стеклоочистители, указатели поворота, сигнализаторы аварийной остановки и др.).

В некоторых сигнализаторах могут использоваться не только электронные, но и электромеханические элементы. Например, *устройство, не позволяющее пустить двигатель автомобиля, пока не пристегнуты ремни безопасности*, и формирующее сигнал об этом, может быть создано на базе обычных электромеханических реле (рис. 44). Функционирование такой сигнальной системы заключается в следующем.

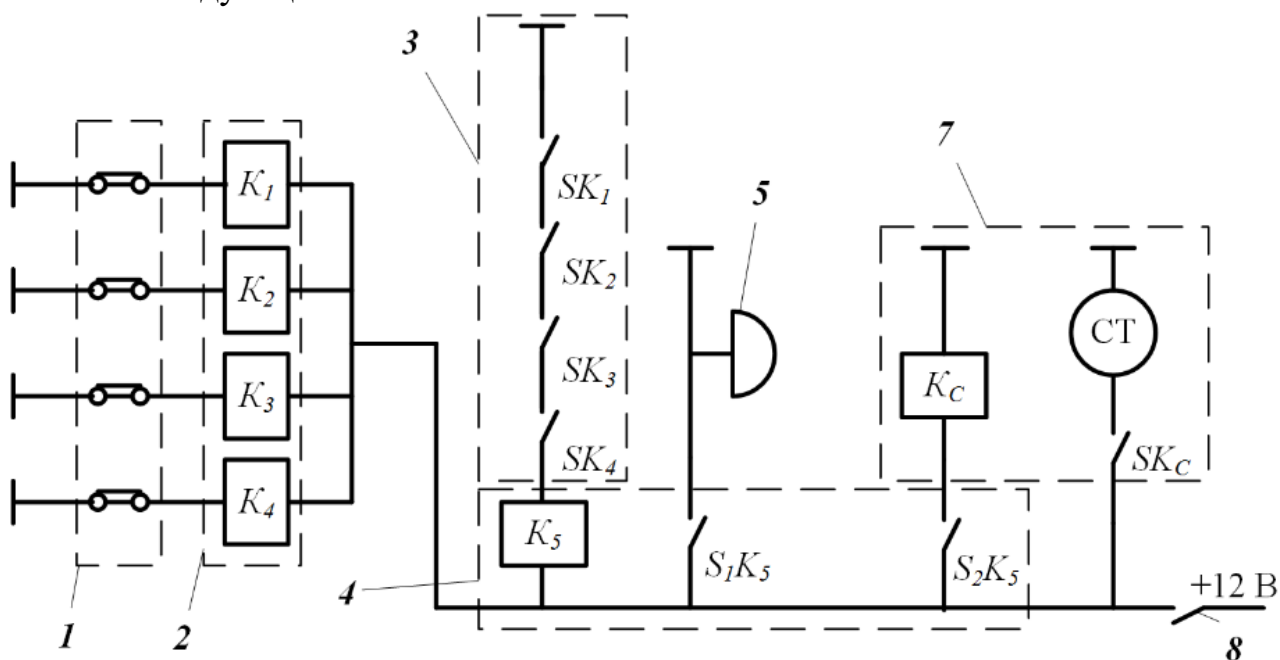


Рис. 44. Электронный сигнализатор с использованием электромеханических реле:
 1 – группа микровыключателей; 2 – группа реле; 3 – группа контактов реле; 4 – группа элементов реле блокировки; 5 – звуковой сигнализатор; 6 – ключ зажигания; 7 – реле стартера; K_1 – K_4 – реле; SK_1 – SK_4 , S_2K_5 – контакты реле; K_5 – реле блокировки;
 S_1K_5 – нормально замкнутый контакт; СТ – стартер; K_C – реле стартера;
 SK_C – нормально открытые контакты

При включении ключа 6 зажигания на звуковой сигнализатор 5 сразу подается питание стартера аккумуляторной батареи, и звуковой сигнал включается. При этом цепь реле K_C разорвана нормально открытыми контактами SK_C и пуск двигателя становится невозможным.

Если застегнуты все ремни безопасности, т. е. включена группа 1 микро-выключателей, то при включении ключа 6 зажигания на обмотки группы 2 промежуточных реле поступает питание и нормально открытые контакты реле группы 3 замыкаются. Поскольку все контакты соединены последовательно, включается реле блокировки K_5 . Нормально замкнутый контакт S_1K_5 этого реле отключает звуковой сигнал 5, а замкнувшийся контакт S_2K_5 позволяет включить реле K_c стартера и пустить двигатель.

В некоторых сигнализаторах применяют также датчики под сиденьем, фиксирующие наличие пассажира для активизации кнопки ремня безопасности на данном сиденье. Аналогичные схемы используются в устройствах сигнализации о незапертом состоянии дверей салона автомобиля.

Сигнализатор уровня тормозной жидкости разработан фирмой «Сименс» для двухконтурной тормозной системы.

Работа сигнализатора основана на использовании электропроводности жидкости. В бачок 1 (рис. 45, а) с тормозной жидкостью вводят электроды I и II. От металлического корпуса («массы») автомобиля через жидкость на базы транзисторов усилителя 2 (рис. 45, б) поступает отрицательный потенциал аккумуляторной батареи. Это приводит к запирающему транзисторов VT1 и VT2 (рис. 45, б).

Если в каком-либо объеме бачка двухконтурного тормозного привода жидкость отсутствует и электрод оголяется, то положительный потенциал через резисторы R1 или R2 поступает на базу одного из транзисторов, открывая его. Это вызывает появление управляющего напряжения на базе промежуточного транзистора VT3, который открывает силовой ключ на транзисторе VT4, включающий световой и звуковой сигналы.

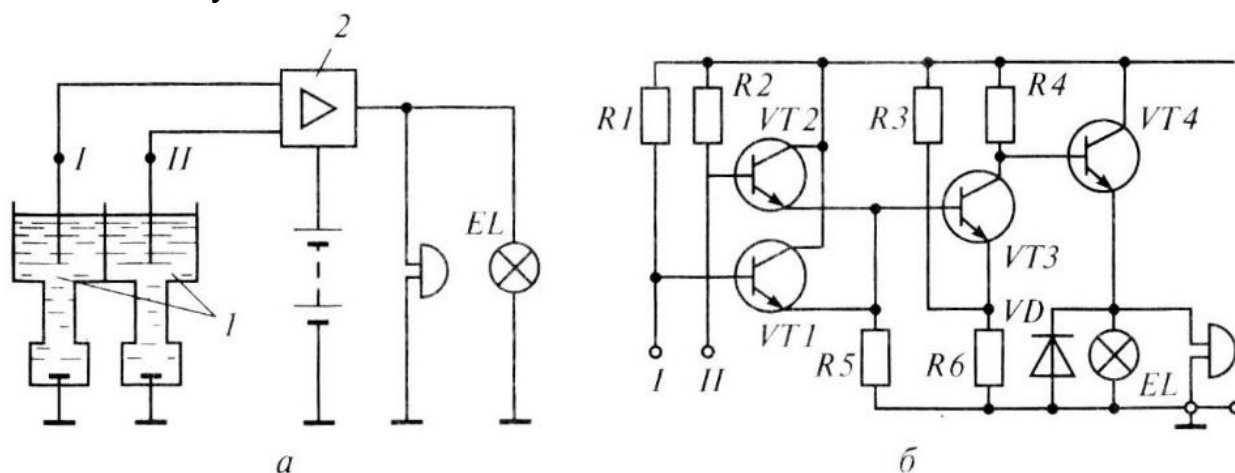


Рис. 45. Сигнализатор уровня тормозной жидкости: а – принцип действия; б – схема, I и II — электроды; 1 – бачок; 2 – усилитель; R1–R6 – резисторы; VD – диод; VT1–VT4 – транзисторы; EL — сигнальная лампа

Для информации водителя об уровне топлива в баке применяют реостатные поплавковые датчики. Эти же датчики могут быть использованы в схемах, в

которых кроме формирования непрерывной информации об уровне топлива выдается сигнал о минимальном оставшемся количестве топлива.

Реостатный поплавковый датчик 1 (рис. 46, а) подключен к усилителю 3 через резистивный мост 2. С выхода усилителя сигнал поступает на стрелочный указатель 4. Усилитель регулируют так, чтобы реле 5 и сигнальная лампа *EL* срабатывали при снижении уровня топлива до минимально допустимого предела.

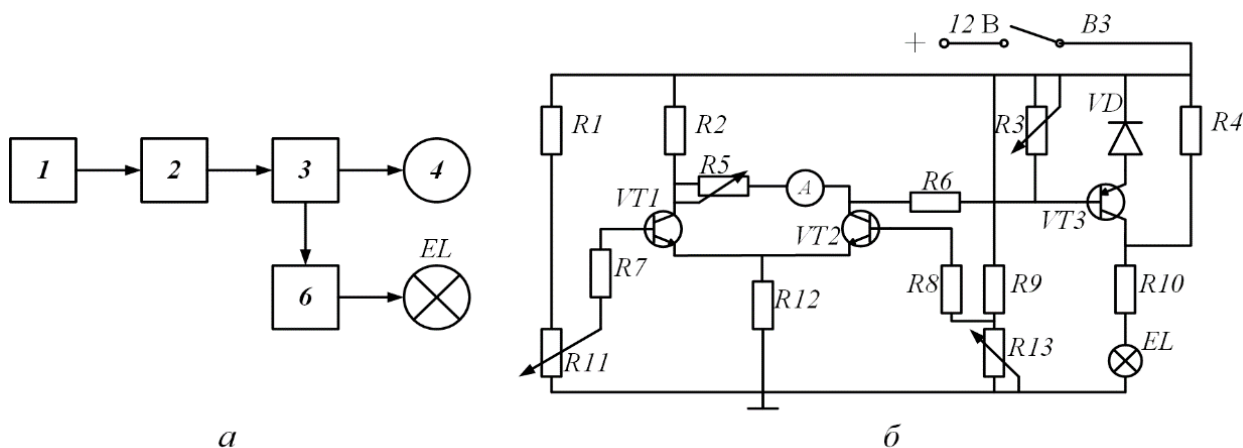


Рис. 46. Реостатный поплавковый датчик: а – принцип действия; б – схема; 1 – датчик; 2 – резистивный мост; 3 – усилитель; 4 – указатель; 5 – реле; $R_1, R_2, R_4, R_6-R_{10}$ и R_{12} – резисторы; R_3, R_5, R_{11} и R_{13} – переменные резисторы; B_3 – выключатель зажигания; VD – стабилитрон; VT_1-VT_3 – транзисторы; EL – сигнальная лампа

Резистивный мост, в который входят реостатный поплавковый датчик R_{11} (рис. 46, б) и резисторы R_7, R_8 и R_{13} , подключен к базам транзисторов VT_1 и VT_2 симметричного усилителя. Стрелочный указатель A включен, как в обычных схемах для измерения напряжения, т. е. между коллекторами транзисторов. Резистором R_{13} выполняется калибровка шкалы указателя при полном баке, а резистором R_5 – при пустом. Общий резистор R_{12} для обоих транзисторов обеспечивает стабилизацию режима их работы.

Сигнал с коллектора транзистора VT_2 поступает на базу транзистора VT_3 , управляющего сигнальной лампой. Реостатом R_3 регулируют уровень напряжения, при котором происходит пробой стабилитрона VD . Позиция движка этого резистора должна быть такой, чтобы пробой стабилитрона происходил при понижении уровня топлива в баке до минимально допустимого. После пробоя стабилитрона ток в цепи эмиттер – коллектор транзистора VT_3 включает сигнальную лампу EL .

Отечественной промышленностью разработаны *сигнализаторы для контроля уровня масла* в двигателе. В таком сигнализаторе поплавков с укрепленным на нем небольшим магнитом имеет возможность перемещаться вдоль стержня из изоляционного материала, в котором установлен геркон (магнитоуправляемый контакт). При снижении уровня масла опускается и поплавок с магнитом вдоль

стержня. Когда поплавков с магнитом поравняется с герконом, контакт в герконе замыкается и включает цепь питания сигнальной лампы.

Зарубежными фирмами разработаны более сложные и дорогостоящие сигнализаторы уровня масла с использованием терморезисторов, погруженных в масло. В зависимости от состояния двигателя (холодный или горячий) специальная электронная схема тестирует изменение теплового состояния терморезистора в течение 25–30 с. Изменение сопротивления терморезистора за время тестирования зависит от общего теплоизлучения, т. е. от объема масла в двигателе.

5.9. Звуковые сигнальные приборы

Система сигнализации автомобиля кроме световой включает и звуковую сигнализацию. Звуковая сигнализация предназначена для обеспечения безопасности движения путем оповещения пешеходов и водителей других автомобилей о присутствии другого транспортного средства. Сигнализаторы используются как электрические, так и пневматические. Они подразделяются на тональные, имеющие рупорный резонатор, и шумовые, у которых резонатор выполнен в виде вибрирующего диска. Устанавливают и по два сигнализатора (один – низкого, второй – высокого тонов). В зависимости от напряжения питания системы электрооборудования на автомобилях устанавливают сигнализаторы с рабочим напряжением 12 или 24 В. Поскольку ток, потребляемый сигнализаторами, имеет значительную величину (до 20 А при двух сигналах), режим работы их должен быть кратковременным, а управление подачей тока в сигнальный прибор производится через специальное реле сигналов, имеющее контактную группу, рассчитанную на кратковременную работу при таких токах.

Конструкция сигнализатора тонального, рупорного типа показана на рисунке 47, а. Между металлическим корпусом 11 и прилегающим к нему рупором 13 укреплен металлическая гофрированная мембрана 1. С мембраной 1 связан цилиндрический якорь 14 так, чтобы его верхняя половина входила внутрь обмотки электромагнита 3, базирующегося в корпусе 11. Якорь снабжен упорным штифтом 7 (толкателем) из изоляционного материала. Внутри электромагнита расположен сердечник 6. Один из выводов 2 обмотки электромагнита изолирован и укреплен на корпусе 11.

Второй вывод обмотки электромагнита с помощью медного болта 10, установленного изолированно от корпуса, подводится к контакту 8, прикрепленному к плоской пружинящей пластине 9. Неподвижный контакт приклепан к пластине 5 и соединен с корпусом, т. е. массой. Усилие прижатия контактов друг к другу регулируется винтом и гайками 4. При работе сигнализатора якорь 14 втягивается в катушку электромагнита, перемещает упорный штифт (толкатель) 7, кото-

рый, воздействуя на пружинящую пластину 9, отгибает ее и разрывает цепь питания электромагнита. После выключения питания все элементы сигнализатора возвращаются в исходное состояние и процесс повторяется. Регулируя предварительное натяжение контактов, изменяют частоту колебаний мембраны, т. е. тональность сигнала.

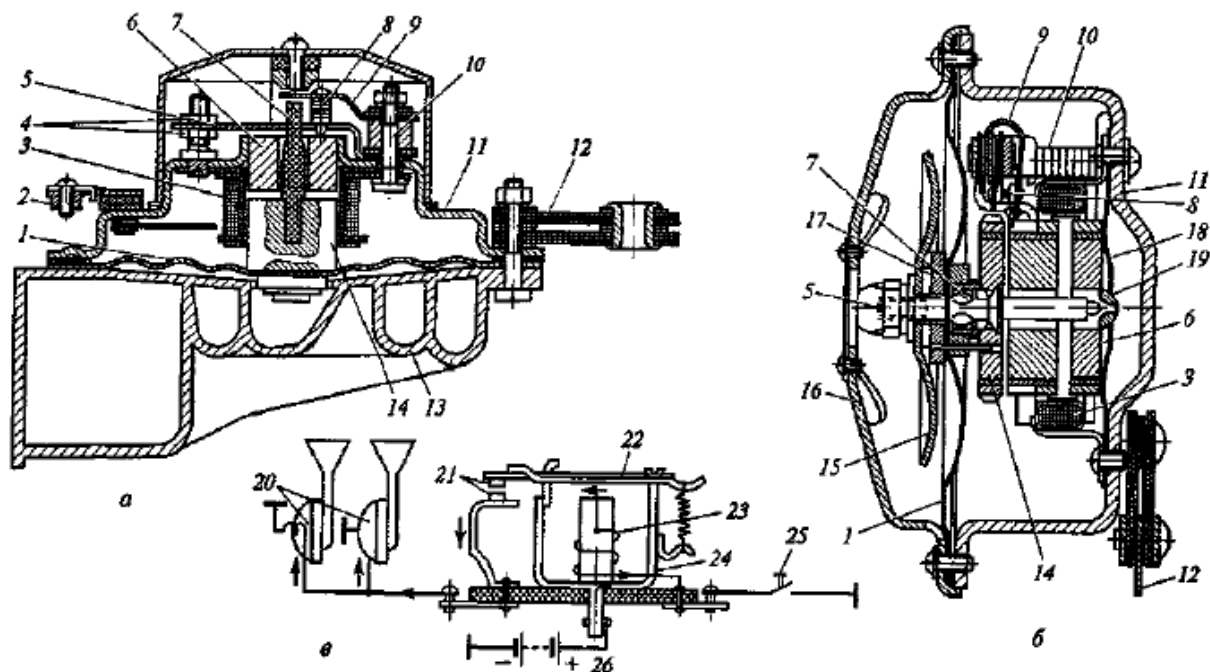


Рис. 47. Рупорный (а) и безрупорный (б) звуковые сигналы сигнализаторов с помощью реле (в): 1 – мембрана; 2 – вывод; 3 и 23 – катушки электромагнитов; 4 – регулировочный узел; 5 – пластина; 6 – сердечник; 7 – штифт; 8 – контакт; 9 – пружинящая пластина; 10 – медный болт; 11 – корпус; 12 – кронштейн; 13 – рупор; 14 – якорь; 15 – резонатор; 16 – крышка; 17 – шайба; 18 – упругая пластина; 19 – упор; 20 – сигналы; 21 – контакты; 22 – якорь; 24 – ярмо; 25 – кнопка сигнализатора; 26 – аккумуляторная батарея

Безрупорный сигнализатор (рис. 47, б) по принципу действия не отличается от рупорного. Он имеет лишь внешние и некоторые внутренние конструктивные отличия. Так же как и рупорный сигнал безрупорный имеет корпус 11 с крышкой 16, которые разделены мембраной 1. С мембраной связан якорь 14 электромагнита, состоящего из катушки 3 и сердечника 6. Якорь 14 при втягивании под действием электромагнитного поля включенной катушки 3 вызывает разрыв контакта 8, воздействуя на пружинящую пластину 9 прерывателя. Контакт 8 имеет регулировку усилия сжатия, а над мембраной устанавливается дополнительная круглая профилированная пластина резонатора.

Независимо от типов звуковых сигнализаторов они имеют унифицированную электрическую схему управления. С помощью такой схемы управления осуществляется разгрузка контактов кнопки сигнала (рис. 47, в).

Положительный полюс аккумуляторной батареи подключается к ярму и сердечнику и связанному с ярмом якоря 24 реле сигнала. На сердечнике реле установлена катушка 23 электромагнита, контактирующая одним своим концом с сердечником и, следовательно, с положительным полюсом аккумуляторной батареи, а вторым – с кнопкой звукового сигнала 25. Эта кнопка, как правило, установлена на рулевой колонке, и при ее замыкании на массу подключается обмотка 23 электромагнита к аккумуляторной батарее 26.

Якорь 22 реле притягивается к сердечнику и замыкает контакты 21, при этом положительный полюс аккумуляторной батареи подключается к обмоткам электромагнитов сигналов. Поскольку металлические элементы реле находятся под напряжением их устанавливают на пластине из изоляционного материала (как правило текстолит) и закрывают крышкой. Пластина снабжена пружинящим кронштейном для крепления в подкапотном пространстве двигателя. При такой схеме включения сигнализаторов через кнопку 25 включения реле сигналов проходит небольшой ток, достаточный только для намагничивания сердечника реле.

В некоторых сигнальных приборах для уменьшения искрообразования параллельно контактам ставят конденсатор, который в результате заряд-разрядного процесса в колебательном контуре конденсатор-катушка электромагнита влияет также на тональность звукового сигнала.

5.10. Контрольные вопросы

1. Какие конструкции контрольно-измерительных приборов применяются на автомобиле?
2. Какими преимуществами обладают логометрические контрольно-измерительные приборы?
3. По какому принципу размещаются контрольно-измерительные приборы и сигнализаторы на панели приборов автомобиля?
4. С какой целью на автомобиле применяется бортовая система контроля?
5. Какие диагностические параметры можно проверять с помощью системы встроенной диагностики?
6. Какую информацию получает водитель с помощью бортового компьютера?

6. ЭЛЕКТРОНИКА В УПРАВЛЕНИИ СИСТЕМАМИ ДВИГАТЕЛЯ

6.1. Управление карбюратором

Электронные системы автоматического управления широко применяют в управлении большинством механизмов и агрегатов автомобиля: двигателем, трансмиссией, подвеской, рулевым управлением, а также процессами торможения, предотвращения столкновений, разворачивания средств пассивной защиты.

Применение технических средств автоматического управления на автомобиле позволяет сократить расход топлива, уменьшить токсичность отработавших газов и тем самым улучшить экологическую обстановку, особенно в крупных городах. Автоматика создает условия для повышения эффективности использования автомобилей за счет увеличения их скорости и пропускной способности дорог при сохранении требований к безопасности движения и улучшает условия труда водителей.

Электронные автоматические системы управления двигателем оптимизируют на бензиновом двигателе рабочие процессы топливоподачи и воспламенения рабочей смеси, облегчают пуск двигателя, особенно при низких температурах.

Расширяется использование автоматики в управлении клапанами для изменения фаз газораспределения или для выключения из работы нескольких цилиндров в целях экономии топлива. Используют системы, обеспечивающие возврат (рециркуляцию) части отработавших газов во впускной трубопровод для смешивания с вновь поступившей порцией топлива, при этом изменяются не только состав, но и температура топливной смеси.

Системы топливоподачи бензиновых двигателей подразделяют на две основные группы:

- карбюраторные системы с электронным управлением, в которых подачей топлива управляют путем изменения проходного сечения главного топливного жиклера;
- системы впрыска топлива во впускной трубопровод или непосредственно в цилиндр двигателя (непосредственный впрыск в цилиндр из-за сложности реализации практически не применяют).

Электронное управление карбюратором на современных автомобилях предусматривает в основном управление экономайзером принудительного холостого хода ЭПХХ (рис. 48). Это объясняется тем, что у автомобиля, особенно в городских условиях, часто используется режим движения накатом без отключения двигателя от трансмиссии.

Дроссельная заслонка карбюратора закрыта, и в это время движущей силой является сила инерции автомобиля, которая через колеса и трансмиссию подкручивает коленчатый вал двигателя. Причем частота вращения может быть выше,

чем задаваемая положением органа топливоподачи, и двигатель вынужден работать в режиме торможения – принудительного холостого хода. Для уменьшения расхода топлива в режиме принудительного холостого хода прекращают подачу топлива, тем самым не только экономя 2–3 % бензина, но и на 15–30 % снижая содержание токсичных веществ в отработавших газах.

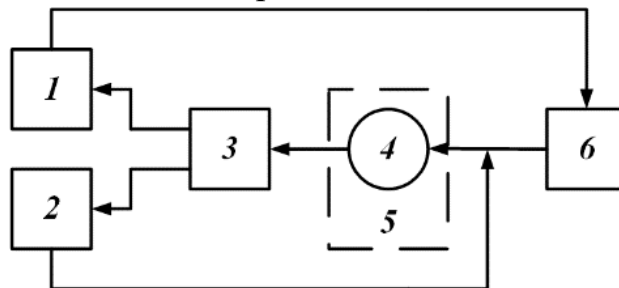


Рис. 48. Система автоматического управления экономайзером принудительного холостого хода: 1 – датчик частоты вращения вала; 2 – датчик положения дросселя; 3 – двигатель, 4 – электромагнитный клапан; 5 – карбюратор; 6 – блок управления ЭПХХ

Итак, электронный блок управления исполнительным механизмом, закрывающим подачу топлива в режиме принудительного холостого хода, формирует управляющую команду на основе анализа выполнения двух условий: дроссельная заслонка карбюратора закрыта; текущая частота вращения n коленчатого вала двигателя больше частоты $n_{\text{хх}}$, которую имел бы двигатель, работая с закрытой дроссельной заслонкой при отключении от трансмиссии (коробка передач в нейтральной позиции), т. е. $n > n_{\text{хх}}$. Значение частоты вращения $n_{\text{хх}}$ для каждой конкретной модели двигателя должно быть предварительно занесено в память микропроцессора системы управления экономайзером принудительного холостого хода.

Информация о частоте вращения коленчатого вала двигателя формируется путем измерения частоты замыканий контактов прерывателя. Положение дроссельной заслонки карбюратора фиксируется с помощью кнопочного (конечного) выключателя (микровыключателя), приводимого в действие кулачком, механически связанным с приводом дроссельной заслонки. Такая схема управления применена на автомобилях ЗИЛ с карбюраторными двигателями.

На легковых автомобилях устанавливают два клапана. Один из них, управляющий проходным сечением канала холостого хода, имеет вакуумный привод. Второй, соединяющий вакуумную камеру этого привода с впускным коллектором двигателя, – электромагнитный. Двухклапанная схема управления применена на автомобилях ВАЗ-2108.

6.2. Управление впрыском топлива

Системы впрыска топлива для бензиновых двигателей подразделяют на две группы:

– *системы распределенного впрыска*, когда форсунки устанавливают в зоне впускных клапанов каждого цилиндра;

– *системы центрального впрыска*, когда имеется одна (реже две) форсунка на весь двигатель, и подача (впрыск) топлива осуществляется (аналогично карбюратору) в одном месте впускного трубопровода; в этой зоне формируется смешительная камера, а из нее топливная смесь распределяется на тактах всасывания по каждому цилиндру в порядке их работы.

Система с электронным впрыском дозирует подачу топлива в зависимости от режима работы двигателя. Для этого топливо подается к форсункам от насоса при постоянном давлении (0,2 МПа).

Электронная система управления формирует для форсунок командный сигнал прямоугольной формы определенной длительности, который определяет время открытого состояния форсунок, или, иначе говоря, количество топлива, поступающего в цилиндры двигателя. Управление длительностью, т. е. шириной прямоугольного импульса, принято называть *широотно-импульсной модуляцией* (ШИМ). Процесс формирования импульсов переменной длительности (ширины) и частоты относят к *частотно-широотноимпульсной модуляции* (ЧШИМ).

В систему электронного управления впрыском топлива входят (рис. 49) датчик n_e частоты вращения коленчатого вала двигателя, датчик угла открытия дроссельной заслонки карбюратора, двухканальный преобразователь АЦП, постоянное запоминающее устройство ПЗУ, преобразователь 1 кода во временные интервалы, устройство 2 синхронизации, усилитель 3 мощности, от которого сигнал поступает в электромагниты форсунок 4. Сигналами датчиков температуры охлаждающей жидкости двигателя $t_{ж}$, атмосферного воздуха $t_{в}$ и атмосферного давления $P_{атм}$ проводится дополнительная корректировка временного интервала открытого состояния форсунок.

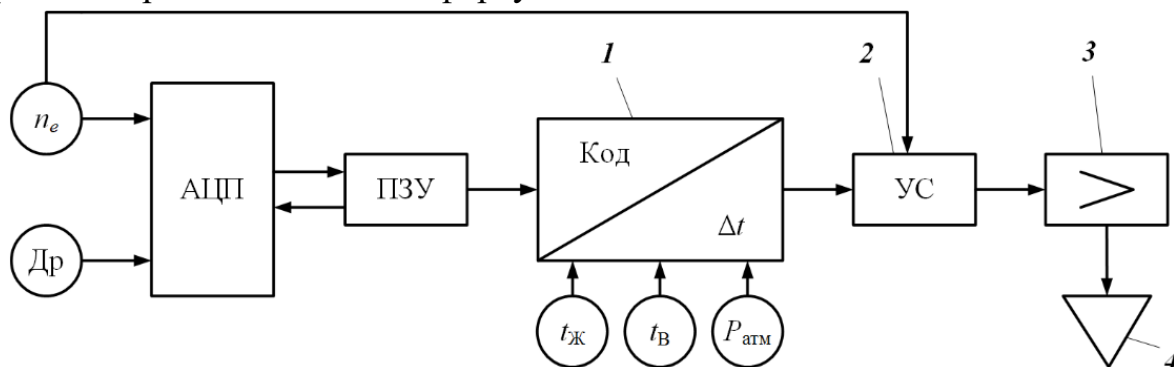


Рис. 49. Система электронного впрыска топлива: 1 – преобразователь кода; 2 – устройство синхронизации; 3 – усилитель мощности; 4 – форсунки; n_e , $t_{ж}$, $t_{в}$ и $P_{атм}$ – датчики соответственно частоты вращения коленчатого вала двигателя, угла открытия дроссельной заслонки карбюратора, температуры охлаждающей жидкости и атмосферного воздуха, а также атмосферного давления

С помощью устройства 2 синхронизации, управляемого от датчика частоты вращения коленчатого вала двигателя, обеспечивается впрыск топлива в моменты, когда поршень находится в определенной позиции такта всасывания,

соответствующей наименьшему оседанию частиц топлива на стенках впускного трубопровода.

Такая система периодического впрыска топлива имеет хорошее быстродействие и более точно дозирует топливо при неустановившихся режимах работы двигателя.

Благодаря точности дозировки уменьшаются по сравнению с любыми другими системами топливоподачи расход бензина и токсичность отработавших газов.

Блок управления системой впрыска строится на базе мощного микропроцессора, получающего информацию от множества датчиков, отслеживающих параметры рабочего процесса двигателя. По существу, это система комплексного регулирования впрыска топлива, угла опережения зажигания, детонации и частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу.

В большинстве систем электронного впрыска используется *синхронный режим*, т. е. на один оборот коленчатого вала двигателя – один впрыск. На *разгонном режиме* для повышения мощности двигателя используется не только синхронный, но и асинхронный впрыск. Как карбюраторные системы с электронным управлением, так и системы впрыска топлива предусматривают наличие на автомобиле электронной системы зажигания с цифровым управлением углом опережения зажигания.

Выбор оптимального угла опережения зажигания зависит от частоты вращения коленчатого вала двигателя и его температуры, от позиции органа привода топливоподачи, разрежения во впускном трубопроводе и др. Взаимосвязь влияния этих параметров на угол опережения зажигания нелинейная и зависит от быстроходности двигателя, его степени сжатия и эксплуатационного износа. Она не может быть какой-либо закономерностью, описываемой математическим выражением. Поэтому микропроцессорные системы зажигания содержат постоянное запоминающее устройство, в память которого заносятся данные об угле опережения, а выбор (считывание из памяти) оптимального текущего угла происходит на основании данных о других параметрах рабочего процесса двигателя.

Примером такой базы данных, записываемых в ПЗУ, является *калибровочная диаграмма* (см. рис. 24). В микропроцессорной системе управления углом опережения зажигания применяют программируемые микросхемы процессоров, позволяющие при изменении алгоритма работы системы не менять аппаратную часть, а только перепрограммировать ПЗУ (вводить в ПЗУ новые данные). Это необходимо выполнять также при изменении параметров двигателя в результате его старения, что требует высокой квалификации специалистов автопредприятий, выполняющих техническое обслуживание автомобилей

Перспективными считаются *системы оптимального управления* топливоподачей. По существу, в такой системе реализуется принцип работы следящей

системы автоматического управления с обратной связью. В процессе управления контролируется результат воздействия управляющих сигналов и, если результат отклоняется от требуемого значения параметра, управляющее воздействие корректируется (это делается непрерывно до ввода системы в требуемый оптимальный режим).

Как и в любой следящей системе, процесс управления носит колебательный характер. Практически из трех желаемых параметров (тяговые характеристики автомобиля, расход топлива, токсичность отработавших газов) оптимизировать можно только один. Так, для улучшения тягово-скоростной характеристики увеличивают топливopодачу (обогащают рабочую смесь), в то время как для уменьшения расхода топлива требуется обеднение рабочей смеси.

Токсичность отработавших газов уменьшается приготовлением рабочей смеси в определенном соотношении ее химических составляющих.

Попыткой удовлетворить современные требования к экологическим характеристикам автомобилей является внедрение *программно-адаптивных систем топливopодачи*, когда обратная связь осуществляется путем контроля химического состава отработавших газов (рис. 50).

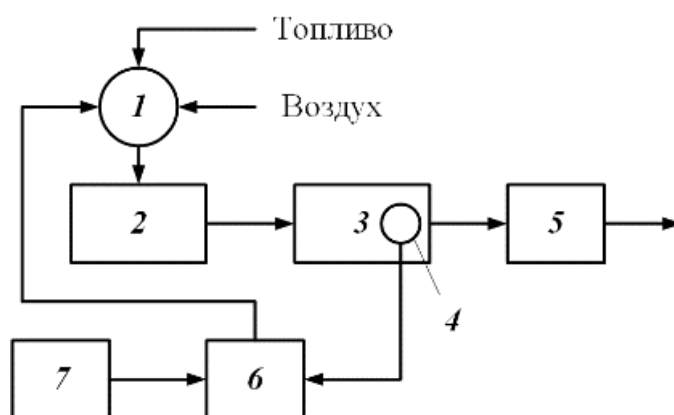


Рис. 50. Следящая система автоматического регулирования топливopодачи:
1 – дозирующее устройство; 2 – двигатель; 3 – выпускной тракт; 4 – датчик кислорода, 5 – нейтрализатор; 6 – схема сравнения; 7 – задатчик опорного напряжения

Дозирующее устройство 1 двигателя 2 приготавливает рабочую смесь, в которой обеспечивается ее стехиометрический состав. Если состав смеси отличается от требуемого, то датчик 4 кислорода, установленный в выпускном тракте 3 двигателя 2, вырабатывает соответствующий электрический сигнал, который подается в электронную схему 6 сравнения. В эту же схему поступает сигнал от задатчика 7 опорного напряжения, соответствующего тому, которое должен формировать датчик 4 кислорода, если состав отработавших газов соответствует по токсичности требуемым нормативам. В противном случае схема сравнения вырабатывает сигнал рассогласования, отличный от нуля, которым корректируется работа дозирующего устройства. Окончательная очистка отработавших газов от таких составляющих, как CO, CH, NO, производится каталитическим нейтрализатором 5.

С помощью датчиков температуры и давления корректируется длительность управляющего импульса дозирования топлива. Пример электронной системы впрыска, реализованной на автомобиле «Тойота», показан на рисунке 51.

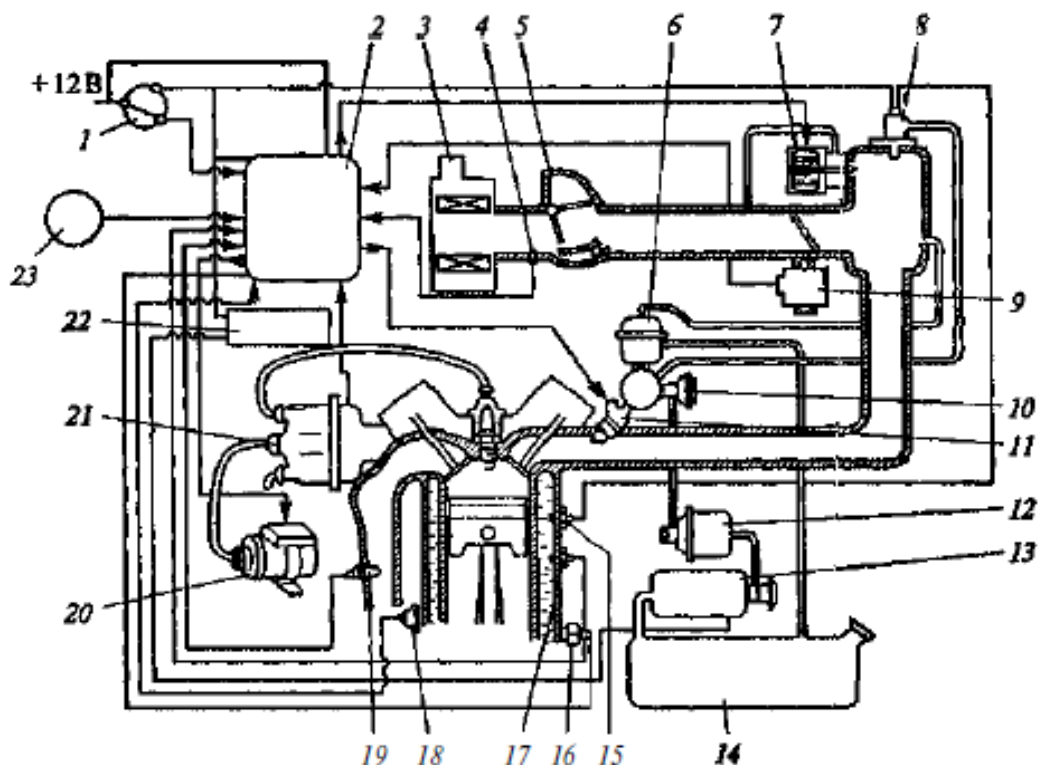


Рис. 51. Электронная система управления двигателем фирмы «Тойота»: 1 – замок зажигания, 2 – электронный микропроцессорный блок управления, 3 – воздушный фильтр; 4 – датчик температуры поступающего в двигатель воздуха; 5 – датчик расхода воздуха; 6 – регулятор давления; 7 – клапан холостого хода; 8 – форсунка холодного пуска; 9 – датчик угла открытия дроссельной заслонки, 10 – редукционный клапан; 11 – форсунка; 12 – топливный фильтр 13 – топливный насос; 14 – топливный бак; 15 – таймер прогрева; 16 – датчик детонации, 17 – датчик температуры в системе охлаждения, 18 – датчик падения давления масла; 19 – датчик кислорода; 20 – катушка зажигания, 21 – распределитель зажигания; 22 – реле включения; 23 – датчик скорости

Топливо из бака 14 с помощью насоса 13, управляемого от реле 22 включения, через фильтр 12 подается к форсунке 11 впрыска во впускной трубопровод. Форсунка оснащена регулятором давления 6 и редукционным клапаном 10. Перед впускным трубопроводом установлен воздушный фильтр 3, за которым расположен датчик 4 температуры поступающего в двигатель воздуха и датчик 5 расхода воздуха. С приводом дроссельной заслонки связан датчик 9 угла ее поворота (открытия).

Центральный электронный блок 2 управления подключен к бортовой сети напряжением 12 В через замок 1 зажигания. На вход электронного блока 2 управления подается сигнал скорости движения автомобиля. Выходы блока управления связаны с форсункой 11 и катушкой зажигания 20. На входы блока 2 подаются сигналы датчиков частоты вращения коленчатого вала от распределителя

21, температуры охлаждающей жидкости 17, кислорода 19 и аварийного падения давления масла 18. Для облегчения пуска холодного двигателя используется форсунка 8. Устойчивость режима холостого хода обеспечивается клапаном 7.

В рассматриваемой комплексной системе управления обеспечивается не только топливоподача, но и регулирование угла опережения зажигания с учетом карты оптимальных углов (см. рис. 24) и под контролем возможности возникновения детонации, информация о которой формируется датчиком 16 (см. рис. 51). Удерживание угла опережения зажигания на границе предельного, за которым происходит детонация, способствует повышению КПД, мощности и экономичности двигателя.

Дополнительная корректировка угла опережения зажигания осуществляется по сигналам датчика температуры двигателя, что важно при его холодном пуске. При повышении температуры двигателя зажигание автоматически устанавливается более поздним.

В электронных микропроцессорных блоках управления предусматриваются вспомогательные подсистемы, обеспечивающие диагностику правильности функционирования системы впрыска.

6.3. Управление топливоподачей дизелей

Электронные системы управления топливоподачей дизелей используют для снижения токсичности и дымности отработавших газов, акустических излучений, а также для стабилизации работы двигателя на холостом ходу. Они выполняют следующие функции:

- количественное управление топливоподачей;
- управление моментом начала впрыска;
- управление частотой вращения коленчатого вала на холостом ходу и защитой двигателя от превышения допустимой частоты;
- управление свечами накаливания.

Как и для карбюраторных двигателей, используют три типа электронных систем управления дизелями: *аналоговые*, *цифровые* и *микропроцессорные*. Из-за некоторых специфических недостатков аналоговые и цифровые системы управления распространены в основном на стационарных двигателях, работающих в установившихся режимах.

Автомобильные двигатели, которые работают в широком диапазоне скоростных и нагрузочных (неустановившихся) режимов, требуют комплексного подхода к динамическому процессу управления на основе большого количества информации о режимных параметрах и корректирующих операциях, обеспечивающих защиту от аварийных режимов. Под *режимными параметрами* понимают информацию о частоте вращения коленчатого вала двигателя, положении рейки топливного насоса высокого давления, положении педали топливоподачи.

Микропроцессор на основе информации о режимных параметрах формирует предварительные коды для исполнительных механизмов, которыми задается режим работы двигателя. Повышение точности регулирования достигается путем корректировки управляющих воздействий на основе информации об условиях работы двигателя, т. е. о температуре топлива и всасываемого воздуха при атмосферном давлении. Корректировка проводится для дозы впрыскиваемого топлива. Сигналы датчиков температуры и давления масла, температуры охлаждающей жидкости используются для оценки условий пуска двигателя и предупреждения аварийных режимов.

Микропроцессорная система управления дизелем М (рис. 52), обеспечивающая удовлетворительное воспроизведение режимов работы, близких к оптимальным, представляет собой программноследящую систему автоматического регулирования с несколькими отрицательными обратными связями. Качественное обеспечение переходных процессов на неустановившихся режимах, связанное с технико-экономическими показателями работы двигателя, зависит от характеристик топливоподачи.

Рабочий процесс электронной системы управления сводится к расчету теоретически необходимого положения рейки ТНВД. Эту операцию выполняет программный задатчик ПЗ микропроцессора, используя информацию датчика $W_{\text{п}}$ о положении педали топливоподачи.

Изменение реального текущего положения рейки осуществляется датчиком $X_{\text{р}}$. Сравнение расчетного и действительного положений рейки проводится в блоке сравнения БС, и в зависимости от рассогласования входных параметров осуществляется корректировка положения рейки с помощью исполнительного механизма ИМ.

В оперативном запоминающем устройстве ОЗУ микропроцессора хранятся промежуточные результаты вычислений. Корректировка управляющих воздействий ИМ проводится при опросе коммутатором датчиков температуры воздуха и топлива. Для управления углом опережения впрыска топлива в зависимости от частоты вращения коленчатого вала и нагрузки на двигатель используют датчики $n_{\text{с}}$ и $P_{\text{атм}}$. Оптимальный угол опережения впрыска выбирается (индивидуально для каждого типа двигателя) по регулировочной характеристике, заложенной в память ПЗУ (см. рис. 24).

Микропроцессор получает исходную информацию от датчиков положения педали топливоподачи, частоты вращения коленчатого вала двигателя, текущего положения рейки топливного насоса, механически связанного с ТНВД.

Установка требующейся позиции рейки топливного насоса осуществляется следящей системой автоматического управления с обратной связью, в которой задатчиком является электрический сигнал расчетного положения рейки, а

обратной связью – сигнал действительного положения рейки, формируемый датчиком W_p . Корректировка расчетного значения положения рейки выполняется с учетом данных о температуре двигателя, температуре воздуха, поступающего на вход двигателя, и об атмосферном давлении.

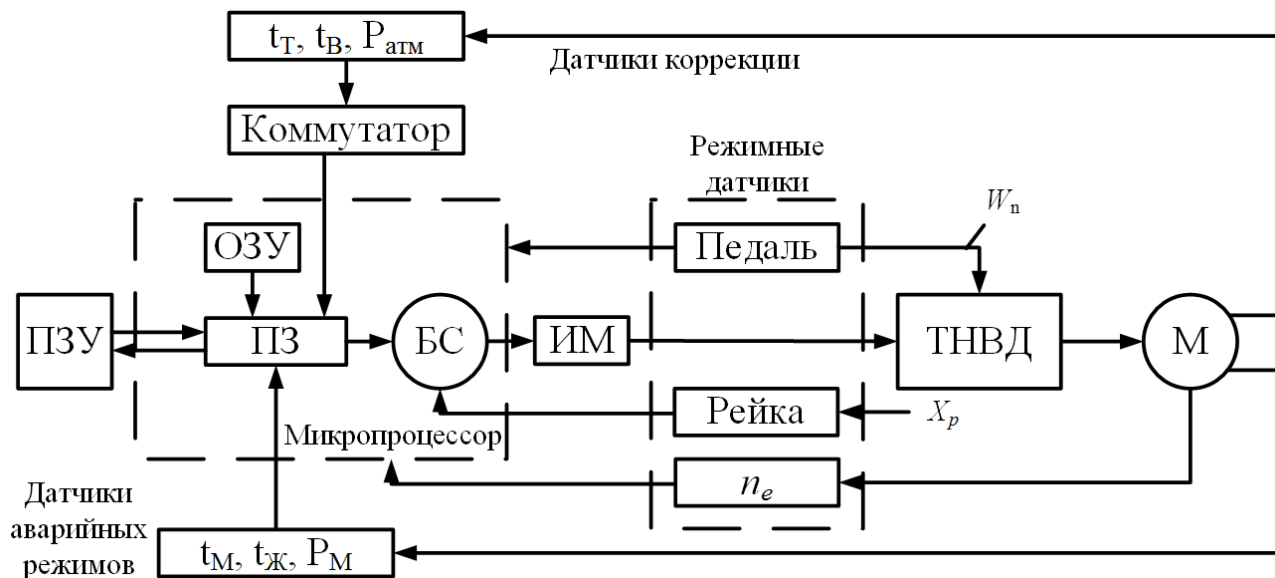


Рис. 52. Микропроцессорная система управления дизелем: ПЗУ – постоянное запоминающее устройство; ОЗУ – оперативное запоминающее устройство, ПЗ – программный задатчик, БС – блок сравнения; ИМ – исполнительный механизм; ТНВД – топливный насос высокого давления; М – дизель, W_n – датчик положения педали топливоподачи; X_p – датчик реального текущего положения рейки топливного насоса, n_e – частота вращения коленчатого вала двигателя; t_M и P_M – температура и давление масла; t_J , t_T и t_B – температура соответственно охлаждающей жидкости, топлива и воздуха; $P_{атм}$ – атмосферное давление

Блок расчета необходимого положения рейки топливного насоса содержит (как и в электронной системе управления карбюраторным двигателем) запоминающее устройство, в которое заносятся данные регулировочной характеристики дизеля по углу опережения впрыска топлива (см. рис. 24).

Это позволяет изменять угол опережения впрыска в зависимости от нагрузки и частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Информация основных датчиков, участвующих в формировании количественных и временных характеристик топливоподачи, используется дополнительно в подсистеме защиты двигателя, т. е. когда какой-либо параметр рабочего процесса достигает предельно допустимого значения. Например, при достижении температуры двигателя $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ снижается частота вращения коленчатого вала и водитель оповещается звуковым и световым сигналами. При падении давления масла в системе смазывания двигатель останавливается.

6.4. Информационное обеспечение микропроцессорных систем управления двигателем

Комплекс датчиков, с помощью которых представляется исходная информация для электронных систем управления автомобилем, состоит из датчиков частоты вращения, линейного и углового перемещения, температуры, давления (в том числе детонации), расхода воздуха и химического состава газа.

Датчик частоты вращения формирует информацию о частоте вращений коленчатого вала двигателя и о моментах прохождения поршнем ВМТ. Применяют датчики индуктивные или основанные на эффекте Холла.

В индуктивном датчике катушку индуктивности, расположенную на магнитном сердечнике, устанавливают в картере маховика двигателя с небольшим зазором относительно зубчатого венца маховика. При прохождении зубцов венца мимо сердечника катушки изменяется магнитное сопротивление цепи «магнитный сердечник – зуб – воздушный зазор», и в катушке индуцируются импульсы ЭДС, частота которых пропорциональна частоте вращения коленчатого вала двигателя. Датчик Холла, как правило, устанавливают в распределителе зажигания или, используют уже установленный (в бесконтактных системах зажигания).

Датчики линейного или углового перемещения рейки ТНВД дизеля, угла поворота дроссельной заслонки карбюратора или перемещения педали топливopодачи на рабочем месте водителя применяют аналоговые (реостатные) (рис. 53, а) или потенциометрические (рис. 53, б), реже индуктивные), а также дискретного действия (рис. 53, в). Внутри корпуса 2 (рис. 53, а) реостатного (потенциометрического) датчика на изолирующей платформе расположен дугообразный резистивный элемент 1, по которому перемещается ползунок 4, связанный с валом внешнего привода. С этим же валом связан второй (контактный) ползунок 3, включающий концевой выключатель в крайнем положении при закрытой дроссельной заслонке.

В датчике дискретного действия (рис. 53, в) дугообразная пластина 7 выполнена в виде ряда последовательно расположенных контактов, по которым перемещается ползунок 6, связанный с приводом 9. Кулачок 10 привода управляет контактами 8 и 11 в конечных позициях при повороте вала привода. Весь электрический узел располагается в корпусе с электрическим разъемом 5 для подключения кабеля связи с электронным блоком.

Датчики для измерения температурного режима двигателя и передачи информации в электронные блоки управления используют в основном аналогового типа.

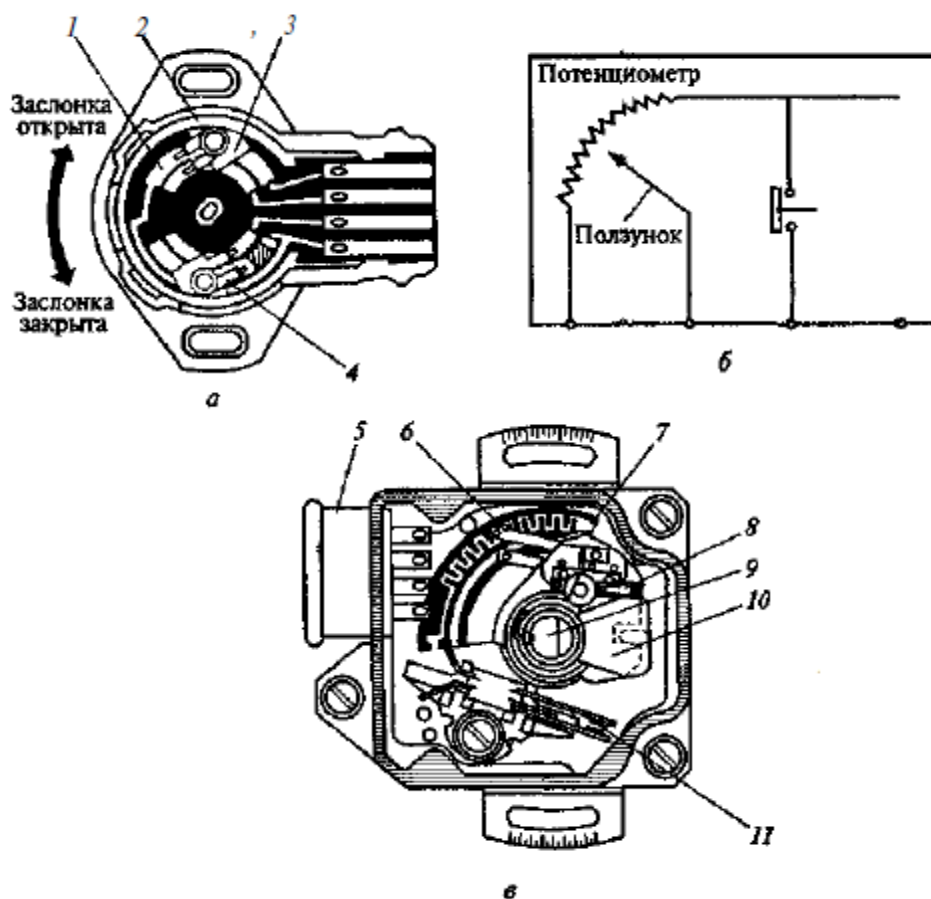


Рис. 53. Датчики угла поворота дроссельной заслонки: а – реостатный; б – потенциометрический; в – дискретный; 1 – резистивный элемент; 2 – корпус; 3, 4 и 6 – ползунки; 5 – кабельный разъем; 7 – контактная пластина; 8 и 11 – контактные группы; 9 – привод; 10 – кулачок

Датчик (рис. 54) представляет собой кристалл терморезистора 1, монтируемый в корпусе 4 изолированно от него с помощью диэлектрической втулки 5. Терморезистор прижат к днищу корпуса 4 пружиной 2, которая контактирует с выводом 3. При повышении температуры сопротивление терморезистора уменьшается, что приводит к увеличению проходящего через него тока, который является информационным сигналом для электронных блоков управления топливоподачей.

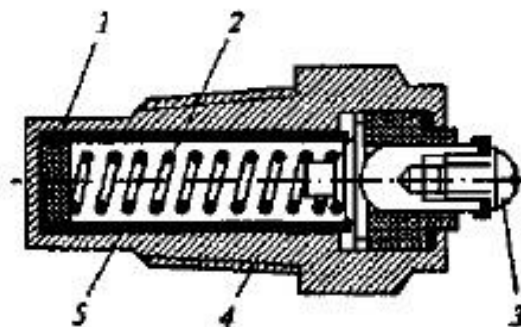


Рис. 54. Датчик температуры двигателя с терморезисторным чувствительным элементом: 1 – терморезистор; 2 – пружина; 3 – вывод; 4 – корпус; 5 – втулка

Датчик давления – также аналогового (непрерывного) действия – подобен датчику для измерения давления в системе смазывания двигателя.

Давление воспринимается мембраной, которая перемещает движок потенциометра (резистивный датчик) или магнитный сердечник внутри катушки индуктивности.

Перспективными считаются датчики, в которых используется пьезоэффект или пьезорезистивный эффект. В первом случае давление рабочей среды передается на кристалл из цирконата-титаната свинца, на поверхности которого под действием давления образуются электрические заряды, пропорциональные давлению.

Во втором случае полупроводниковый кремниевый кристалл выполнен в виде мостовой резистивной схемы (рис. 55, *а*). Под действием давления пропорционально изменяется сопротивление резисторов, а, следовательно, и сила тока, проходящего через них.

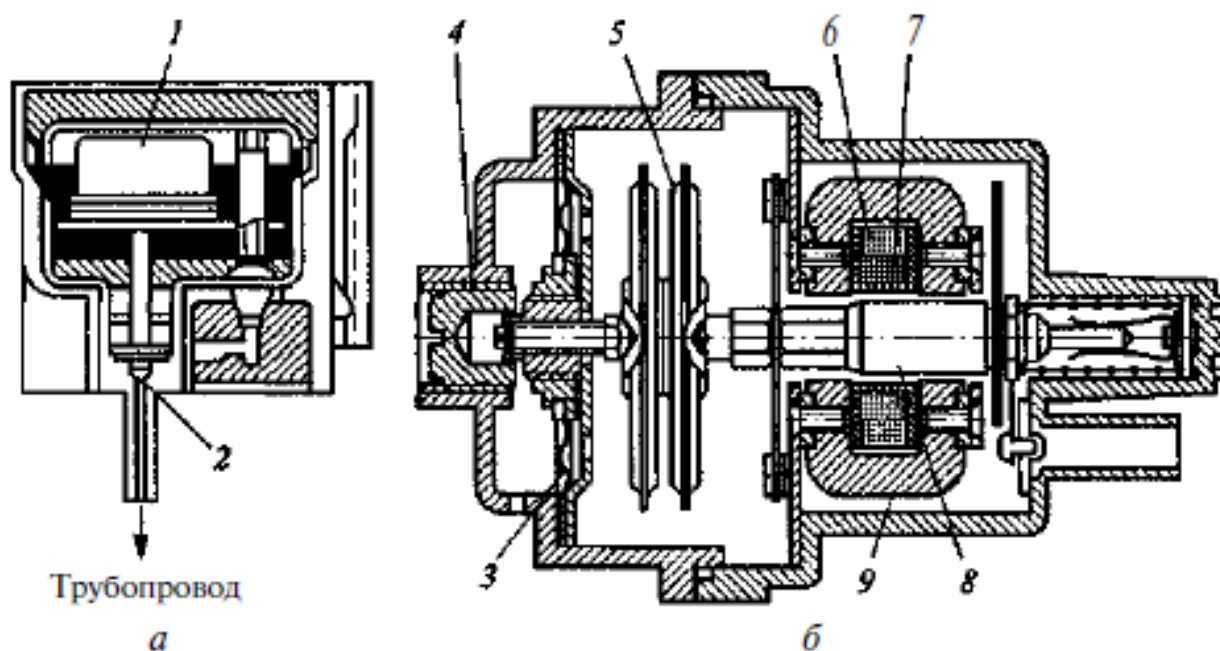


Рис. 55. Датчики давления: а – полупроводниковый; б – индуктивный; 1 – полупроводниковый тензорезистор; 2 – фильтр; 3 – мембрана камеры компенсации изменения атмосферного давления; 4 – пробка; 5 – aneroidная коробка; 6 и 7 – катушки индуктивности; 8 – сердечник; 9 – ярмо

Наиболее сложным по конструкции является датчик давления воздуха во впускном трубопроводе. Перед дроссельной заслонкой в трубопроводе давление практически соответствует давлению наружного (атмосферного) воздуха, а за дроссельной заслонкой в зависимости от ее позиции все время меняется.

Поскольку число циклов наработки такого датчика невелико, то для повышения его долговечности используют бесконтактные индуктивные преобразователи механических перемещений в электрический сигнал (рис. 55, *б*).

Давление воздуха воспринимается блоком, состоящим из двух anerоидных коробок 5, соединенных последовательно. Поскольку при увеличении нагрузки давление во впускном трубопроводе возрастает, anerоидные коробки сжимаются и перемещают связанный с ними сердечник 8 внутри катушек 6 и 7, установленных в ярме 9. Сердечник 8, входя в катушку, повышает ее индуктивность, что вызывает увеличение ширины импульса, открывающего форсунку впрыска топлива. Для того чтобы показания датчика определялись только давлением внутри впускного трубопровода, блок anerоидов связан с мембраной 3. Атмосферное давление воздействует на мембрану с внешней стороны через отверстия в крышке. Внутренняя полость через отверстия в разделительной перегородке сообщается с камерой, где располагается anerоидный блок.

Датчик детонации (рис. 56, а) – это тот же датчик давления пьезоэлектрического типа, по существу работающий подобно микрофону. Возникновение детонации в цилиндрах двигателя сопровождается колебаниями давления определенной частоты. Колебания передаются на эластичную мембрану 2 с наклеенным на нее пьезоэлементом 1. Параметры мембраны выбраны из расчета резонанса на частоте детонации. При резонансе пьезокристалл вырабатывает электрический потенциал, использующийся как информация о появлении детонации в двигателе.

При работе двигателя без детонации акустическое воздействие на датчик и вибрация вызывают появление на выходе датчика сигнала, усредненная амплитуда которого принимается за начало отсчета (нулевую точку). Возникновение сигнала, амплитуда которого превышает усредненную (принятую за нулевую), свидетельствует о появлении детонации (рис. 56, б, в). По числу импульсов в сигнале датчика, которые превышают усредненную амплитуду до начала детонации, определяют степень детонации.

В зависимости от степени детонации осуществляют управление зажиганием, а именно уменьшают угол опережения зажигания. Если после этого детонация исчезает, то угол опережения вновь постепенно увеличивают так, чтобы он был близок к детонационному пределу.

Для создания *датчиков расхода воздуха* могут быть использованы несколько физических принципов. Например, расход воздуха измеряют по частоте вращения турбинки, помещенной в движущийся воздушный поток, по углу отклонения (под воздушным напором) свободно поворачивающейся заслонки в трубопроводе или по перепаду давлений перед дросселем и за ним в трубопроводе.

Наиболее распространен термоанемометрический метод измерения скорости (расхода) воздуха. Принцип действия такого датчика заключается в том, что если нагретый электрическим током проводник, у которого сопротивление зависит от температуры, поместить в воздушный поток, то этим потоком проводник

будет охлаждаться и, следовательно, менять свое сопротивление. Изменение сопротивления пропорционально скорости потока. Поэтому по изменению сопротивления судят о скорости потока, а при известном сечении трубопровода – и о расходе воздуха через этот трубопровод.

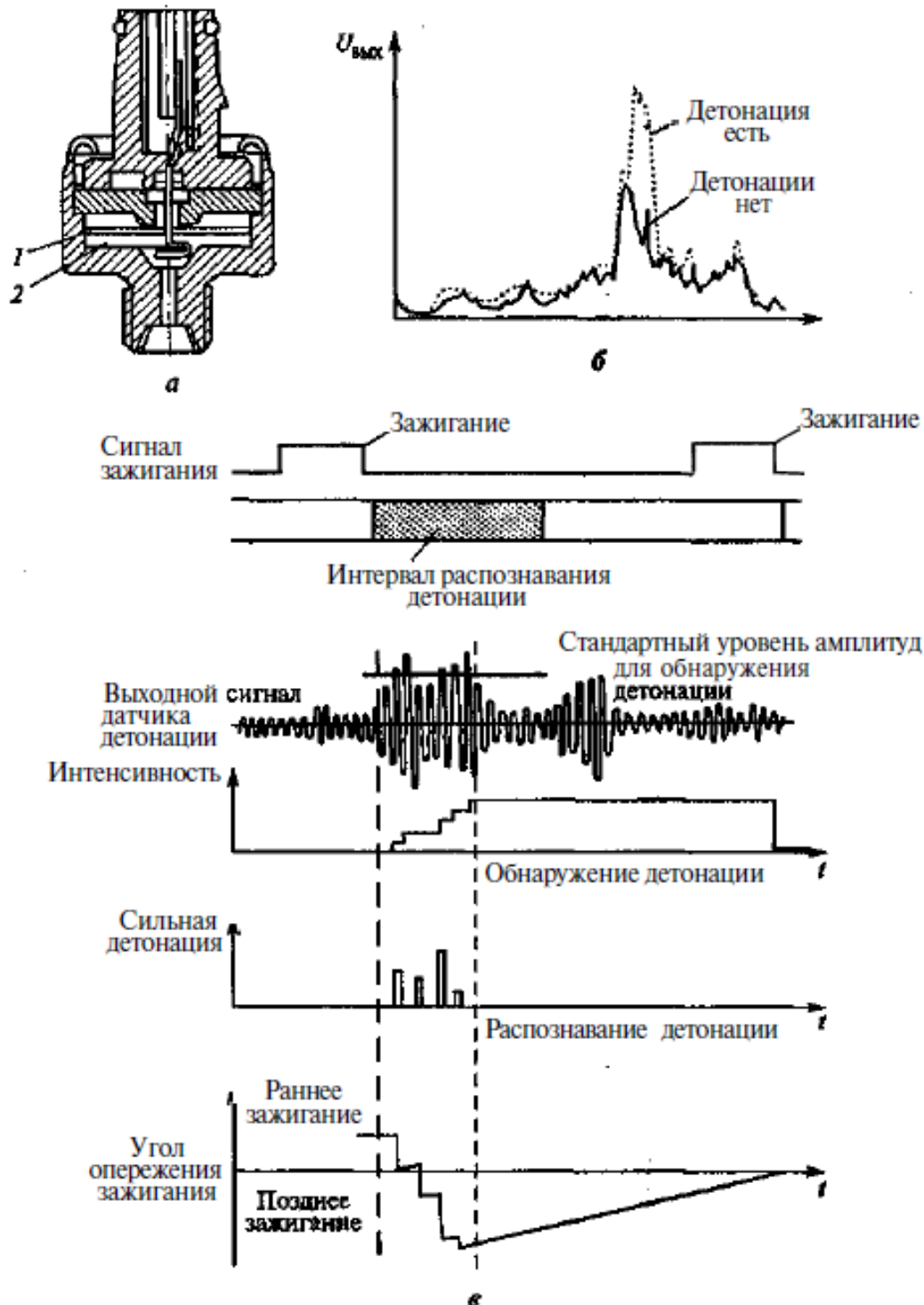


Рис. 56. Датчик детонации: а – конструкция; б – характеристика датчика детонации при постоянной частоте вращения коленчатого вала двигателя; в – графики обработки сигнала датчика при компьютерном распознавании возникновения детонации; 1 – пьезоэлемент; 2 – мембрана; $U_{\text{вых}}$ – выходное напряжение; t – время

Обычно используют два проводника: один – в среде с движущимся воздушным потоком, другой – в среде с неподвижным воздухом. Этим компенсируется влияние температуры окружающей среды (рис. 57). Платиновая нить 5 термоанемометра установлена в корпусе формователя 3 воздушного потока. Внутренний объем корпуса защищен сетками 4 для спрямления воздушного потока и защиты нитей от механических воздействий. Электронный модуль 2 представляет собой предварительный усилитель, ко входу которого по мостовой схеме подключены нити термоанемометрического датчика. Питание усилителя и вывод информационного сигнала производят через штекерный разъем 6.

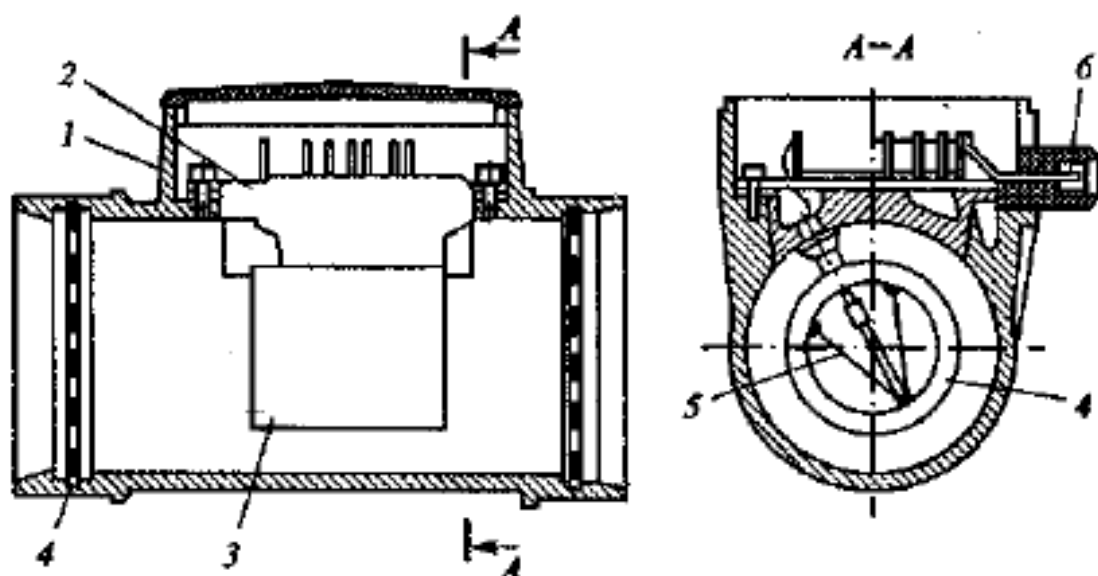


Рис. 57. Датчик расхода воздуха на базе термоанемометра: 1 – корпус; 2 – электронный модуль; 3 – формователь воздушного потока; 4 – сетка; 5 – платиновая нить; 6 – штекерный разъем

К *датчикам, реагирующим на химический состав газа* (в частности, на содержание кислорода), относится лямбда-зонд. Чувствительные элементы датчика выполнены из двуокиси циркония или титана.

Циркониевый датчик представляет собой гальванический элемент с пористыми платиновыми электродами. Промежуток между электродами заполнен двуокисью циркония, который является электролитом. Такому гальваническому элементу путем прессования придается форма колпачка (рис. 58).

Активный элемент 6 (колпачок) вставлен в металлический корпус 1 и защищен от внешних механических воздействий сетчатым кожухом 7, через который отработавшие газы проникают к внешней стороне колпачка 6. Для этого резьбовой частью корпуса 1 датчик ввинчивается в соответствующее отверстие трубопровода, отводящего отработавшие газы. Внутренняя поверхность колпачка соприкасается с атмосферным воздухом. Отработавшие газы, с одной стороны, и атмосферный воздух с другой проникают через пористую структуру платиновых электродов в электролит (двуокись циркония).

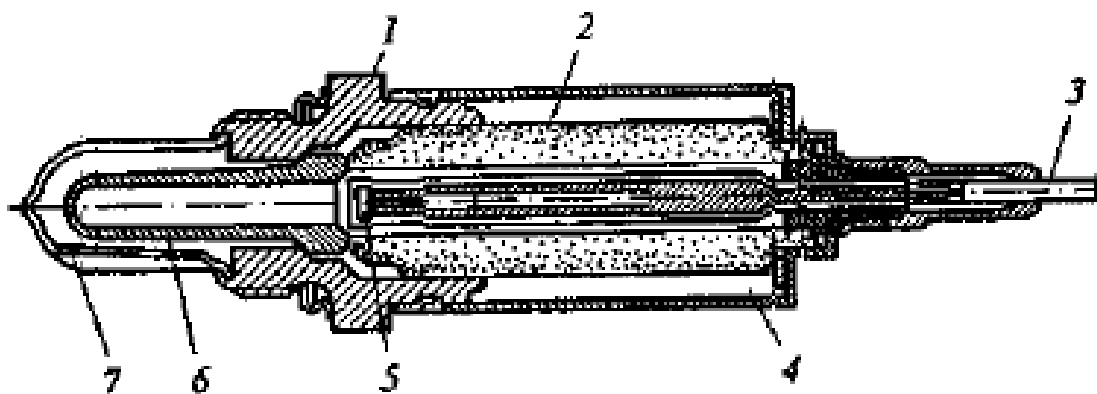


Рис. 58. Датчик кислорода: 1 и 2 – соответственно металлический и керамический корпуса; 3 – выходной кабель; 4 – внешний кожух; 5 – контактный наконечник; 6 – активный элемент (колпачок); 7 – защитный кожух с прорезями

В зависимости от давления кислорода, находящегося в отработавших газах (парциального давления), датчик вырабатывает напряжение, соответствующее содержанию кислорода. Такие датчики удовлетворительно работают при температуре не ниже 350 °С.

Поскольку рабочая температура циркониевых датчиков высока, то в режиме прогрева двигателя они никакой информации не выдают. Иногда для получения информации в этом режиме применяют искусственный электрический подогрев датчика.

Титановый датчик относится к резисторным приборам. Резистор из двуокиси титана, помещенный в выхлопную трубу, меняет свое сопротивление в зависимости от химического состава отработавших газов.

6.5. Контрольные вопросы

1. Расскажите об устройстве управления экономайзером принудительного холостого хода карбюратора. Для чего это устройство необходимо?

2. Что дает применение в двигателе системы электронного впрыска топлива?

3. Какие элементы содержит система электронного впрыска? Каково назначение этих элементов?

4. Какие отличительные особенности имеет система электронного впрыска для дизеля?

5. Какие виды исходной информации используют в системах электронного впрыска?

6. Расскажите об устройстве датчиков для получения исходной информации в системе электронного впрыска.

7. Какая информация хранится в ПЗУ процессора системы электронного впрыска и как она используется в процессе изменения нагрузки на автомобиль?

7. ЭЛЕКТРОНИКА В УПРАВЛЕНИИ ТРАНСМИССИЕЙ

7.1. Задачи комплексного управления

Эксплуатационные свойства автомобиля во многом зависят от согласования характеристик трансмиссии и двигателя с учетом изменений сопротивления движению. Трансмиссия и двигатель – это промежуточные звенья между двигателем и дорогой. Выбор оптимального передаточного отношения трансмиссии в зависимости от дорожного сопротивления (от нагрузки) позволяют осуществлять электронные системы управления.

При управлении автомобилем (рис. 59) водитель получает информацию из окружающей среды. Ощущения субъективны, но на их основании водитель выбирает ту или иную передачу для движения. Субъективная оценка нагрузки на автомобиль не позволяет водителю с достаточной точностью оценить соответствие ей режима работы двигателя.

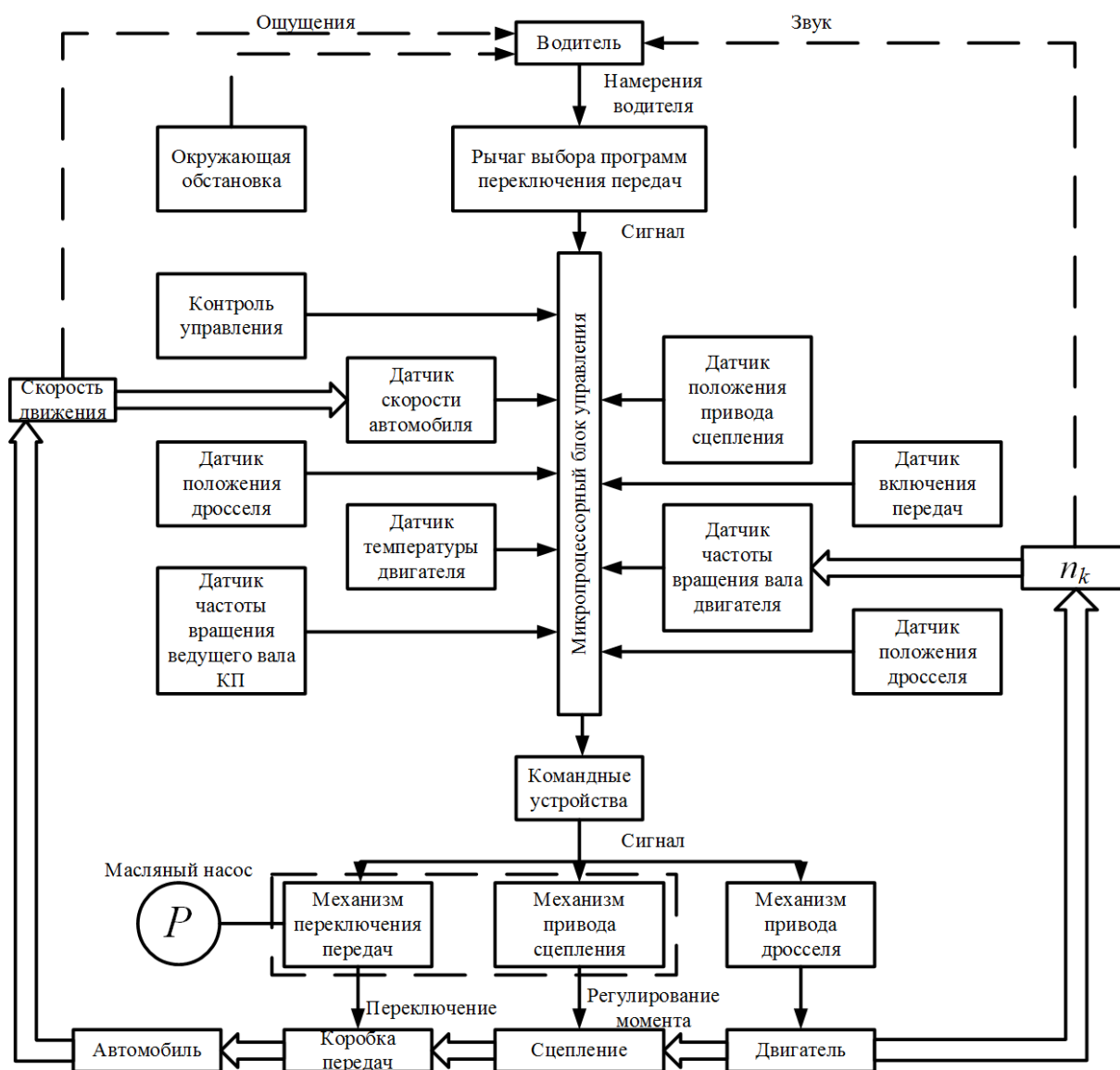


Рис. 59. Структурная схема системы комплексного управления трансмиссией автомобиля

Выбор передачи в коробке передач, обеспечивающей минимальный расход топлива в заданных условиях движения, определение оптимальных ускорения при разгоне или скорости движения при действующей нагрузке могут осуществлять исполнительные механизмы, управляемые бортовым микропроцессором. Для формирования командных сигналов управления исполнительными механизмами микропроцессор должен получать информацию о режимах работы двигателя и автомобиля, о текущих положениях органов управления в агрегатах трансмиссии автомобиля и двигателя.

При управлении трансмиссией микропроцессор должен формировать командные сигналы для согласования функционирования исполнительных механизмов топливоподачи, привода сцепления и переключения передач. Последнее в механической автоматизированной коробке передач невозможно без предварительного изменения топливоподачи и выключения сцепления.

В качестве привода исполнительных механизмов используют устройства гидравлические, пневматические, электромагнитные или с электродвигателями.

7.2. Исполнительный механизм привода сцепления

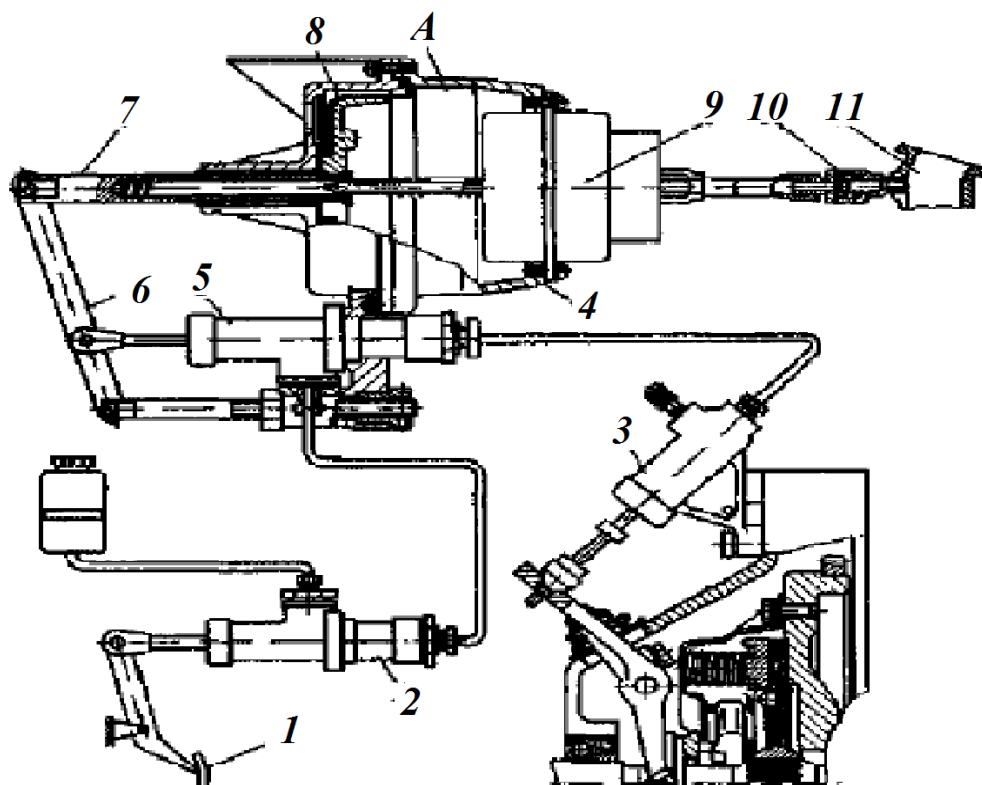
Электровакуумный исполнительный механизм (рис. 60) привода сцепления разработан с учетом возможности его установки в гидравлический привод механизма легкового автомобиля любой модели. При этом практически все элементы штатного гидропривода (главный цилиндр 2 с педалью 7, рабочий цилиндр 3 и соединительные гидравлические трубопроводы) не изменяются и продолжают выполнять свои функции.

Силовым элементом исполнительного механизма является сервокамера 4, корпус которой разделен на две части мембраной 8. Мембрана связана со штоком 7, который через рычаг 6 передает усилие на шток поршня разделительного гидроцилиндра 5. При работе вакуумной сервокамеры поршень гидроцилиндра отсекает гидромагистраль от главного цилиндра 2. Разрежение в вакуумной полости А сервокамеры регулируется с помощью электромагнитного клапана 9. Работой электромагнитного клапана по заданному закону управляет электронный блок, построенный на аналоговых и цифровых элементах. Разрежение к клапану управления подводится от впускного трубопровода 11 двигателя через трубопровод с обратным клапаном 10. Электромагнит, управляющий разрежением, выполнен без центрального неподвижного сердечника. Усилие, развиваемое якорем, по мере его перемещения внутрь катушки уменьшается.

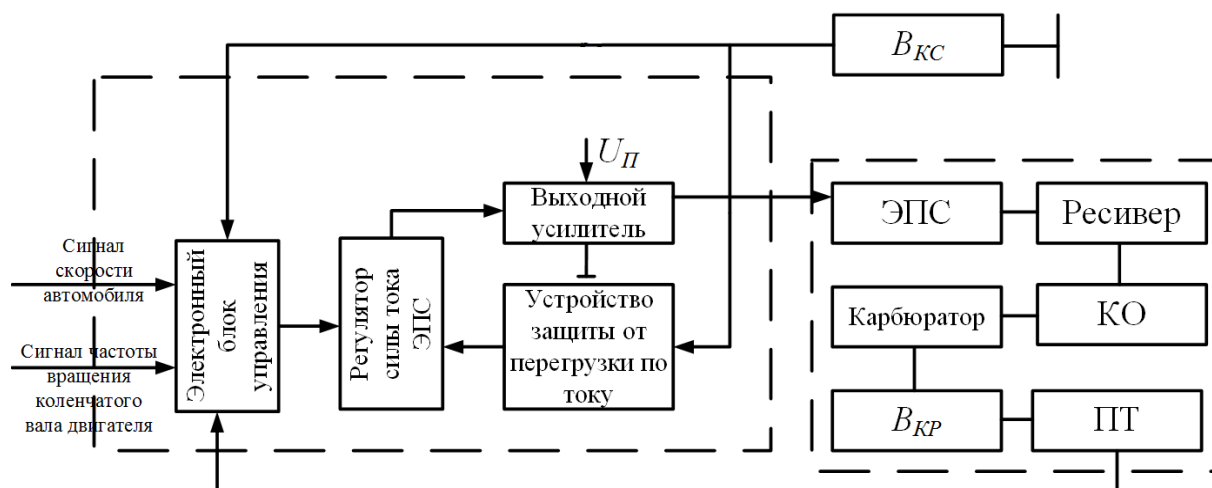
Путем регулирования тока в обмотке электромагнита перемещают якорь в любое положение, которое будет устойчиво при установленном токе.

Якорь электромагнита с одной стороны упирается в пружину на штоке 7, с другой – в толкатель клапана. При открытии клапана разрежение из впускного

трубопровода передается в камеру *A*. После этого под действием атмосферного давления мембрана 8 с поршнем перемещается внутрь сервокамеры, рычаг 6 с поршнем разделительного цилиндра 5 передает давление в рабочий цилиндр 3, выключая сцепление.



a



б

Рис. 60. Исполнительный механизм привода выключения сцепления (*a*) и схема (*б*) его системы управления (разработка НАМИ): 1 – педаль; 2 и 3 – главный и рабочий цилиндры; 4 – сервокамера; 5 – гидроцилиндр; 6 – рычаг; 7 – шток; 8 – мембрана;

9 – электромагнитный клапан; 10 – обратный клапан; *A* – вакуумная полость, 11 – впускной трубопровод; ЭПС – электропривод сцепления; КО – обратный клапан; ПТ – педаль тормоза; $B_{кр}$ – микровыключатель; $B_{кс}$ – кнопка выключения сцепления; $U_{п}$ – напряжение питания

При открытой дроссельной заслонке в электронный блок управления поступает сигнал от микровыключателя $B_{кр}$ и формируется сигнал для ускоренного включения сцепления. Нажатием на кнопку $B_{кс}$ на рукоятке переключения передач в электронный блок управления передается импульс для формирования команды выключения сцепления перед переключением передач.

7.3. Автоматизация переключения передач

Для механических ступенчатых коробок передач используют исполнительные механизмы, реализующие двух- или одноэтапный процессы переключения. В Японии, например, фирма «Исузи» разработала микропроцессорную систему управления NAVI-5, которая устанавливается по заказу на пятиступенчатую коробку передач автомобиля «АСКА». Система (рис. 61) обеспечивает *двухэтапный процесс переключения*.

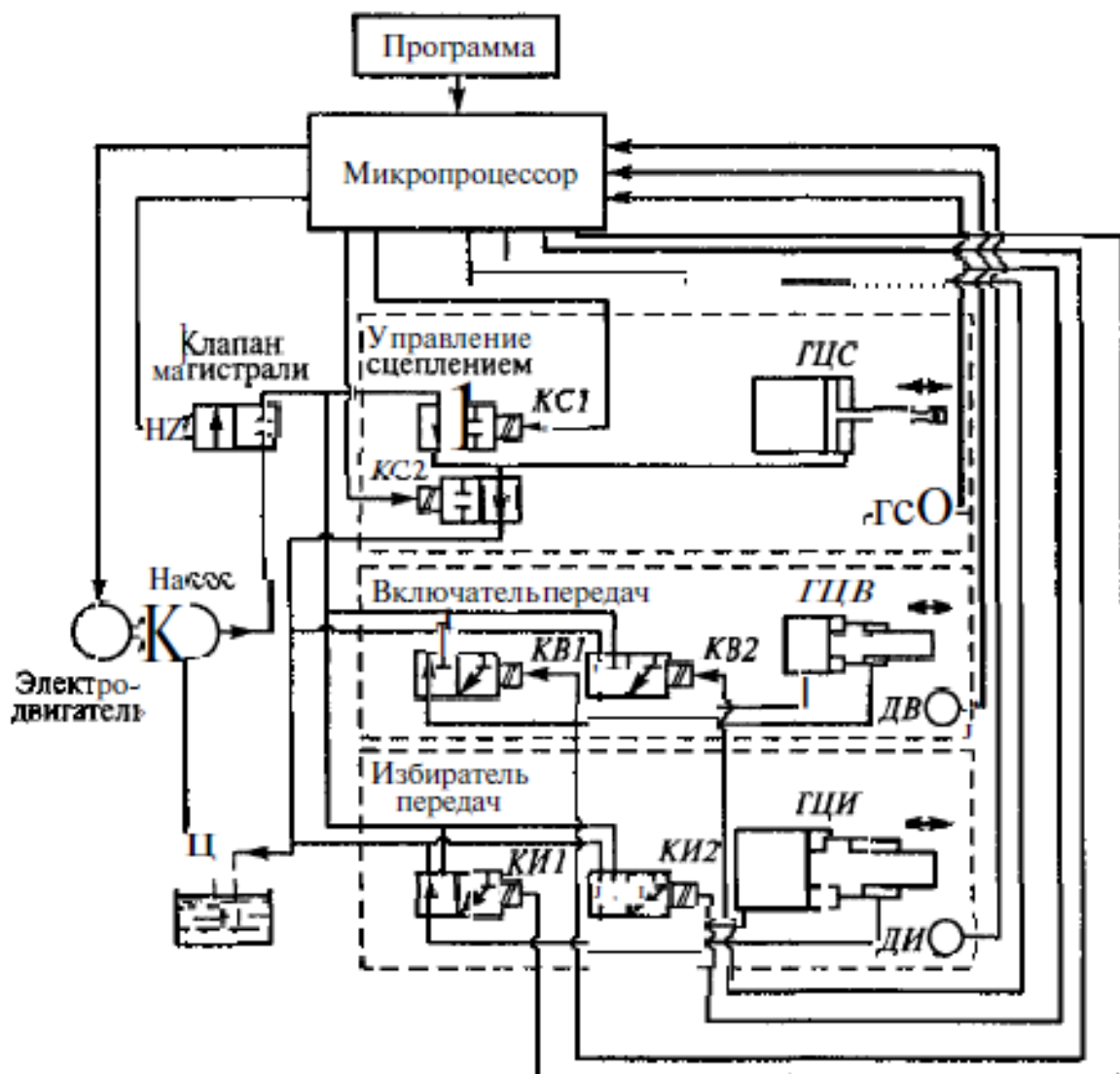


Рис. 61. Схема управления комплексом исполнительных механизмов для автоматического управления переключением передач: ГЦС – гидроцилиндр привода сцепления; ГЦВ – гидроцилиндр включения передачи; ГЦИ – гидроцилиндр избирателя передач; КС1, КС2, КВ1, КВ2, КИ1 и КИ2 – клапаны; ДС, ДВ и ДИ – датчики

В исполнительном механизме переключения используется давление жидкости для работы гидроцилиндров, перемещающих ползуны с вилками переключения передач. Для этого автомобиль оборудован гидронасосным агрегатом. Жидкость по гидромагистралям к исполнительным гидроцилиндрам распределяют электромагнитные клапаны. В комплект исполнительных гидроцилиндров входят гидроцилиндр привода сцепления *ЩС*, гидроцилиндр избирателя передач *ЩИ* для выполнения первого этапа процесса переключения и гидроцилиндр включения требуемой передачи *ЩВ*.

Для управления приводом сцепления служат два электромагнитных клапана: клапан *КС1* – для передачи давления в исполнительный гидроцилиндр; клапан *КС2* – для слива жидкости из гидроцилиндра при возврате вилки выключения сцепления в исходное состояние под действием силы возвратной пружины. Гидроцилиндры выбора и включения передач управляются клапанами *КВ1*, *КВ2*, *КИ1* и *КИ2*. С помощью этих клапанов обеспечивается подача жидкости в предпоршневую и запоршневую полости гидроцилиндров для двустороннего перемещения под давлением поршней со штоками, связанными с ползунами коробки передач. Каждый гидроцилиндр оснащен датчиком (*ДС*, *ДВ* и *ДИ*) для передачи в микропроцессор сигналов о достижении штоками конечных положений.

В Центральном научно-исследовательском автомобильном и автомоторном институте (НАМИ) разработан исполнительный механизм для *одноэтапного процесса переключения*: операции избирания и включения совмещены. Кроме уменьшения продолжительности процесса упрощается система управления. В исполнительном механизме переключения используются электродвигатель и три электромагнитные муфты (рис. 62).

Исполнительный механизм смонтирован на крышке картера коробки передач, а не на крышке с устройством для ручного переключения. На корпусе расположен электродвигатель 16 постоянного тока, приводящий во вращение червячный вал двухступенчатого редуктора 1. Его вторая ступень состоит из пары шестерен 2 и 15. Ведомая шестерня обеспечивает привод ведущего вала 10. На этом валу установлен диск 7, являющийся ведущим элементом электромагнитных муфт 5 и 9. В качестве ведущего диска муфты 3 используется шестерня 15.

Внутри магнитопроводов муфт размещены обмотки возбуждения 4, 6 и 8 и гнезда с пружинами и толкателями для ускорения выключения муфт при обесточивании обмоток возбуждения. На корпусах муфт установлены пальцы 11, входящие в паз пластин 12. Эти пластины связаны с ползунами 13 вилок 14 переключения передач.

На корпусе смонтированы микровыключатели, фиксирующие нейтральное положение ползунов и каждую из включенных передач. В нейтральное положение ползуны устанавливаются возвратными пружинами (микровыключатели и пружины на рис. 62 не показаны).

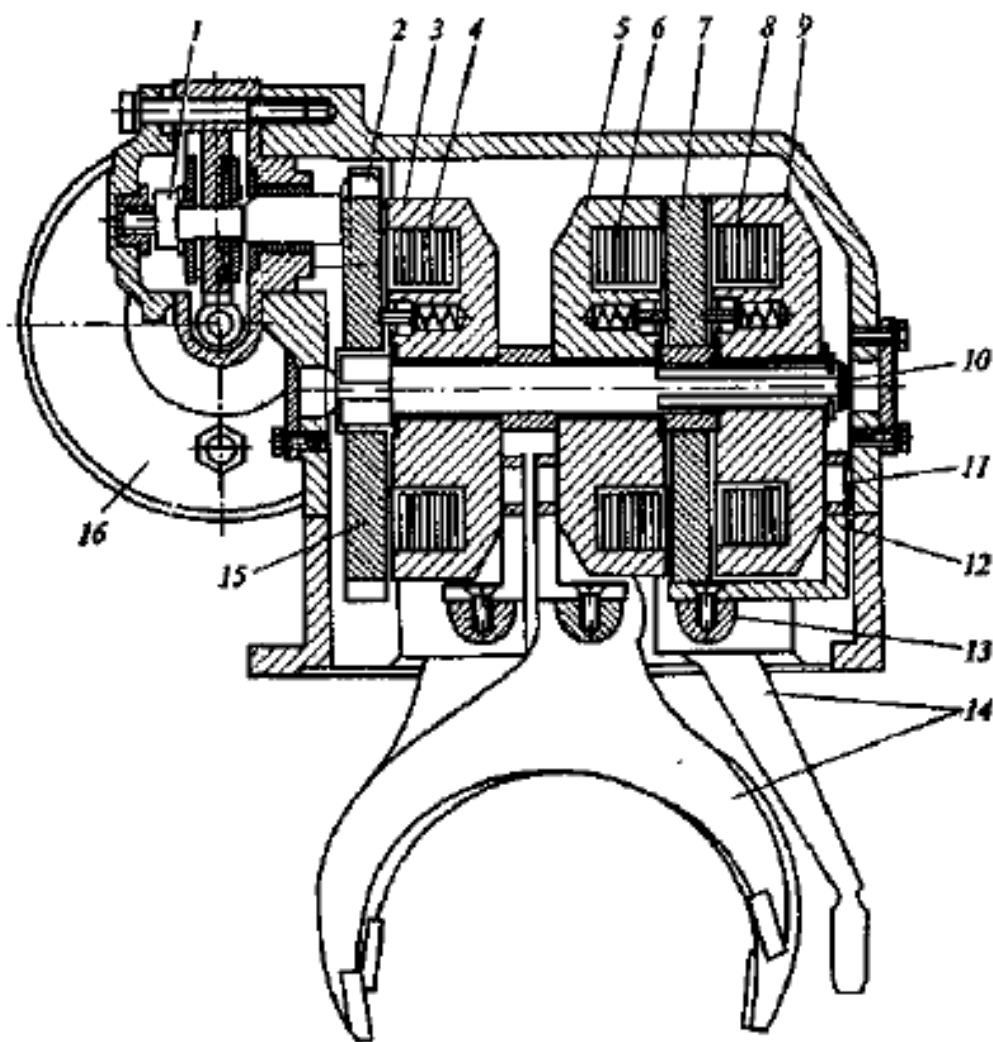


Рис. 62. Электромеханический исполнительный механизм переключения передач (разработка НАМИ): 1 – редуктор; 2 и 15 – шестерни; 3, 5 и 9 – муфты; 4, 6 и 8 – обмотки электромагнитов; 7 – диск; 10 – ведущий вал; 11 – палец; 12 – пластина; 13 – ползун; 14 – вилки; 16 – электродвигатель

При работе исполнительного механизма электродвигатель через редуктор вращает вал с диском 7. Командный сигнал включения той или иной передачи через электронный управляющий блок подается на обмотку возбуждения одной из электромагнитных муфт. При этом к соответствующим поверхностям диска 7 или шестерни 15 притягивается корпус муфты 3, 5 или 9 и под действием сил трения поворачивается. Через палец 11 корпус перемещает пластину 12 и вместе с ней ползун 13 с вилкой 14 – включается заданная передача. После включения передачи соответствующим микровыключателем отключается электродвигатель, но электромагнитная муфта остается включенной. Исполнительный механизм необратимый, поскольку первая ступень редуктора – червячная передача. Возвратные пружины не могут переместить ползуны в нейтральное положение. Для установки коробки передач в нейтральное положение необходимо выключить питание электромагнитных муфт.

7.4. Управление подвеской

Автоматизация управления подвеской позволяет повысить не только комфортабельность салона автомобиля для водителя и пассажиров, но и безопасность движения. Это достигается введением в подвеску исполнительных механизмов, управляемых с помощью электронных устройств, которые изменяют жесткость упругих элементов и сопротивление амортизаторов. Этим удастся уменьшить крен кузова на повороте и его продольный наклон при разгоне и торможении. Разработаны устройства, обеспечивающие горизонтальное положение кузова при движении по неровным дорогам.

Подвеску с автоматически обеспечиваемыми жесткостными характеристиками целесообразно использовать на легковых автомобилях высшего класса, автобусах, автомобилях «скорой помощи» и на автомобилях для перевозки грузов, не выдерживающих значительных вертикальных ускорений.

Повышение комфортабельности достигается при движении по дорожным неровностям с ограниченной скоростью путем уменьшения жесткости подвески. На хороших дорогах при большой скорости движения целесообразно увеличение жесткости подвески для уменьшения крена кузова.

Автоматически управляемые подвески позволяют регулировать высоту кузова автомобиля. Это важное свойство, так как высота кузова при изменении нагрузки на автомобиль влияет на безопасность движения. Стабилизируется также положение оптической оси световых лучей фар. При движении по плохим дорогам уменьшается вероятность удара нижними выступающими частями кузова о дорожные неровности, т. е. улучшается проходимость автомобиля.

Положение кузова по высоте регулируется пневматическими упругими элементами. Сопротивление амортизаторов регулируется путем изменения проходного сечения отверстий, через которые жидкость из надпоршневой полости перетекает в подпоршневую, поскольку сопротивление амортизаторов зависит от скорости перемещения поршня.

Управление жесткостью подвески реализуется в основном в пневматических или гидропневматических подвесках, но в большинстве случаев эту функцию вводят в комплексе с системой управления высотой кузова и сопротивлением амортизаторов, так как используются одни и те же датчики и исполнительные устройства (рис. 63).

Датчик 3 перемещения кузова устанавливается на шасси параллельно амортизатору. При изменении высоты кузова рычаг 6 датчика, связанный тягой 7 с рычагом 8 подвески, поворачивается вверх или вниз. Внутри корпуса датчика 3 размещаются свето- и фотодиод (оптопара), между которыми расположен обтюратор (зубчатый диск), поворачивающийся рычагом 6. Фактически такое устройство представляет собой фотоэлектрический прерыватель, вырабатываю-

щий пачки импульсов. Число импульсов в пачке соответствует амплитуде перемещения кузова.

Сигнал датчика является информационным для бортового компьютера 1, управляющего исполнительным механизмом регулирования сопротивления амортизатора и давления в упругом пневмоэлементе 2 подвески. Упругий пневмоэлемент подкачивается с помощью компрессора 5, привод которого выполнен на базе электродвигателя 4.

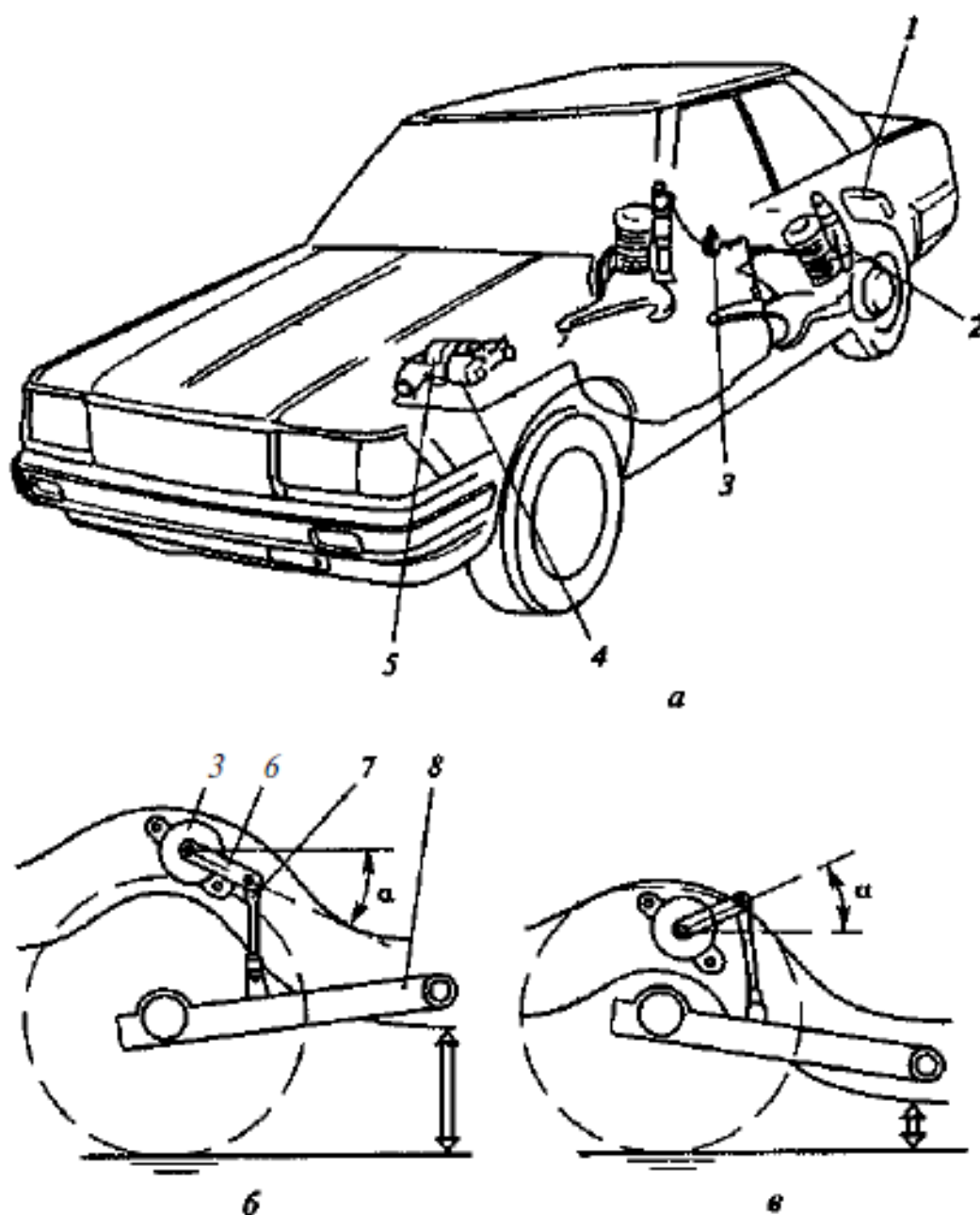


Рис. 63. Установка элементов управления подвеской в автомобиле (а) и изменение позиции привода датчика при деформации упругих элементов подвески и перемещении кузова вверх (б) и вниз (в): 1 – компьютер, 2 – упругий пневмоэлемент (амортизатор), 3 – датчик перемещения кузова, 4 – электродвигатель, 5 – компрессор, 6 – рычаг привода датчика, 7 – тяга, 8 – продольный рычаг подвески, α – угол качания рычага привода датчика

Рассмотрим принцип регулирования сопротивления амортизатора, жесткости подвески и высоты кузова на примере одного колеса (рис. 64). Упругий элемент расположен между кузовом 17 автомобиля и нижним рычагом 14 подвески. Параллельно пружине 11 подвески установлена основная пневмокамера 10, внутри которой (иногда вне ее) находится амортизатор 12. В кузове, выше основной пневмокамеры, расположена вспомогательная камера 18. Обе камеры соединены между собой перепускным клапаном, проходное сечение которого регулируется электромагнитным клапаном 6. Этот клапан связан с компрессором 8 подпитки камер воздухом через влагоотделитель 1. Атмосферный воздух поступает в компрессор через фильтр 9.

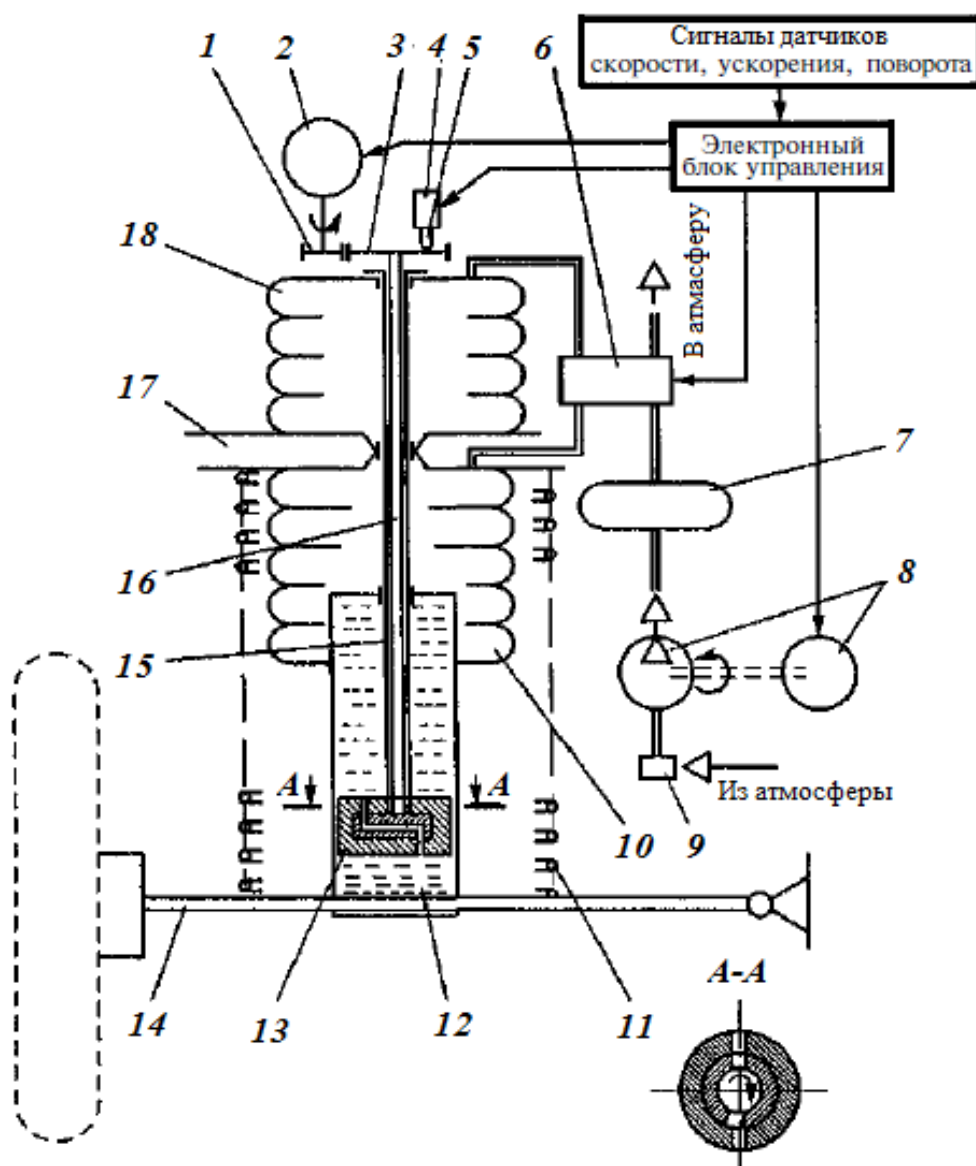


Рис. 64. Схема автоматического регулирования подвески: 1 – зубчатый сектор, 2 – электродвигатель, 3 – шестерня, 4 – электромагнит, 5 – стопор, 6 – электромагнитный клапан, 7 – влагоотделитель, 8 – компрессор с приводом, 9 – фильтр, 10 и 18 – пневмокамеры, 11 – пружина, 12 – амортизатор; 13 – поворотный золотник, 14 – нижний рычаг подвески, 15 – полый стержень, 16 – стержень привода поворотного золотника, 17 – кузов

Регулирование жесткости подвески достигается изменением производительности перепускного клапана, а изменение высоты кузова осуществляется подкачиванием пневмокамеры от компрессора или выпуском воздуха из нее в атмосферу, что позволяет растягивать или сжимать основную пневмокамеру 10.

Сопротивление амортизаторов регулируется изменением проходного сечения перепускных отверстий в поршне. Для этого в поршень вмонтирован поворотный золотник 13. Золотник поворачивается стержнем 16, соединенным с электродвигателем 2 через зубчатый сектор 1 и шестерню 3. Стопор 5, управляемый электромагнитом 4, служит для фиксации сектора в положении, заданном электронным блоком управления.

7.5. Управление антиблокировочной тормозной системой

Путь торможения зависит не только от скорости движения, но и от коэффициента сцепления шины с дорожной поверхностью. Естественно, эта зависимость сохраняется при создании в тормозной системе давления, достаточного для блокировки колес. После этого начинается их скольжение по дороге. Вследствие различных коэффициентов сцепления правого и левого колес автомобиля происходит занос при торможении.

Сохранить устойчивость (прямолинейность) движения при торможении можно, если обеспечить такой режим торможения, при котором колеса не доводятся до блокировки, а движутся приблизительно с 20–25 %-м проскальзыванием. При этом коэффициент сцепления колеса с дорогой будет максимальным для данного состояния дорожного покрытия. Например, если при торможении правые колеса катятся по сухой дороге, а левые – по мокрой, то вследствие разных коэффициентов сцепления. При одинаковом давлении рабочего тела во всех тормозных цилиндрах (камерах) те колеса, которые катятся по мокрой дороге, сблокируются раньше. Автомобиль начинает разворачиваться (заноситься) в сторону мокрого участка дороги, где колеса имеют худшее сцепление.

Предотвращают занос автомобиля путем регулирования тормозных сил, т. е. давления в рабочих колесных цилиндрах (камерах) у каждого колеса в отдельности так, чтобы у всех была 20–25 %-е проскальзывание независимо от начального коэффициента сцепления с дорогой, который в процессе торможения будет максимальным для каждого колеса.

В антиблокировочной тормозной системе, обеспечивающей управление процессом торможения всеми колесами отдельно друг от друга, анализируется частота вращения каждого колеса в отдельности. В процессе торможения, когда увеличивается давление в рабочих колесных цилиндрах (камерах), частота вращения колес уменьшается. При ее снижении до значения, граничащего с блокировкой (точнее, до 20–25 %-го проскальзывания), давление в рабочих цилиндрах

понижают, и колесо начинает разгоняться. После этого давление вновь повышают, вызывая уменьшение частоты вращения. Затем процесс повторяется.

За каждый цикл повышения-снижения давления в тормозной системе угловая скорость колес, а, следовательно, и линейная скорость автомобиля понижаются с наибольшей эффективностью, определяемой сцепными силами колес с дорогой.

Процесс торможения-растормаживания в пневматической тормозной системе осуществляется с помощью электромагнитного клапана-модулятора, управляемого электронной антиблокировочной системой (АБС). Команда включения АБС задается водителем резким нажатием на педаль тормоза. В дальнейшем усилие на педали может не меняться, модуляция (пульсация) давления в тормозной системе не зависит от водителя до тех пор, пока педаль тормоза нажата.

Электронная система управления АБС (на рисунке 65 показана структурная схема для одного колеса) содержит датчик 1 частоты вращения колеса (как правило, импульсного типа) и преобразователь 2 частоты вращения в непрерывный (аналоговый) сигнал в виде напряжения, пропорционального частоте вращения.

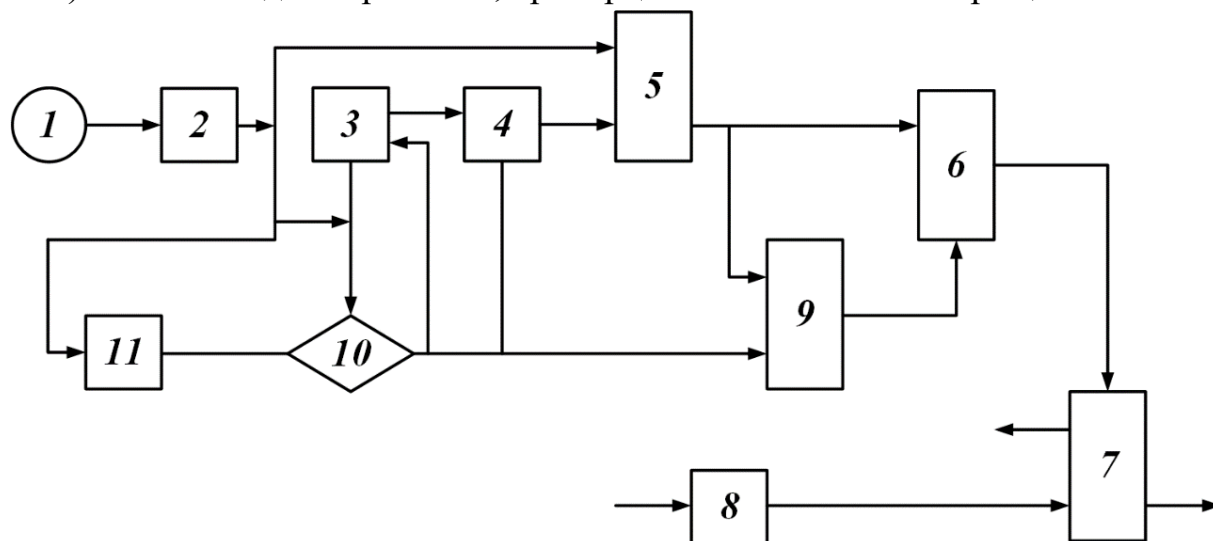


Рис. 65. Структурная схема управления тормозной АБС (показан фрагмент для одного колеса): 1 – датчик; 2 – преобразователь частоты вращения вала; 3 и 6 – ключевые устройства; 4 – запоминающее устройство; 5 и 9 – формирователи команды; 7 – клапан-модулятор; 8 – тормозной кран; 10 – анализатор углового ускорения; 11 – устройство формирования сигнала углового ускорения

Максимальное значение напряжения, пропорциональное угловой скорости колеса при разгоне автомобиля и зависящее от коэффициента сцепления шины с дорогой, запоминается в управляемом оперативном запоминающем устройстве (ОЗУ) 4. Управление ОЗУ осуществляется по сигналам углового ускорения колеса, для чего служит устройство 11 формирования сигнала углового ускорения из сигнала угловой скорости. При этом в устройстве 10 анализируются значение и знак углового ускорения при разгоне и торможении.

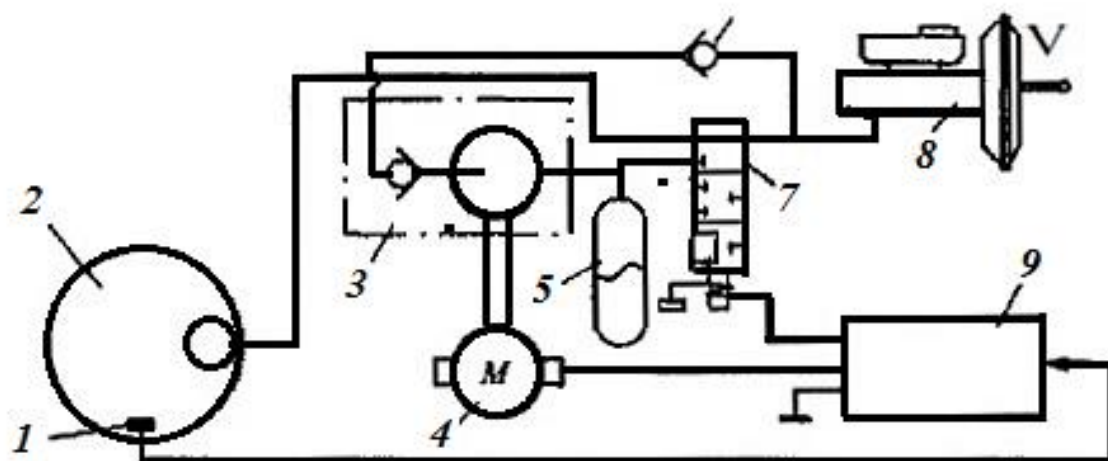
Напряжение от цифро-аналогового преобразователя, соответствующее угловой скорости колеса, поступает в ОЗУ через ключевое устройство 3, которое пропускает сигнал от преобразователя в ОЗУ при разгоне автомобиля. В ОЗУ запоминается угловая скорость колеса при максимальном ускорении во время разгона. В дальнейшем угловая скорость колеса может меняться или оставаться постоянной, но ОЗУ продолжает хранить ранее записанную информацию. Если происходит торможение и угловое ускорение меняет знак на отрицательный, из памяти ОЗУ стирается ранее записанная информация, и устройство подготавливается к записи нового значения угловой скорости при следующем разгоне.

Таким образом в ОЗУ обновляется информация за каждый цикл торможение – разгон. С выхода ОЗУ сигналы используются для формирования управляющих команд в электромагнитный клапан-модулятор 7. Этот клапан нормально открыт и включен в трубопровод между краном 8 и тормозной камерой. Воздух подается в камеру только при нажатии водителем педали управления тормозным краном. Формирователь 5 команды закрытия клапана вырабатывает управляющий сигнал на основании сравнения действительной (текущей) угловой скорости колеса и содержащейся в ОЗУ. Если водитель подает воздух в тормозную камеру через открытый клапан 7, нажав на педаль привода тормозного крана 8, и при этом текущая угловая скорость колеса снизилась до значения меньшего, чем запомнило ОЗУ, клапан 7 переключается. Это приводит к прекращению подачи воздуха от тормозного крана 8 в тормозную камеру, а сама камера соединяется с клапаном выпуска воздуха из нее в атмосферу – идет процесс растормаживания.

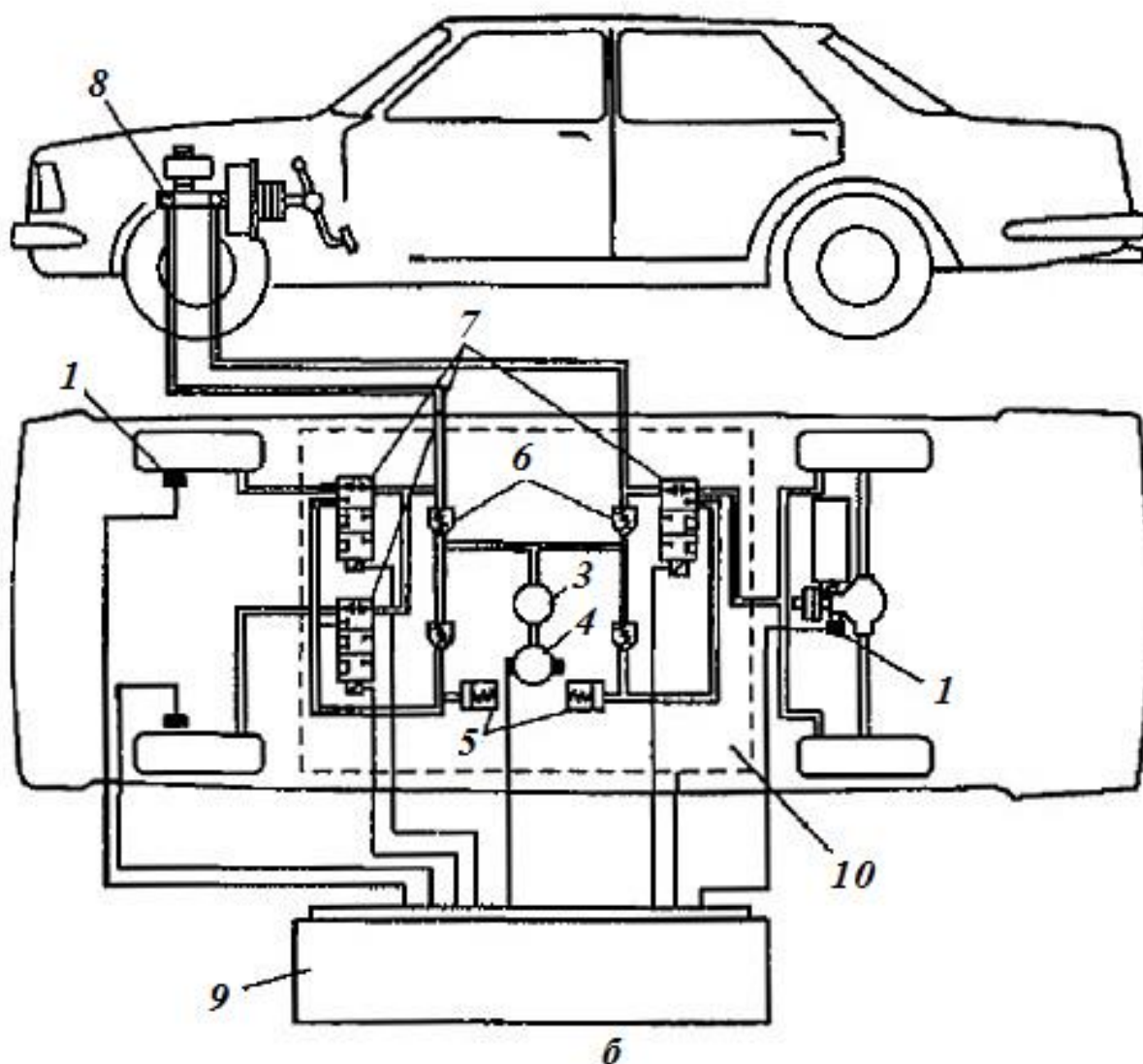
Выход формирователя 5 связан с одним из входов формирователя 9 команды на открытие клапана. Если на выходе формирователя 5 присутствует сигнал команды на закрытие клапана впуска воздуха в тормозную камеру и одновременно присутствует сигнал углового ускорения на входе формирователя (поскольку при растормаживании угловая скорость колеса увеличивается), то с выхода формирователя 9 поступает команда на нормально открытый ключ 6. Ключ закрывается и, отключая электромагнит клапана модулятора 7, переключает модулятор в исходное положение, когда воздух от тормозного крана поступает в тормозную камеру, вызывая повторный процесс торможения колеса.

Указанные процессы периодически повторяются, обеспечивая импульсное торможение автомобиля с тормозными силами, зависящими от коэффициента сцепления колеса с дорогой. Процесс торможения-растормаживания показан упрощенно, без учета инерционных явлений в механической системе управления. Электронная АБС оснащена устройствами самоконтроля, которые отключают АБС и информируют водителя о возникновении неисправности.

Антиблокировочная система для автомобилей с гидравлическим приводом тормоза (например, разработка фирмы «БОШ», (рис. 66, а) содержит источник энергии в виде гидравлического насоса 3 с приводом от электродвигателя 4.



a



б

Рис. 66. Антиблокировочная система «БОШ» (а) и схема ее установки на автомобиле с гидравлическим тормозным приводом (б): 1 — датчик частоты вращения колеса; 2 — тормозной диск; 3 — гидронасос; 4 — электродвигатель; 5 — гидроаккумулятор; 6 — обратные клапаны; 7 — клапан; 8 — усилитель; 9 — блок управления; 10 — гидронасосная станция

Вспомогательным элементом является гидроаккумулятор 5. Модулятор давления представляет собой трехпозиционный электрогидравлический клапан 7. Управление антиблокировочной системой осуществляется от электронного блока 9 управления. Пусковой импульс начала работы АБС создается водителем, включающим гидровакуумный усилитель 8. В процессе растормаживания рабочие цилиндры на колесах отсекаются от главного цилиндра гидровакуумного усилителя с помощью клапана-модулятора 7. Последний получает командный сигнал от блока 9 управления, функционирующего на основе информации от датчика 1 частоты вращения колеса. В это время жидкость из тормозной системы насосом 3 перекачивается через гидроаккумулятор 5 и обратный клапан 6 в основную магистраль.

При установке на автомобиле комплект АБС фирмы «БОШ» (рис. 66, б) содержит кроме блока управления 9, получающего информацию от датчиков / частоты вращения колес и хвостовика главной передачи, гидронасосную станцию 10, в которой насос 3 приводится во вращение электродвигателем 4. Тормозная жидкость циркулирует через обратные клапаны 6. В гидромагистрали установлены гидроаккумуляторы 5 с демпфирующими камерами. Главный тормозной цилиндр с вакуумным усилителем 8 обеспечивает нормальную работу тормозной системы. АБС подключается в помощь водителю, когда обнаруживается разность угловых скоростей колес. В данном варианте АБС обеспечивается разность тормозных сил на правом и левом колесах только передней оси, где возникает большая вертикальная нагрузка при торможении. Модуляция давления в задних правом и левом колесных цилиндрах одинакова.

Основное препятствие для массового внедрения АБС на автомобилях с гидравлическим приводом тормозов – необходимость установки дополнительного энергоемкого гидронасосного агрегата для обеспечения пульсации давления тормозной жидкости на заданном уровне. Отказаться от него позволяют новые разработки АБС, например, система Волгоградского технического университета (под руководством проф. А. А. Ревина), использующая кинетическую энергию тормозящего автомобиля для управления давлением в рабочих тормозных цилиндрах (рис. 67). Такая АБС получила название *рекуперативной*.

Тормозная жидкость из главного цилиндра 4 поступает к рабочим цилиндрам 9 через нормально открытый клапан 2. В случае приближения частоты вращения колеса к нулевому значению (блокировка) датчик 8 через электронный блок 1 управления формирует команду на переключение клапанов 2. Главный цилиндр 4 отсекается, а рабочий цилиндр 9 подключается к расширительному цилиндру 6.

Этот цилиндр выполняет функции насоса, перекачивающего жидкость через обратный клапан 3 в основную магистраль. Привод поршня цилиндра 6 осуществляется с помощью кулачка 7, установленного на валу, который связан с затормаживаемым колесом. Такая конструкция проще, дешевле и компактнее, чем рассмотренные выше.

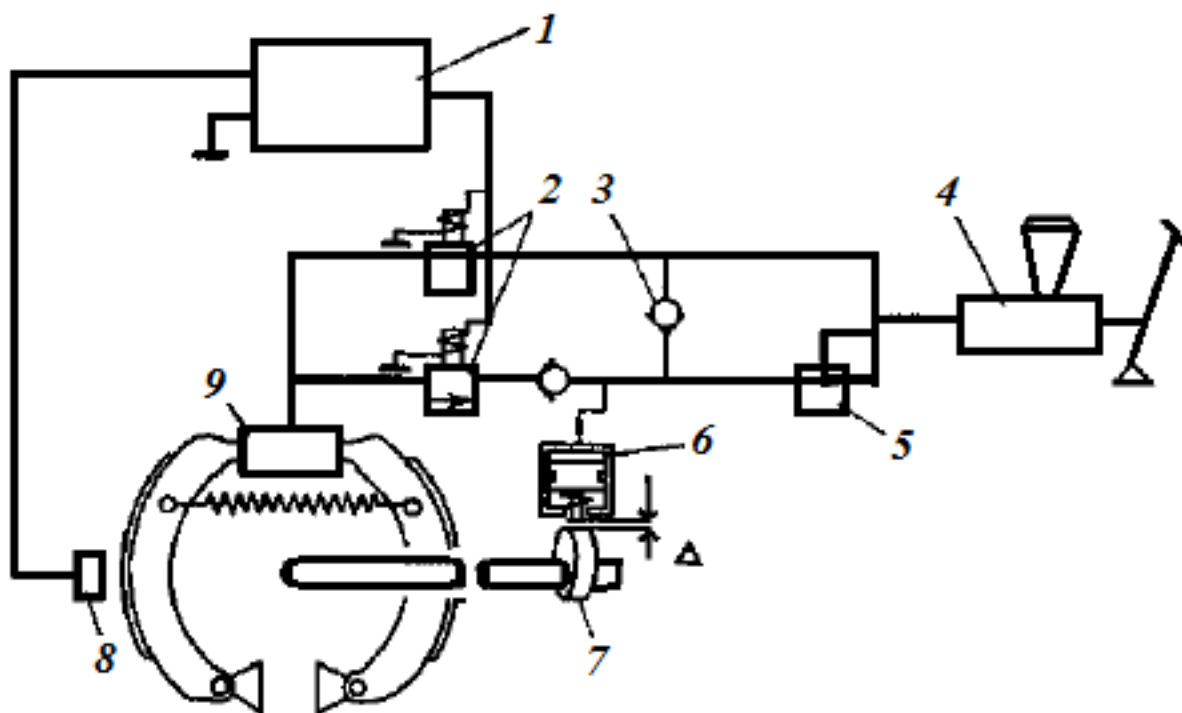


Рис. 67. Рекуперативная тормозная АБС: 1 – блок управления; 2 – клапаны; 3 – обратный клапан; 4, 6 и 9 – соответственно главный, расширительный и рабочий цилиндры; 5 – клапан ограничения давления; 7 – кулачок; 8 – датчик

Фирмами-изготовителями предложено несколько структурных схем установки АБС на автомобилях (рис. 68): с отдельной модуляцией давления на всех колесах, с диагональным управлением давлением в рабочих цилиндрах, с модуляцией давления только в передней или только в задней оси, с отдельной модуляцией давления в тормозах передней оси и одновременно в задних правых и левых колесах, с отдельной модуляцией давления в тормозах передних и задних колес.

Наиболее прогрессивной считается схема АБС, предусматривающая модуляцию давления отдельно по каждому колесу (рис. 68, а). Более простыми (без значительной потери эффективности) являются схемы, в которых применяют модуляцию давления по колесам передней и задней осей с анализом разности частоты вращения левых и правых колес обеих осей (рис. 68, б) или только передней оси (рис. 68, в). Используют такие схемы АБС с измерением частоты вращения всех колес, но с отдельным управлением тормозными силами левых и правых колес только на одной оси – задней (рис. 68, г) или передней (рис. 68, д). В последней схеме возможен вариант с ориентировкой на частоту вращения колес задней оси без учета разности этого параметра для левого и правого колес.

Применяют схемы АБС, в которых измеряют частоту вращения колес только задней оси, а давление в тормозных механизмах моделируют по рассмотренным выше вариантам (рис. 68, ж–к). На рисунке 68, л показана схема АБС с крестообразным управлением модуляцией давления в тормозах колес: правом переднем – левом заднем и левом переднем – правом заднем.

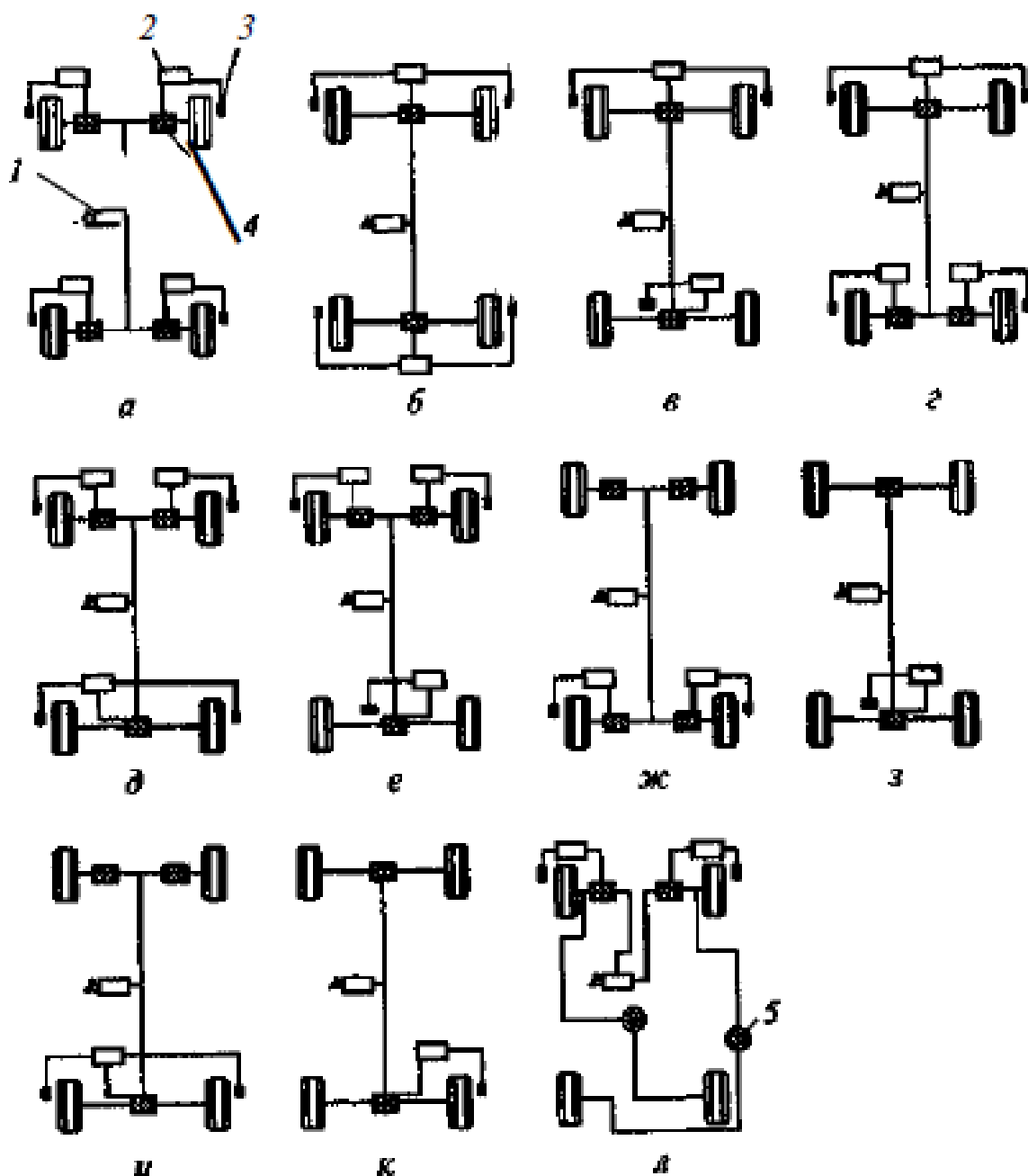


Рис. 68. Структурные схемы АБС: 1 – главный тормозной цилиндр; 2 – логический блок; 3 – датчик; 4 – модулятор; 5 – регулятор; а–л — варианты установки схем на автомобилях

7.6. Противобуксовочная система

Назначение противобуксовочной системы (ПБС) – предотвращать пробуксовку колес (одного или нескольких) при движении в тяговом режиме на дорогах с малым коэффициентом сцепления. Задача ПБС во многом сходна с задачей АБС: поддержание скольжения колес в режиме тяги на уровне, обеспечивающем максимальное значение коэффициента сцепления в продольном направлении. В этом случае увеличивается сила тяги при трогании с места, реализуется максимальное ускорение (в 3–4 раза большее, чем без ПБС) при разгоне и сохранении

устойчивости прямолинейного движения. Одновременно улучшается проходимость при движении по мягким грунтам, уменьшается нагрузка в трансмиссии и на двигатель при импульсном изменении коэффициента сцепления, снижаются расход топлива, особенно в зимних условиях, и изнашивание шин.

Качество работы ПБС оценивают по ширине диапазона регулирования относительного скольжения. Узкий диапазон регулирования позволяет оценить эффективность ПБС еще и по такому критерию, как достигнутая скорость при трогании с места за установленное время на скользкой дороге.

Противобуксовочная система в какой-то мере эквивалентна блокировке дифференциала, однако последняя имеет существенное преимущество, так как не изменяет тяговый момент на колесах. ПБС действует автоматически при необходимости на любой дороге, в то время как при блокировке дифференциала в случае движения на сухой дороге наблюдается сильное изнашивание шин. Наиболее эффективным признается наличие на автомобиле ПБС и устройства блокировки дифференциала.

ПБС реализует свои возможности двумя способами: регулированием мощности двигателя (особенно для дизелей) и подтормаживанием ведущих колес или использованием обоих способов параллельно. ПБС фирмы «БОШ» для автомобилей с пневматическим тормозным приводом объединена с АБС. В состав такой комплексной системы (рис. 69) входят датчики 1 частоты вращения колес, модуляторы АБС 2 и 6 давления в тормозных пневмокамерах 8, блок 3 управления АБС и ПБС, формирующий командные сигналы для модуляторов 2 и 6 и электроклапана 5, двухмагистральный клапан 7.

Для регулирования мощности двигателя используют электронный блок управления 9, функционирующий на основе сигналов от блока управления 3 и датчика 4 положения педали топливopодачи. В качестве исполнительного механизма управления рейкой ТНВД служит электродвигатель 10.

Из двух режимов работы ПБС *подтормаживание* осуществляется на скорости движения менее 30 км/ч. Такая низкая скорость выбрана для разгрузки тормозного механизма во избежание перегрева. Причем подтормаживание выполняется при пробуксовке только одного из ведущих колес. В случае пробуксовки обоих колес независимо от скорости движения, а также при пробуксовке одного колеса на скорости более 30 км/ч *регулируется мощность двигателя*. Командные сигналы в этом режиме формируются блоком 3 управления. Мощность двигателя уменьшается даже в том случае, если педаль топливopодачи нажата до отказа, т. е. приоритет отдается формированию команд для ПБС.

Системы АБС и ПБС в настоящее время стали обязательными для установки на транспортных средствах всех типов. Отмечается стремление к стандар-

тизации элементов этих систем различных фирм вплоть до унификации кабельных разъемов, что обеспечивает взаимозаменяемость отдельных блоков.

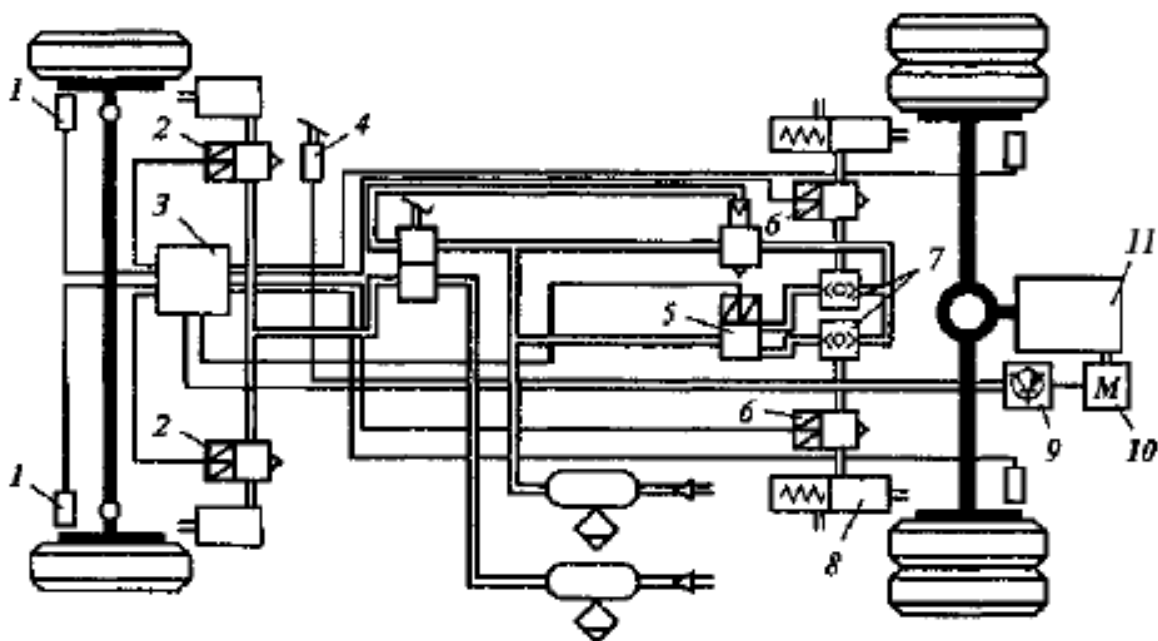


Рис. 69. Комплексная антиблокировочная и противобуксовочная тормозная система фирмы «БОШ»: 1 – датчик частоты вращения; 2 и 6 – модуляторы АБС; 3 – блок управления, 4 – датчик положения педали подачи топлива; 5 – электроклапан; 7 – двухмагистральный клапан; 8 – тормозная пневмокамера; 9 – блок управления мощностью двигателя; 10 – электродвигатель; 11 – двигатель автомобиля

7.7. Контрольные вопросы

1. Опишите работу водителя на основании комплекса получаемой им информации.
2. Расскажите об устройстве и работе унифицированной системы управления приводом выключения сцепления.
3. Расскажите об исполнительных механизмах автоматизированного переключения передач.
4. Для чего необходимо управление характеристикой подвески и какими техническими средствами оно осуществляется?
5. Какую функцию выполняет антиблокировочное устройство в тормозной системе?
6. Опишите взаимодействие элементов АБС.
7. Какие структурные схемы вариантов АБС применяют на автомобилях?
8. В чем особенность рекуперативной АБС?
9. Какое назначение имеет противобуксовочная система для автомобиля?
10. Опишите принцип работы противобуксовочной системы.

8. ЭЛЕКТРОНИКА В УПРАВЛЕНИИ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ

8.1. Приводные устройства

К вспомогательному электрооборудованию относятся приборы:

- жизнеобеспечения и комфорта в кабине или кузове (кондиционеры, отопители, вентиляционное оборудование);
- обеспечения безопасности движения (очистители стекол и фар, звуковая сигнализация);
- навигационных и диспетчерских устройств (радиотелефонная связь, картографические маршрутные компьютеры, устройства документирования режимов движения, тахографы) и др.

В большинстве приборов вспомогательного электрооборудования используют в качестве приводных исполнительных устройств электродвигатели, реже – электромагниты.

Требования к электродвигателям для различных исполнительных устройств зависят от режима работы. Электродвигатели кондиционеров, отопителей и вентиляторов работают в продолжительном режиме. Кратковременный режим работы характерен для электродвигателей стеклоподъемников, привода антенн, перемещения сидений. В повторно-кратковременном режиме работают электродвигатели стеклоочистителей и привода насосов стеклоомывателей. Конструкция электродвигателя (габариты, условия вентиляции внутреннего объема, сечение и изоляция проводов обмоток якоря и возбуждения) определяет допустимый нагрев, а, следовательно, и выбор типа электродвигателя для работы в тех или иных режимах. На современных автомобилях распространены электродвигатели с возбуждением от постоянных магнитов. Они имеют меньшую массу, габариты и стоимость, высокий КПД и достаточную надежность, так как отсутствуют обмотки возбуждения. В электродвигателях с постоянными магнитами возбуждение обеспечивается изменением направления тока в якоре.

8.2. Стеклоочистители

Стеклоочиститель предназначен для механической очистки ветрового стекла, а в некоторых моделях автомобилей – также заднего стекла и стекол фар. Наиболее распространены электрические стеклоочистители (рис. 70). Привод осуществляется от электродвигателя 1 через червячный редуктор, состоящий из червячного вала 7 (выполненного заодно с валом якоря электродвигателя) и шестерни 8.

Выходной вал редуктора через систему рычагов 2 обеспечивает угловое возвратно-поступательное движение щеток 3. Редуктор оснащен концевым выключателем, состоящим из эксцентрика 4 и контактной группы: подвижного 5

и неподвижного 6 контактов. С помощью концевого выключателя установка переключателя в позицию «выключено» в произвольном текущем положении щеток не дает им остановиться и позволяет продолжать двигаться до тех пор, пока они не дойдут до нижнего положения, т. е. пока не улягутся вдоль нижнего уплотнителя стекла. После этого питание электродвигателя концевым выключателем отключается.

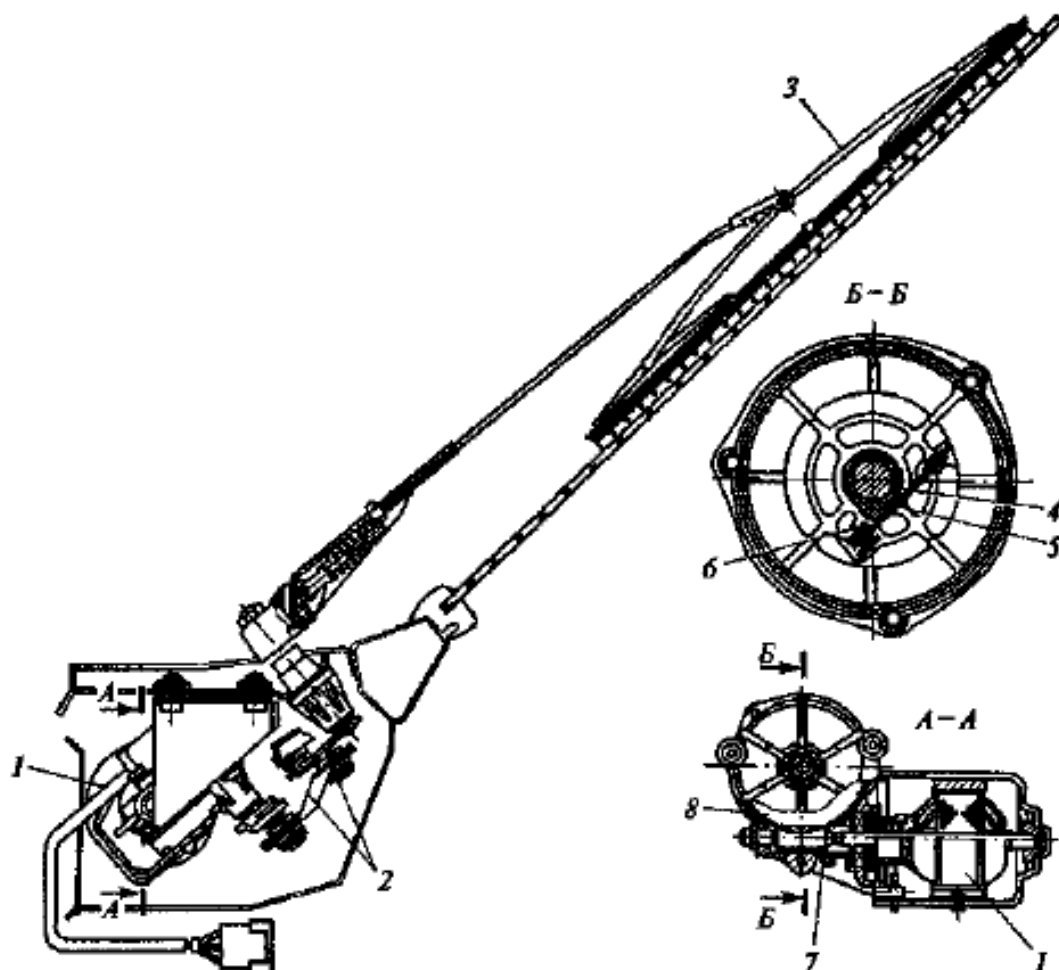


Рис. 70. Типовой электрический стеклоочиститель: 1 – электродвигатель; 2 – рычаги; 3 – щетка; 4 – эксцентрик; 5 и 6 – контакты (подвижный и неподвижный); 7 – червячный вал; 8 – шестерня

Для обмыва ветрового стекла в дополнение к стеклоочистителю устанавливают *стеклоомыватель* (рис. 71, а). В бачок 8 через горловину с пробкой 14 заливают моющую жидкость. На крышке корпуса бачка находится электронасос 1. Электродвигатель насоса имеет постоянные магниты 3 в цилиндрическом корпусе 4 и якорь 2. Ток поступает в обмотку якоря через коллектор 5 и щетки 6.

Во фланце 7 расположен сальник, защищающий от влаги внутреннюю полость насоса. К крышке корпуса бачка, на которой размещен электродвигатель, прикреплен корпус 10 насоса. Внутри корпуса насоса проходит вал 9 привода насоса 11. Жидкость через штуцер 12 и трубку 13 отводится от насоса по трубкам и направляется к форсункам омывателя ветрового стекла.

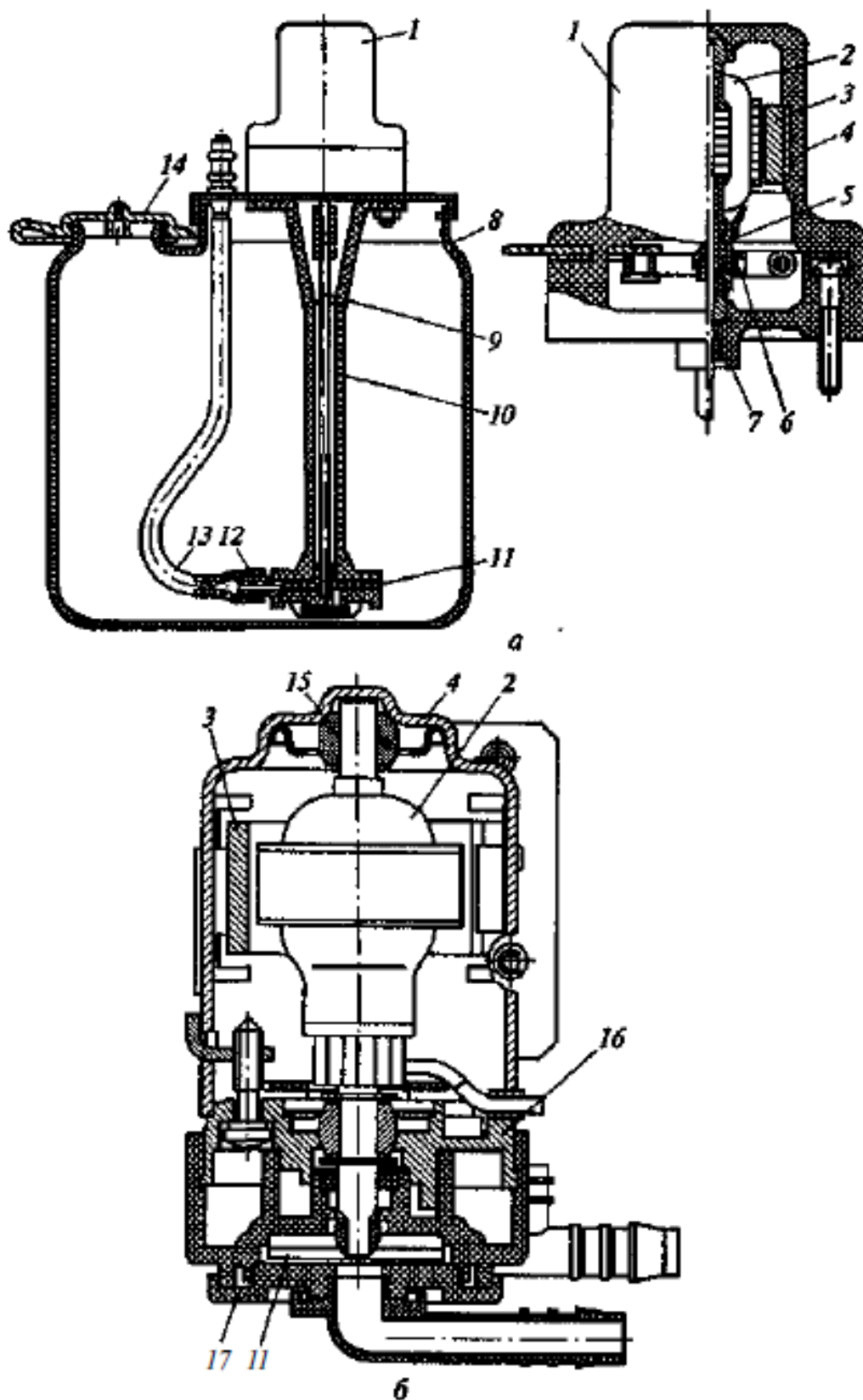


Рис. 71. Насосное оборудование стеклоомывателей: а – для лобового стекла кузова (кабины); б – для фар; 1 –электронасос; 2 – якорь; 3 – постоянные магниты; 4 – корпус электродвигателя; 5 – коллектор; 6 – щетки; 7 – фланец; 8 – бачок; 9 – вал привода насоса; 10 – корпус насоса; 11 – ротор насоса (насосное колесо); 12 – штуцер; 13 – трубка; 14 – пробка горловины бачка; 15 – подшипник скольжения; 16 – корпус подшипника; 17 – крышка ротора насоса

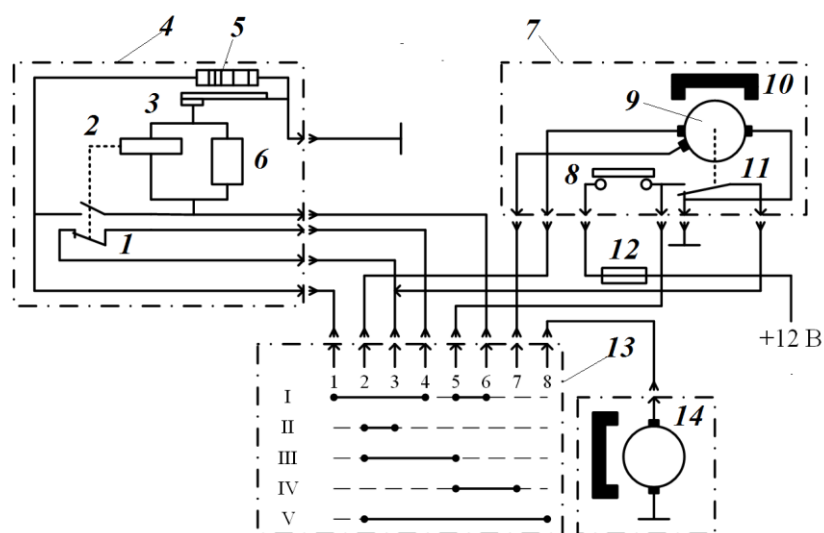
Управляет работой стеклоочистителя и стеклоомывателя специальное реле, обеспечивая их прерывистую работу.

Переключатель 13 (рис. 72, а, б) реле имеет пять позиций: «выключено», «малая скорость», «большая скорость», «прерывистая работа» и, при нажатии на ручку переключателя, «Одновременная работа стеклоочистителя и стеклоомывателя». Устройство состоит из электромагнитного реле 2 с контактами 1, биметаллической пластины 3 с нагревательной обмоткой 5 и резистор 6, расположенных на плате 4 под крышкой 16. В позиции переключателя «прерывистая работа» срабатывает реле 2. Его якорь 15 притягивается к сердечнику, преодолевая усилие возвратной пружины 17. Контакты 1 реле замыкаются, и на электродвигатель стеклоочистителя и обмотку 5 нагревателя подается электрическое напряжение от бортовой сети автомобиля. По мере нагрева обмотки 5 и биметаллической пластины 3 контакты 19 на биметаллической пластине размыкаются и реле 2 выключается, а электродвигатель стеклоочистителя останавливается. После остывания биметаллической пластины 3 контакты 19 замыкаются и цикл работы стеклоочистителя повторяется. Поворотом стойки 18 с биметаллической пластиной регулируют частоту циклов работы стеклоочистителя (до 7–19 мин⁻¹).

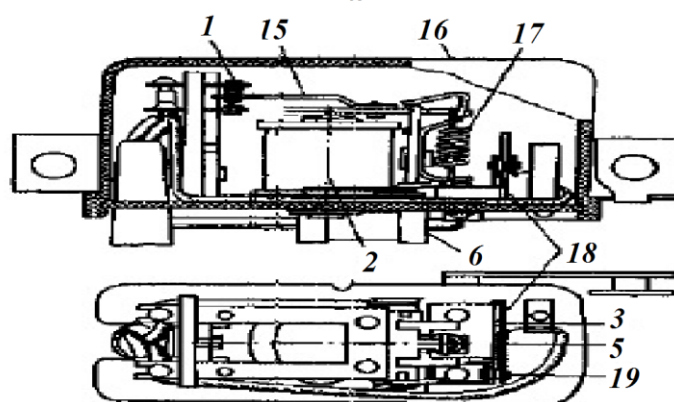
Электродвигатель стеклоочистителя имеет трехщеточный коллектор. Комбинацией щеток при включении питания обеспечивается двухскоростная работа электродвигателя. Якорь вращается в поле постоянного магнита 10. Концевой выключатель 11 и биметаллический предохранитель 8 объединены в одном блоке 7. Защиту электросхемы дублирует плавкий предохранитель 12. Питание на электродвигатель 14 стеклоомывателя подается непосредственно от переключателя 13.

Кроме электромеханических устройств управления режимом работы стеклоочистителя на многих автомобилях зарубежных фирм применяют *электронные регуляторы на транзисторах*, обеспечивающие плавное регулирование частоты циклов работы. Задатчиком частоты служит, как и в прерывателях сигнализатора поворота, астабильный мультивибратор. Для автомобилей «Трабант» и «Вартбург» используют регуляторы на основе стандартной схемы мультивибратора (рис. 72, в). Выключатель стеклоочистителя и переменный резистор R4 плавного регулирования частоты заблокированы на одной рукоятке управления. Длительность пауз при работе стеклоочистителя изменяется в пределах от 3 до 15 с. Включением и торможением электродвигателя управляет электромагнитное реле К, включенное в коллекторную цепь одного из транзисторов мультивибратора.

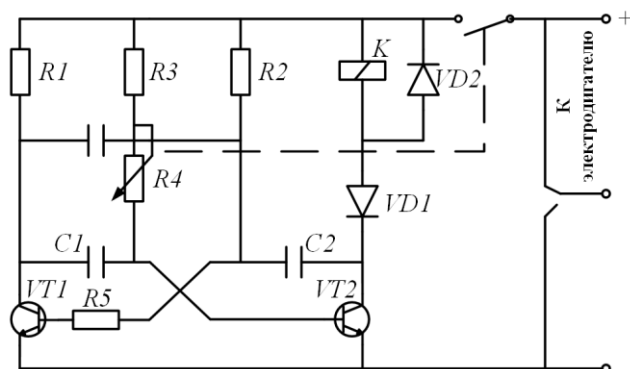
Для очистки стекол (рассеивателей) фар используют щеточный или струйный фароочиститель. *Щеточный фароочиститель* по устройству и принципу действия не отличается от электромеханического стеклоочистителя. В *струйном фароочистителе* (рис. 71, б) отчистка выполняется струей жидкости от форсунок, установленных под фарами (иногда на бампере). Электродвигатель фароочистителя, как и электродвигатель стеклоомывателя, имеет постоянные магниты 3, расположенные в корпусе 4, поля которых используются для возбуждения.



a



б



в

Рис. 72. Электрические схемы и конструкция устройств управления стеклоочистителем: а – схема управления с помощью теплового реле; б – конструкция с тепловым реле; в – транзисторная схема управления на базе мультивибратора; 1 – контакты; 2 – электромагнитное реле; 3 – биметаллическая пластина; 4 – опорная плата; 5 – обмотка; 6 – резистор; 7 – контактная группа в редукторе электродвигателя стеклоочистителя; 8 – предохранитель; 9 – электродвигатель привода щеток; 10 – постоянный магнит; 11 – концевой выключатель; 12 – плавкий предохранитель; 13 – переключатель; 14 – электродвигатель стеклоомывателя; 15 – якорь реле; 16 – крышка; 17 – возвратная пружина; 18 – стойка; 19 – контакты; 1–8 – номера контактов; I–IV – позиции управления скоростью движения щеток стеклоочистителя; V – включение насоса стеклоомывателя; R1–R5 – резисторы; C1–C3 – конденсаторы; VD1 и VD2 – диоды; VT1 и VT2 – триоды; K – реле

Вал якоря 2 с обмоткой вращается в подшипниках скольжения 15. На нижнем конце вала якоря закреплена крыльчатка 11 центробежного насоса, закрытая крышкой 17. Электродвигатель высокооборотный, потребляет большой ток (до 40 А в импульсе), поэтому его включают только под нагрузкой и на время не более 3 с. Насос, приводимый во вращение этим электродвигателем, развивает давление 2,5 МПа.

Усовершенствование существующих стеклоочистителей и стеклоомывателей коснулось в основном *автоматизации системы управления*, т. е. цикличности включения-выключения при загрязнении ветрового стекла. Традиционная автоматизация направлена на освобождение водителя от довольно частых операций по включению-выключению этих приборов, особенно при езде по мокрой дороге или при морозящем дожде, когда лобовое стекло загрязняется мелкими каплями грязной воды, вылетающей из-под колес встречных и попутных автомобилей.

Для автоматического включения стеклоочистителя при загрязнении ветрового стекла применяют *фотоэлектрические анализаторы степени загрязнения*, связанные с реле управления стеклоочистителем. Оптическую систему фотоэлектрического анализатора устанавливают внутри салона на ветровом стекле вблизи зеркала заднего обзора. Она состоит из светоизлучателя 3 (рис. 73) и фотоприемника 13.

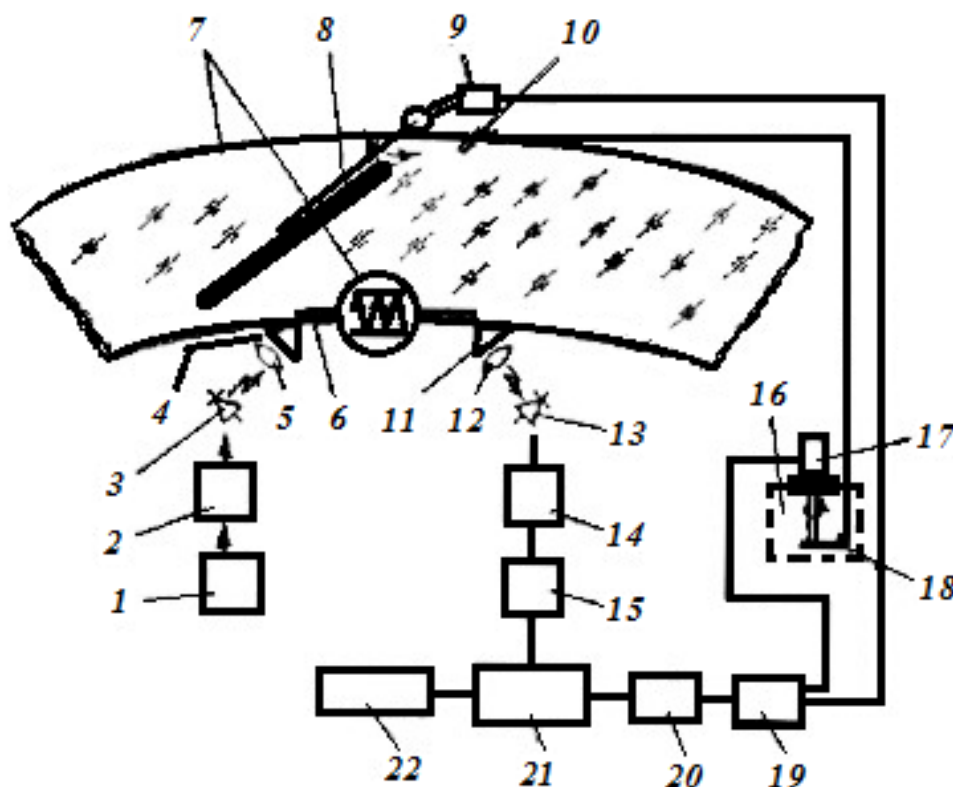


Рис. 73. Принцип действия системы автоматического управления стеклоочистителем:

1 – генератор; 2 – формирователь импульса светоизлучателя, 3 – светоизлучатель; 4 и 11 – призмы; 5 и 12 – линзы; 6 – лента; 7 – световод (ветровое стекло); 8 – стеклоочиститель; 9 и 17 – электродвигатели; 10 – форсунка; 13 – фотоприемник; 14 – фильтр; 15 и 20 – усилители; 16 – бачок, 18 – насос; 19 – коммутатор; 21 – компаратор; 22 – задатчик

Световой поток от излучателя через фокусирующую линзу 5 и призму 4 направляется в толщу (внутрь) ветрового стекла. С внутренней стороны салона на ветровом стекле укрепляют зеркальную светоотражающую ленту 6 между призмами. С внешней стороны светоотражателем является внутренняя граница (стекло–воздух) ветрового стекла. Световой поток от светоизлучателя движется внутри ветрового стекла 7 как по световоду с многократным отражением от обеих внутренних поверхностей (границ) стекло – воздух. В конце ленты 6 через призму 11 линзу 12 световой поток направляется на фотоприемник 13.

Светоизлучатель 3 посылает в стекло 7 световые импульсы, формируемые по электрическим сигналам генератора 1 через усилитель формирователя 2. Количество света, достигающее фотоприемника 13, зависит от прозрачности световода. Поскольку отражающая способность пограничных слоев стекло – воздух зависит от чистоты внешней поверхности, световой поток слабеет при загрязнении внешней стороны ветрового стекла. Сигнал от фотоприемника 13 корректируется в фильтре 14 и усилителе 15, после чего направляется на первый вход компаратора 21. *Компаратор* формирует на своем выходе электрический сигнал, в случае если на его двух входах уровни сигналов достигают определенных значений, зависящих от параметров настройки компаратора. На второй вход компаратора подается сигнал задатчика 22 – эталонный сигнал чистоты стекла. После компаратора через усилитель 20 сформированный сигнал подается в коммутатор 19, где распределяется в электродвигатель 17 привода насоса 18, установленного в бачке 16 стеклоомывателя, и в электродвигатель 9 привода стеклоочистителя 8. Жидкость из бачка 16 выпрыскивается через форсунки 10 на стекло. Момент срабатывания форсунки и положение щетки стеклоочистителя синхронизируются в коммутаторе 19.

Разработаны устройства для контроля запотевания стекла внутри кабины (салона), которые управляют системой внутреннего подогрева или вентиляции (обдува) стекла. В этих устройствах также используется явление изменения светоотражения при возникновении на стекле влажной пленки.

8.3. Управление положением фар

В зависимости от нагрузки на автомобиль и изменения высоты расположения кузова над поверхностью дороги из-за вертикальной деформации подвески изменяется положение фар, а, следовательно, и граница освещенной зоны. Между тем граница освещенной зоны для ближнего света регламентируется стандартами всех стран. Обычно положение фар регулируют на специальном посту автопредприятия, где перед экраном с разметкой на расстоянии 10 м устанавливают автомобиль.

От нагрузки и ее распределения зависит ближняя граница освещенной зоны. При эксплуатации фары регулируют так, чтобы на экране, установленном на рас-

стоянии 10 м, положение освещенной границы соответствовало положению пунктирной линии на графике (рис. 74, а) при условии, что в автомобиле находится только один водитель (вариант 2). При других вариантах (1–9) загрузки положение освещенной зоны меняется: 1 – автомобиль без нагрузки; 2–6 – нагрузка соответственно равна массе 1–5 человек; 7 – пять человек и полная загрузка багажника; 8 – водитель и 100 кг в багажнике; 9 – водитель и загрузка багажника до максимальной на ось. График отражает зависимость для легкового автомобиля среднего класса со стандартной компоновкой: двигатель впереди, багажник сзади.

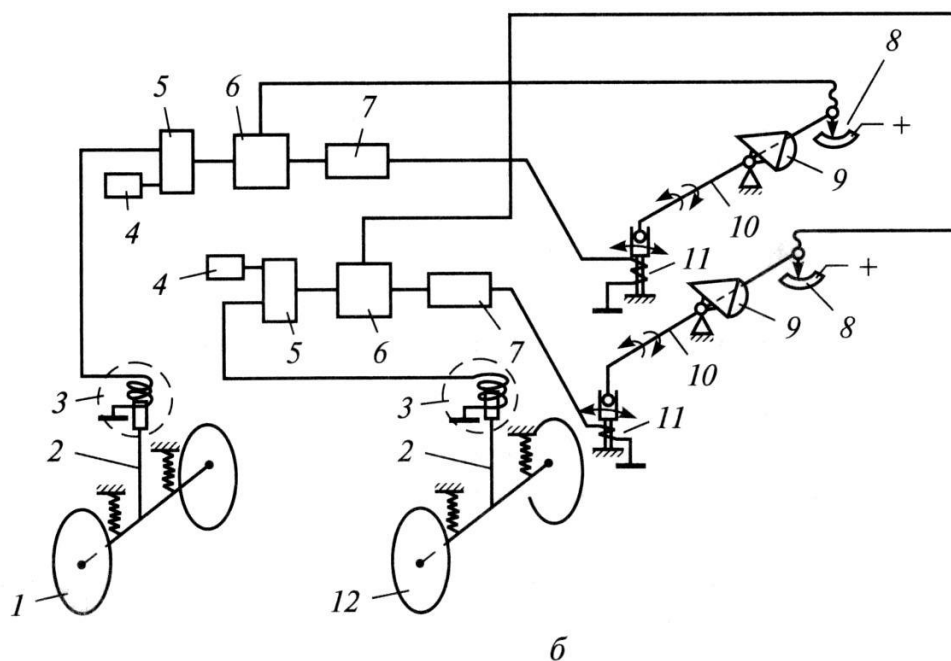
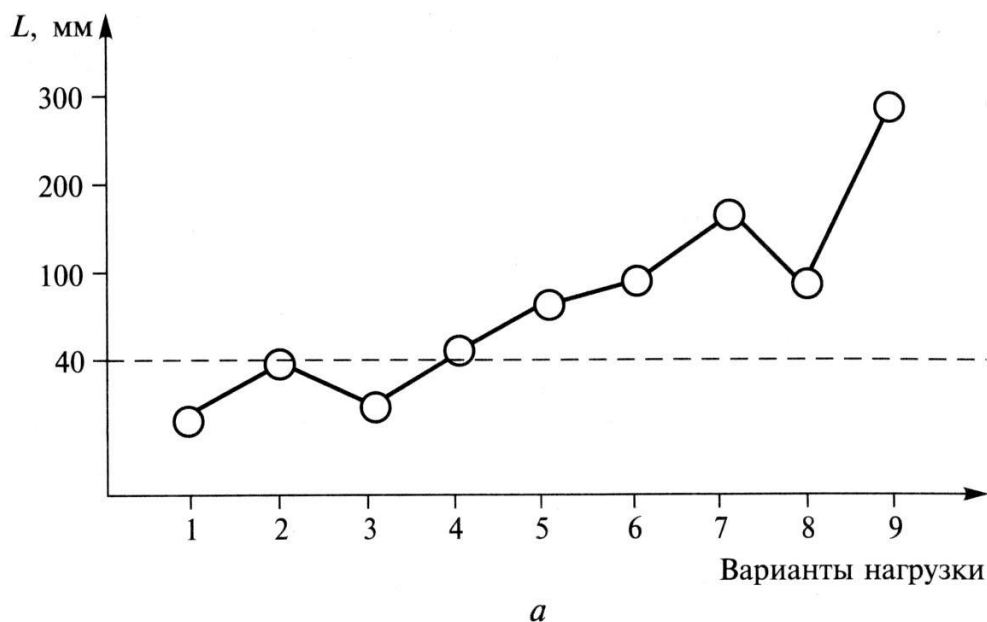


Рис. 74. Зависимость дальности ближней освещенной зоны от нагрузки на автомобиль (а) и система автоматического регулирования положения фар (б): 1 и 12 – мосты передний и задний; 2 – тяги; 3 – индуктивные датчики; 4 – задатчики; 5 – блоки сравнения; 6 – сумматоры; 7 – усилители; 8 – потенциометры; 9 – фары; 10 – валики; 11 – исполнительные механизмы

Установка фар в зависимости от нагрузки на автомобиль в положение, при котором они обеспечивают для водителя оптимальную освещаемую зону и в то же время не ослепляют водителей встречных автомобилей, выполняется с помощью электронной следящей системы автоматического регулирования с отрицательной обратной связью (рис. 74, б). Для этого в кузове над передним 12 и задним 1 мостами автомобиля размещают бесконтактные индуктивные датчики 3 вертикального перемещения кузова. Положение магнитных сердечников этих датчиков изменяется с помощью связанных с мостами тяг 2. Для каждого из мостов с помощью задатчиков 4 формируется эталонный сигнал, содержащий информацию о требуемом положении кузова над мостом. Сигналы о реальном и требуемом положении кузова сравниваются в блоках 5 сравнения, представляющих собой алгебраические сумматоры. Разностные сигналы от блоков 5 подаются на входы сумматоров 6 через усилители 7 управляющее напряжение поступает в исполнительные механизмы.

Фирма «БОШ» использует для управления положением фар исполнительные механизмы, содержащие биметаллические пластины с нагревателями. При подаче тока в нагреватель пластины изгибаются и через рычажную систему поворачивают корпуса фар 9 на валиках 10. С валиками соединены ползунки 8. Электрические сигналы с этих потенциометров в противофазе управляющему сигналу подаются на вторые входы сумматоров 6. Управляющими сигналами, подающимися от блоков 5 на сумматоры 6, формируется напряжение для нагревания биметаллических пластин, поворачивающих корпуса фар. С потенциометров 8 снимается сигнал о действительном угле поворота фар (сигнал обратной связи).

Поступившие на входы сумматоров 6 сигналы от блоков 5 и противофазные сигналы от потенциометров 8 уменьшают напряжение на выходах сумматоров. При равенстве значений управляющих и противофазных сигналов обратной связи выходное напряжение сумматоров равно нулю. Нагрев пластин в исполнительных механизмах 11 прекращается. После их охлаждения фара имеет возможность вернуться в первоначальное положение, но тогда от потенциометров поступает на сумматоры сигнал обратной полярности и подогрев вновь включается, возвращая фару в заданное электроникой положение.

Таким образом, как и в любой следящей системе автоматического регулирования, имеющей отрицательную обратную связь, процесс удержания фары в заданном положении носит колебательный характер. Однако вследствие инерционности тепловых процессов в исполнительном механизме эти колебания не регистрируются органами зрения человека. Инерционность тепловых процессов исполнительного механизма способствует и тому, что не успевает изменяться угол поворота фар при колебаниях автомобиля на дорожных неровностях.

8.4. Управление агрегатами автомобиля

Устройство управления топливоподачей – *спидостат* – используют для поддержания постоянства скорости движения. Эта функция выполняется при введении в электрическую схему отрицательной обратной связи (рис. 75, а), реализуемой с помощью датчика скорости автомобиля. При программном управлении спидостат является исполнительным механизмом для автоматического дистанционного регулирования топливоподачи.

Один из вариантов электровакуумного механизма дистанционного управления топливоподачей, разработанный Центральным научно-исследовательским автомобильным и автомоторным институтом, показан на рисунке 75, б. Устройство работает совместно с системой автоматического управления сцеплением. Такая комплексная система обеспечивает возможность переключения передач без использования педали топливоподачи.

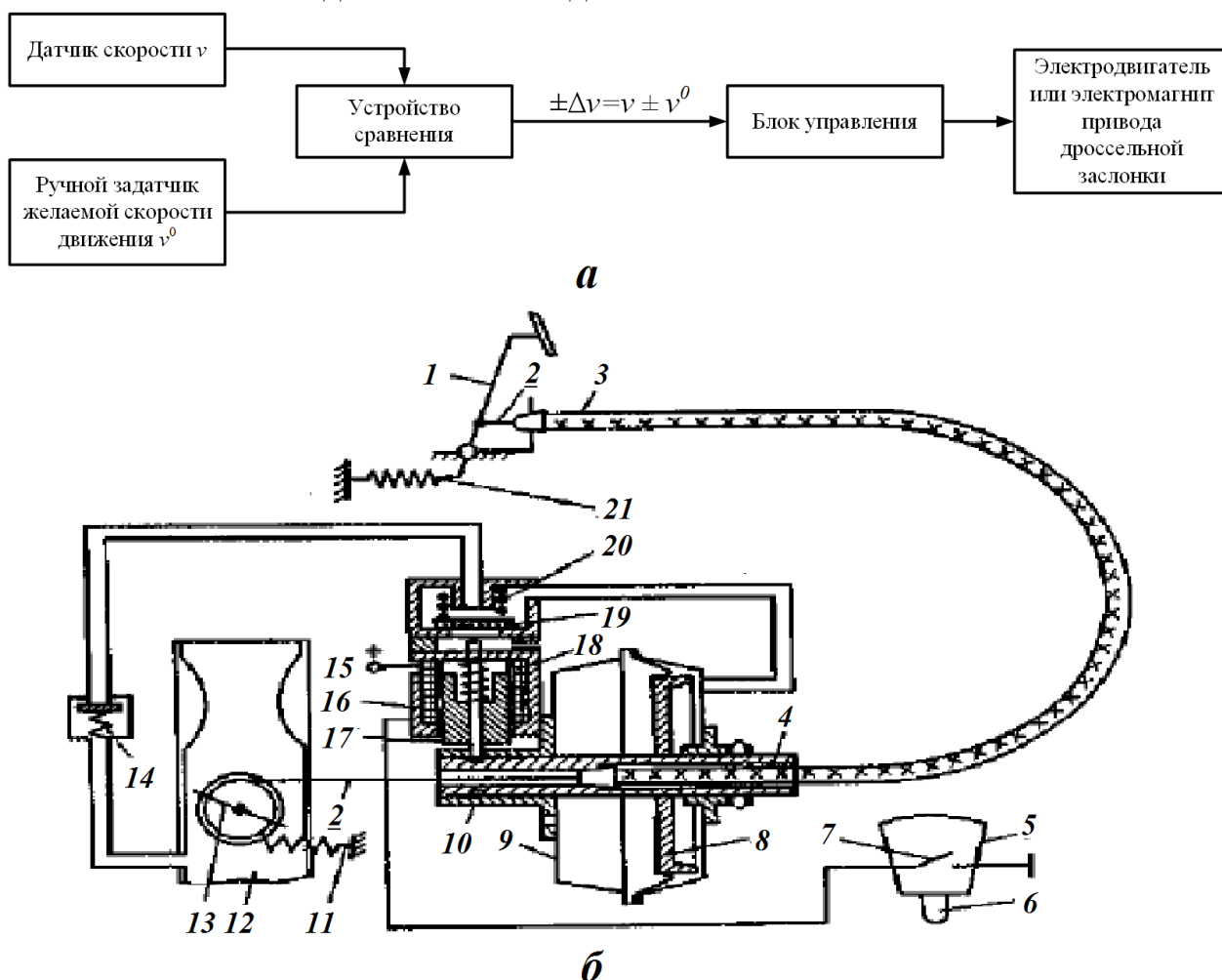


Рис. 75. Структурная схема устройства для автоматического поддержания заданной скорости автомобиля (а) и электровакуумный исполнительный механизм управления топливоподачей двигателя (б): 1 – педаль; 2 – трос; 3 – оболочка; 4 – шток; 5 – рукоятка; 6 – рычаг; 7 – кнопка; 8 – мембрана; 9 – полость вакуумной камеры; 10 – корпус; 11 и 21 – возвратные пружины; 12 – карбюратор; 13 – дроссельная заслонка; 14 – обратный клапан; 15 – гнездо подачи питания; 16 – обмотка электромагнита; 17 – фиксатор; 18 – якорь; 19 – клапан; 20 – пружина

Силовым элементом механизма управления топливоподачей служит вакуумная камера в корпусе 10. Давление в полостях камеры изменяется электромагнитным клапаном. Обмотка 16 электромагнита клапана подключена к источнику питания. Клапан включается кнопкой 7, расположенной на рукоятке 5 рычага 6 переключения передач. Разрежение за дроссельной заслонкой 13 через обратный клапан 14 и каналы электромагнитного клапана передается в полость (правую на рис. 75, б) вакуумной камеры.

На валу привода дроссельной заслонки 13 установлен шкив, удерживаемый в начальном положении пружиной 11. Через шкив перекинут трос 2. Оболочка 3 троса упирается в шток 4 вакуумной камеры. Вторым своим концом трос связан с педалью топливоподачи на рабочем месте водителя. В начальный момент мембрана 8 вместе со штоком 4 находится в крайнем правом (по чертежу) положении, поскольку в камеру поступает разрежение из задроссельного пространства впускного трубопровода.

При включении кнопки 7 подается питание в обмотку 16 электромагнита. Это вызывает перемещение якоря 18 вверх (по чертежу). Фиксатор 17 выходит из проточки на штоке 4, обеспечивая ему возможность осевого перемещения вместе с мембраной, разделяющей полости вакуумной камеры. Перемещение фиксатора 17 вместе с якорем 18 электромагнита приводит к открытию клапана 19 и сообщению правой полости вакуумной камеры с атмосферой.

Освобожденная от действия разрежения мембрана вакуумной камеры, шток 4, оболочка 3 троса и трос 2, увлекаемые возвратной пружиной 11, перемещаются влево, а дроссельная заслонка прикрывается независимо от положения педали 1 топливоподачи. Размыкание контактов кнопки 7 после переключения передачи приводит к обесточиванию обмотки 16 электромагнита. Под действием пружины 20 клапан 19 закрывается. Полость камеры 9 вновь соединяется с вакуумной магистралью, а мембрана 8 и шток 4 перемещаются вправо. Восстанавливается связь между педалью 1 и дроссельной заслонкой 13. Скорость открытия дроссельной заслонки пропорциональна скорости перемещения мембраны вакуумной камеры, т. е. изменению разрежения в задроссельном пространстве.

На основе рассмотренного исполнительного механизма легко реализуется устройство управления топливоподачей – спидостат. Управление вакуумным или электрическим приводом дроссельной заслонки может быть выполнено на базе как электромагнита, так и электродвигателя (обычного или шагового).

Электросхема управления строится как следящая с отрицательной обратной связью (рис. 75, а). Для этого автомобиль оснащается датчиком скорости. В электросхему вводится задатчик желаемой скорости движения, представляющий собой резистивный делитель напряжения, подающегося на один из входов схемы

сравнения (или компаратора). На второй вход подается сигнал датчика действительной скорости движения.

В схеме сравнения выделяется разностный сигнал заданной и реализованной скорости движения. Этот сигнал через силовой блок управления подается к электромагниту (или электродвигателю) механизма управления топливоподачей (дроссельной заслонкой).

Таким образом, изменение скорости движения относительно заданной приводит к открытию или закрытию дроссельной заслонки. Следящая система поддержания заданной скорости движения должна функционировать так, чтобы на выходе схемы сравнения был нулевой выходной сигнал. Поскольку сопротивление движению автомобиля все время меняется (колеблется), то и в следящей системе автоматического поддержания скорости будет происходить колебательный процесс управления.

8.5. Контрольные вопросы

1. Расскажите об устройстве стеклоочистителя и стеклоомывателя.
2. Как осуществляется прерывистая работа стеклоочистителя?
3. Расскажите о системе автоматического управления стеклоочистителем.
4. Для чего необходима и как работает автоматическая система управления положением фар автомобиля?
5. Расскажите о принципе действия устройства для поддержания заданной скорости автомобиля.
6. Как устроен и работает электровакуумный привод дроссельной заслонки?

ЛИТЕРАТУРА

1. Волков, В. С. Светотехническое и приборное оборудование транспортных машин: Учебное пособие / В. И. Богданов. – Воронеж: Изд-во Воронежской ГЛТА, 2004. – 88 с.
2. Звонкин, Ю. З. Современный автомобиль и электронное управление: Учебное пособие / Ю. З. Звонкин. – Ярославль: Изд-во Ярославского ГТУ, 2006. – 250 с.
3. Микропроцессорные системы управления автомобильными двигателями внутреннего сгорания: Учебное пособие / Ф. И. Пинский, Р. И. Давтян, Б. Я. Черняк. – М.: Легион-Автодата, 2004. – 136 с.
4. Набоких, В. А. Диагностика электрооборудования автомобилей и тракторов: учебное пособие / В. А. Набоких. – М.: ФОРУМ; НИЦ ИНФРА-М, 2013. – 288 с. – (Высшее образование. Бакалавриат).
5. Сергеев, Н. Н. Лабораторный практикум по курсу «Электрооборудование и электронные системы автомобиля»: Учеб.-метод. пособие / Н. Н. Сергеев, А. Н. Сергеев, Д. М. Хонелидзе, С. Н. Кутепов. – Тула: Издательство ТулГУ, 2015. – 86 с.
6. Сергеев, Н. Н. Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт автомобилей: Учебное пособие / Н. Н. Сергеев, А. Е. Гвоздев, А. Н. Сергеев, К. Г. Мирза, Ю. С. Дорохин, Д. М. Хонелидзе. – Тула: Издательство ТулГУ, 2015. – 174 с.
7. Соснин, Д. А. Автотроника. Электрооборудование и системы бортовой автоматики современных легковых автомобилей [Электронный ресурс]: учебное пособие. – Электрон. дан. – М.: СОЛОН-Пресс, 2008. – 272 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=13623 – Загл. с экрана (дата обращения 19.06.2015).
8. Соснин, Д. А. Новейшие автомобильные электронные системы: Учебное пособие для специалистов по ремонту автомобилей, студентов и преподавателей вузов и колледжей / Д. А. Соснин, В. Ф. Яковлев. М: СОЛОН-Пресс, 2005. – 240 с.
9. Чижков, Ю. П. Электрооборудование автомобилей и тракторов: учебник [Электронный ресурс]: учебник. – Электрон. дан. – М.: Машиностроение, 2007. – 656 с. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=786 – Загл. с экрана (дата обращения 19.06.2015).
10. Электроника в автомобиле / под ред. А. В. Родин, Н. А. Тюнин. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2012. – 128 с. – («Ремонт» выпуск 123). – ISBN 978-5-91359-104-3; То же [Электронный ресурс]. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=227186> (дата обращения 19.06.2015).
11. Ютт, В. Е. Электрооборудование автомобилей. Учеб. для студентов вузов / В. Е. Ютт. – 4-е изд. – М.: Горячая линия-Телеком, 2006. – 440 с.

Учебное издание

**СЕРГЕЕВ Николай Николаевич
СЕРГЕЕВ Александр Николаевич
ХОНЕЛИДЗЕ Давид Мамукович
КУТЕПОВ Сергей Николаевич**

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЯ

Учебное пособие

Авторское редактирование.

Изд. лиц. ЛР № 020300 от 12.02.97. Подписано в печать 19.11.2015.

Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.

Усл. печ. л. 9,8. Уч.-изд. л. 8,2.

Тираж 100 экз. Заказ 182.

Издательство Тульского государственного университета.
300012, Тула, просп. Ленина, 95.

Отпечатано в Издательстве ТулГУ.
300012, Тула, просп. Ленина, 95.